

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AGEU DA SILVA MONTEIRO FREIRE

SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE *Quillaja lancifolia* D. Don
(QUILLAJACEAE): ASPECTOS DA AUTOECOLOGIA E DA PRODUÇÃO SAZONAL
DE SAPONINAS

CURITIBA

2024

AGEU DA SILVA MONTEIRO FREIRE

SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE *Quillaja lancifolia* D. Don
(QUILLAJACEAE): ASPECTOS DA AUTOECOLOGIA E DA PRODUÇÃO SAZONAL
DE SAPONINAS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Coorientadores:

Prof. Dra. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

Prof. Dr. Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori

CURITIBA

2024

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Freire, Ageu da Silva Monteiro

Subsídios para a conservação e manejo de *Quillaja lancifolia* D. Don (Quillajaceae) : aspectos da autoecologia e da produção sazonal de saponinas / Ageu da Silva Monteiro Freire. - Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Coorientadores: Profa. Dra. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

Prof. Dr. Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 07/02/2024.

1. Ecologia vegetal. 2. Fenologia vegetal. 3. Plantas em extinção. 4. Plantas medicinais. 5. Quillajaceae. 6. Saponinas. 7. Árvores - Desenvolvimento. 8. Árvores - Conservação. I, Blum, Christofer Thomas. II. Milani, Jaçanan Eloisa de Freitas. III. Cademartori, Pedro Henrique Gonzales de. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 581.7

583

CDU - 634.0.181.8

581.5

Bibliotecária: Marilene do Rocio Veiga - CRB 9/424



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **AGEU DA SILVA MONTEIRO FREIRE** intitulada: **SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE *Quillaja lancifolia* D. Don (QUILLAJACEAE): ASPECTOS DA AUTOECOLOGIA E DA PRODUÇÃO SAZONAL DE SAPONINAS**, sob orientação do Prof. Dr. CHRISTOPHER THOMAS BLUM, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 07 de Fevereiro de 2024.

Assinatura Eletrônica
09/02/2024 20:32:57.0
CHRISTOPHER THOMAS BLUM
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
09/02/2024 19:24:00.0
CRISTIANE COELHO DE MOURA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO)

Assinatura Eletrônica
08/02/2024 12:01:57.0
NELSON LUIZ COSMO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
08/02/2024 09:37:57.0
AMANDA KOCH MARCON
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica
08/02/2024 09:14:21.0
MAURICIO BERGAMINI SCHEER
Avaliador Externo (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ)

Aos meus pais Antonio e Rejane
Aos familiares e amigos
À todas e todos que lutam por uma educação pública de qualidade

DEDICO

“Educação não transforma o mundo.
Educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo.”

Paulo Freire

“Amanhã, apesar de hoje, ser a estrada que surge pra se trilhar.
Amanhã, mesmo que uns não queiram, será de outros que esperam ver o dia raiar.
Amanhã ódios aplacados, temores abrandados.
Será pleno, será pleno.”

Guilherme Arantes

AGRADECIMENTOS

Neste espaço pessoal dedicado a palavras de gratidão, começo com um trecho do Papa Francisco, divulgado mundialmente no dia 27 de março de 2020, segundo mês de doutorado: “Senhor, abençoa o mundo, dá saúde aos corpos e conforto aos corações! Pedes-nos para não ter medo; a nossa fé, porém, é fraca e sentimo-nos temerosos. Mas Tu, Senhor, não nos deixes à mercê da tempestade. Continua a repetir-nos: Não tenhais medo!”.

Agradeço aos meus pais Antonio e Rejane, por todo amor e carinho, e por toda vivência nas escolas onde trabalharam. Às minhas avós Maria e Dalvanira, mulheres Nordestinas e da roça que sempre me mantiveram em contato com a agricultura e a natureza. Às minhas sobrinhas Ana Clara, Helena e Isabele, por tantos sorrisos e abraços, amo muito vocês. Aos primos e primas, tios e tias, que tornam a minha vida mais especial, são tantos que não cabe aqui. Aos que se foram nessa pandemia, toda gratidão do mundo, especialmente a Tia Jeane e Tia Nenzita, vocês fazem muita falta.

Gratidão aos meus amigos, principalmente pelo contato mesmo a distância. Aos meus amigos da UFRN, Luciana Pinheiro, Fernanda Moura, Anna Luiza, Adriana, Márcia, Izadora, Amanda Brito, Talvanis, Yasmim, Maila, Fabiana e Andressa. Aos meus amigos do IFRN Antônio, Ana Paula, Adna e Monara. As minhas amigas do Ensino Médio Jennifer Guimarães, Jennifer Valeska e Daíse. Aos meus amigos que me deram apoio nesse período, Alexandre Sena, Sebastião Elan, Robson Guimarães, Renan Vieira, Renan Monte, Henrique, Leonardo e José.

Agradeço aos meus professores e as escolas por onde passei, especialmente o Instituto Maranata, Educandário Amarante e CDF-Colégio e Curso. À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto Federal do Rio Grande do Norte e Escola Agrícola de Jundiá, Instituições que me formaram. Ao Laboratório de Genética e Melhoramento Florestal – LabGeM, local onde me tornei pesquisador durante a graduação, com orientação do Professor Fábio Vieira e Cristiane Fajardo. À minha orientadora do Mestrado Renata Braga, por todo apoio e incentivo ao longo desses últimos anos.

Um agradecimento a Universidade Federal do Paraná, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para a realização da minha pesquisa. E nesses 4 anos de Doutorado sou grato ao meu orientador professor Christopher Blum, a professora Jaçanan Milani e ao professor Pedro Cadermatori, por me guiarem na condução do meu trabalho. Também sou muito grato aos amigos que foram minha companhia durante o

isolamento em Curitiba, Emmanoella Guaraná, Thiago Silva, Daiane Moura, Francival Félix, Maick, Lucas Henderson, Rafael Brown, Gabriel Orso, Tarcila Lins, Daniela Minini, Ivana Amorim e Theonizi. Ao proprietário do apartamento onde morei, Sérgio, por todas conversas e apoio. À Heloísa e família por nos deixarem pesquisar em sua propriedade. À Sociedade Chauá pelo experimento no Canguiri. À Edilane Duarte por todo apoio e ensinamentos no meu trabalho.

Não posso deixar de agradecer também ao Instituto Federal do Piauí (IFPI) e a todos alunos e alunas que estiveram comigo nessa caminhada, como também a todos colegas de trabalho, principalmente do querido Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia (DIASPA). E um agradecimento especial a professora do IFPI e minha amiga Bruna Iwata, sem dúvidas uma inspiração como pessoa, professora e pesquisadora.

Por fim, um agradecimento especial a Kyvia Pontes, minha amiga de mais de uma década. Comecei a iniciação científica com ela, percorrendo pelas plantas da Caatinga e Mata Atlântica no calor do Nordeste e terminamos esse degrau acadêmico percorrendo as florestas no frio do Sul. Você foi essencial na realização deste trabalho, muito obrigado!

RESUMO

Quillaja lancifolia D. Don é uma espécie rara e nativa do Brasil, pertencente à família Quillajaceae, que além dela só possui outra espécie, *Quillaja saponaria* Molina, do Chile, ambas conhecidas pelo seu potencial de produção de saponinas. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliométrica das pesquisas existentes no mundo sobre *Q. lancifolia* e *Q. saponaria*, além de analisar os aspectos fenológicos e de crescimento de *Q. lancifolia* em uma população natural, o seu desenvolvimento em plantio florestal, e a produção sazonal de saponinas em ambos os casos. Foi realizada uma revisão bibliométrica abrangendo todas as pesquisas publicadas sobre as espécies de Quillajaceae na base de dados Scopus até o ano de 2022, resultando em 552 documentos para *Q. saponaria* e 26 para *Q. lancifolia*. A área de ciências da saúde engloba o maior número de publicações sobre as duas espécies, cujas saponinas possuem aplicação em adjuvantes de vacinas, aditivos alimentares, surfactantes, emulsificantes e ação antimicrobiana, porém há reduzido número de abordagens sobre sua ecologia e conservação. Foi realizado um estudo de monitoramento de 20 árvores adultas de uma população natural na cidade de Curitiba, Paraná. Avaliou-se mensalmente, por um ano, os eventos vegetativos e reprodutivos por meio dos índices de atividade e de intensidade de Fournier. Foi analisado o incremento da circunferência por meio de cintas dendrométricas e foi feita a quantificação mensal de saponinas e do teor de sólidos solúveis. Folhas maduras foram observadas com elevada intensidade todos os meses, sendo a única fenofase sem sazonalidade. A umidade relativa do ar foi a única variável que não teve correlação significativa com alguma fenofase, sendo que a temperatura média teve correlação positiva e significativa com os eventos reprodutivos. A média anual de incremento em circunferência no ano avaliado foi de 0,75 mm, com valor maior em fevereiro, havendo correlação positiva do incremento mensal com precipitação, radiação solar e temperatura. O maior teor de saponinas foi evidenciado nas folhas. Houve correlação positiva e significativa da precipitação e temperatura com a quantidade de saponinas. As folhas apresentaram maior teor de sólidos solúveis. Na avaliação do desenvolvimento de *Q. lancifolia* num plantio de enriquecimento aos cinco anos de idade em duas áreas com distintos estágios de sucessão (T1 - fisionomia herbáceo-arbustiva; T2 - fisionomia arbórea) em Pinhais - PR, foram mensurados altura e diâmetro na base. Analisou-se também a produção sazonal de saponinas com coletas a cada estação durante um ano. Foi constatada 100% de sobrevivência e altura média superior a 2 m em ambas as áreas, ainda que o a altura tenha diferido significativamente, com melhor desempenho na fisionomia arbórea. Os valores médios de incremento em circunferência anual aos cinco foram de 1,537 cm (T1) e 1,568 cm (T2), sem diferença significativa. As folhas apresentaram valor máximo do índice de espuma em todas as estações, ainda que todas as partes tenham produzido valores superiores aos da Farmacopeia Brasileira. O tamanho da espuma das saponinas nas cascas foi negativamente correlacionado com a precipitação, enquanto para as saponinas das folhas ocorreu o inverso. As estruturas da planta não apresentaram diferença estatística no teor de sólidos solúveis por estação, com exceção da madeira, que na primavera e verão teve menores teores. Verificou-se que *Q. lancifolia* não tem sido abordada em pesquisas ecológicas e silviculturais, havendo também poucos trabalhos sobre o potencial de suas saponinas e possíveis aplicações. As folhas são a estrutura mais indicada para exploração de saponinas, devido a sua presença constante ao longo do ano e aos elevados teores constatados. A espécie tem bom potencial para plantios de enriquecimento florestal, sendo que as folhas e ramos das plantas jovens no plantio tiveram produção de saponinas superior às plantas adultas da população natural.

Palavras-chave: Bibliometria; Espécie rara; Ecologia de populações; Silvicultura; Metabólitos secundários.

ABSTRACT

Quillaja lancifolia D. Don is a regionally endangered species and native to Brazil, that belongs to the Quillajaceae family, which has only one other species, *Quillaja saponaria* Molina, from Chile, both known for their saponin production potential. The aim of this study was to carry out a bibliometric review of existing worldwide research on *Q. lancifolia* and *Q. saponaria*, in addition to analyzing phenological and growth aspects of *Q. lancifolia* in a natural population, its development in forest plantations, and the seasonal production of saponins in both cases. A bibliometric review was carried out covering all research published on Quillajaceae species in the Scopus database until 2022, resulting in 552 documents for *Q. saponaria* and 26 for *Q. lancifolia*. The area of health sciences encompasses the largest number of publications on the two species, whose saponins have applications in vaccine adjuvants, food additives, surfactants, emulsifiers and antimicrobial action, but there are few approaches about their ecology and conservation. In this way, a monitoring study was carried out on 20 adult trees from a natural population in the city of Curitiba, Paraná. Vegetative and reproductive events were assessed monthly for one year using the activity index and the Fournier intensity index. The increase in circumference was analyzed using dendrometric belts, and saponins were also quantified on a monthly basis. Mature leaves were observed with high intensity every month, being the only phenophase without seasonality. Relative air humidity was the only variable that had no significant correlation with any phenophase, while the average temperature had a positive and significant correlation with reproductive events. The average annual increase in circumference was 0.75 mm, with the highest value in February, and the mensal increase was positively correlated with rainfall, solar radiation and temperature. The highest saponin content was found in the leaves. There was a positive and significant correlation between rainfall and temperature and the amount of saponins. The leaves had the highest content of soluble solids. It was also assessed the development of *Q. lancifolia* in an enrichment planting at five years of age in two areas with different stages of succession (T1 – herbaceous-shrub physiognomy; T2 – arboreal physiognomy) in Pinhais - PR, measuring height and diameter at the base. The seasonal production of saponins was also analyzed by samples collected every season for a year. There was detected 100% survival and an average height greater than 2 m in both areas, although the height differed significantly, with better performance in the arboreal physiognomy. The average annual increment values were 1.537 cm (T1) and 1.568 cm (T2), with no significant difference. The leaves showed the highest foam index in all seasons, although all parts produced values higher than those defined in the Brazilian Pharmacopoeia. The foam size of the saponins in the bark was negatively correlated with precipitation, while the opposite occurred for the saponins in the leaves. The plant structures showed no statistical difference in soluble solids content per season, with the exception of the wood, which had lower levels in spring and summer. It was found that *Q. lancifolia* has not been studied in ecological and silvicultural research, and there are few studies on the potential of its saponins and possible applications. The leaves are the most appropriate structure for saponin extraction, due to their constant presence throughout the year and the high levels found. The species has good potential for forest enrichment plantations, and the leaves and branches of the young plants in the plantation had higher saponin production than the adult plants in the natural population.

Keywords: Bibliometrics; rare species; Population ecology; Forestry; Secondary metabolites.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i> E <i>Quillaja saponaria</i>	24
FIGURA 2 - ÁRVORE ADULTA (A), CASCA (B), MADEIRA (C), FOLHAS (D), FLORES (E), FRUTO IMATURO (F) E FRUTO SECO (G) DE <i>Quillaja lancifolia</i>	25
FIGURA 3 - ESTRUTURA QUÍMICA GERAL DA SAPONINA DE <i>Quillaja saponaria</i> ...	29
FIGURA 4 - SÉRIE HISTÓRICA DO VALOR DE EXPORTAÇÃO DE <i>Quillaja saponaria</i> NO CHILE.....	30
FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DE REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE ESPÉCIES DA FAMÍLIA QUILLAJACEAE.	44
FIGURA 6 – PRODUÇÃO CIENTÍFICA MUNDIAL SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.	45
FIGURA 7 – PRINCIPAIS PERÍODICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.	46
FIGURA 8 – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES DOS AUTORES QUE PUBLICARAM ESTUDOS SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.....	47
FIGURA 9 – QUANTIDADE DE TRABALHOS PUBLICADOS PELOS PAÍSES SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.....	48
FIGURA 10 – ÁREAS DE ESTUDOS DAS PUBLICAÇÕES SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.....	49
FIGURA 11 – PALAVRAS-CHAVE DE PUBLICAÇÕES SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.....	49
FIGURA 12 – PRINCIPAIS PARTES DE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ESTUDADAS EM PUBLICAÇÕES ATÉ 2022.	50
FIGURA 13 – PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE COMPOSTOS ESTUDADOS EM PUBLICAÇÕES SOBRE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> ATÉ 2022.	51
FIGURA 14 - PRINCIPAIS EMPRESAS PRODUTORAS DE SUBPRODUTOS DE <i>Quillaja saponaria</i> E <i>Quillaja lancifolia</i> CITADAS EM ARTIGOS PUBLICADOS ATÉ 2022 E PAÍSES ONDE ESTÃO SEDIADAS ESTAS INSTITUIÇÕES.	52
FIGURA 15 - LOCALIZAÇÃO DA POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i> ESTUDADA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, PR.....	73
FIGURA 16 - METODOLOGIA DO ESTUDO FENOLÓGICO DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i>	75

FIGURA 17 - VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DE OUTUBRO DE 2021 A SETEMBRO DE 2022 DA CIDADE DE CURITIBA, PR.....	76
FIGURA 18 - ANÁLISE DE INCREMENTO DA CIRCUNFERÊNCIA DE TRONCO DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i>	77
FIGURA 19 - METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE SAPONINAS DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i>	78
FIGURA 20 - QUANTIFICAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i>	79
FIGURA 21 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE UMA POPULAÇÃO DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM CURITIBA, PR, CONSIDERANDO A INTENSIDADE DAS FENOFASES EM CADA MÊS. FON= FOLHAS NOVAS; FOM= FOLHAS MADURAS; FOV= FOLHAS VELHAS; BO= BOTÕES FLORAIS; FL= FLORES; FRI= FRUTOS IMATUROS; FRM= FRUTOS MADUROS; FRS= FRUTOS SECOS.	81
FIGURA 22 - ÍNDICE DE ATIVIDADE DAS FENOFASES VEGETATIVAS (A) E REPRODUTIVAS (B) DE UMA POPULAÇÃO DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM CURITIBA, PARANÁ.....	83
FIGURA 23 - INCREMENTO ACUMULADO DA CIRCUNFERÊNCIA DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.	85
FIGURA 24 - QUANTIFICAÇÃO DAS SAPONINAS POR MEIO DO ÍNDICE DE ESPUMA (A) E TAMANHO DA ESPUMA (B) DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.....	88
FIGURA 25 - TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DAS CASCAS, FOLHAS E RAMOS DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR. ...	90
FIGURA 26 - PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL COM <i>Quillaja lancifolia</i> NA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CANGUIRI, PARANÁ. T1= FISIONOMIA HERBÁCEO-ARBUSTIVA E T2= FISIONOMIA ARBÓREA.....	110
FIGURA 27 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DA MEDIÇÃO DE UM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL COM <i>Quillaja lancifolia</i> E TEORES DE SAPONINAS E SÓLIDOS SOLÚVEIS.	111
FIGURA 28 - ÍNDICE DE ESPUMA E TEOR DE ESPUMA DE <i>Quillaja lancifolia</i> POR ESTAÇÃO, EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE.....	115
FIGURA 29 - TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE <i>Quillaja lancifolia</i> POR ESTAÇÃO, EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE..	116

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉDIA DO VETOR (μ), NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DA OCORRÊNCIA DAS FENOFASES (N), CONCENTRAÇÃO DO VETOR MÉDIO (R) E TESTE DE RAYLEIGH (Z) NAS FENOFASES DE UMA POPULAÇÃO DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM CURITIBA, PR EM 2021 E 2022.	82
TABELA 2 - CORRELAÇÃO DE SPERMAN (RS) ENTRE AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO MÊS CORRELATO (M0), MÊS ANTERIOR (M1) E SEGUNDO MÊS ANTERIOR (M2) AOS EVENTOS VEGETATIVOS E REPRODUTIVOS DE UMA POPULAÇÃO DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM CURITIBA, PR.	84
TABELA 3 - INCREMENTO CORRENTE MENSAL E INCREMENTO CORRENTE ANUAL DA CIRCUNFERÊNCIA DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.....	84
TABELA 4 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (RS) ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL DE <i>Quillaja lancifolia</i> E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.	85
TABELA 5 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (RS) ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL E AS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS EM POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i> SITUADA EM CURITIBA, PR.....	86
TABELA 6 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (RS) ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL E O ÍNDICE DE ESPUMA, TAMANHO DA ESPUMA E SÓLIDOS SOLÚVEIS EM POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i> SITUADA EM CURITIBA, PR.....	86
TABELA 7 - MÉDIA ANUAL DO ÍNDICE DE ESPUMA E DO TAMANHO DA ESPUMA DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.	87
TABELA 8 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE A QUANTIDADE DE SAPONINAS (ÍNDICE DE ESPUMA E TAMANHO DA ESPUMA) DE <i>Quillaja lancifolia</i> E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.....	89
TABELA 9 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (RS) ENTRE O TEOR DE SAPONINAS (ÍNDICE DE ESPUMA E TAMANHO DA ESPUMA) E AS FENOFASES	

VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS EM POPULAÇÃO NATURAL DE <i>Quillaja lancifolia</i> SITUADA EM CURITIBA, PR.	89
TABELA 10 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS DE <i>Quillaja lancifolia</i> E O ÍNDICE DE ESPUMA E TAMANHO DA ESPUMA.	90
TABELA 11 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (RS) ENTRE SÓLIDOS SOLÚVEIS E AS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.....	91
TABELA 12 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS DE <i>Quillaja lancifolia</i> E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.....	91
TABELA 13 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO DA ÁREA DE CAPOEIRINHA (TRATAMENTO 1) E CAPOEIRÃO (TRATAMENTO 2).	113
TABELA 14 - MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO, TAXA DE SOBREVIVÊNCIA E INCREMENTO MÉDIO ANUAL DE PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL COM <i>Quillaja lancifolia</i> AOS CINCO ANOS.	113
TABELA 15 - MÉDIA ANUAL DO ÍNDICE DE ESPUMA E DA QUANTIDADE DE ESPUMA DE <i>Quillaja lancifolia</i> AOS 5 ANOS DE IDADE EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL, BASEADA EM UMA COLETA PARA CADA ESTAÇÃO DO ANO.	114
TABELA 16 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E AS MÉTRICAS QUANTITATIVAS DE SAPONINAS (MÉDIAS ANUAIS DO ÍNDICE DE ESPUMA E DO TEOR DE ESPUMA) DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO AOS 5 ANOS DE IDADE.	115
TABELA 17 - MÉDIAS DA QUANTIDADE DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE <i>Quillaja lancifolia</i> POR ESTAÇÃO, EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE.....	117
TABELA 18 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E O TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE <i>Quillaja lancifolia</i> EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE..	117
TABELA 19 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DO ÍNDICE DE ESPUMA, TAMANHO DA ESPUMA E SÓLIDOS SOLÚVEIS DE <i>Quillaja lancifolia</i> ENTRE PLANTAS JOVENS DO PLANTIO DE 5 ANOS DE IDADE E ÁRVORES ADULTAS.....	118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 OBJETIVO GERAL	18
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.2 ESTRUTURAÇÃO DA TESE	18
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.....	19
2.2 CONSERVAÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS	20
2.3 FENOLOGIA	22
2.4 ESPÉCIES DA FAMÍLIA QUILLAJACEAE	23
2.4.1 <i>Quillaja lancifolia</i> D.DON	24
2.4.2 <i>Quillaja saponaria</i> MOLINA.....	27
2.5 SAPONINAS NAS ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Quillaja</i>	28
2.6 REFERÊNCIAS	32
3 PANORAMA CIENTIFÍCO GLOBAL DAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA QUILLAJACEAE	41
3.1 INTRODUÇÃO.....	42
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.3 RESULTADOS	44
3.4 DISCUSSÃO	52
3.5 CONCLUSÕES	58
3.6 REFERÊNCIAS	59
4 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE SAPONINAS DE <i>Quillaja lancifolia</i> D. Don (QUILLAJACEAE) E SUA RELAÇÃO COM A FENOLOGIA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	70
4.1 INTRODUÇÃO.....	71
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	72
4.2.1 ÁREA DE ESTUDO	72
4.2.2 FENOLOGIA E INCREMENTO DIAMÉTRICO	73
4.2.3 QUANTIFICAÇÃO DE SAPONINAS E SÓLIDOS SOLÚVEIS	77
4.3 RESULTADOS	80
4.4 DISCUSSÃO	91

4.5 CONCLUSÕES	97
4.6 REFERÊNCIAS	98
5 DESENVOLVIMENTO DE MUDAS E PRODUÇÃO SAZONAL DE SAPONINAS EM PLANTIO DE <i>Quillaja lancifolia</i> D. Don REALIZADO EM ÁREAS COM DIFERENTES ESTÁGIOS DE SUCESSÃO	107
5.1 INTRODUÇÃO.....	108
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	109
5.3 RESULTADOS	113
5.4 DISCUSSÃO.....	118
5.5 CONCLUSÕES.....	122
5.6 REFERÊNCIAS	122
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
REFERÊNCIAS (LISTA COMPLETA).....	130
7 APÊNDICE 1	155

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é estratégico quanto à proteção da biodiversidade que, especialmente pelo seu tamanho continental, consiste em um país megadiverso com metas ambiciosas para proteger a biodiversidade, como a criação e consolidação de áreas protegidas, geração de renda por meio da biodiversidade, revisão de listas de espécies ameaçadas e monitoramento destes táxons (MITTERMEIER et al., 2020). Atualmente, o país possui, dentre as ações prioritárias a definição de alvos para conservação, que são objetos de biodiversidade, como as espécies endêmicas, as de distribuição restrita ou ameaçadas, e objetos de uso sustentável, como as espécies de importância econômica, medicinal ou fitoterápica (BRASIL, 2022).

Uma das espécies arbóreas categorizadas como ameaçada de extinção no Brasil é *Quillaja lancifolia* D.Don (SEMA, 1995), pertencente à família Quillajaceae, que além dela só possui outra espécie, *Quillaja saponaria* Molina, originária do Chile (LUEBERT, 2013). Entre os fatores de ameaça à *Q. lancifolia* estão a perda de habitat devido à expansão urbana e atividades agropecuárias, assim como a exploração desordenada madeireira e de seu principal metabólito secundário, as saponinas (CNCFLORA, 2023). Este tipo de composto é produzido em grande quantidade pela espécie chilena e usado comercialmente por grandes empresas em todo mundo, sendo um dos principais produtos florestais não madeireiros do Chile (HERNÁNDEZ, 2023). As saponinas possuem características farmacológicas relevantes, sobretudo como adjuvantes em vacinas, podendo também ser utilizadas em ação contra microrganismos, como aditivo alimentar, e em ação emulsificante e surfactante (BAFUNDO; MÄNNER; DUERR, 2021; BOZACI, 2017; CHUNG et al., 2017; GUNTHER et al., 2006; PARUM et al., 2022). Ademais, sabe-se da ocorrência de danos ecológicos para a espécie chilena devido à exploração das saponinas, o que motivou estudos nos últimos anos que visa o desenvolvimento de novas técnicas de manejo para o uso sustentável da espécie (SAN MARTIN, 2000).

Com isto, diante da ameaça de extinção e do potencial farmacológico, *Q. lancifolia* é uma espécie alvo para conservação, sendo necessários estudos ecológicos voltados para o conhecimento da espécie, visto que, ainda são incipientes as informações sobre ela (CNCFLORA, 2023). Neste contexto, estudos de fenologia são ferramentas importantes para a conservação das espécies, pois as alterações fenológicas são interpretadas como indicadores sensíveis aos impactos ecológicos das mudanças climáticas, que podem afetar consideravelmente a estrutura e função do ecossistema (TANG et al., 2016). Adicionalmente, conhecer aspectos da fenologia, assim como da fisiologia e do crescimento, também são importantes para a extração sustentável de compostos das plantas, visto que o teor dos

metabólitos secundários e sua constituição podem não ser constantes durante o ano todo (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Outra abordagem relevante no contexto de conservação da biodiversidade é a utilização de espécies ameaçadas no enriquecimento de remanescentes florestais, principalmente em fragmentos de Mata Atlântica, que muitas vezes se encontram isolados e empobrecidos, e necessita de acréscimos de espécies nativas (BRITTEZ et al., 2003). Esta prática se torna ainda mais importante quando utilizadas espécies que podem ser ameaçadas devido sua constante exploração, recomendando-se manter produção constante de mudas para ampliar as áreas de enriquecimento (ARAUJO et al., 2013), que contribui tanto a conservação da espécie como também sua exploração sustentável. De fato, é notável a demanda por produtos florestais em áreas de plantios silviculturais, como também em florestas mantidas por meio de instrumentos legais (MENDONÇA FILHO, 2010).

Diante disto, pesquisas sobre aspectos ecológicos de *Q. lancifolia*, em especial sobre seu comportamento fenológico e silvicultural, assim como a respeito de sua produção sazonal de saponinas, são relevantes para subsidiar planos de manejo sustentável, de forma a evitar a sua exploração predatória, onde permite conhecer o melhor período de coleta e as estruturas da planta com maior potencial de produção dos metabólitos secundários. Ademais, é importante viabilizar esta espécie para fins de produção silvicultural, sendo essa uma das principais estratégias para conservação (GRANDE et al., 2023), uma vez que, aumenta a população do táxon e seu potencial uso comercial. Este tipo de abordagem contribui com o objetivo 13 de Desenvolvimento Sustentável estabelecido na Assembleia Geral das Nações Unidas, que visa a proteção, restauração e gestão sustentável das florestas, para que não haja diminuição da biodiversidade e degradação de áreas (ONU BRASIL, 2015).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os aspectos fenológicos e de crescimento de *Quillaja lancifolia* D. Don, assim como sua produção sazonal de saponinas em população natural e em plantio de enriquecimento florestal.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Analisar estudos científicos em âmbito global sobre as duas únicas espécies da família Quillajaceae, para identificar os principais avanços científicos, assim como as lacunas associadas à conservação de *Quillaja saponaria* e *Quillaja lancifolia*.
- II. Analisar a fenologia, o incremento em circunferência do tronco e a quantidade de saponinas e sólidos solúveis de *Q. lancifolia* em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista situado em Curitiba, PR.
- III. Avaliar o desenvolvimento de *Q. lancifolia* em um plantio de enriquecimento aos cinco anos de idade em duas áreas com distintos estágios de sucessão, analisando também a produção sazonal de saponinas.

1.2 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

Com a finalidade de atingir os objetivos apontados, a tese abrange uma seção inicial com revisão de literatura, seguida de três capítulos, com os seguintes títulos:

Capítulo I: Panorama científico global das espécies da família Quillajaceae

Capítulo II: Fenologia, crescimento e produção de saponinas de *Quillaja lancifolia* D. Don (Quillajaceae) em Floresta Ombrófila Mista

Capítulo III: Desenvolvimento de mudas e produção sazonal de saponinas em plantio de *Quillaja lancifolia* D. Don realizado em áreas com diferentes estágios de sucessão

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

O direito ambiental internacional é reconhecido pelo seu caráter ubíquo, característica sobre os recursos ambientais serem onipresentes e os processos ecológicos interdependentes, acarretando a criação de normas ambientais pelos países (RODRIGUES, 2022). Portanto, A União Internacional de Conservação da Natureza (International Union for Conservation of Nature - IUCN), por meio de sua lista vermelha, indica o estado da biodiversidade do planeta, informando e buscando ações de conservação, principalmente por meio de mudanças políticas para proteger os recursos naturais (IUCN, 2024). Com isto, a IUCN foi importante para criação de convenções internacionais para diversos temas voltados a conservação da natureza, criando ao longo do tempo uma metodologia que classifica as espécies em distintas categorias de ameaça: Extinta – EX (Extinct); Extinta na natureza – EW (Extinct in the Wild); Criticamente em perigo – CR (Critically Endangered); Em perigo – EN (Endangered); Vulnerável – VU (Vulnerable); Quase ameaçada – NT (Near Threatened); Menos preocupante – LC (Least Concern); além daquelas enquadradas como Dados insuficientes – DD (Data Deficient) (RIBEIRO E CAITANO, 2023).

A lei que rege todo o ordenamento jurídico brasileiro, a Constituição Federal (CF), é explícita quanto à proteção ambiental, quando em seu artigo 225, garante a todo brasileiro o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo realçado o conceito de sustentabilidade, no que diz respeito a preservação para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988). Antes mesmo da Constituição Federal, em 1981, o país já contava com a Política Nacional de Meio Ambiente, que surgia com a criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), como também, instrumentos de gestão ambiental, sendo alguns deles voltados para a conservação da natureza, como o zoneamento ambiental, avaliação de impactos ambientais, criação de sistema nacional de informações ambientais e criação de áreas protegidas (BRASIL, 1981). Além disso, a CF descreve que incumbe ao poder público a proteção da fauna e flora, proibindo práticas que coloquem em risco a função ecológica e que levem a extinção de espécies (BRASIL, 1988).

Após as leis citadas, mediante a relevância delas, outras surgiram com maiores especificidades, como a lei que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), com o intuito de criar, implantar e fazer a gestão das unidades de conservação, sendo elas divididas em unidades de Proteção Integral e de Uso Sustentável, ambas importantes para manter os ecossistemas e habitats naturais conservados, admitindo ou

não o uso indireto dos recursos naturais (BRASIL, 2000). Para mais, leis que visem a criação de áreas protegidas são importantes para a conservação *in situ* das espécies, estando essas áreas delimitadas no Código Florestal brasileiro, tanto o de 1965 como o de 2012, em que são instituídas áreas de Reserva Legal em propriedades rurais e Áreas de Preservação Permanentes (BRASIL, 1965; BRASIL, 2012). Porém, o novo Código Florestal apresenta pontos que mostram um retrocesso do ponto de vista da proteção das florestas, como exemplo da permissão da supressão, mesmo com alguns limites, de vegetação com espécies ameaçadas de extinção (RODRIGUES, 2022).

Outros instrumentos legais são importantes para a conservação da natureza, como a Lei nº 9.795 de 1999, a Política Nacional de Educação Ambiental, que insere a educação ambiental na educação formal, do ensino infantil ao superior, como também na educação não-formal, a exemplo de sensibilizar a sociedade para a importância das unidades de conservação e das populações tradicionais ligadas às unidades de conservação (BRASIL, 1999). Também deve haver incentivos a divulgação de informações sobre a conservação das florestas e biomas brasileiros, conservação da biodiversidade brasileira e plantio e uso de espécies vegetais nativas em áreas urbanas e rurais, e debate acerca da ecologia, conservação ambiental e cadeias produtivas (BRASIL, 1999).

Também, a Lei nº 11.428 de 2006 (BRASIL, 2006) se mostra importante instrumento legal que visa proteger e conservar o Bioma Mata Atlântica, visto que, apresenta grande diversidade biológica no Brasil, que abrange uma área correspondente a 13% do território nacional (SFB, 2013). O bioma é considerado um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (*i. e.*, possui prioridade de conservação em todo planeta) (MYERS et al., 2000). Já a Lei nº 12.187 de 2009, institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, que dentre alguns itens, visa à preservação, à conservação e à recuperação dos recursos ambientais, importante para reduzir os efeitos do aumento da temperatura do planeta. Apesar de serem citadas as principais Leis Federais que visa a conservação da natureza, os Estados e Municípios desempenham papel importante na criação de dispositivos legais, conforme a realidade local, ainda mais tratando-se de um país tão diverso e com fortes diferenças edafoclimáticas, de forma a efetivar suas leis para manter o equilíbrio ambiental.

2.2 CONSERVAÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS

Dentre as diversas plantas que necessitam de uma legislação mais efetiva, estão as plantas medicinais, que são definidas como as que possuem substâncias administradas pelos

seres humanos que previnem, tratam e curam doenças com comprovação, e os fitoterápicos, que são os medicamentos provenientes das plantas medicinais (ANVISA, 2022). Tal diferenciação é importante, pois o uso indiscriminado de muitas plantas medicinais pode levar a efeitos adversos, diferente dos fitoterápicos que são mais seguros por manter padrões da dosagem correta e de não ter contaminação. Com isto, buscando o acesso seguro e o uso racional das plantas medicinais e fitoterápicos, foi criada a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, com o objetivo de proporcionar o uso sustentável e o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional (BRASIL, 2006).

A Farmacopéia Brasileira é um compêndio farmacêutico nacional que estabelece as exigências mínimas de qualidade, autenticidade e pureza de insumos farmacêuticos, de medicamentos e de outros produtos sujeitos à vigilância sanitária. A partir disso, Freire et al. (2023) fizeram um levantamento na Farmacopéia Brasileira e encontraram 85 espécies classificadas como plantas medicinais, das quais 22 são nativas e somente sete são endêmicas, demonstrando que o Brasil ainda é carente de informações sobre suas plantas medicinais autóctones. Portanto são necessárias mais pesquisas voltadas para flora brasileira com potencial medicinal, aspecto reforçado pela diretriz 7.3 da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, onde consta que é preciso “*Fomentar a realização de pesquisas visando à ampliação do número de espécies nativas na Farmacopeia Brasileira*” (BRASIL, 2006).

Nesse contexto, o Livro Vermelho da Flora do Brasil caracteriza espécies ameaçadas no País e fornece informações para que sejam feitos planos e metas que diminuam os impactos das ações humanas sobre elas (MARTINELLI; MORAES, 2013). Em um levantamento no Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI; MORAES, 2013), utilizando os termos “medicinal” e “medicinais”, para avaliar quais espécies com esta natureza estão em alguma categoria de risco de extinção, foi constatado que há 16 espécies ameaçadas com propriedades medicinais, sendo 4 criticamente em perigo, 6 em perigo e 6 vulneráveis. Dessas, 13 são encontradas na Mata Atlântica, quatro na Caatinga, três na Amazônia, três no Cerrado, duas no Pampa e uma no Pantanal. Portanto, é importante que se tenha estratégias para conservar plantas medicinais, como a criação de hortas urbanas, restauração de áreas degradadas com o uso destas espécies, banco de germoplasma, investimentos em pesquisa e políticas públicas (FREIRE et al., 2023).

2.3 FENOLOGIA

Por meio de informações ecológicas é possível compreender as características estruturais e funcionais das espécies, como também suas interações com o ambiente, com o intuito de fornecer estratégias de conservação e manejo (VILELA; CARVALHO; VIEIRA, 2008). O termo fenologia é derivado de *phaino*, palavra grega que significa mostrar ou aparecer (RATHCKE; LACEY, 1985), e ela contribui para gerar informações dos aspectos vegetativos e reprodutivos das plantas por meio de suas fases de vida, quando é observado de forma contínua e periódica as manifestações e os efeitos da floração, frutificação, queda de folhas e brotações (CLELAND, 2007; CAMILO et al., 2013). Além disso, estudos fenológicos de espécies florestais nativas contribuem para o entendimento das relações entre as fases e as variáveis climáticas, tendo como resultado informações sobre o desenvolvimento das populações naturais nos ecossistemas (FERRERA et al., 2017).

Plantas tropicais possuem fenofases irregulares, pois seus ciclos são complexos (BENCKE; MORELLATO, 2002) e há constante variação climática, assim, estudos de fenologia em remanescentes, como os de Floresta Atlântica, mostram que as plantas desenvolvem estratégias de alta complexidade no ambiente, mesmo sofrendo forte degradação antrópica ao longo dos anos (ANDREACCI; BOTOSSO; GALVÃO, 2017). De fato, Abernethy et al. (2018) explicam que os padrões fenológicos são diferentes entre florestas tropicais e florestas temperadas, pois as plantas tropicais podem crescer e se reproduzir continuamente e as variáveis meteorológicas podem não ocasionar padrões sazonais. Os autores ressaltam também que, somente ao longo do século XX, os estudos fenológicos em florestas tropicais foram se expandindo, tornando-se importantes para o monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas, com uso de tecnologia avançada, como o sensoriamento remoto, câmeras digitais e novas ferramentas analíticas.

Grande parte dos estudos de fenologia são realizados com plantas cultivadas (FISCH; NOGUEIRA; MANTOVANI, 2000), o que demonstra a necessidade de pesquisas que promovam o conhecimento das espécies nativas em populações naturais (FREIRE et al., 2013), visto que muitas destas sofrem com efeitos antrópicos que podem ocasionar decréscimos populacionais e até culminar em extinção (MONTICELLI; MORAIS, 2015), além de, possivelmente, modificar a periodicidade, intensidade e duração das fenofase, quando se comparado em ambiente natural. Apesar de muitos estudos já utilizarem sensoriamento remoto na fenologia, nas florestas tropicais as metodologias de coletas de dados fenológicos mais utilizadas são os métodos de trilhas, seguidos dos métodos de transecções e parcelas (MORELLATO; D'EÇA NEVES, 2004). Na América do Sul, o

número de estudos fenológicos ainda é desigual para diferentes tipos de vegetação, sendo a floresta tropical úmida a mais estudada, sendo necessário expandir esses estudos para outros tipos de florestas (MORELLATO et al. 2013).

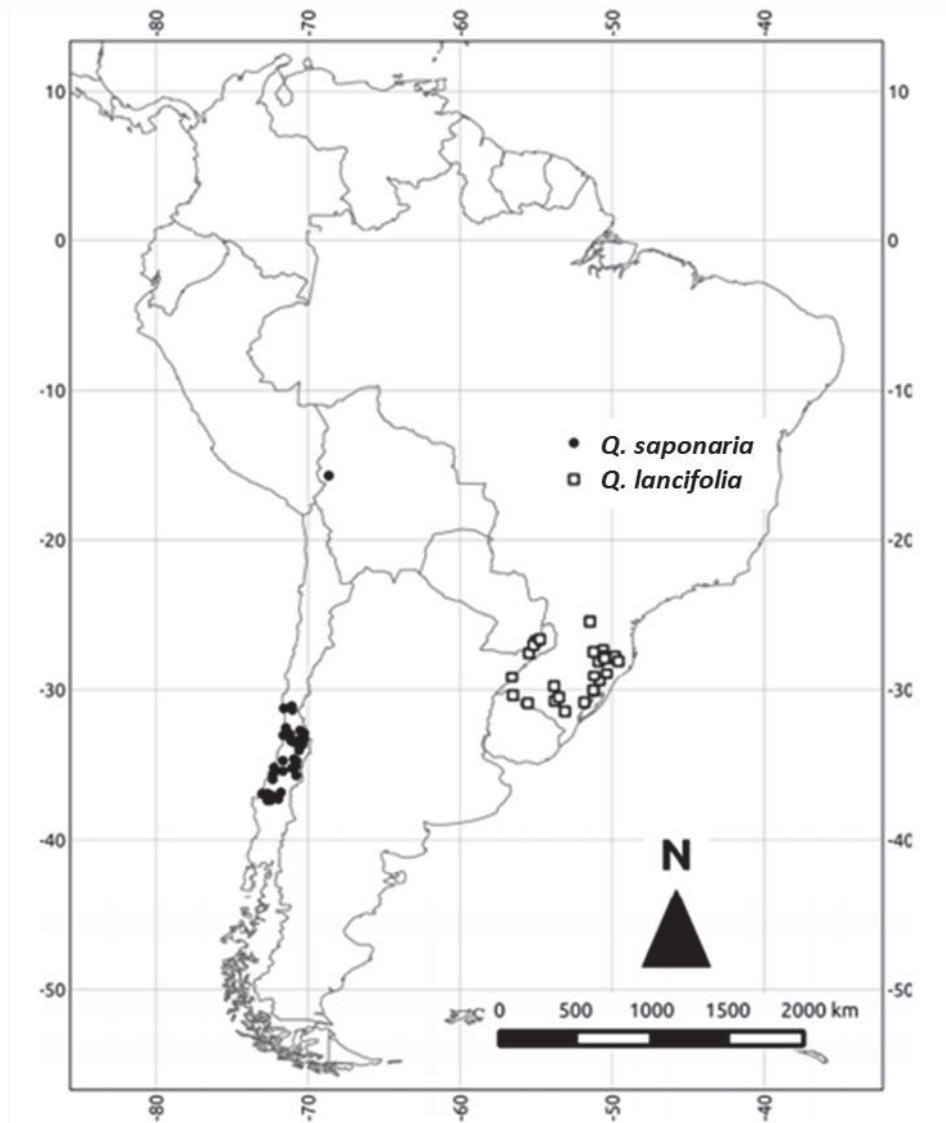
Com relação à restauração florestal, os dados fenológicos se mostram importantes no sentido de identificar espécies adequadas, principalmente para manter a diversidade genética, onde garante as informações sobre a época da floração e frutificação, locais e período da dispersão, coleta de sementes e aspectos da polinização (BUISSON et al., 2017; ROTHER et al., 2022). Quando se trata de conservação, Morellato et al. (2016) explicam que o uso da tecnologia, combinado com as tradicionais observações fenológicas em campo, são interessantes para o Projeto *e-Phenology*, que busca o monitoramento remoto da fenologia, criação de protocolo para monitoramento de longo prazo no Brasil, observando os padrões sazonais frente as mudanças climáticas.

A fenologia também é utilizada em combinação com abordagens de estudo dos anéis de crescimentos de espécies florestais tropicais, sendo essencial na compreensão da relação do clima com o crescimento das plantas (BOTOSSO, 2007), havendo relação da sazonalidade com a formação dos anéis de crescimento (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; HEINRICH, I.; BANKS, 2006). A fenologia e as variáveis meteorológicas também podem ser relacionadas com diferentes frações de serrapilheira, apoiando programas de coleta de sementes, frugivoria e ciclagem de nutrientes (SCHEER et al., 2009). Algumas práticas conservacionistas importantes são favorecidas pelo estudo da fenologia, como a criação de calendários para coleta de sementes, informações sobre a floração e frutificação de espécies ameaçadas de extinção, disponibilizar um período para que haja recursos para a polinização, controlar os danos por herbivoria e gerenciar o uso sustentável de produtos florestais não madeireiros (MORELLATO et al., 2016).

2.4 ESPÉCIES DA FAMÍLIA QUILLAJACEAE

A família Quillajaceae apresenta distribuição na América do Sul (FIGURA 1), contendo apenas duas espécies, *Quillaja lancifolia* D.Don e *Quillaja saponaria* Molina, as quais antes pertenciam a família Rosaceae, mas que por meio de dados moleculares e morfológicos foram retiradas (LUEBERT, 2013), devido especificamente ao cromossomo número $x = 14$, que não existe em Rosaceae (KUBITZKI, 2007). *Q. lancifolia* é nativa do Nordeste da Argentina, Sul do Brasil e Uruguai, enquanto *Q. saponaria* ocorre na região central do Chile, com alguns relatos equivocados de sua ocorrência do gênero no Peru e Bolívia (LUEBERT, 2013).

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia* E *Quillaja saponaria*.

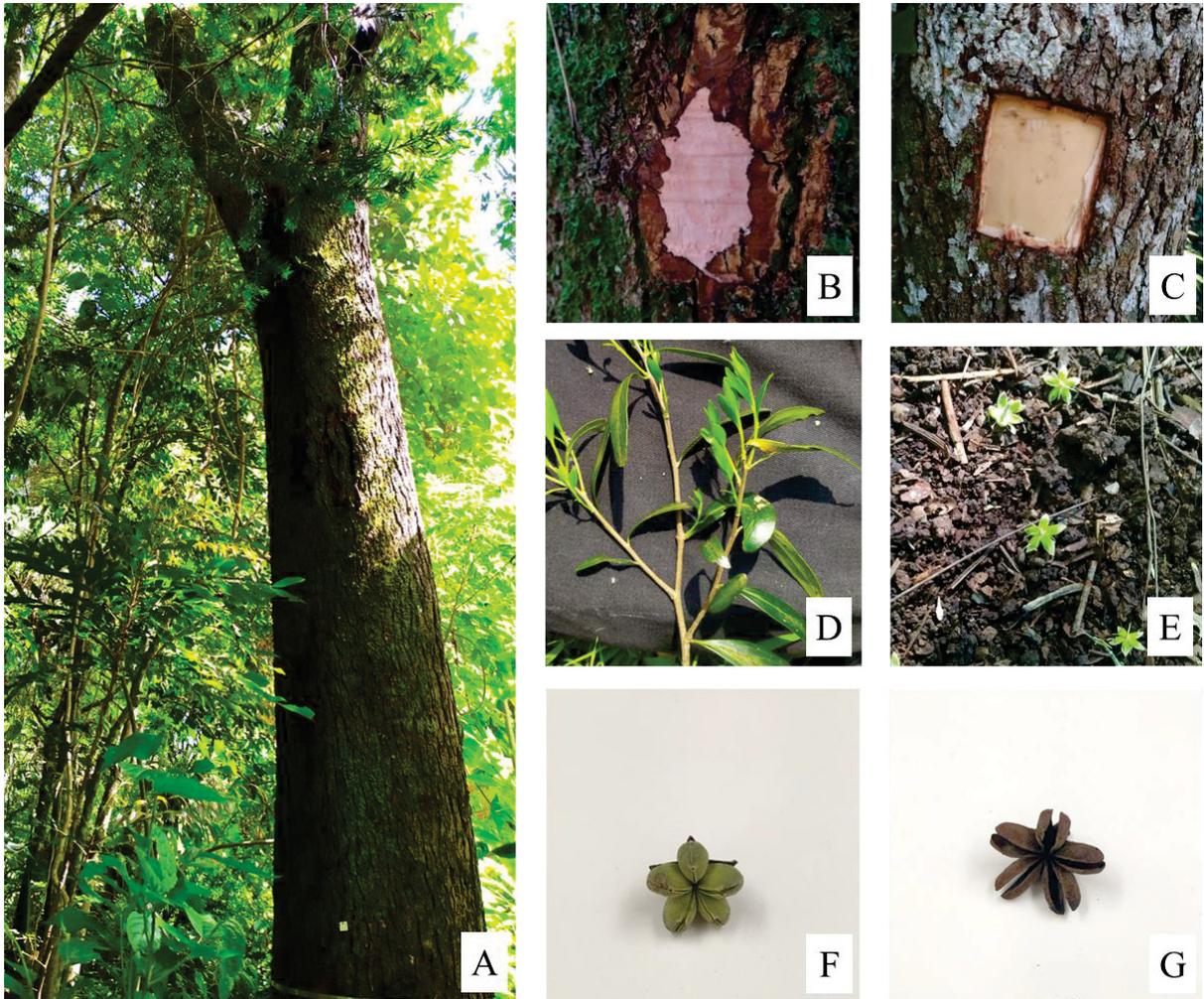


FONTE: Luebert (2013).

2.4.1 *Quillaja lancifolia* D.DON

Q. lancifolia é uma espécie nativa do Brasil, não endêmica e situada no domínio fitogeográfico Mata Atlântica em Floresta Ombrófila Mista (FIGURA 2). No Estado do Paraná ela é classificada como vulnerável (SEMA, 1995). A espécie de fato é considerada “rara”, pois apresenta baixa frequência de ocorrência em remanescentes florestais (HOFFMANN, 2015) e uma distribuição também reduzida.

FIGURA 2 - ÁRVORE ADULTA (A), CASCA (B), MADEIRA (C), FOLHAS (D), FLORES (E), FRUTO IMATURO (F) E FRUTO SECO (G) DE *Quillaja lancifolia*.



FONTE: O autor (2024).

Q. lancifolia é conhecida popularmente como açá-toucinho, árvore-de-sabão, quilaia, bugreiro-da-várzea, lava-cabelo, pau-de-bugre, pau-de-sabão, pirubaúva, sabão-de-soldado, timbuva, tibura, timbaúva, timbauvão, aroeira vermelha e saboeiro (CARVALHO, 2006; FUKS, 1982; LORENZI, 2009). A espécie ocorre em vários tipos de solos, sejam eles rasos e litólicos, aluviais ou degradados pela agricultura, no entanto apresenta melhor crescimento em locais com boa fertilidade química, textura areno-argilosa a argilosa e boa drenagem (CARVALHO, 2006). As árvores apresentam altura de 6 a 20 m, com diâmetro a altura do peito (DAP) entre 20 e 60 cm, ramificação racemosa, dicotômica e ramos verrucosos de cor cinza-escura. O tronco é reto a levemente tortuoso, com coloração cinza escura, casca grossa,

saponácea, muito fissurada, espessura de até 10 mm e casca interna de cor marrom-clara a rosa-clara (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2009).

As folhas são simples, alternas, agudo-acuminadas, elípticas a lanceoladas, com margens íntegras ou ligeiramente denteadas, coriáceas, lâmina do limbo com 3 a 10 cm de comprimento e até 3 cm de largura e, quando velhas, apresentam coloração amarelada e contrastam com o verde-escuro das folhas jovens (CARVALHO, 2006). A planta é hermafrodita, com polinização realizada principalmente por abelhas e vários insetos pequenos, com dispersão anemocórica (CARVALHO, 2006). A espécie possui inflorescência corimbosa, pauciflora, tomentosa. Com botões globosos e tomentosos, a flor tem pedicelo de 5 mm de comprimento, bráctea e bractéola escamiformes, persistentes e tomentosas, apresentando cálice tomentoso na parte externa do tubo, com sépalas patentes, coriáceas, ovais, de ápice subagudo espessado nas margens (FUKS, 1982). Os frutos são compostos por 5 folículos dispostos de forma estrelada e unidos na base (FUKS, 1982), contendo sementes ortodoxas (MATTEI, 1995).

Com relação aos aspectos fenológicos, Carvalho (2006) descreve que a floração ocorre de setembro a fevereiro em Santa Catarina, de dezembro a março no Paraná, e de janeiro a março, no Rio Grande do Sul, enquanto os frutos amadurecem de janeiro a abril em Santa Catarina, e de abril a junho no Paraná e no Rio Grande do Sul, com início do processo reprodutivo aos 5 a 10 anos de idade em plantios. Fuks (1982) descreve a floração de janeiro a março e a frutificação de março a outubro, e Lorenzi (2009) descreve que a floração acontece de dezembro a fevereiro e os frutos amadurecem em março e abril.

Conforme o Livro Vermelho da flora do Brasil a espécie está em quatro situações de ameaça, sendo elas o aumento da urbanização de forma desordenada, as atividades agropecuárias, a utilização da espécie na produção de vacinas e a exploração de sua madeira (MARTINELLI, 2013). Sua madeira pode ser utilizada na carpintaria e construção civil, como também na produção de lenha e carvão, sendo uma espécie recomendada para reflorestamentos, por ser rústica e tolerante a solos pobres (LORENZI, 2009; MARTINELLI, 2013). Além disso, Wolff et al. (2009) em estudo com a vegetação arbórea nativa visando à apicultura sustentável no Rio Grande do Sul, encontraram valor apícola no néctar e pólen de *Q. lancifolia*, descrevendo que seu período de floração ocorre em janeiro.

Adicionalmente, Mattei (1995) em trabalho sobre o período de colheita de sementes de *Q. lancifolia* na região de Pelotas, RS, explica que a abertura dos botões florais começa na primeira quinzena de janeiro, e, logo em seguida, a visita de várias espécies de insetos. O autor também descreve que os frutos no final de fevereiro já estão formados e que na primeira

quinzena de abril quase todas as sementes já haviam sido dispersadas pelo vento. É descrito também pelo autor que, desde que se inicia a formação dos frutos ocorrem pragas, sendo necessário limpar as sementes antes de armazená-las, coletando-as na fase de dispersão natural. A viabilidade das sementes decresce após a colheita, podendo ser conservadas em locais secos e ventilados por período de até 10 meses.

Ainda no âmbito da reprodução, Velazco et al. (2018) em estudo com a germinação de sementes e desenvolvimento de mudas de *Q. lancifolia*, encontraram resultados satisfatórios, onde evidencia uma taxa de germinação rápida e alta com uma média de 83,19%. Os autores também avaliaram o período de armazenamento das sementes, e constataram que em até um ano não há redução da taxa de germinação, mas que após esse período a viabilidade diminui. Com relação às mudas, foi realizado um tratamento com semeadura direta em tubetes e outro tratamento por meio dos transplantes de plântulas obtidas da germinação em câmara de germinação, não sendo encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, com alta taxa de sobrevivência (*i. e.*, 97%). Para a germinação de sementes foi indicado o uso da vermiculita como substrato, assim como para a produção de mudas, juntamente com casca de arroz carbonizada (CANTOS et al., 2015). Em relação a alguns estudos de levantamento florístico, a espécie foi encontrada no sub-bosque de dois povoamentos de *Pinus* sp. no Rio Grande do Sul (ANDRAE, 2005), e foi encontrada na Floresta Nacional de Irati, Paraná (CARVALHO, 1980; GALVÃO et al., 1989).

2.4.2 *Quillaja saponaria* MOLINA

Q. saponaria é uma planta indígena endêmica do Chile, conhecida popularmente por árvore-sabão, casca de sabão, casca de árvore de sabão e quillay, nome que deriva da palavra nativa Mapuche “*quillean*”, que significa “para lavar”, já que os povos indígenas do Chile utilizavam os extratos aquosos de suas cascas para lavar roupas e cabelos (SAN MARTIN E BRIONES, 1999). A espécie possui distribuição preferencial na zona mesomórfica do país, sendo uma das espécies mais importantes de florestas esclerófilas, florescendo de novembro a janeiro e frutificando de janeiro a março (BENEDETTI et al. 2000). É uma árvore perene que pode atingir cerca de 30 m de altura e 1,5 m de diâmetro, com folhas esclerófilas, de coloração verde amarelada, coriáceas, oblongas de borda quase lisa e com estípulas pequenas e decíduas (CORREA; MARTÍNEZ, 2013). Além disso, a espécie possui crescimento lento, com tronco cilíndrico e ramos simpodiais, apresentando casca marrom clara e lisa na fase juvenil, e coloração acinzentada à medida que a idade aumenta (BENEDETTI et al., 2000). As flores são hermafroditas, esbranquiçadas e achatadas, enquanto os frutos correspondem a

polifolículos estrelados, que permanecem secos e abertos na árvore por muito tempo (CORREA; MARTÍNEZ, 2013). As sementes são dispersas pelo vento até grande distância, com germinação rápida e regeneração limitada em decorrência de outras plantas e danos por animais (TACÓN, 2017).

A espécie apresenta densidade média de 50 árvores por hectare, crescendo bem em áreas com baixa precipitação e longos períodos de estiagem, sendo que no passado extensas áreas de florestas naturais eram cobertas por *Q. saponaria*, porém sua exploração e a expansão agrícola reduziram significativamente as populações naturais (SAN MARTIN; BRIONES, 1999). San Martin (2000) explica que, para satisfazer a demanda mundial, o Chile exporta há décadas uma média de 800-1.000 toneladas de cascas por ano, ocasionando na derrubada e descascamento anual de cerca de 60.000 árvores, o que causa danos ecológicos significativos, em especial quando se considera que a exploração das cascas é economicamente viável quando as plantas possuem mais de 25 anos. O autor também descreve que, a partir de 1998, ocorreu uma diminuição das exportações de cascas e uma estabilização dos preços devido a um novo processo de produção desenvolvido pela Universidade Católica do Chile (SAN MARTIN, 2000). Esse novo processo utiliza toda a biomassa de *Q. saponaria*, reduzindo a necessidade de derrubada de árvores, sendo ampliado em 1996 pela Universidade Católica do Chile e a empresa Desert King International (produtores norte-americanos de saponinas de mandioca) (SAN MARTIN, 2000). Depois, em 1998, o governo chileno lançou um programa de US\$ 2 milhões para estimular plantações, bem como novos usos de extratos de *Quillaja* (SAN MARTIN, 2000).

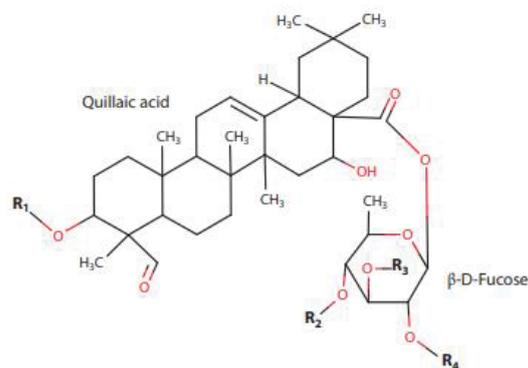
2.5 SAPONINAS NAS ESPÉCIES DO GÊNERO *Quillaja*

Os produtos florestais não madeireiros (PFNM) são aqueles oriundos da floresta que não sejam madeira, como folhas, frutos, flores, sementes e resinas, sendo divididos em dois grandes grupos: o grupo que não necessita da supressão das plantas; e o que necessita da supressão, conhecidos, respectivamente, por grupos de coleta não destrutiva e destrutiva (MACHADO, 2008). Os PFNM são utilizados por cerca de 80% das pessoas de países em desenvolvimento, complementando suas rendas e suprindo suas necessidades nutricionais (FAO, 1995). Entre esses PFNM estão subprodutos da biomassa das plantas, com diversas aplicações, a exemplo de alguns metabólitos secundários que atuam na defesa contra herbívoros e patógenos, ou surgem em resposta a estímulos ambientais, diferente dos primários que são essenciais e estão em todas as células de todas as plantas (RAVEN et al., 2001).

Um metabólito secundário produzido pelas plantas, e que nos últimos anos vem sendo descoberto seu potencial para diversas aplicações, são as saponinas, consistindo em glicosídeos que são compostos de gliconas (açúcares) ligados quimicamente com outras moléculas (FIGURA 3), com propriedade de diminuir a tensão superficial, produzindo espuma quando em solução aquosa e sob agitação (NULTSCH, 2000). Grande parte das saponinas não possuem nitrogênio, consistindo somente em açúcar e sapogenina, que é um esteroide ou triterpeno (GEORGE, 1965). Ainda conforme o autor, elas estão amplamente distribuídas em todo reino vegetal e seu conteúdo varia nas diferentes estruturas das plantas, podendo apresentar toxicidade.

Vários estudos foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo, principalmente para o isolamento e purificação de diferentes tipos de saponinas, o que acarretou a descoberta de diversas aplicações, como adjuvantes, antialérgicas, antifúngicas, anti-inflamatórias, antioxidante, antiviral, antitrombótico, antiúlcera, diuréticos, hepaprotetora, expectorante, neuroprotetor, moluscicida, imunoestimulante, entre outras (GUÇLU-USTUNDAG; MAZZA, 2007). Dentre as saponinas disponíveis, poucas são utilizadas comercialmente, sendo neste caso quase todas derivadas de *Q. saponaria*, já sendo encontradas aproximadamente 100 estruturas diferentes de saponinas, possuindo em sua estrutura básica o ácido quillaico, que é um triterpeno hidrofóbico, ligados a duas porções de açúcar (FIGURA 3) (REICHERT et al., 2019).

FIGURA 3 - ESTRUTURA QUÍMICA GERAL DA SAPONINA DE *Quillaja saponaria*.

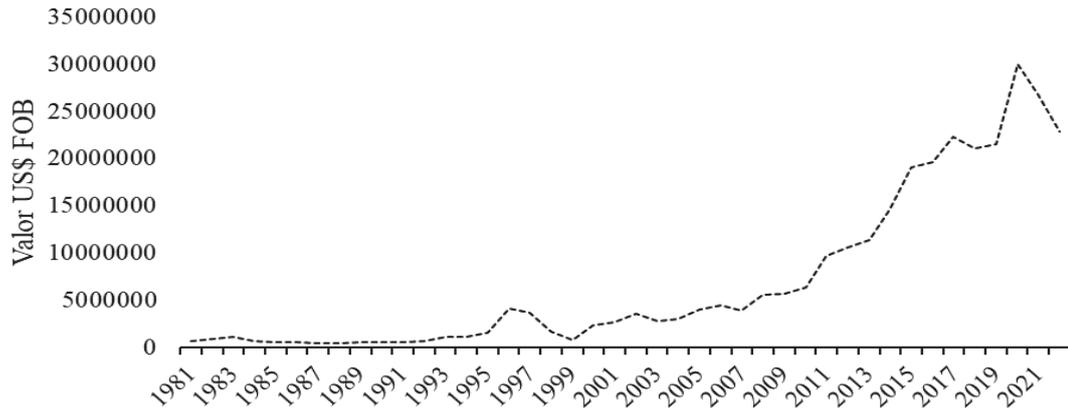


FONTE: Reichert et al. (2019).

Várias são as aplicações das saponinas da espécie, como na agricultura, nutrição animal, nutrição humana, cosméticos e farmácia (REICHERT et al., 2019). Por este motivo, os subprodutos da espécie estão entre os principais produtos florestais não madeireiros do

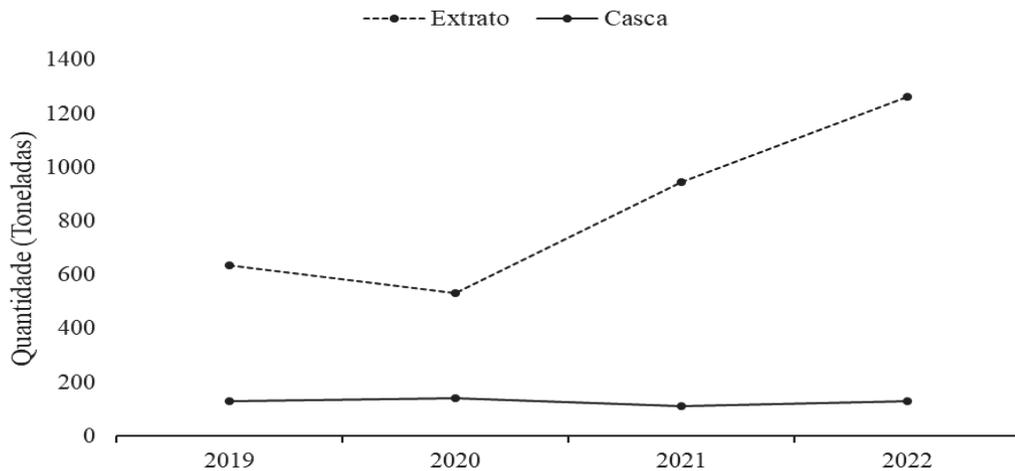
Chile, com elevado crescimento nos valores de exportações nas últimas duas décadas (FIGURA 4), sendo as cascas e os extratos da espécie os subprodutos mais exportados (FIGURA 5) (HERNÁNDEZ, 2023).

FIGURA 4 - SÉRIE HISTÓRICA DO VALOR DE EXPORTAÇÃO DE *Quillaja saponaria* NO CHILE.



FONTE: INFOR (2023).

FIGURA 5 – QUANTIDADE DE EXPORTAÇÃO DO EXTRATO E CASCAS DE *Quillaja saponaria* NO CHILE.



FONTE: Hernández (2023).

A exemplo do que já ocorreu com *Q. saponaria*, alguns estudos vêm sendo desenvolvidos com as saponinas de *Q. lancifolia*, que pode ser outra opção como fonte destes compostos e uma alternativa para uso mais sustentável das espécies da família Quillajaceae. Müller (2018) detectou saponinas nas folhas de *Q. lancifolia*, demonstrando que o material

vegetal seco e pulverizado apresenta maior teor, além de encontrar valores elevados no Índice de Espuma, superiores aos de *Q. saponaria*. Já Cibulski et al. (2016), em estudo com saponinas provenientes das folhas de *Q. lancifolia* observaram seu efeito adjuvante na vacina contra o vírus de diarreia bovina, apresentando respostas imunológicas, o que pode ser uma alternativa mais sustentável do que a extração das cascas. Outro trabalho importante, comparou o conteúdo de saponinas nas folhas de plantas micropropagadas com as de folhas de plantas adultas em campo, e evidenciou que os explantes tiveram cerca de 95% de sobrevivência em campo e que a espécie pode ser facilmente propagada sem afetar a produção de saponinas (FLECK et al., 2009). Além disso, saponinas provenientes das folhas de *Q. lancifolia* apresentam menor toxicidade e propriedades semelhantes como adjuvante para preparação de antígeno viral (SILVEIRA et al., 2011).

2.6 REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, K.; BUSH, E. R.; FORGET, P-M.; MENDOZA, I.; MORELLATO, L. P. C. Current issues in tropical phenology: a synthesis. **Biotropica**, v. 50, p. 477–82, 2018.
- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian Species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v.21, n. 1, p. 3-30, 2000.
- ANDRAE, F. H.; PALUMBO, R.; MARCHIORI, J. N. C.; DURLO, M. A. O sub-bosque de reflorestamentos de Pinus em sítios degradados da região da floresta estacional decidual do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 43-63, 2005.
- ANDREACCI, F.; BOTOSSO, P. C.; GALVÃO, F. Fenologia vegetativa e crescimento de *Cedrela fissilis* na Floresta Atlântica, Paraná, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.
- ANVISA. 2022. **Orientações sobre o uso de fitoterápicos e plantas medicinais**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/publicacoes-sobre-medicamentos/orientacoes-sobre-o-uso-de-fitoterapicos-e-plantas-medicinais.pdf/view>
Acesso em: 16 de junho de 2022.
- ARAÚJO, H. J. B.; CORREIA, M. F.; SIVIERO, A.; MACEDO, P. E. F.; OLIVEIRA, L. C. **Plantios de enriquecimento em florestas de produção no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2013. 18 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 66).
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269-276, 2002.
- BENEDETTI R. S.; DELARD, R. C.; ROACH B., F. **Quillay: Una alternativa multipropósito para la zona central**. Santiago, Chile: INFOR. 2000
- BOTOSSO, P. C. Fenologia como instrumento no acompanhamento da periodicidade e formação de anéis de crescimento no tronco de espécies arbóreas. In: Rego GM, Negrelle RRB, Morellato LPC, editores. **Fenologia: Ferramenta para Conservação, Melhoramento e Manejo de Recursos Vegetais Arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas; 2007.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Código Florestal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 de set. Seção 1. p. 9529-9531, 1965.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 agosto 2023.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 16 agosto 2023.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política da Educação Ambiental e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 16 agosto 2023.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Brasília, Diário Oficial da União, 19/07/2000.

BRASIL. Lei nº 11.428, 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em 16 agosto de 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil

BRASIL. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos**. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 60 p.

BRASIL. **Representatividade ecológica no contexto do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 2022. 63 p.

BRITEZ, M. R.; ALGER, K.; BAUMGARTEN, E. J.; CASTELLA, R. P.; CULLEN JR., L.; FARIA, M. D.; FELFILI, J.; FERNANDES, U. R.; FONSECA, B. A. G.; LANDAU, C. E.; LIMA, F. J.; MORATO, I. M.; ORTIZ, V. J.; PADUA, V. C.; PADUA, M. S.; RADOMSKI, I. M.; SAMPAIO, B. A. Manejo do entorno. In: **Fragmentação de ecossistemas, causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003, p. 348 - 365.

BUISSON, E.; ALVARADO, S. T.; STRADIC, S. L.; MORELLATO, L. P. C. Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 164-171, 2017.

CAMILO, Y. M. V.; SOUZA, E. R. B.; VERA, R.; NAVES, R. V. Fenologia, produção e precocidade de plantas de *Eugenia dysenterica* visando melhoramento genético. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 192-198, 2013.

CARVALHO, P. E. R. **Levantamento florístico da região de Irati-PR: 1a aproximação**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1980. 44 p. (EMBRAPA-URPFCS. Circular técnica, 3).

CARVALHO, P. E. R. **Saboneteira**. Circular técnica, Colombo, v. 116, p. 1 – 6, 2006

CANTOS, A. A.; MELLO, L. M.; VILLELA, F. A.; SAMPAIO, N. V.; SILVA, A. C. S.; SOUZA, C. G. Efeito da competição e produção de mudas de *Quillaja brasiliensis* (Sabão-de-soldado) em diferentes substratos. **Thema**, v. 12, n. 1, p. 33-41, 2015.

CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F.; MOURGLIA-ETTLIN, G.; TEIXEIRA, T. F.; SANTOS, H. F.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; FETT-NETO, A. G.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M. *Quillaja brasiliensis* saponins induce robust humoral and cellular responses in a bovine viral diarrhea virus vaccine in mice. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 45, p. 1-8, 2016.

CLELAND, E. E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H. A.; SCHWARTZ, M. D. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, p. 357–365, 2007.

CNCFlora. **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acesso em: 16 agosto 2023.

CNCFlora. ***Quillaja brasiliensis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Quillaja brasiliensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Quillaja_brasiliensis)>. Acesso em 8 agosto 2023.

CORREA, C.; MARTÍNEZ, A. **Información Tecnológica de Productos Forestales no Madereros del Bosque Nativo en Chile**. Proyecto CONAF – INFOR, Santiago. 2013.

FAO. **Non-wood forest products for rural income and sustainable forestry**. FAO technical papers - Series Non-Wood Forest Products, 7. Roma: FAO, 127p, 1995.

FERRERA, T. S.; PELISSARO, T. M.; EISINGER, S. M.; RIGHI, E. Z.; BURIOL, G. A. Fenologia de espécies nativas arbóreas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 753-766, 2017.

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA, L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva Ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba - SP). **Revista Biociências**, v. 6, p. 31-37, 2000.

FLECK, J. D.; SCHWAMBACH, J.; ALMEIDA, M. E.; YENDO, A. C. A.; COSTA, F.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Immuno-adjuvant saponin production in seedlings and micropropagated plants of *Quillaja brasiliensis*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant*, v. 45, p. 715-720, 2009.

FREIRE J. M.; AZEVEDO, M. C.; CUNHA, C. F.; SILVA, T. F.; RESENDE, A. S. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 243-252, 2013.

FUKS, R. **O genero *Quillaja* (Rosaceae) no Brasil**. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 26, p. 61 – 68, 1982.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. **Floresta**, v. 19, p. 30-49, 1989.

GEORGE, A. J. Legal status and toxicity of saponins. **Food and Cosmetics Toxicology**, v. 3, p. 85–91, 1965.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374–381, 2007.

GRANDE, P. F. R.; SANTOS, P. R. L.; SILVA, B. A. O uso dos dados do Mapbiomas para análise de restauração de vegetação na Serra da Mantiqueira. **Revista Territorium Terram**, v. 06, p. 169-177, 2023.

GUCLU-USTUNDAG, O.; MAZZA, G. Saponins: properties, applications and processing. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 47, p. 231-258, 2007.

HEINRICH, I.; BANKS, J. C. G. Variation in phenology, growth, and wood anatomy of *Toona sinensis* and *Toona ciliata* in relation to different environmental conditions. **International Journal of Plant Sciences**, v. 167, n. 4, p. 831–841, 2006.

HERNÁNDEZ, P. P. **Productos Forestales No Madereros**; Instituto Forestal, Chile. Boletín n° 41. p. 22; 2023.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E.; GILL, D. J. C.; BORGIO, M. Identifying Target Species and Seed Sources for the Restoration of Threatened Trees in Southern Brazil. **Oryx**, v. 49, n. 3, p. 1 – 6, 2015.

INFOR. **Área de Información y Economía Forestal, Instituto Forestal. Resumen de Indicadores del Sector Forestal**. Disponível em: <https://wef.infor.cl/index.php/sector-forestal>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). **Background & History**. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/about/background-history>. Acesso em: 08/03/2024.

KUBITZKI, K. **Quillajaceae, The families and genera of vascular plants IX**. BerlinSpringer-Verlag. p. 407-408, 2007.

LUEBERT, F. **Quillajaceae in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB606407>>. Acesso em: 08 ago. 2023

LORENZI, H. **Arvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 3, 1 ed. 2009, 352 p.

LUEBERT, F. Taxonomy and distribution of the genus *Quillaja Molina* (Quillajaceae). **Feddes Repertorium**, v. 124, p. 157- 162, 2013.

MACHADO, F. S. **Manejo de produtos florestais não madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia**. PESACRE and CIFOR, Rio Branco. 109p. 2008.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. - Rio de Janeiro. 2013. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1102p.

MATTEI, V. Efeito do período de colheita na longevidade de sementes de timbuva (*Quillaja brasiliensis* Martius). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, p. 133 – 136, 1995.

MENDONÇA FILHO, W. F. Mercado de produtos florestais no Estado do Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 73- 82, 2010.

MITTERMEIER, R.; BAIÃO, P. C.; BARRERA, L.; BUPPERT, T.; MCCULLOUGH, J.; LANGRAND, O.; LARSEN, F. W.; SCARANO, F. R. O protagonismo do Brasil no histórico acordo global de proteção à biodiversidade. **Natureza & Conservação**, v. 8, p. 197-200, 2010.

MONTICELLI, C.; MORAIS, L. H. Impactos antrópicos sobre uma população de *Alouatta clamitans* (Cabrera, 1940) em um fragmento de Mata Atlântica no estado de São Paulo: apontamento de medidas mitigatórias. **Revista Biociências**, v. 21, p. 14-26, 2015.

MORELLATO, L. P. C. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016.

MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M. G. G.; GRESSLER, E. A review of plant phenology in South and Central America. In: SCHWARTZ, M. D. (Ed.), **Phenology: An Integrative Environmental Science**. Springer, The Neederlands, pp. 91–113. 2013.

- MORELLATO, L. P. C.; D'EÇA NEVES, F. F. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 99-108, 2004.
- MÜLLER, L. E.; SCHIEDECK, G. Physical properties of botanical surfactants. **Science of the Total Environment**, v. 610–611, p. 1133–1137, 2018.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- ONU BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.
- NULTSCH, W. **Botânica geral**. 10. ed. rev. atual. Porto Alegre: Artmed, 2000. 489 p.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- REICHERT, C. L.; SALMINEN, H.; WEISS, J. *Quillaja* Saponin Characteristics and Functional Properties. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 10, p. 43–73, 2019.
- RIBEIRO, R. S.; CAITANO, H. A. Listas Vermelhas e os Métodos da IUCN: história, conceito, síntese atual e aplicações regionais. In: LOPES, A. S.; CRUZ, B. S.; SILVEIRA, E. R.; CACERES, I. H.; BRITO, J. O F.; GIROTTO, L.; FURLAN, C. S. (Org.). **Apostila XII Botânica no Inverno 2023**. 1ed.: 2023, v. 1, p. 175-195.
- RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental Esquemático**. 6a ed. São Paulo: Saraiva, 2022.
- ROTHER, D. C.; SOUSA, I. L. F.; GRESSLER, E.; LIBONI, A. P.; SOUZA, V. C.; RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. Comparing the potential reproductive phenology between restored areas and native tropical forest fragments in Southeastern Brazil. **Restoration ecology**, v. 30, p. 1-11, 2022.
- SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses, and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53, p. 302–11, 1999.

SAN MARTIN, R. Sustainable Production of *Quillaja Saponaria* Mol. Saponins. **Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants**. Kluwer Academic Publishers: The Netherland. p. 271. 2000.

SCHEER, M. B.; GATTI, G. A.; WISNIEWSKI, C.; MOCOCHINSKI, A. Y.; CAVASSANI, A. T.; LORENZETTO, A.; PUTINI, F. A. Patterns of litter production in a secondary alluvial Atlantic Rain Forest in southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 32, p. 805-817, 2009.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, SEMA. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no estado do Paraná**. Curitiba: SEMA/GTZ, 1 ed., 1995, 139 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. **Florestas do Brasil em resumo: dados de 2007 a 2012**. Brasília: SFB; 2013.

SILVEIRA, F.; CIBULSKI, S. P.; VARELA, A. P.; MARQUÉS, J. M.; CHABALGOITY, A.; COSTA, F.; YENDO, A. C. A.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M.; FERNÁNDEZ, C.; FERREIRA, F. *Quillaja brasiliensis* saponins are less toxic than Quil A and have similar properties when used as an adjuvant for a viral antigen preparation. **Vaccine**, v. 29, p. 9177–9182, 2011.

TACÓN, A. **Serie Cuadernos para la Innovación FIA - Cuadernos de Campo de Buenas Prácticas de Recolección Sustentable para Productos Forestales No Madereros Prioritarios: Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.)**. Santiago de Chile, 2017.

TANG, J.; KÖRNER, C.; MURAOKA, H.; PIAO, S.; SHEN, M.; THACKERAY, S. J.; YANG, X. Emerging opportunities and challenges in phenology: a review. **Ecosphere**, v. 7, p. 1-17, 2016.

VELAZCO, S. J. E.; BLUM, C. T.; HOFFMANN, P. M. Germination and seedlings development of the threatened species *Quillaja brasiliensis*, **Cerne**, v. 24, p. 90–97, 2018.

VILELA, G. F.; CARVALHO D.; VIEIRA F. A. Fenologia de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) no Alto Rio Grande, sul de Minas Gerais. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 317-329, 2008.

WOLFF, L. F.; GOMES, G. C.; RODRIGUES, W. F. 2009. Fenologia da vegetação arbórea nativa visando à apicultura sustentável para a agricultura familiar da metade sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 554-558, 2009.

3 PANORAMA CIENTIFÍCO GLOBAL DAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA QUILLAJACEAE

RESUMO

A busca pelo conhecimento sobre espécies florestais, como subsídio de sua conservação e utilização sustentável, é crucial diante dos impactos antrópicos que as ameaçam. O gênero *Quillaja* possui relevância farmacológica e econômica, mas enfrenta riscos de extinção. Desse modo, esta pesquisa visa analisar estudos científicos em âmbito global sobre as duas únicas espécies deste gênero, para identificar os principais avanços científicos, assim como, as lacunas associadas à conservação de *Quillaja saponaria* e *Quillaja lancifolia*. Foi conduzida uma revisão bibliométrica abrangendo todas as pesquisas publicadas sobre o tema na base de dados *Scopus* até o ano de 2022. Foram investigados apenas artigos científicos que utilizaram as espécies como objeto de estudo, o que resultou em 552 documentos para *Q. saponaria* e 26 para *Q. lancifolia*. O país com o maior número de publicações sobre *Q. saponaria* é Estados Unidos da América, seguido do Chile, onde ocorre a espécie. Já para *Q. lancifolia*, o Brasil é o país com maior número de publicações, seguido do Uruguai. Os compostos mais estudados em ambas as espécies são as saponinas, variando em tipos com diferentes constituintes e aplicações. A casca de *Q. saponaria* (92%) e as folhas de *Q. lancifolia* (84%) são as partes mais estudadas. A área de ciências da saúde engloba o maior número de publicações nas duas espécies, que possuem aplicação em adjuvantes de vacinas. No entanto, foi encontrada uma lacuna no âmbito dos estudos ecológicos, ao considerar que estas espécies possuem potencial para restauração de áreas degradadas. Desse modo, verifica-se que é necessário ampliar pesquisas silviculturais e em conservação, especialmente diante da demanda de sua exploração intensiva para produção de saponinas. Além disso, devem ser incentivadas abordagens focadas na diversificação de técnicas para exploração sustentável, que visa garantir conservação efetiva dessas espécies.

Palavras-chave: Saponinas, *Quillaja*, Plantas medicinais, Adjuvantes, Emulsificantes.

3.1 INTRODUÇÃO

A busca por conhecimento sobre as espécies florestais se torna relevante diante dos impactos antrópicos sobre elas, que resultam na redução de populações e, conseqüentemente, no risco de extinção de diversos táxons. A exploração desmedida de recursos vegetais é um dos fatores que prejudica espécies de plantas, especialmente aquelas aromáticas e com propriedades medicinais, comumente usadas na medicina popular e na produção de medicamentos fitoterápicos (APPLEQUIST et al., 2020).

Além dos impactos antrópicos diretos, os efeitos das mudanças climáticas têm afetado fisiologicamente as plantas e estudos têm indicado que a elevação da temperatura e do CO₂ na atmosfera acarretam alteração das vias metabólicas que regulam a sinalização, a fisiologia e os mecanismos de defesa, que pode mudar a composição natural dos compostos (GUPTA et al., 2019). Requer-se, portanto, esforços para o estabelecimento de ações de conservação, pois além do risco para as espécies em si, muitas pessoas que dependem de determinadas plantas com propriedades medicinais também serão prejudicadas (APPLEQUIST et al., 2020).

Entre as plantas de relevância medicinal estão as do gênero *Quillaja* (Quillajaceae), que abrange somente duas espécies, *Quillaja saponaria* Molina, distribuída na região central do Chile, e *Quillaja lancifolia* D.Don, que ocorre no sul do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai (LUEBERT, 2013). *Q. saponaria* é conhecida popularmente por árvore-sabão e seu nome científico deriva da palavra “*quillean*”, que na língua Mapuche significa “para lavar”, sendo a saponina seu principal metabólito secundário estudado e comercializado (SAN MARTIN; BRIONES, 1999), com aplicação em vacinas, biopesticidas agrícolas, ração de aves e suínos, indústria alimentícia e de cosméticos (SAN MARTIN, 2000). O extrato da biomassa e a casca da espécie estão entre os principais produtos florestais não madeireiros do Chile, sendo que, em 2022, o extrato ocupou o terceiro lugar no valor de exportação, com US\$ 14,7 milhões e 1.265,4 toneladas, enquanto a casca ficou em quinto lugar com US\$ 2,9 milhões e 129,7 toneladas, denotando alta demanda por parte de empresas farmacêuticas, em especial para os EUA (HERNÁNDEZ, 2023).

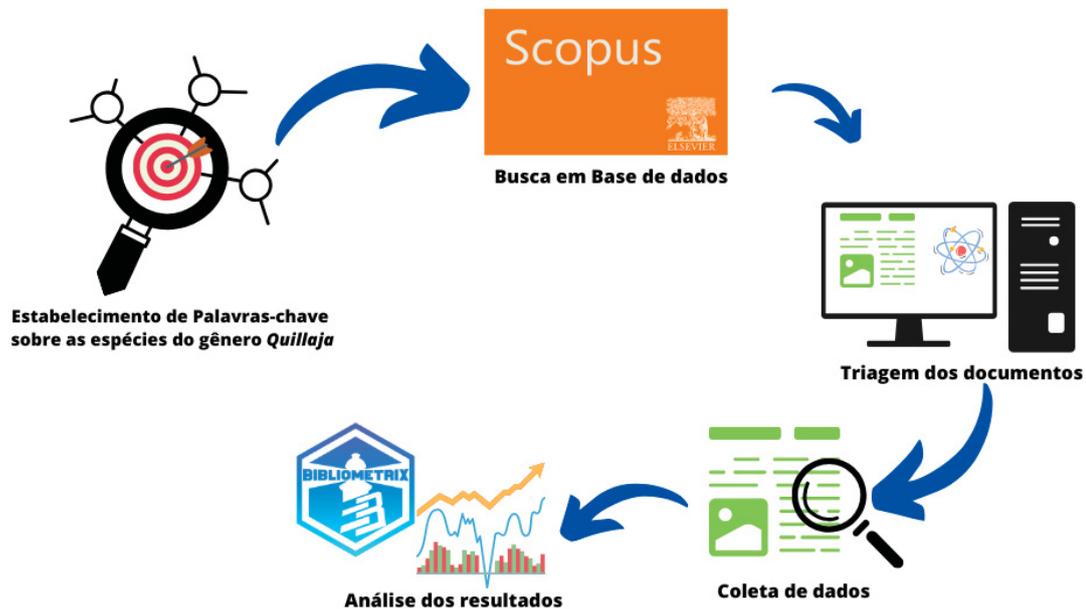
Dada a importância econômica potencial para demanda mundial, *Q. lancifolia* é alvo de interesse devido às suas semelhanças com *Q. saponaria*, sendo que suas folhas têm sido objeto de estudo para extração de saponinas, inclusive por método de exploração mais sustentável (MÜLLER; SCHIEDECK, 2018). Ainda que não esteja presente na “Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção” (vide PORTARIA MMA Nº 148, DE 7 DE JUNHO DE 2022), *Q. lancifolia* é categorizada no Paraná como uma espécie “Vulnerável”, o que indica risco de extinção na natureza (SEMA, 1995), sendo também considerada “rara” em

certas regiões, devido à baixa frequência em remanescentes florestais fragmentados e com baixa distribuição geográfica (HOFFMANN et al., 2015). Diante destes aspectos, o objetivo deste trabalho foi analisar os estudos científicos existentes no mundo sobre as duas espécies do gênero *Quillaja*. Neste âmbito buscou-se responder às seguintes perguntas norteadoras: 1) Que tipos de estudos vêm sendo desenvolvidos com as duas espécies ao longo dos anos? 2) Existem abordagens voltadas à conservação e ao manejo sustentável das espécies? 3) Quais as principais aplicações das espécies?

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A análise bibliométrica seguiu a metodologia de Silva et al. (2020) e Araujo et al. (2023), sendo inicialmente realizada busca de documentos na base de dados *Scopus* (FIGURA 5), que é reconhecida como uma das maiores base de dados de publicações científicas sujeitas à revisão por pares (SINGH et al., 2021). Entretanto, é importante destacar que o estudo foi realizado somente a partir das publicações existentes sobre os temas disponíveis na plataforma, ou seja, não foi considerado um censo, uma vez que nem todas as revistas científicas são incluídas na *Scopus*. O intuito da pesquisa foi investigar os trabalhos referentes às duas espécies da família Quillajaceae até o ano de 2022, inserindo na busca os termos: “*Quillaja*”, “Quillajaceae”, “*Quillaja saponaria*”, “*Quillaja lancifolia*” e “*Quillaja brasiliensis*” (sinônimo de *Q. lancifolia*). Foram analisados todos os documentos resultantes da busca, excluindo trabalhos de revisão e os que não estudavam as espécies alvo, de forma a gerar um banco de informações referentes ao estado da arte da família. Após toda triagem, os dados foram processados no Software R v. 4.1.1 (R CORE TEAM, 2020), utilizando o pacote “Bibliometrix” (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DE REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE ESPÉCIES DA FAMÍLIA QUILLAJACEAE.



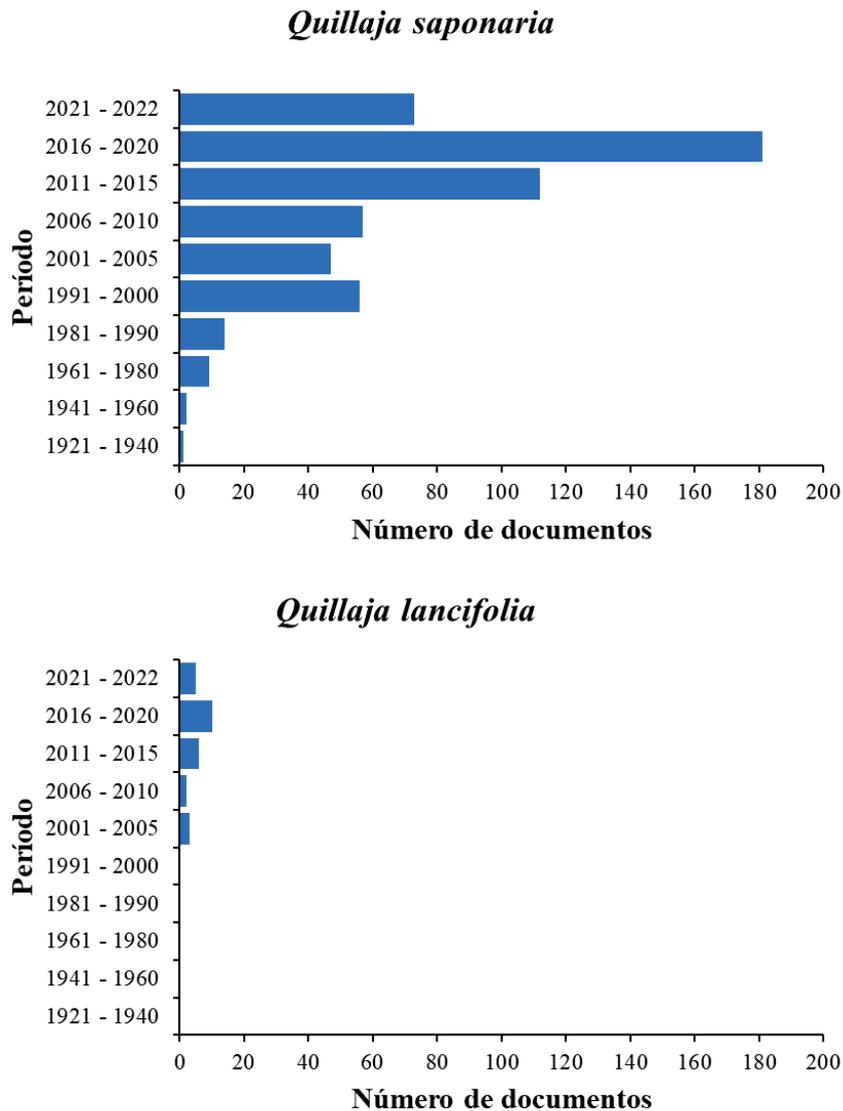
Fonte: O autor (2024).

O desenvolvimento do estado da arte consistiu em demonstrar um panorama sobre as espécies da família Quillajaceae, em que foi abordado diversos aspectos como a quantidade de publicações por países do primeiro autor, as temáticas de estudos, os principais compostos químicos estudados, a aplicação desses compostos, assim como as principais instituições e países que comercializam os subprodutos das espécies. Além disso, foram analisados trabalhos relacionados às ciências ambientais e agrárias, a fim de identificar possíveis abordagens associadas à conservação das espécies.

3.3 RESULTADOS

Inicialmente foram identificados 832 documentos que mencionaram a família Quillajaceae. No entanto, apenas os artigos que utilizaram as espécies dessa família como objeto de estudo foram analisados. *Q. saponaria* foi objeto de investigação em 552 artigos, enquanto *Q. lancifolia* foi abordada em 26, o que evidencia uma notável discrepância entre a quantidade de pesquisas realizadas sobre as duas espécies (FIGURA 6). Até 1990, 26 artigos foram publicados sobre *Q. saponaria*, e não houve nenhum estudo enquadrado na área das ciências ambientais e agrárias, o que demonstra que o interesse na planta desde o princípio foi sua composição química. A partir da década de 1990 houve um aumento na quantidade de publicações, atingindo o pico em 2020, com 45 artigos.

FIGURA 6 – PRODUÇÃO CIENTÍFICA MUNDIAL SOBRE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* ATÉ 2022.

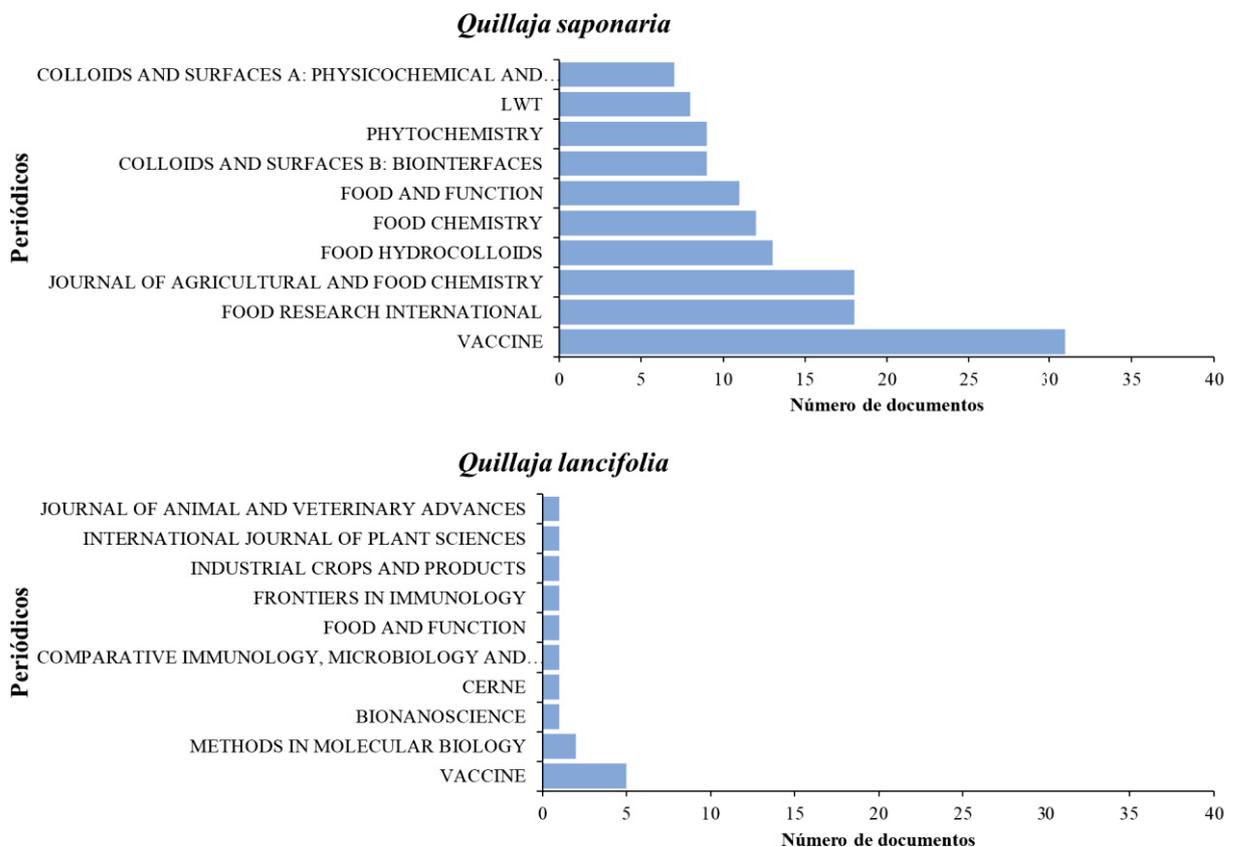


Fonte: O autor (2024).

Os artigos sobre *Q. saponaria* se distribuem por diversas plataformas, sendo que o periódico “Vaccine” abrangeu maior número de publicações (31), o que indica a importância da espécie no campo de pesquisa em vacinologia (FIGURA 7). Em seguida, os cinco periódicos com o maior número de publicações sobre a espécie são da área de ciência dos alimentos, enquanto os periódicos restantes pertencem à área de química. Para *Q. lancifolia* o periódico “Vaccine” também foi o que abrigou maior número de publicações, e evidencia uma tendência de pesquisa similar entre as duas espécies. Sobre *Q. saponaria*, os autores que mais colaboraram em publicações foram McClements DJ (44 artigos), pesquisador da área de

alimentos, Morein B (17) da área de ciências da saúde e Weiss J (16) da área de alimentos. Enquanto para *Q. lancifolia* os autores que mais participaram de publicações foram Gosmann G e Roehe PM (11 artigos cada), pesquisadores da área de ciências da saúde e medicina veterinária, respectivamente, e Costa F e Silveira F (8 artigos cada), ambos da área de ciências da saúde.

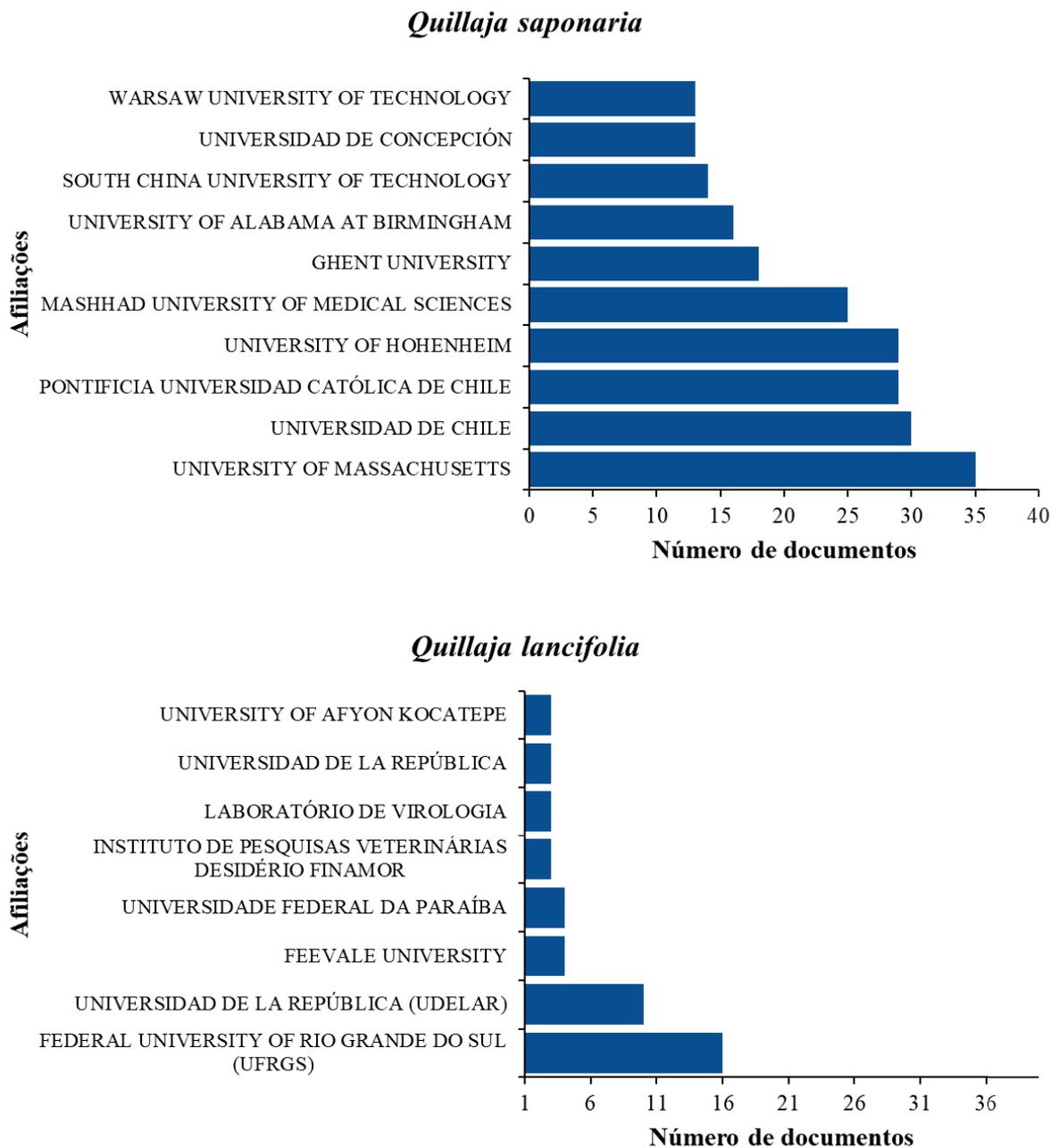
FIGURA 7 – PRINCIPAIS PERÍODICOS COM PUBLICAÇÕES SOBRE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* ATÉ 2022.



Fonte: O autor (2024).

Entre as instituições que lideraram em termos de produção científica sobre *Q. saponaria* destaca-se na primeira posição uma universidade dos Estados Unidos da América, seguida de duas do Chile (FIGURA 8). No caso de *Q. lancifolia* a instituição com o maior número de publicações é do Brasil, seguida por uma universidade do Uruguai e outra brasileira, o que demonstra o interesse regional dos países abrangidos pela distribuição natural desta espécie.

FIGURA 8 – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES DOS AUTORES QUE PUBLICARAM ESTUDOS SOBRE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* ATÉ 2022.

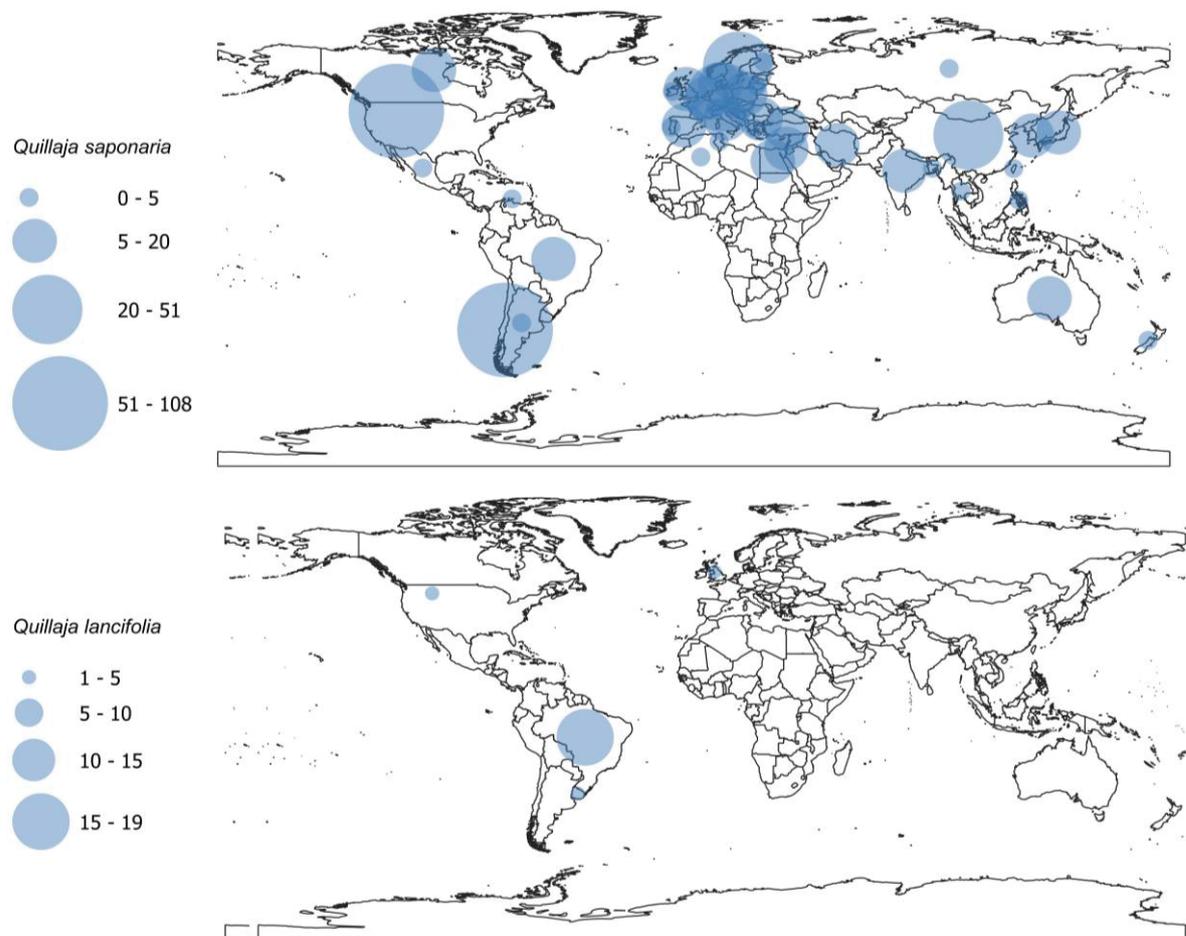


Fonte: O autor (2024).

Em concordância com os dados verificados a respeito das instituições com maior produção de informações científicas sobre as espécies, os Estados Unidos da América é o país com o maior número de publicações sobre *Q. saponaria*, seguido do Chile, onde a espécie tem sua ocorrência natural. Em seguida estão Alemanha, China, Suécia e Brasil, ressaltando que essas informações são referentes aos países do primeiro autor dos trabalhos (FIGURA 9).

Já para *Q. lancifolia* o Brasil é o país com maior número de publicações, seguido do Uruguai. Conforme mencionado anteriormente, o Uruguai teve a instituição com maior produtividade, e essa relação entre os dois países demonstra cooperação entre os autores. Além disso, a maioria dos trabalhos no Brasil são do Rio Grande do Sul, estado que faz fronteira com o Uruguai.

FIGURA 9 – QUANTIDADE DE TRABALHOS PUBLICADOS PELOS PAÍSES SOBRE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* ATÉ 2022.

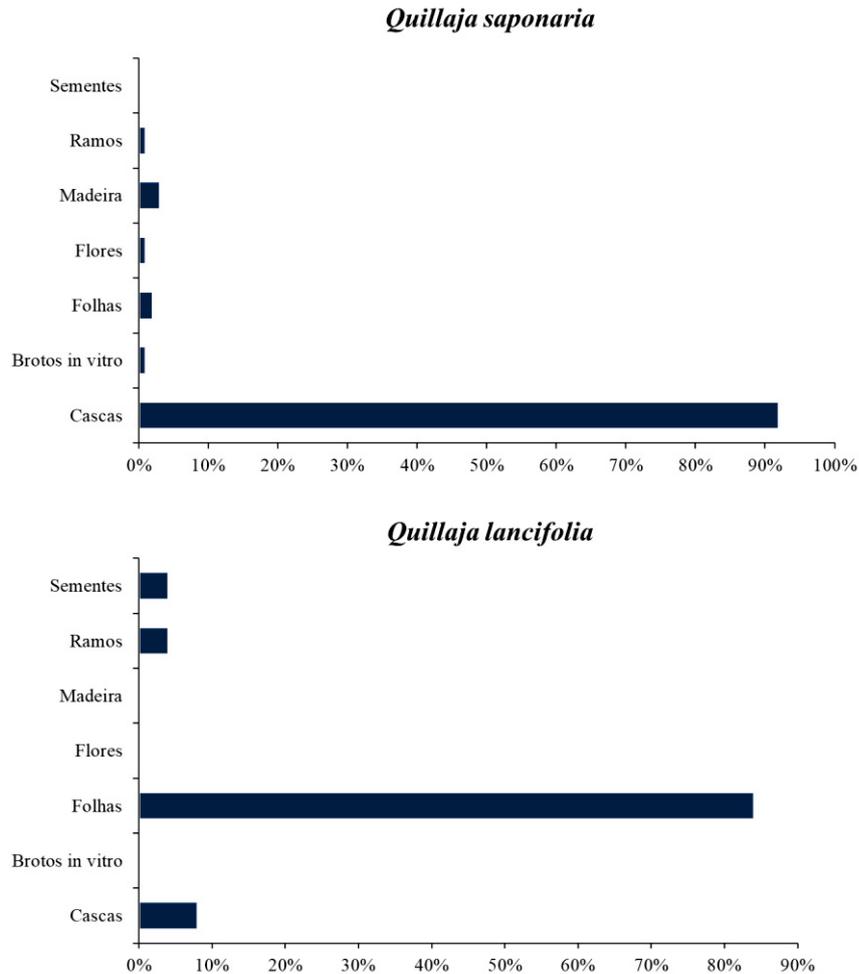


Fonte: O autor (2024).

A área de ciências da saúde engloba o maior número de publicações nas duas espécies, porém, para *Q. lancifolia* este aspecto aparece com mais destaque em decorrência do menor número total de trabalhos (FIGURA 10). Além de ciências da saúde, foram observados para *Q. saponaria* estudos na área de ciências dos alimentos, ciências animais, ciências ambientais e agrárias, química e engenharias. Já para *Q. lancifolia* observou-se somente abordagens em ciências ambientais e agrárias e química.

No que se refere às porções da planta que foram utilizadas em estudos sobre saponinas 92% das pesquisas com *Q. saponaria* abordaram as cascas, enquanto para *Q. lancifolia* a maioria dos estudos (84%) focou nas folhas (FIGURA 12).

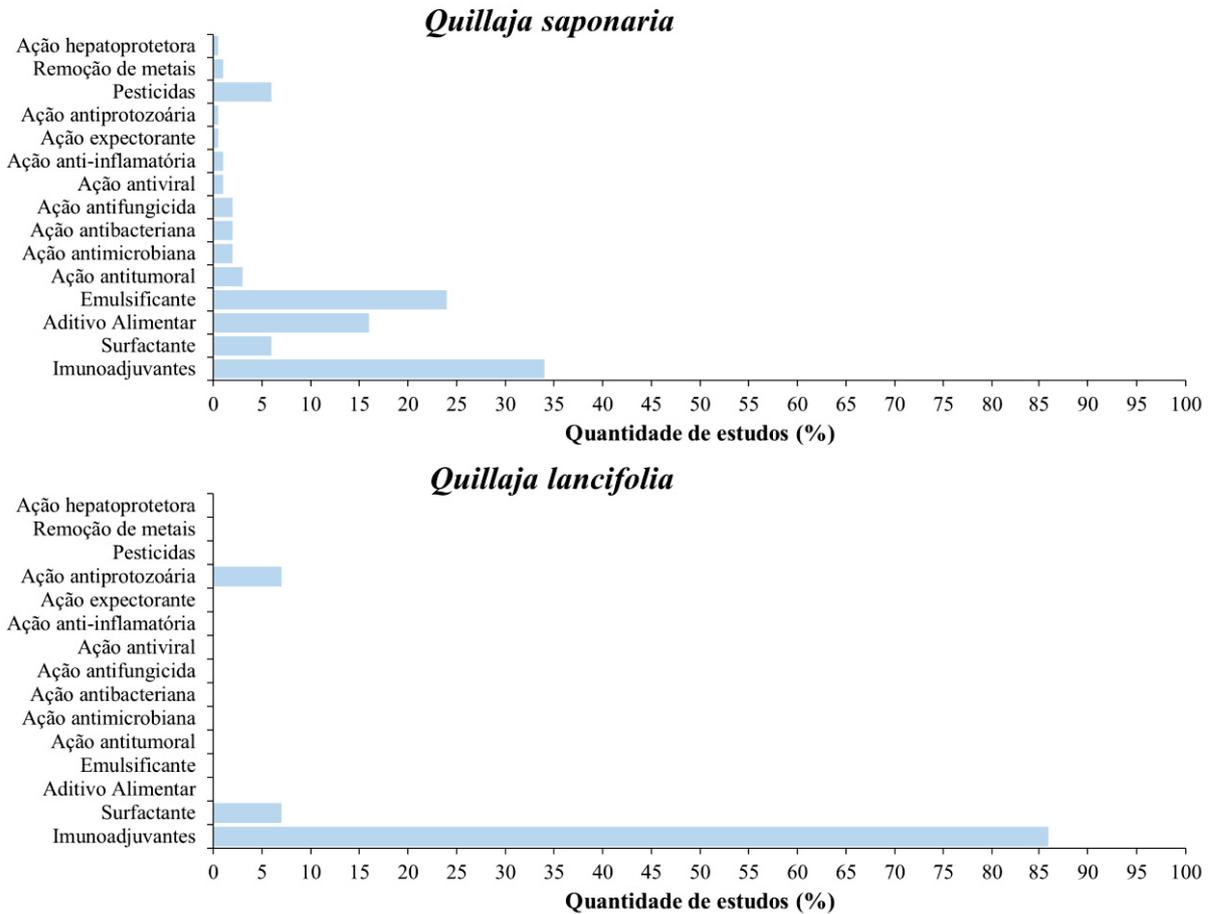
FIGURA 12 – PRINCIPAIS PARTES DE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* ESTUDADAS EM PUBLICAÇÕES ATÉ 2022.



Fonte: O autor (2024).

Entre as principais aplicações de compostos, foi observado que o efeito imunoadjuvante foi o mais pesquisado para as duas espécies, com maior número de aplicações para *Q. saponaria*, principalmente em uso potencial emulsificante, aditivo alimentar e efeito surfactante (FIGURA 13). Diferentemente, foram observadas poucas aplicações para *Q. lancifolia*.

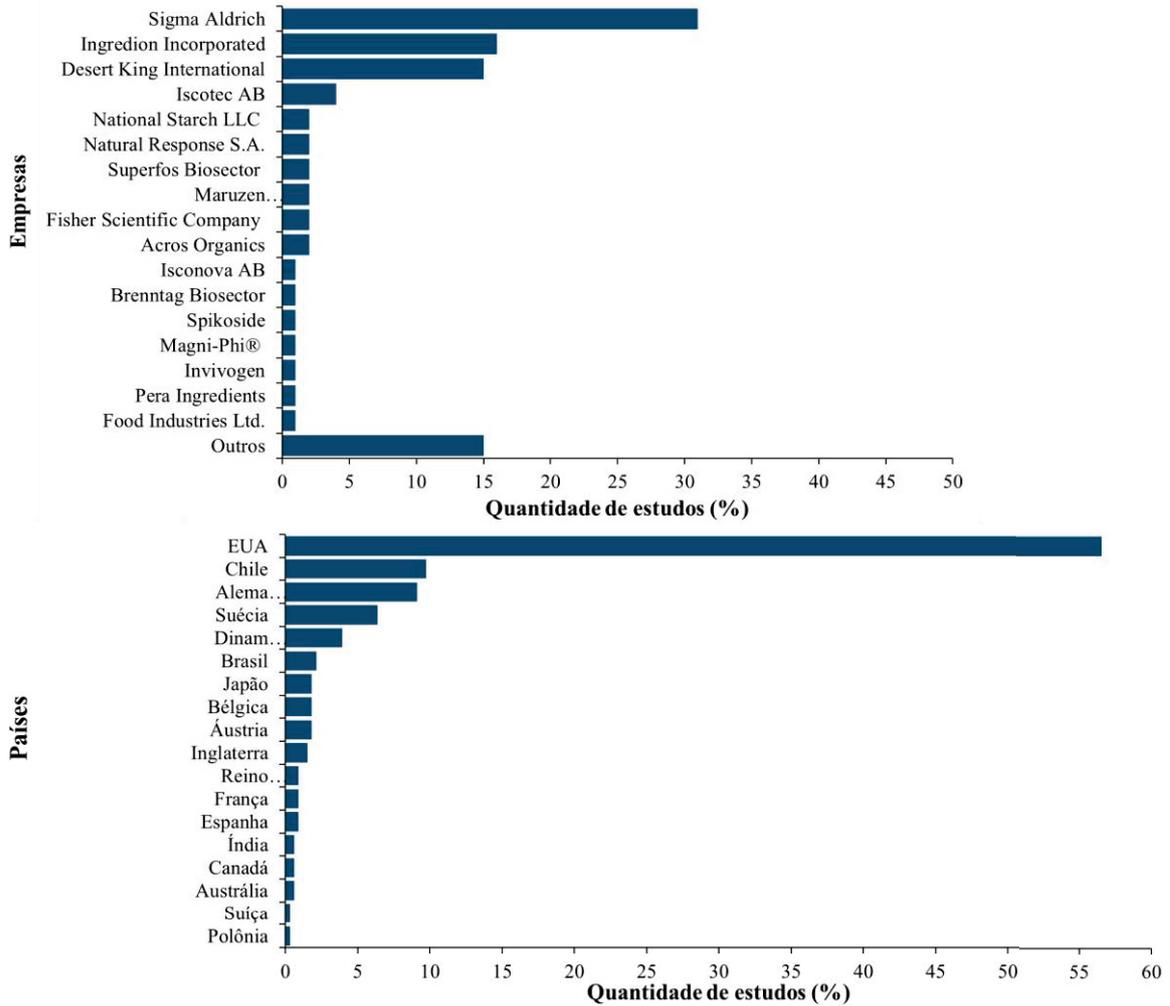
FIGURA 13 – PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE COMPOSTOS ESTUDADOS EM PUBLICAÇÕES SOBRE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* ATÉ 2022.



Fonte: O autor (2024).

Conforme descrito nas publicações analisadas, a empresa Sigma Aldrich (EUA) é a mais citada como fonte de aquisição de saponinas de *Quillaja* para as pesquisas, seguida da Ingredion Incorporated (EUA) e da Desert King Internacional (Chile) (FIGURA 14). É notória a predominância dos EUA no comércio das saponinas de *Quillaja*, sendo o país que mais foi citado nos estudos, seguido do Chile.

FIGURA 14 - PRINCIPAIS EMPRESAS PRODUTORAS DE SUBPRODUTOS DE *Quillaja saponaria* E *Quillaja lancifolia* CITADAS EM ARTIGOS PUBLICADOS ATÉ 2022 E PAÍSES ONDE ESTÃO SEDIADAS ESTAS INSTITUIÇÕES.



Fonte: O autor (2024).

3.4 DISCUSSÃO

O primeiro artigo de *Q. saponaria* foi publicado em 1921 e descreveu quimicamente a capacidade coloidal das saponinas (GUTBIER et al., 1921). As pesquisas seguintes descreveram o efeito expectorante das saponinas e realizaram um resgate histórico do uso deste componente, o qual em meados do século XX era alvo de interesse para produção de fitoterápicos (GORDONOFF; LIISCHER, 1936). Na sequência, as saponinas também foram avaliadas como composto para dieta de aves (PETERSON, 1950). Em 1964 foi disponibilizado um estudo sobre o efeito neuromuscular e citotóxico de saponinas de *Q. saponaria*, já sendo citado que as saponinas eram provenientes da *Nutritional Biochemicals Corporation*, demonstrando sua utilização comercial (THRON et al., 1964) e, no ano

seguinte, foi também publicado um estudo de investigação química de compostos na espécie (BATE-SMITH, 1965).

Por outro lado, a primeira publicação referente a *Q. lancifolia* ocorreu somente em 2004, com um artigo sobre constituintes químicos de folhas da espécie coletadas no Rio Grande do Sul, Brasil, no qual os autores ressaltaram a necessidade de mais estudos fitoquímicos, considerando o uso já consolidado de *Q. saponaria* (KAUFFMANN et al., 2004). É importante ressaltar que as primeiras informações de *Q. lancifolia* surgiram 83 anos após a primeira publicação sobre *Q. saponaria*, e que, apesar do interesse crescente em *Q. lancifolia* nos anos seguintes, o número de estudos que a tiveram como foco ainda é consideravelmente incipiente quando comparado ao montante que abordou a espécie chilena.

Os principais periódicos com publicações de *Q. saponaria* possuem alto fator de impacto, o que ressalta a inserção da espécie em pesquisas de interesse global, sendo o periódico *Vaccine* o que possui maior número de publicações referentes as duas espécies. Tal periódico pertence à Sociedade Japonesa de Vacinologia, com publicações em todas as disciplinas relevantes para o campo da vacinologia, como fabricação de vacinas, história, políticas públicas, pesquisas básicas e clínicas, e ciência comportamental e ética (VACCINE, 2023). Além disso, as principais Universidades com publicações sobre *Q. saponaria* estão inseridas nos países com maior número de publicações, Estados Unidos da América e Chile. Diferentemente, *Q. lancifolia* aparece nas publicações das principais Universidades e Países do seu local de ocorrência, como a Universidad de la República que é a maior Universidade pública do Uruguai (UDELAR, 2024) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul que é uma das mais importantes do Rio Grande do Sul.

Apesar dos Estados Unidos da América e do Chile serem os países com maiores números de publicações, eles não possuem forte interação, isso pode se dever ao fato de que a maioria dos trabalhos usaram saponinas comerciais provenientes de empresas, não demandando necessariamente material oriundo da região natural de ocorrência. Por outro lado, no caso de *Q. lancifolia* os estudos têm se concentrado nos países de ocorrência natural da espécie, o que é desejável, principalmente no que se refere a futuramente empresas locais investirem na exploração sustentável e comercialização das saponinas. Tal fato é importante para o Brasil, que apresenta elevada biodiversidade e desperta interesse em outros países, os quais algumas vezes praticam exploração ilegal, que resulta em prejuízos ambientais, sociais, éticos e econômicos (OKIMOTO; DIAS; BIRKINSHAW, 2023).

Por estar sendo estudada há mais tempo, e ser uma espécie comum no Chile, *Q. saponaria* possui trabalhos em temáticas mais diversas, predominando a área da saúde e certo

destaque nas ciências dos alimentos e de animais (ABOZEID et al., 2021; CHEN; YANG, 2019; CHUNG et al., 2017; DANG; KIM, 2020), além de possuir maior disponibilidade de informações sobre sua composição química (ACUÑA; MATTAR; HERNÁNDEZ, 2016; BANKEFORS; NORD; KENNE, 2008), principalmente devido as suas saponinas já serem comercializadas de forma consolidada (THRON et al., 1964). Devido à sua relevância na área da saúde, e conseqüente demanda comercial, é necessário direcionar o foco também a estudos voltados à exploração sustentável e conservação das espécies de *Quillaja*, para reduzir impactos oriundos de exploração inadequada. Atualmente já existem plantios comerciais de *Q. saponaria* no Chile, encontrando informações silviculturais, principalmente para o manejo sustentável (SAN MARTIN; BRIONES, 1999). Também nesse âmbito, Copaja et al. (2003) analisaram a variação do conteúdo das saponinas de *Q. saponaria* em diferentes localidades, sendo reportadas quantidades elevadas do composto em indivíduos situados em uma área com má qualidade do solo, estresse hídrico no verão e geadas no inverno, que se diferenciou de outros locais que possuíam melhores condições ambientais. Os autores inferiram que a melhor produção sob condições adversas pode ser decorrente de uma adaptação ecológica da espécie para colonizar este tipo de nicho, o que indica grande potencial de cultivá-la em áreas com condições edafoclimáticas desfavoráveis e a possibilidade de reflorestamentos de áreas degradadas ou de baixa aptidão agrícola.

Além disso, também foram identificadas para *Q. saponaria* pesquisas em ecologia que visa a restauração florestal, visto que se trata de uma espécie predominante em Florestas esclerófilas no Mediterrâneo Chileno (ESPINOZA et al., 2021). Essas informações são importantes para produção de mudas a serem utilizadas em restauração de regiões degradadas por ações antrópicas (CARTES-RODRÍGUEZ et al., 2022). Também há estudos que mostram bom desempenho das mudas de *Q. saponaria* plantadas em áreas gravemente afetadas pelo fogo (ESPINOZA et al., 2020), assim como fitoestabilização no crescimento em áreas de rejeitos de mina de cobre (MILLA-MORENO; GUY, 2021).

Sobre *Q. lancifolia*, poucos dos trabalhos publicados se enquadram na área das ciências ambientais e agrárias. Entre os estudos há informações sobre o acúmulo de saponinas em resposta a estresses bióticos e abióticos (COSTA et al., 2013), menção de ocorrência da espécie em levantamento florístico no município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil (VENKE, 2012), e sobre morfologia de estruturas da planta (CLAXTON et al., 2005; LERSTEN; HORNER, 2005). Ainda, há indicação de que a espécie possua potencial para restauração florestal, com alta taxa de germinação de sementes e rápido crescimento (VELAZCO et al., 2018). Observa-se, portanto, que mais estudos sobre aspectos silviculturais

e conservacionistas devem ser desenvolvidos (NEWTON, 2008), o que exige ampliação nas ações de conservação e incorporá-las em projetos de restauração (RIVERS; BEECH; OLDFIELD, 2021).

Como visto nos resultados, as cascas são a estrutura mais utilizada em *Q. saponaria*, sendo que Çokçalışkan et al. (2022) observaram produção de anticorpos por meio de uma fração das saponinas da espécie extraídas das cascas. Mas por ser tratar de exploração que causa morte das plantas, os autores recomendaram pesquisar o potencial de saponinas de outras espécies, pois com aumento da demanda por vacinas, haveria pressão demasiada sobre a espécie. Uma espécie utilizada economicamente no Brasil e que possui alto teor de saponinas é a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil., Aquifoliaceae), com potencial farmacológico e utilização na medicina popular, demonstrando que é interessante também considerar o aproveitamento de metabólitos de outras espécies (KASSUIA et al., 2019). De fato, sabe-se que no Chile havia muitas áreas cobertas por florestas naturais com predominância de *Q. saponaria*, mas devido à superexploração e aumento de áreas agrícolas, suas populações naturais foram reduzidas (MARTÍN; BRIONES, 1999). Conforme os autores, era necessário que as árvores apresentassem idade entre 30 a 50 anos, com 20-50 cm de diâmetro, para que a quantidade de cascas fosse suficiente para exploração, tendo sido derrubadas mais de 50.000 árvores por ano, o que induziu ao longo do tempo a criação de métodos de cultivo e exploração sustentável (MARTÍN; BRIONES, 1999).

Hoje se tem conhecimento sobre técnicas mais sustentáveis para exploração de saponinas de *Q. saponaria*, e uma delas é a substituição da exploração das cascas pelas folhas (SCHLOTTERBECK et al., 2015). Estes autores demonstraram que as folhas de plantas com três anos de idade produzem saponinas suficientes para substituir a utilização de outras partes da planta. As folhas também demonstram ser o caminho para exploração sustentável de *Q. lancifolia*, já que Fleck et al. (2006) demonstraram para esta espécie atividade adjuvante, que potencializa a resposta imunológica, da fração de saponinas QB-90 provenientes das folhas, em um estudo utilizando o herpesvírus bovino tipo 1, onde apresenta potencialização imunológica e baixa toxicidade. Adicionalmente, já se tem conhecimento de que folhas de *Q. lancifolia* provenientes de plantas micropropagadas acumulam fração de saponina bioativa QB-90, com valores superiores aos das folhas de árvores adultas (FLECK et al., 2009; FLECK et al., 2013).

Além disso, a utilização de saponinas de *Q. saponaria* teve suas pesquisas impulsionadas para aprimorar as respostas imunológicas à vacina sem aumentar efeitos colaterais, uma vez que, até alguns anos atrás, tal uso era limitado e cauteloso em humanos,

sendo mais recentemente evidenciada sua segurança e eficácia, o que pode ter acarretado no aumento dos estudos (BENGTSSON et al., 2011). Certamente os trabalhos analisados demonstraram a relevância do potencial das saponinas na produção de vacinas, como no recente período da pandemia da COVID-19, em que o mundo esteve diante de uma ampla demanda (RODRÍGUEZ-DÍAZ, 2021). Neste cenário *Q. saponaria* teve importância, pois uma fração de suas saponinas constitui o adjuvante Matrix-M que faz parte da vacina Nuvaxovid™ (NVX-CoV2373), destinada a proteger contra as variantes virais do SARS-CoV-2 (PARUM et al., 2022).

Saponinas de *Q. saponaria* também têm potencial adjuvante em várias outras vacinas, como contra influenza, que pode ser administrada via nasal (DEHGHAN et al., 2013), contra hepatite B (GÜNTHER et al., 2006), contra o câncer de bexiga (DERRÉ et al., 2017), contra o protozoário *Plasmodium falciparum*, causador da malária (FRIEDMAN-KLABANOFF, 2021), e no tratamento da leucemia mielógena crônica (CATHCART et al., 2004). Além disso, os extratos de *Q. saponaria* possuem ação antiviral contra o rotavírus, principal causador da diarreia grave (RONER et al., 2010), e suas saponinas possuem potencial imunestimulante para aumentar a defesa imunológica para o vírus da síndrome reprodutiva e respiratória suína (CHARERNTANTANAKUL; FABROS, 2018; CHARERNTANTANAKUL; PONGJAROENKIT, 2018), bem como também apresentam efeito hepatoprotetor (ABDEL-REHEIM et al., 2022). Também é relatado na literatura efeito antitumoral, como no caso da fração das saponinas QS-21, que atua contra células de câncer gástrico humano, sendo sugerido pelos autores avaliação do potencial no tratamento de outras linhagens celulares de câncer (GUZMÁN et al., 2020). De fato, já há resultados sobre o seu efeito citotóxico contra células do carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço, surgindo como novo alvo terapêutico (KOMATSU et al., 2020).

Na área das ciências animais há muitos estudos voltados para a adição das saponinas na dieta animal, como na ração de frangos, em que indica influência positiva no trato intestinal, com aumento da superfície absorvente e melhora da digestibilidade dos nutrientes (BAFUNDO; MÄNNER; DUERR, 2021). Na utilização como suplementação alimentar em porcos há aumento da capacidade de retenção de água na carne e redução da emissão de amônia, um dos principais poluentes ambientais (DANG; KIM, 2020). Além disso, alguns estudos na aquicultura relatam melhorias derivadas da suplementação com saponinas para animais aquáticos, como a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que apresentou melhor desempenho no crescimento, na saúde do sangue, na histomorfologia do intestino e das guelras, e na qualidade da água (ABOZEID et al., 2021; ELKARADAWY et al., 2022). A

dieta acrescida de saponinas melhorou também o crescimento e resultou em capacidade antioxidante favorável para a carpa (*Cyprinus carpio*) em ambiente com baixo teor de oxigênio dissolvido (ANGELES JR.; CHIEN, 2015).

A espécie *Q. saponaria* apresenta também potencial no controle de alguns microrganismos, como contra os fungos fitopatogênicos *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria solani*, *Colletotrichum coccodes* e *Verticillium dahliae* (CHAPAGAIN; WIESMAN; TSROR, 2007). Outro estudo demonstrou que extratos da espécie inibiram a bactéria *Piscirickettsia salmonis*, que provoca ampla mortalidade na aquicultura, que pode ser uma alternativa para o uso de antibióticos (CAÑON-JONES et al., 2020). Em estudo com extratos do mel de flores de *Q. saponaria* foi encontrada atividade antibacteriana contra *Pseudomonas aureginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* tipo β e *Vibrio cholerae*, além de atividade antifúngica contra *Candida albicans* (MONTENEGRO et al., 2009). Já o extrato da casca demonstrou ser eficiente contra células de *Escherichia coli* aderidas ao vidro, com potencial para produtos de higiene em superfícies (FINK; POTOČNIK; ODER, 2020).

Os extratos de *Q. saponaria* apresentam ainda potencial no controle de outros organismos daninhos, como contra o parasita *Caligus rogercresseyi* (JONES et al., 2021), contra a lesma invasora (*Arion vulgaris*) (ADOMAITIS; SKUJIENĖ, 2020) e contra o inseto pulgão-da-ervilha (*Acyrtosiphon pisum*) (GEYTER et al., 2012). Além disso, ressalta-se o controle dos nematóides das galhas (*Meloidogyne incognita*) por meio do produto QL Agri®, que é formulado com extratos de *Q. saponaria* (GIANNAKOU, 2011). O extrato da espécie pode também ser utilizado em Bioativo contra mosquitos (*Aedes aegypti* e *Culex pipiens*), sendo seguro para mamíferos, com custo de preparação que pode ser relativamente baixo e acessível para comunidades carentes em muitas partes do mundo (WIESMAN; CHAPAGAIN, 2003).

Outras aplicações foram abordadas nas pesquisas, como na área de alimentos, em que as saponinas atuam como emulsificantes, como no caso de cremes de café com ação clareadora (CHUNG et al., 2017). Podem também ser utilizadas como estabilizador de emulsificante de laranja para fabricação de óleos aromatizantes em pó e oleogéis (CHEN; YANG, 2019). Estes autores salientam que podem ser exploradas várias outras aplicações das saponinas nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica, tendo como base sua atuação emulsificante, principalmente para adesão de misturas água/óleo. Uma pesquisa de Banerjee et al. (2021) mostra que nanoemulsões enriquecidas com canabidiol são estabilizadas com saponina de *Q. saponaria*, que torna os sistemas estáveis e robustos, mesmo

em baixas concentrações de emulsificantes. Além disso, em aplicação bem diversa, as saponinas de *Q. saponaria* podem atuar como biossurfactante para lavagem da lã crua, sendo uma alternativa ecologicamente correta (BOZACI, 2017).

Essa diversidade de informações sobre as aplicações de *Q. saponaria* indica a importância na pesquisa de informações sobre *Q. lancifolia*, espécie ainda pouco estudada, mas cujos estudos já publicados na sua maioria abrangem abordagens laboratoriais voltadas para conhecer seu potencial imunoadjuvante, como por exemplo a aplicação para as vacinas contra o vírus da diarreia viral bovina - BVDV (CIBULSKI et al., 2016), contra o Zika vírus - ZIKV (CIBULSKI et al., 2021) e contra poliomielite - Poliovírus (COSTA et al., 2014). Ademais, observou-se que todos os estudos com *Q. lancifolia* foram realizados com a coleta de material vegetal natural, em que o extrato bruto é mais fácil e barato de produzir do que as saponinas disponíveis comercialmente, sendo considerado como candidato potencial para usos experimentais e industriais (CIBULSKI et al., 2018). Diferentemente, os estudos com *Q. saponaria* foram realizados predominantemente com saponinas comerciais.

Diante dos estudos já existentes, Rivera-Patron et al. (2021) ressaltam que em termos ecológicos a extração proveniente das folhas de *Q. lancifolia* possui menos impactos do que a extração de cascas, não sendo necessária a derrubada da planta, uma vez que permite a regeneração do indivíduo arbóreo mais rápida. Os autores também explicam que as saponinas de *Q. saponaria* não eram aprovadas para vacinas humanas devido à toxicidade, porém recentemente algumas foram aprovadas devido à purificação que ocorreu ao longo dos últimos anos, o que possivelmente acarretou maior interesse na busca por informações a respeito de *Q. lancifolia*.

É importante ressaltar que, na América do Sul, além do Chile, somente o Brasil possui alguma comercialização de produtos oriundos de *Quillaja* (BORJA-CABRERA et al., 2008), onde evidencia a necessidade de estimular a ampliação das pesquisas sobre *Q. lancifolia* e aplicações de suas saponinas. Tal fato, viabiliza o crescimento de empresas locais para sua exploração sustentável e comercialização de seus subprodutos, visto que, a conservação efetiva de espécies arbóreas se dar por meio de práticas sustentáveis, principalmente quando se refere aos aspectos econômicos, ao analisar o retorno financeiro e os benefícios para a população local (NEWTON, 2008).

3.5 CONCLUSÕES

De maneira geral, os artigos tiveram enfoque nos constituintes químicos das saponinas de *Quillaja* e seu potencial uso, seja na produção de vacinas, fitoterápicos ou alimentos.

Verificou-se uma grande disparidade de estudos entre *Q. saponaria*, com elevado número de publicações, e *Q. lancifolia*, ainda com poucas pesquisas produzidas.

Do ponto de vista ecológico há poucas pesquisas, referentes à morfologia, ao uso em projetos de restauração florestal, às técnicas de produção de germinação de sementes e produção de mudas. Destaca-se, portanto, a demanda por intensificação nos estudos sobre aspectos silviculturais e de conservação, principalmente sobre as técnicas que causem menos impacto à exploração das espécies.

Foi constatado que a principal aplicação para as duas espécies é no seu potencial imunoadjuvante, com maior número de trabalhos na área das ciências da saúde. Pesquisas com *Q. saponaria* indicaram ainda outras aplicações, principalmente como emulsificante, aditivo alimentar, efeito surfactante e ação contra microrganismos.

3.6 REFERÊNCIAS

ABDEL-REHEIM, M. A.; ASHOUR, A. A.; KHATTAB, M. A.; GAAFAR, A. G. A. *Quillaja saponaria* bark saponin attenuates methotrexate induced hepatic oxidative stress, inflammation and associated liver injury in rats. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 12, n. 5, p. 129-141, 2022. DOI: 10.7324/JAPS.2022.120510.

ABOZEID, A. M.; ABDEL-RAHIM, M. M.; ABOULENIEN, F.; ELKARADAWY, A.; MOHAMED, R. A. *Quillaja saponaria* and/or *Yucca schidigera* ameliorate water quality, growth performance, blood health, intestine and gills histomorphology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, v. 52, p. 6117–6131, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.15474>.

ACUÑA, T.; MATTAR, C.; HERNÁNDEZ, H. J. Spectral characterization of *Quillaja saponaria* (Mol.). **Revista de Teledetección**, v. 47, p. 65-73, 2016.

ADOMAITIS, M.; SKUJIENĖ, G. Lethal Doses of Saponins from *Quillaja saponaria* for Invasive Slug *Arion vulgaris* and Non-Target Organism *Enchytraeus albidus* (Olygochaeta: Enchytraeidae). **Insects**, v. 11, p. 1-11, 2020. DOI: 10.3390/insects11110738.

ANGELES JR, I. P.; CHIEN, Y. Dietary Effect of *Quillaja Saponaria* and/or *Yucca Schidigera* Extract on Growth and Survival of Common Carp *Cyprinus Carpio*, Their Antioxidant Capacity and Metabolic Response to Hypoxic Condition. **Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgah**, v. 67, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.46989/001c.20712>.

APPLEQUIST, W. L.; BRINCKMANN, J. A.; CUNNINGHAM, A. B.; HART, R. E.; HEINRICH, M.; KATERERE, D. R.; VAN ANDEL, T. Scientists' Warning on Climate Change and Medicinal Plants. **Planta Medica**, v. 86, n. 1, p. 10–18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1055/a-1041-3406>.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

ARAUJO, E. C. G.; SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; PELISSARI, A. L.; ORSO, G. A.; SILVA, T. C. Global review and state-of-the-art of biomass and carbon stock in the Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 331, p. 1-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117251>.

BAFUNDO, K. W.; MÄNNER, K.; DUERR, I. The combination of *Quillaja* and *Yucca* saponins in broilers: effects on performance, nutrient digestibility and ileal morphometrics. **British Poultry Science**, v. 62, n. 4, p. 589-595, 2021. DOI: 10.1080/00071668.2021.1891523

BANERJEE, A.; BINDER, J.; SALAMA, R.; TRANT, J. F. Synthesis, characterization and stress-testing of a robust quillaja saponin stabilized oil-in-water phytocannabinoid nanoemulsion. **Journal of Cannabis Research**, v. 3, n. 43, p. 1-14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00094-w>.

BANKEFORS, J.; NORD, L. I.; KENNE, L. Structural classification of *Quillaja* saponins by electrospray ionization ion trap multiple-stage mass spectrometry in combination with multivariate analysis, proof of concept. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 90, p. 178-187, 2008.

BATE-SMITH, E. C. Investigation of the chemistry and taxonomy of sub-tribe Quillajaeae of the rosaceae using comparisons of fresh and herbarium material. **Phytochemistry**, v. 4, n. 4, p. 535-539, 1965. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)86213-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)86213-5).

BORJA-CABRERA, G. P.; SANTOS, F. N.; BAUER, F. S.; PARRA, L. E.; MENZ, I.; MORGADO, A. A.; SOARES, I. S.; BATISTA, L. M.; PALATNIK-DE-SOUSA, C. B. Immunogenicity assay of the Leishmune vaccine against canine visceral leishmaniasis in Brazil. **Vaccine**, v. 26, n. 39, 4991-4997, 2008. DOI: 10.1016/j.vaccine.2008.07.029.

BOZACI, E. Investigation of biosurfactant usage in raw wool scouring by response surface methodology. **Tekstil Ve Konfeksiyon**, v. 27, n. 4, p. 382-392, 2017.

CAÑON-JONES, H.; CORTES, H.; CASTILLO-RUIZ, M.; SCHLOTTERBECK, T.; SAN MARTÍN, R. *Quillaja saponaria* (Molina) Extracts Inhibits In Vitro *Piscirickettsia salmonis* Infections. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2286, 2020. DOI: 10.3390/ani10122286.

CARTES-RODRÍGUEZ, E.; ÁLVAREZ-MALDINI, C.; ACEVEDO, M.; GONZÁLEZ-ORTEGA, M.; URBINA-PARRA, A.; LEÓN-LOBOS, P. Pre-Germination Treatments at Operational Scale for Six Tree Species from the Sclerophyll Forest of Central Chile. **Plants**, v. 11, n. 5, p. 608, 2022. DOI: 10.3390/plants11050608.

CATHCART, K.; PINILLA-IBARZ, J.; KORONTSVIT, T.; SCHWARTZ, J.; ZAKHALEVA, V.; PAPADOPOULOS, E. B.; SCHEINBERG, D. A. A multivalent bcr-abl fusion peptide vaccination trial in patients with chronic myeloid leukemia. **Blood**, v. 103, n. 3, p. 1037-1042, 2004. DOI: 10.1182/blood-2003-03-0954.

CIBULSKI, S.; TEIXEIRA, T. F.; VARELA, A. P. M.; LIMA, M. F.; CASANOVA, G.; NASCIMENTO, Y. M.; FECHINE TAVARES, J.; SILVA, M. S.; SESTERHEIM, P.; SOUZA, D. O.; ROEHE, P. M.; SILVEIRA, F. IMXQB-80: A *Quillaja brasiliensis* saponin-based nanoadjuvant enhances Zika virus specific immune responses in mice. **Vaccine**, v. 39, n. 3, p. 571-579, 2021. DOI: 10.1016/j.vaccine.2020.12.004.

CIBULSKI, S.; RIVERA-PATRON, M.; SUÁREZ, N.; PIREZ, M.; ROSSI, S.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A.; ROEHE, P. M.; SILVEIRA, F. Leaf saponins of *Quillaja brasiliensis* enhance long-term specific immune responses and promote dose-sparing effect in BVDV experimental vaccines. **Vaccine**, v. 36, n. 1, p. 55-65, 2018. DOI: 10.1016/j.vaccine.2017.11.030.

CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F.; MOURGLIA-ETTLIN, G.; TEIXEIRA, T. F.; SANTOS, H. F.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; FETT-NETO, A. G.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M. *Quillaja brasiliensis* saponins induce robust humoral and cellular responses in a bovine viral diarrhea virus vaccine in mice. **Comparative immunology, microbiology and infectious diseases**, v. 45, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1016/j.cimid.2016.01.004.

CHAPAGAIN, B. P.; WIESMAN, Z.; TSROR, L. In vitro study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 26, n. 2, p. 109-115, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.02.005>.

CHARERNTANTANAKUL, W.; FABROS JR, D. Saponin Quil A up-regulates type I interferon-regulated gene and type I and II interferon expressions which are suppressed by

porcine reproductive and respiratory syndrome virus. **Veterinary immunology and immunopathology**, v. 195, p. 76-83, 2018. DOI: 10.1016/j.vetimm.2017.11.009.

CHARERNTANTANAKUL, W.; PONGJAROENKIT, S. Co-administration of saponin quil A and PRRSV-1 modified-live virus vaccine up-regulates gene expression of type I interferon-regulated gene, type I and II interferon, and inflammatory cytokines and reduces viremia in response to PRRSV-2 challenge. **Veterinary immunology and immunopathology**. v. 205, p. 24-34, 2018. DOI: 10.1016/j.vetimm.2018.10.005.

CHEN, X. W.; YANG, X. Q. Characterization of Orange Oil Powders and Oleogels Fabricated from Emulsion Templates Stabilized Solely by a Natural Triterpene Saponin. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 9, p. 2637-2646, 2019. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b04588.

CHUNG, C.; SHER, A.; ROUSSET, P.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. Formulation of food emulsions using natural emulsifiers: Utilization of quillaja saponin and soy lecithin to fabricate liquid coffee whiteners. **Journal of Food Engineering**, v. 209, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.011>.

CLAXTON, F.; BANKS, H.; KLITGAARD, B. B.; CRANE, P. R. Pollen Morphology of Families Quillajaceae and Surianaceae (Fabales). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 133, 221–233, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.10.003>

CNCFLORA. **Quillaja brasiliensis** in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Quillaja brasiliensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Quillaja_brasiliensis)>. Acesso em 8 agosto 2023.

ÇOKÇALIŞKAN, C.; TÜRKOĞLU, T.; SAREYYÜPOĞLU, B.; TUNCER-GÖKTUNA, P.; ÖZBİLGE, B. B.; UZUNLU, E.; KÜRKÇÜ, A.; UZUN, E. A.; GÜLYAZ, V. Evaluation of Quil-A, E. coli DNA and Montanide™ ISA 206 adjuvant combination on the antibody response to foot-and-mouth disease vaccine in sheep. **Acta virologica**, v. 66, n.3, p. 197-205, 2022. DOI: 10.4149/av_2022_304.

COPAJA, S. V.; BLACKBURN, C.; CARMONA, R. Variation of saponin contents in *Quillaja saponica* Molina. **Wood Science and Technology**, v. 37, p. 103–108, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-002-0150-8>.

COSTA, F.; YENDO, A. C.; CIBULSKI, S. P.; FLECK, J. D.; ROEHE, P. M.; SPILKI, F. R.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Alternative inactivated poliovirus vaccines adjuvanted with *Quillaja brasiliensis* or Quil-a saponins are equally effective in inducing specific immune responses. **PLoS One**, v. 9, n. 8, p. 105374, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0105374.

COSTA, F.; YENDO, A. C.; FLECK, J. D.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Accumulation of a bioactive triterpene saponin fraction of *Quillaja brasiliensis* leaves is associated with abiotic and biotic stresses. **Plant physiology and biochemistry**, v. 66, p. 56-62, 2013. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.02.003.

DANG, D. X.; KIM, H. Effects of dietary supplementation of *Quillaja saponin* on growth performance, nutrient digestibility, fecal gas emissions, and meat quality in finishing pigs. **Journal of Applied Animal Research**, v. 48, n. 1, p. 397-401, 2020. DOI: 10.1080/09712119.2020.1813739.

DEHGHAN, S.; TAVASSOTI KHEIRI, M.; TABATABAIEAN, M.; DARZI, S.; TAFAGHODI, M. Dry-powder form of chitosan nanospheres containing influenza virus and adjuvants for nasal immunization. **Archives of pharmacal research**, v. 36, n. 8, p. 981-92, 2013. DOI: 10.1007/s12272-013-0043-4.

DERRÉ, L.; CESSON, V.; LUCCA, I.; CERANTOLA, Y.; VALERIO, M.; FRITSCHI, U.; VLAMOPOULOS, Y.; BURRUNI, R.; LEGRIS, AS.; DARTIGUENAVE, F.; GHARBI, D.; MARTIN, V.; VAUCHER, L.; SPEISER, D. E.; ROMERO, P.; JICHLINSKI, P.; NARDELLI-HAEFLIGER, D. Intravesical Bacillus Calmette Guerin Combined with a Cancer Vaccine Increases Local T-Cell Responses in Non-muscle-Invasive Bladder Cancer Patients. **Clinical cancer research**, v. 23, n. 3, p. 717-725, 2017. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-16-1189.

ELKARADAWY, A.; ABDEL-RAHIM, M. M.; MOHAMED, R. A. *Quillaja saponaria* and/or linseed oil improved growth performance; water quality; welfare profile and immune-oxidative status of Nile tilapia; *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 53, n. 2, p. 576–589, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.15602>.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MAGNI, C. R.; SANTELICES, R. E.; CABRERA, A. M. Outplanting performance of three provenances of *Quillaja saponaria* Mol. established in a Mediterranean drought-prone site and grown in different container size, **iForest**, v. 13, p. 33-40, 2020. DOI: 10.3832/ifor3142-012.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MARTÍNEZ, E. E.; CARRASCO-BENAVIDES, M. R.; VASWANI, S. J.; GAJARDO, J.; MAGNI, C. R. Influence of provenance origin on the early performance of two sclerophyllous Mediterranean species established in burned drylands. **Scientific reports**, v. 11, p. 6212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85599-3>.

FINK, R.; POTOČNIK, A.; ODER, M. Plant-based natural saponins for *Escherichia coli* surface hygiene management. **LWT**, v. 122, n. 8, p. 109018, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109018>.

FLECK, J. D.; COSTA, F.; YENDO, A. C.; SEGALIN, J.; DALLA COSTA, T. C.; FETTNETO, A. G.; GOSMANN, G. Determination of new immunoadjuvant saponin named QB-90; and analysis of its organ-specific distribution in *Quillaja brasiliensis* by HPLC. **Natural product research**, v. 27, n. 10, p. 907-10, 2013. DOI: 10.1080/14786419.2012.666751.

FLECK, J. D.; KAUFFMANN, C.; SPILKI, F.; LENCINA, C. L.; ROEHE, P. M.; GOSMANN, G. Adjuvant activity of *Quillaja brasiliensis* saponins on the immune responses to bovine herpesvirus type 1 in mice. **Vaccine**, v. 24, p. 7129-7134. DOI: 10.1016/j.vaccine.2006.06.059.

FLECK, J. D.; SCHWAMBACH, J.; ALMEIDA, M. E.; YENDO, A. C. A.; COSTA, F.; GOSMANN, G.; FETTNETO, A. G.; Immunoadjuvant saponin production in seedlings and micropropagated plants of *Quillaja brasiliensis*. **In Vitro Cellular & Developmental Biology**, v. 45, p. 715–720, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-009-9222-x>

FRIEDMAN-KLABANOFF, D. J.; BERRY, A. A.; TRAVASSOS, M. A.; COX, C.; ZHOU, Y.; MO, A. X.; NOMICOS, E.Y. H.; DEYE, G. A.; PASETTI, M. F.; LAURENS, M. B. Low dose recombinant full-length circumsporozoite protein-based *Plasmodium falciparum* vaccine is well-tolerated and highly immunogenic in phase 1 first-in-human clinical testing. **Vaccine**, 2021, v. 39, n. 8, p. 1195-1200, 2021. DOI: 10.1016/j.vaccine.2020.12.023.

GEYTER, E.; SMAGGHE, G.; RAHBÉ, Y.; GEELLEN, D. Triterpene saponins of *Quillaja saponaria* show strong aphicidal and deterrent activity against the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. **Pest management science**, v. 68, n. 2, p. 164-169, 2012. DOI: 10.1002/ps.2235.

GIANNAKOU, I. O. Efficacy of a formulated product containing *Quillaja saponaria* plant extracts for the control of root-knot nematodes. **European Journal of Plant Pathology**, v. 130, p. 587–596, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9780-8>.

GORDONOFF, T.; LÜSCHER, E. Über die expektorierende Wirkung einiger Saponine (*Quillaja Saponaria*). **Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin**, v. 97, p. 10-17, 1936. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02624299>.

GÜNTHER, M.; NEUHAUS, R.; BAUER, T.; JILG, W.; HOLTZ, J. A.; BIENZLE, U. Immunization with an adjuvant hepatitis B vaccine in liver transplant recipients: antibody decline and booster vaccination with conventional vaccine. **Liver transplantation**, v. 12, n. 2, p. 316-319, 2006. DOI: 10.1002/lt.20674.

GUPTA, A.; SINGH, P. P.; SINGH, P.; SINGH, K.; SINGH, A.V.; SINGH, S. K.; KUMAR, A. **Medicinal Plants Under Climate Change: Impacts on Pharmaceutical Properties of Plants**. In Climate Change and Agricultural Ecosystems. Elsevier: Amsterdam; The Netherlands; 2019; p. 181–209.

GUTBIER, A.; HUBER, J.; HAUG, R. Studien über Schutzkolloide. Zehnte Reihe: Saponin als Schutzkolloid. **Kolloid-Zeitschrift**, v. 29, p. 19–25, 1921. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01425134>.

GUZMÁN, L.; VILLALÓN, K.; MARCHANT, M. J.; TARNOK, M.E.; CÁRDENAS, P.; AQUEA, G.; ACEVEDO, W.; PADILLA, L.; BERNAL, G.; MOLINARI, A.; CORVALÁN, A. In vitro evaluation and molecular docking of QS-21 and quillaic acid from *Quillaja saponaria* Molina as gastric cancer agents. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 10534, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-67442-3.

HERNÁNDEZ; P. P. **Productos Forestales No Madereros**; Instituto Forestal, Chile. Boletín N° 41. p. 22; 2023.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E., GILL, D. J. C.; BORGIO, M. Identifying Target Species and Seed Sources for the Restoration of Threatened Trees in Southern Brazil. **Oryx**, v. 49, n. 3; p. 1- 6; 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605314001069>.

JONES, H. A. C.; SCHLOTTERBECK, T.; CASTILLO-RUIZ, M.; CORTES, H.; ASENCIO, G.; LATUZ, S.; SAN MARTIN, R. In vitro efficacy of *Quillaja saponaria* extracts on the infective life-stage of ectoparasite *Caligus rogercresseyi*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 52, p. 1234–1242, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12829>.

KASSUIA, Y. S.; SILVEIRA, A. C.; DOMAHOVSKI, R. C.; LAZZAROTTO, M. **Aprimoramento e adaptação de método prático e rápido para estimar a quantidade de**

saponinas em extratos de polpa de frutos de erva-mate. Colombo: Embrapa Florestas (Comunicados Técnicos (CNPFF)), 2019.

KAUFFMANN, C.; MACHADO, A. M.; FLECK, J. D.; PROVENSÍ, G.; PIRES, V. S.; GUILLAUME, D.; SONNET, P.; REGINATTO, F. H.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G. Constituents from leaves of *Quillaja brasiliensis*. **Natural product research**, v. 18, n. 2, p.153-157, 2004. DOI: 10.1080/14786410310001608055.

KOMATSU, N.; KOMATSU, M.; OHASHI, R.; HORII, A.; HOSHI, K.; TAKATO, T.; ABE, T.; HAMAKUBO, T. Saponin Facilitates Anti-Robol Immunotoxin Cytotoxic Effects on Maxillary Sinus Squamous Cell Carcinoma. **Journal of oncology**, v. 2020, p. 1-8, 2020. DOI: 10.1155/2020/9593516.

LERSTEN, N. R.; HORNER, H. T. Macropattern of Styloid and Druse Crystals in *Quillaja* (Quillajaceae) Bark and Leaves. **International Journal of Plant Sciences**, v. 166, n. 5, p. 705–711, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1086/430195>.

BENGTSSON, K. L.; MOREIN, B.; OSTERHAUS, A. D. ISCOM technology-based Matrix M™ adjuvant: success in future vaccines relies on formulation. **Expert review of vaccines**. V. 10, n. 4, p. 401-403, 2011. DOI: 10.1586/erv.11.25. PMID: 21506635.

LUEBERT, F. Taxonomy and distribution of the genus *Quillaja Molina* (Quillajaceae). **Feddes Repertorium**, v. 124, p. 157–162, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/fedr.201400029>.

MARTÍN, R. S.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53, p. 302–311, 1999. <https://doi.org/10.1007/BF02866642>.

MILLA-MORENO, E.; GUY, R. D. Growth response; uptake and mobilization of metals in native plant species on tailings at a Chilean copper mine. **International journal of phytoremediation**, v. 23, n. 5, p. 539-547, 2021. DOI: 10.1080/15226514.2020.1838435.

MONTENEGRO, G.; SALAS, F.; PEÑA, R.; PIZARRO, R. Antibacterial and antifungic activity of the unifloral honeys of *Quillaja saponaria*; an endemic Chilean species. **Phyton-International Journal of Experimental Botany**, v. 78, p. 141–146, 2009. DOI: <https://doi.org/10.32604/phyton.2009.78.141>.

MÜLLER, L. E.; SCHIEDECK, G. Physical properties of botanical surfactants. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 1133–1137, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.193>.

NEWTON, A. C. 2008. Conservation of tree species through sustainable use: how can it be achieved in practice?. **Oryx**, v. 42, n. 2, p. 195-205. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003060530800759X>.

OKIMOTO, E. R.; DIAS, I. B.; BIRKINSHAW, L. J. N. Biopirataria de plantas brasileiras: generalidades e estudos de casos. **Revista Biodiversidade**, v. 22, p. 126-136, 2023.

PARUM, D. V. Editorial: First Approval of the Protein-Based Adjuvanted Nuvaxovid (NVX-CoV2373) Novavax Vaccine for SARS-CoV-2 Could Increase Vaccine Uptake and Provide Immune Protection from Viral Variants. **Medical science monitor**, v. 28, 2022. DOI: 10.12659/MSM.936523.

PETERSON, D. W. Effect of sterols on the growth of chicks fed high alfalfa diets or a diet containing *Quillaja* saponin. **The Journal of nutrition**, v. 42, n. 4, p. 597-607, 1950. DOI: 10.1093/jn/42.4.597.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing; Vienna; Austria; 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

RIVERA-PATRON, M.; MORENO, M.; BAZ, M.; ROEHE, P.M.; CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F. ISCOM-like Nanoparticles Formulated with *Quillaja brasiliensis* Saponins Are Promising Adjuvants for Seasonal Influenza Vaccines. **Vaccines**, v. 9, n. 11, p. 1350, 2021. DOI: 10.3390/vaccines9111350.

RIVERS, M.; BEECH, E.; OLDFIELD, S. Increasing knowledge of the world's trees. **Oryx**, v. 55, n. 4, p. 492, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605321000284>.

RODRÍGUEZ-DÍAZ, M. Quillay y saponinas en épocas de covid-19. **Cuadernos Médico Sociales**, v. 61, n. 3, p. 75-77, 2021.

RONER, M. R.; TAM, K. I.; KIESLING-BARRAGER, M. Prevention of rotavirus infections in vitro with aqueous extracts of *Quillaja Saponaria* Molina. **Future medicinal chemistry**, v. 2, n. 7, p. 1083-1097, 2010. DOI: 10.4155/fmc.10.206.

SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53; p. 302–11, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866642>.

SAN MARTIN, R. Sustainable Production of *Quillaja Saponaria* Mol. Saponins. **Saponins in Food; Feedstuffs and Medicinal Plants**. Kluwer Academic Publishers: The Netherland. p. 271. 2000.

SCHLOTTERBECK, T.; CASTILLO–RUIZ, M.; CAÑON–JONES, H.; SAN MARTÍN, R. The Use of Leaves from Young Trees of *Quillaja saponaria* (Molina) Plantations as a New Source of Saponins. **Economic Botany**, v. 69, p. 262–272, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9320-0>.

SINGH, V. K.; SINGH, P.; KARMAKAR, M. LETA, J.; MAYR, P. The journal coverage of Web of Science; Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, V. 126, P. 5113–5142, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5>.

SILVA, T. C.; ARAUJO, E. C. G.; LINS, T. R. S.; REIS, C. A.; SANQUETTA, C. R.; ROCHA, M. P. Non-timber forest products in Brazil: A bibliometric and a state of the art review. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 1–24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12177151>.

THRON, C. D.; DURANT, R. C.; FRIESS, S. L. Neuromuscular and cytotoxic effects of holothurin a and related saponins at low concentration levels. III. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 103, p. 182-196, 1964. DOI: 10.1016/0041-008x(64)90104-8.

UDELAR. Universidad de la República. Disponível em: <https://udelar.edu.uy/portal/institucional/>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2024.

VACCINE. **About the journal**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/vaccine>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2024.

VELAZCO, S. J.; BLUM, C. T.; HOFFMANN, P. M. Germination and seedlings development of the threatened species *Quillaja brasiliensis*. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 90-97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201824022530>.

VENZKE, T. S. Florística de comunidades arbóreas no Município de Pelotas; Rio Grande do Sul. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 571-578, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000300008>.

WIESMAN, Z.; CHAPAGAIN, B. P.; Laboratory Evaluation of Natural Saponin as a Bioactive Agent against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. **Dengue Bulletin**, v. 27, p. 168-173; 2003.

4 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE SAPONINAS DE *Quillaja lancifolia* D. DON (QUILLAJACEAE) E SUA RELAÇÃO COM A FENOLOGIA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

RESUMO

Quillaja lancifolia D. Don é uma espécie arbórea com ocorrência no Sudeste e Sul do Brasil. Suas saponinas possuem aplicação comercial, porém é necessário conhecer sua autoecologia para viabilizar o seu uso sustentável. O objetivo do estudo foi analisar a fenologia, o incremento em circunferência e a quantidade sazonal de saponinas e sólidos totais de *Q. lancifolia*. Foi realizado mensalmente monitoramento fenológico de 20 árvores adultas durante um ano, por meio dos índices de atividade e de intensidade de Fournier. Com a mesma periodicidade, foi verificado o incremento em circunferência do tronco a 1,3 m com auxílio de cintas dendrométricas e realizada quantificação de saponinas, por meio do Índice de Espuma e Tamanho da espuma, e do Teor de sólidos solúveis, a partir da coleta de cascas, folhas e ramos. Na análise das fenofases foi utilizada estatística circular e foram testadas correlações (Spearman ou Pearson) entre as fenofases e variáveis meteorológicas do mesmo período, fazendo o mesmo para o incremento diamétrico e os parâmetros de saponinas e de sólidos solúveis. Foram realizados Análise de Variância e Teste de Tukey para verificar se houve diferença significativa entre cascas, folhas e ramos. Folhas maduras foram observadas com elevada intensidade em todos os meses, sendo a única fenofase sem sazonalidade. Destacou-se a correlação positiva e significativa da temperatura média com os eventos reprodutivos. A média de incremento da circunferência do ano estudado foi de 0,75 mm, com valor maior em fevereiro e influência positiva da precipitação, radiação solar e temperatura. O maior teor de saponinas foi nas folhas, com produção elevada durante todos meses e valores menores somente em janeiro e abril. Houve correlação positiva de precipitação e temperatura sobre a quantidade de saponinas. As folhas também apresentaram maior teor de sólidos solúveis. Concluiu-se que todas as fenofases são sazonais, exceto as folhas maduras, e sempre alguma variável meteorológica teve correlação significativa com parâmetros de saponinas. Todas as estruturas avaliadas apresentaram Índice de Espuma superior ao valor mínimo indicado pela Farmacopeia Brasileira.

Palavras-chave: Autoecologia, Sazonalidade, Incremento diamétrico, Metabólitos secundários, Manejo Sustentável.

4.1 INTRODUÇÃO

É notório que os estudos fenológicos tiveram aumento considerável nos últimos anos, uma vez que mudanças fenológicas são interpretadas como indicadores sensíveis das alterações climáticas, que podem afetar as estruturas e funções dos ecossistemas (TANG et al., 2016). Além disso, o conhecimento sobre a ecologia, fisiologia e outros aspectos das espécies vegetais ainda é pequeno diante das atuais e futuras mudanças ambientais, ao considerar que muitas já se encontram ameaçadas, principalmente pela perda e fragmentação de seus habitats naturais (SCARANO; GARBIN, 2013).

Diante destes aspectos, a fenologia se destaca como uma ciência estratégica para abordagens ecológicas sobre espécies ameaçadas de extinção, especialmente quando há escassez de informações sobre sua biologia reprodutiva (BORGES et al., 2008; PINTO et al., 2021), ou quando os eventos reprodutivos são afetados por distúrbios, como o fogo (ALVARADO et al., 2014). Além disto, estudos fenológicos, quando associados a estudos de crescimento, permitem uma melhor compreensão sobre os padrões de alocação sazonal de recursos da planta (KANIESKI et al., 2017; MILANI et al., 2021). Com isto, podem ser produzidas informações essenciais sobre a autoecologia, em especial a respeito da produção foliar e do comportamento reprodutivo, e subsidiadas aplicações práticas na conservação e uso sustentável das espécies, como o estabelecimento de calendários para coleta de sementes, com consequente produção de mudas para ações de conservação *in situ* e *ex situ*, e a gestão de coleta sustentável de produtos florestais não madeireiros (MORELLATO et al., 2016).

Uma espécie rara para a qual ainda existem poucas informações ecológicas é *Quillaja lancifolia* D.Don, pertencente à família Quillajaceae, categorizada como “Vulnerável” no Estado do Paraná (SEMA, 1995). Com distribuição no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai (LUEBERT, 2013), é de fato considerada rara nos remanescentes florestais do Paraná (HOFFMANN et al., 2015). Trata-se de uma árvore de folhas simples, alternas, com flores hermafroditas polinizadas principalmente por abelhas e insetos pequenos, com síndrome de dispersão anemocórica (CARVALHO, 2006).

A espécie *Q. lancifolia* se destaca por possuir alto teor de saponinas, glicosídeos formados por gliconas (açúcares) ligados quimicamente a outras moléculas (NULTSCH, 2000), que são metabólitos secundários produzidos pela planta, com confirmado potencial na composição da produção de vacinas (CIBULSKI et al., 2016). O uso das saponinas já é consolidado para outra espécie do gênero, *Q. saponaria*, que ocorre no Chile e possui considerável importância econômica (SAN MARTIN; BRIONES, 1999) pelas suas aplicações

na produção de vacinas, biopesticidas agrícolas, aditivos alimentares, além da indústria farmacêutica e de cosméticos (SAN MARTIN, 2000).

Devido à variação do teor dos metabólitos secundários nas plantas (GOBBO-NETO; LOPES, 2007) é importante conhecer a época ideal de coleta de suas estruturas para extração dos compostos. Estudos já demonstraram a sazonalidade da produção de saponinas de algumas espécies vegetais, e apontam correlação de variáveis meteorológicas (KIM et al., 1981; NDAMBA et al., 1994; VIGO et al., 2004), já sendo também constatada sazonalidade na produção de saponinas em *Q. saponaria*, com variação durante as estações do ano (SCHLOTTERBECK et al., 2015). No entanto, não existem informações a este respeito para *Q. lancifolia*.

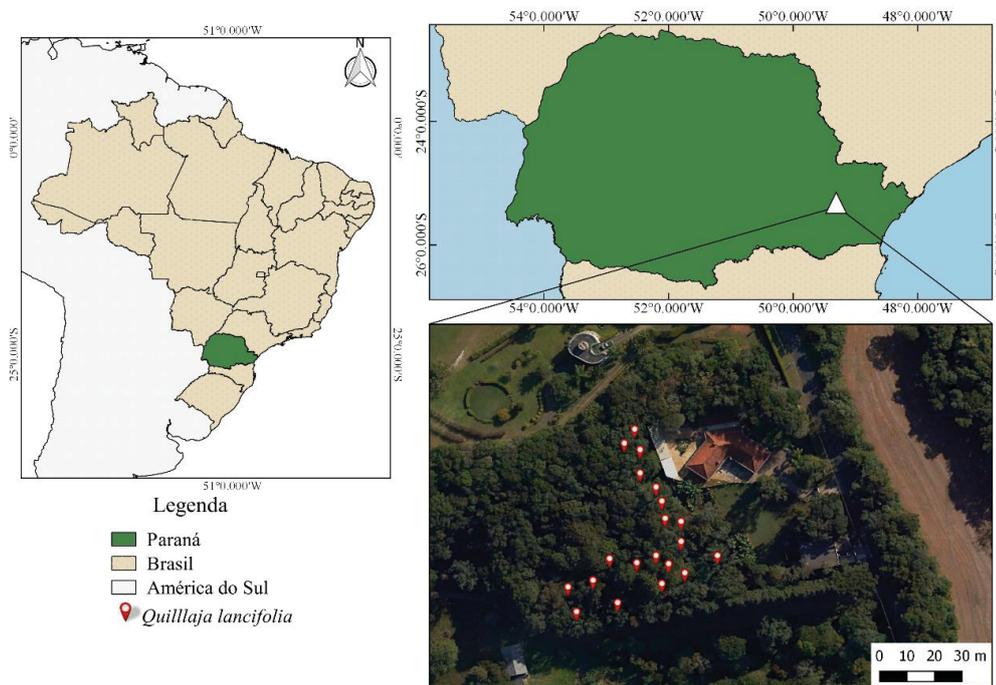
Diante da escassez de informações a respeito de *Q. lancifolia* e pelo potencial de exploração de suas saponinas contraposto ao status de conservação da espécie, o objetivo deste estudo foi analisar fenologia, incremento em circunferência e quantidade de saponinas de *Q. lancifolia* em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, com o intuito de responder os seguintes questionamentos: 1) As fenofases são sazonais e os indivíduos possuem sincronia na sua manifestação? 2) As variáveis meteorológicas influenciam as fenofases, o incremento da circunferência, o teor de saponinas e de sólidos solúveis? 3) Qual a taxa de incremento do tronco e sua relação com as fenofases, o teor de saponinas e de sólidos solúveis? 4) Quais os teores de saponinas e sólidos solúveis das cascas, folhas e ramos e sua relação com as fenofases?

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi conduzida em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no estágio intermediário de sucessão secundária, que abriga uma população de árvores adultas de *Quillaja lancifolia*, inserida entre outras espécies de plantas, na Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual do Passaúna, município de Curitiba, Paraná (FIGURA 15).

FIGURA 15 - LOCALIZAÇÃO DA POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia* ESTUDADA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, PR.



Fonte: O autor (2024).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida, temperatura média anual de 17 °C e precipitação média anual de 1550 mm (ALVARES et al., 2013). O remanescente florestal caracteriza-se como Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 2012). A região está inserida no Complexo geológico Atuba, com unidade Anfibolítica que reúne anfibolitos e hornblenda (BESSER et al., 2021), sendo comuns os Latossolos Distróficos (BHERING et al., 2007). Para descrição do solo, coletou-se na área de estudo cinco amostras compostas de solo a 20 cm de profundidade que foram levadas para análise no laboratório da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, encontrando as seguintes características: pH = 5,8; Ca = 5,10; Mg = 5,70; Na = 0,038; K = 0,289; Al = 0,65; P = 3,46 mg/kg; Matéria Orgânica = 33,51 g/kg.

4.2.2 FENOLOGIA E INCREMENTO DIAMÉTRICO

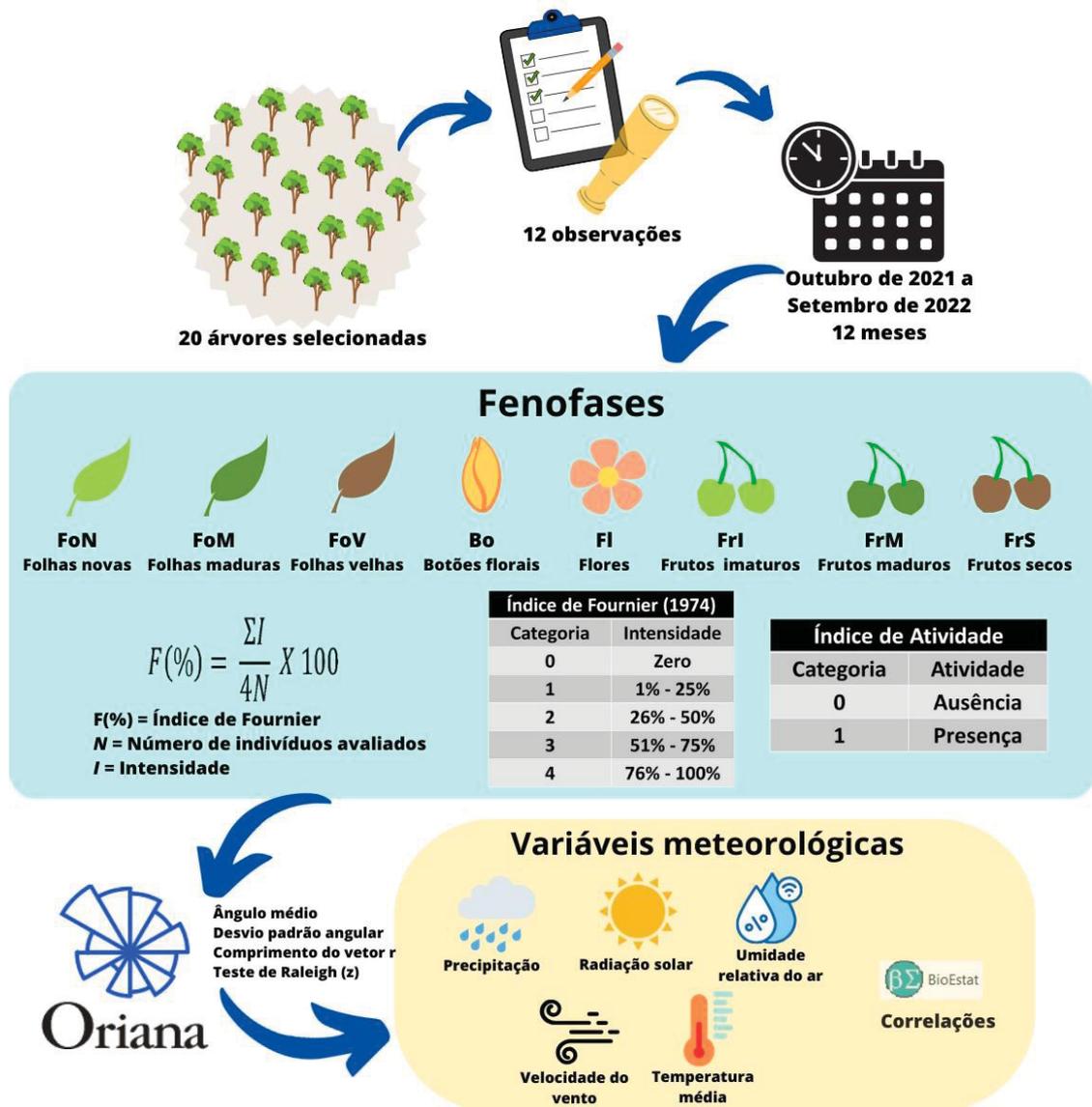
Foram monitorados mensalmente 20 indivíduos adultos de *Quillaja lancifolia* com diâmetro médio de 38,7 cm, sendo avaliadas suas fenofases vegetativas e reprodutivas de outubro de 2021 a setembro de 2022 (FIGURA 16). As fenofases vegetativas foram diferenciadas com base na coloração, sendo as folhas novas de cor verde claro, as maduras de

cor verde escuro, e as velhas parcial ou totalmente marrons, já em processo de senescência. As fenofases reprodutivas foram observadas com auxílio de binóculos, ocorrendo no ápice dos ramos, com botões florais arredondados, flores brancas e frutos de formato estrelado, sendo os imaturos de coloração verde, os maduros marrons e ainda contendo as sementes, e os secos marrons mais escuros, completamente lignificados e sem sementes, que já foram dispersas.

Para quantificar os eventos fenológicos das árvores foi usado o índice de intensidade de Fournier (1974), determinando a intensidade de forma empírica de cada fenofase na copa por meio de uma escala intervalar de cinco categorias (0 a 4), sendo 25% o intervalo entre cada uma delas. As categorias são descritas como: zero = ausência de fenofase; 1 = presença da fenofase com intensidade entre 1% a 25%; 2 = presença de fenofase com intensidade entre 26% a 50%; 3 = presença de fenofase com intensidade entre 51% a 75%; e 4 = presença de fenofase com intensidade entre 76% a 100%. Para cada fenofase todos os valores coletados mensalmente foram somados e divididos pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro), sendo o valor resultante transformado em valor porcentual (D'EÇA-NEVES; MORELLATO, 2004). Com o objetivo de analisar a sincronia de expressão das fenofases entre os indivíduos foi utilizado o Índice de Atividade, que assume apenas a ausência ou presença da fenofase e é determinado pelo número de indivíduos que apresentava a fenofase num determinado mês.

A análise estatística circular foi realizada com auxílio do programa Oriana®, que utilizados dados mensais do índice de Fournier. Foram calculados ângulo médio, desvio padrão angular e comprimento do vetor r , que indica a unimodalidade, com dados ao redor do vetor médio, quando o valor é maior que 0,50. Foi testada a significância do ângulo por meio do teste de Raleigh (z) para distribuição circular. Para as fenofases que apresentaram ângulo médio significativo ($p < 0,05$) foi determinada a data média, que é a data de maior intensidade da fenofase durante o ano. Na data média os meses foram convertidos em ângulos a partir do calendário juliano, com 0° = dia 1 do ano (primeiro de janeiro), e assim, sucessivamente até 360° = dia 365 do ano (31 de dezembro).

FIGURA 16 - METODOLOGIA DO ESTUDO FENOLÓGICO DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia*.

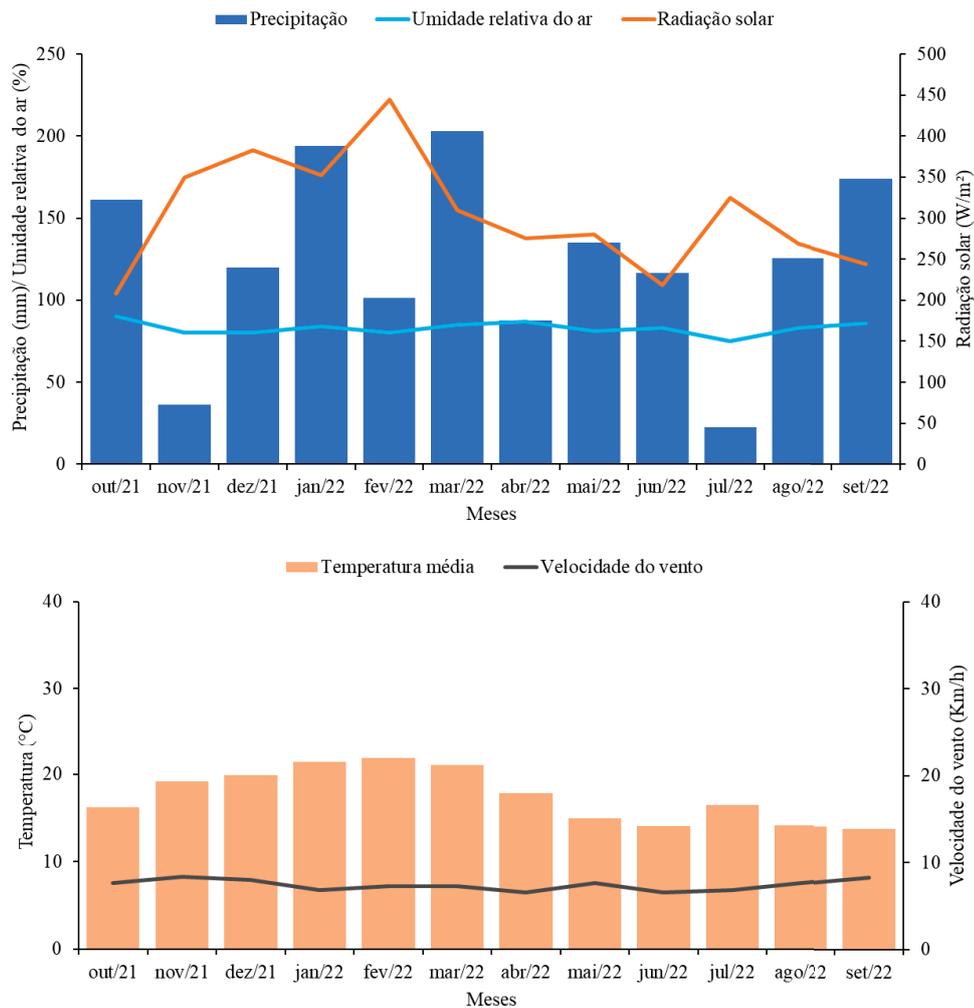


Fonte: O autor (2024).

Para auxiliar na compreensão dos padrões de fenologia, incremento e produção de saponinas foram obtidos dados meteorológicos de Curitiba disponibilizados pelo Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR (FIGURA 17). Foi testada a correlação de cada fenofase, do incremento da circunferência, da quantidade de saponinas e do teor de sólidos solúveis com as variáveis precipitação, radiação solar, temperatura mínima, temperatura média, temperatura máxima, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A análise de correlação entre fenofases e variáveis meteorológicas foi executada com os dados do primeiro (m1) e segundo (m2) meses anteriores ao evento fenológico, além do mês correlato (m0).

Para analisar desvios da normalidade dos dados fenológicos e de incremento foi utilizado o teste de Lilliefors, em que para dados sem distribuição normal foi utilizada a análise de correlação não-paramétrica de Spearman. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa BioEstat 5.3® (AYRES, 2007).

FIGURA 17 - VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DE OUTUBRO DE 2021 A SETEMBRO DE 2022 DA CIDADE DE CURITIBA, PR.

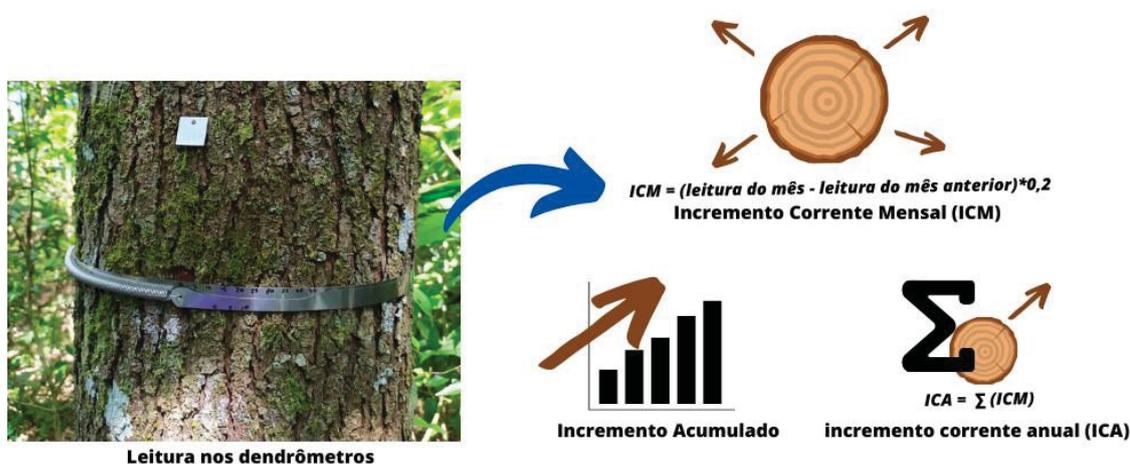


Fonte: O autor (2024).

A avaliação da taxa de incremento da circunferência do tronco foi realizada nas mesmas árvores monitoradas no estudo fenológico. Empregou-se o método “dinâmico” (FAHN et al., 1981) pelo qual foram medidas as circunferências à altura do peito e instaladas cintas dendrométricas artesanais permanentes (*i. e.*, dendrômetros), confeccionadas em aço inoxidável, com precisão de 0,2 mm (ALVARES et al., 2017) (FIGURA 18). Leituras de incremento foram realizadas concomitantes ao monitoramento da fenologia. Posteriormente

foram calculados o incremento corrente mensal em circunferência (ICM), o incremento acumulado e o incremento corrente anual (ICA). Foi realizada análise de correlação da taxa de incremento corrente mensal com as variáveis meteorológicas, que considera os dados do primeiro (m1) e segundo (m2) meses anteriores à leitura de incremento, além do mês correlato (m0), foi utilizado o mesmo procedimento analítico já descrito para a abordagem de fenologia. Também foram realizadas análises de correlação entre o incremento e as fenofases, e deste com os parâmetros de saponinas e de sólidos totais.

FIGURA 18 - ANÁLISE DE INCREMENTO DA CIRCUNFERÊNCIA DE TRONCO DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia*.



Fonte: O autor (2024).

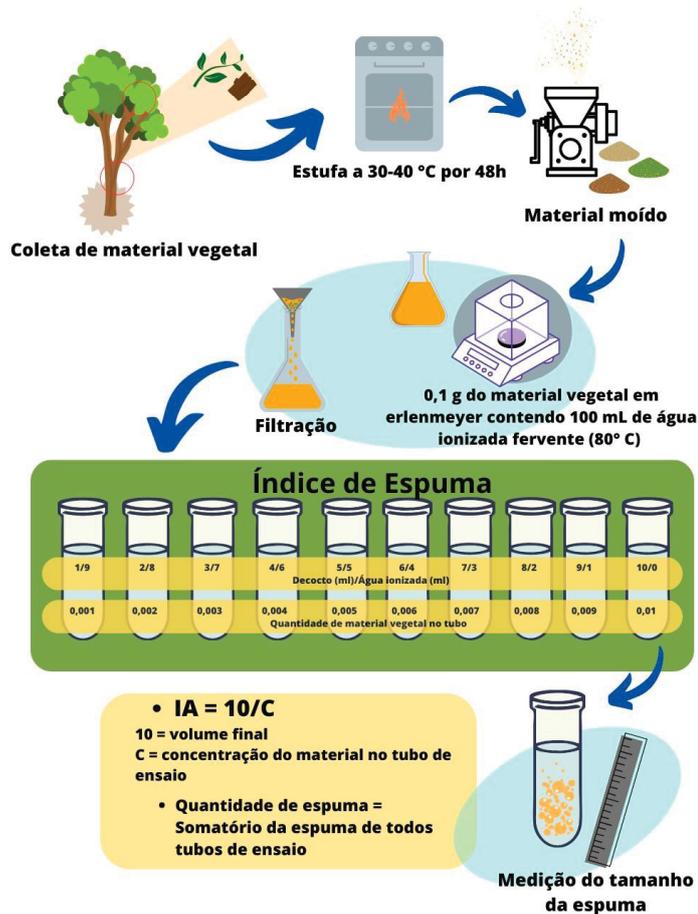
4.2.3 QUANTIFICAÇÃO DE SAPONINAS E SÓLIDOS SOLÚVEIS

A quantificação de saponinas e sólidos solúveis foi realizada mensalmente, a partir da coleta de cascas, folhas e ramos das mesmas árvores e nos mesmos dias em que ocorreu o monitoramento fenológico e a mensuração dendrométrica (FIGURA 19). Em cada mês foi feita uma amostra composta, escolhendo de forma aleatória três árvores para a coleta do material vegetal, e houve repetição somente quando o corte de casca no tronco já se encontrava em maior grau de cicatrização. O material vegetal era posteriormente inserido em estufa a 30-40 °C por 48 h para secagem, em seguida moído em moinho de facas tipo Willey para obter partículas de cerca de 5 mm.

Para determinar o teor de saponinas foi utilizado o Índice de Espuma, de acordo com a metodologia descrita para *Q. saponaria* na Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2016). Foi pesado 0,1 g do material vegetal moído e transferido para um Erlenmeyer contendo 100 mL de água deionizada fervente (80°C), mantida sob fervura durante 5 minutos, sendo

posteriormente resfriada e filtrada (BRASIL, 2016). O decocto obtido foi distribuído em 10 tubos de ensaio com tampa (16 mm de diâmetro por 16 cm de altura), em série volumétrica sucessiva de 1, 2, 3, até 10 mL, completando o volume do líquido em cada tubo até 10 mL com água deionizada (BRASIL, 2016). Os tubos foram agitados manualmente com movimentos verticais por 15 segundos e depois deixados em repouso por 15 minutos para medição da altura da espuma com uma régua milimetrada (BRASIL, 2016). A determinação do Índice de Espuma foi feita por meio da equação descrita na FIGURA 5, que utiliza, dentre os 10 tubos, aquele que obteve a espuma com altura igual a 1 cm, sendo a concentração do material vegetal daquele tubo utilizada na fórmula (BRASIL, 2016). Adicionalmente foi também obtido o valor de tamanho da espuma, realizado com o somatório da altura da espuma dos dez tubos, a fim de saber a quantidade total de espuma formada com 0,1 g de material vegetal (MULLER, 2017).

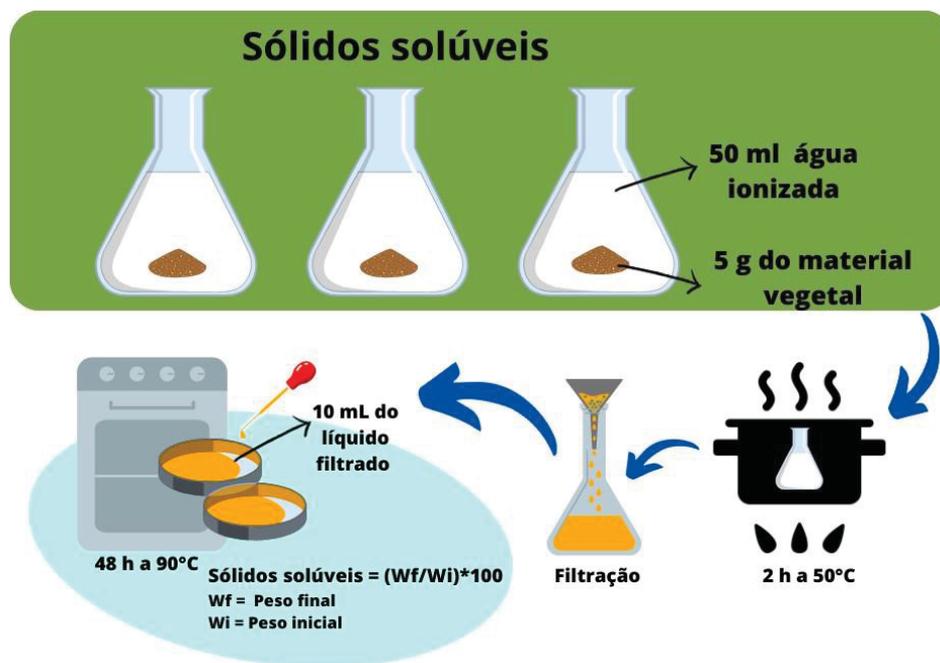
FIGURA 19 - METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE SAPONINAS DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia*.



Fonte: O autor (2024)

A quantificação de sólidos solúveis ocorreu em triplicata, sendo inseridos 5 g do material vegetal moído em 50 mL de água deionizada (W_i) e incubados durante 2 h a 50°C (FIGURA 20). A metodologia segue o trabalho de Schlotterbeck et al. (2015), em que os autores analisaram se o teor de sólidos solúveis possui relação com o teor de saponinas. O material extraído foi filtrado em filtro Whatman com papel nº 2. Para quantificar os sólidos solúveis das amostras (g de sólidos solúveis/100 g de material seco), uma alíquota de 10 mL do líquido filtrado foi pesada e seca em estufa durante 48 h a 90°C utilizando forno até alcançar o peso constante (W_f).

FIGURA 20 - QUANTIFICAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia*.



Fonte: O autor (2024).

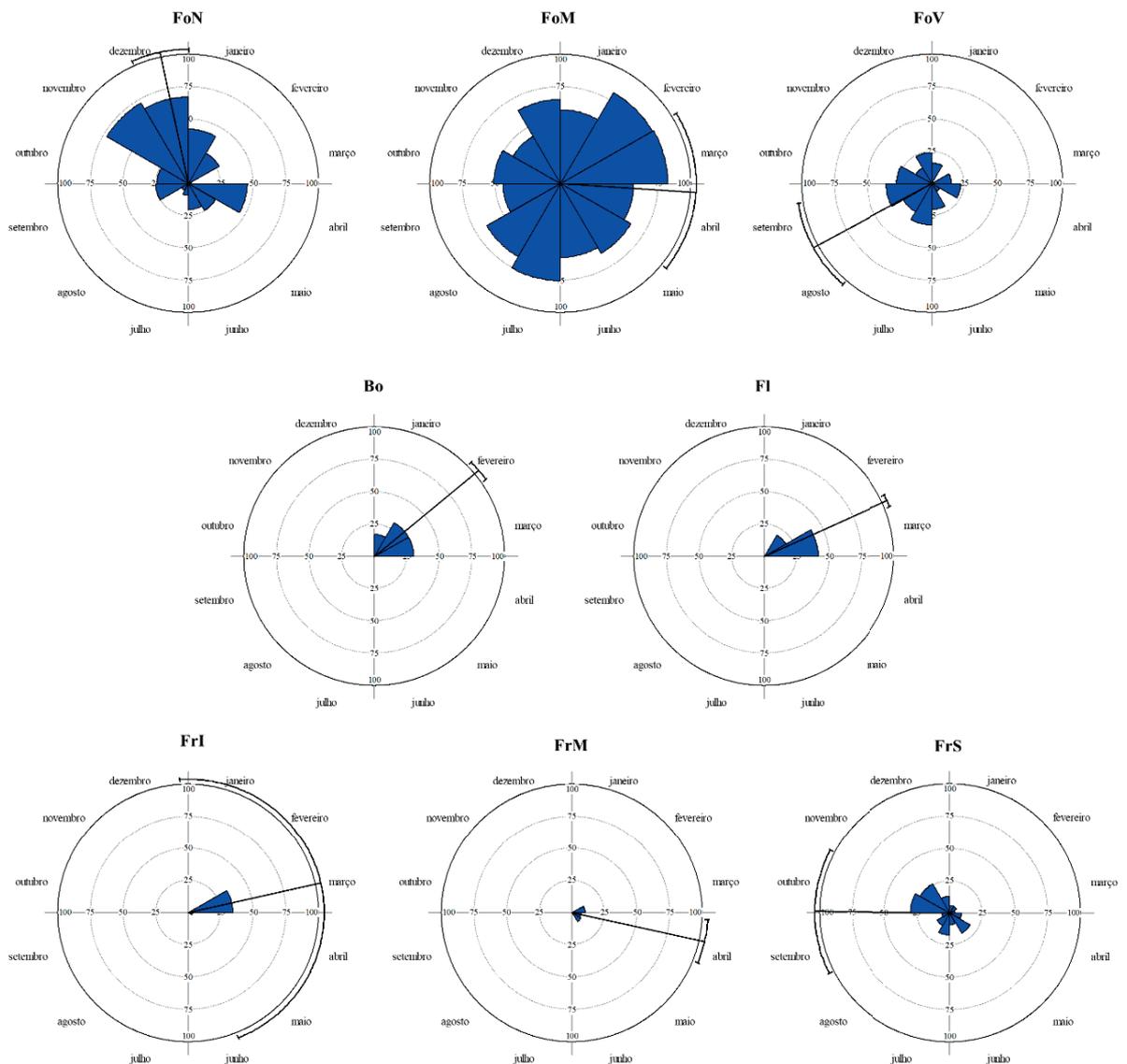
Para o Índice de Espuma, tamanho da espuma (cm) e teor de sólidos solúveis foi realizada a Análise Variância e Teste de Tukey para observar se há diferença significativa entre as médias das cascas, folhas e ramos. Foi realizada análise de correlação dos parâmetros de saponinas e de sólidos solúveis com as variáveis meteorológicas, considerando os dados do primeiro (m1) e segundo (m2) meses anteriores à coleta dos extrativos, além do mês correlato (m0), utilizando o mesmo procedimento analítico já descrito para a abordagem de fenologia. Também foram realizadas análises de correlação entre os parâmetros de saponinas e de sólidos totais entre si, e destes com as fenofases.

Para analisar desvios da normalidade dos dados de Índice de Espuma, tamanho da espuma e sólidos solúveis foi utilizado o teste de Lilliefors, sendo que para dados sem distribuição normal foi utilizada a análise de correlação não-paramétrica de Spearman, e para dados com distribuição normal aplicou-se a análise de correlação paramétrica de Pearson.

4.3 RESULTADOS

A espécie teve pico de folhas novas no mês de novembro, com grande concentração em torno do vetor médio (FIGURA 21). Já as folhas maduras foram observadas com elevada intensidade em todos os meses, com destaque nos meses de fevereiro e março. Entre as fenofases vegetativas, folhas velhas foi a que apresentou menor intensidade, com pico no mês de setembro.

FIGURA 21 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE UMA POPULAÇÃO DE *Quillaja lancifolia* EM CURITIBA, PR, CONSIDERANDO A INTENSIDADE DAS FENOFASES EM CADA MÊS. FoN= Folhas novas; FoM= Folhas maduras; FoV= Folhas velhas; Bo= Botões florais; Fl= Flores; FrI= Frutos imaturos; FrM= Frutos maduros; FrS= Frutos secos.



Fonte: O autor (2024).

Todas as fenofases reprodutivas apresentaram baixa intensidade, sendo observadas em geral apenas em um determinado período do ano avaliado. Os botões florais tiveram pico em fevereiro, as flores e os frutos imaturos em março, enquanto os frutos maduros ocorreram em março e abril, com produção destacadamente baixa. Apenas os frutos secos tiveram um padrão diferenciado, estando presentes durante todos os meses, com pico em outubro

(primeiro mês de observação fenológica), que pode ter ocorrido maior quantidade de flores e frutos no período reprodutivo anterior ao monitoramento.

Não houve elevada concentração do vetor médio (r) nas fenofases vegetativas e nos frutos secos (TABELA 1), o que demonstra que sua ocorrência se dá em mais de um período no ano. As outras fenofases reprodutivas apresentaram elevada concentração do vetor médio, o que demonstra ocorrência da fenofase somente em um determinado período do ano. Pelo teste de Rayleigh (Z) verificou-se que a fenofase folhas maduras é a única que não demonstrou sazonalidade, sendo que todas as demais apresentaram valores significativos.

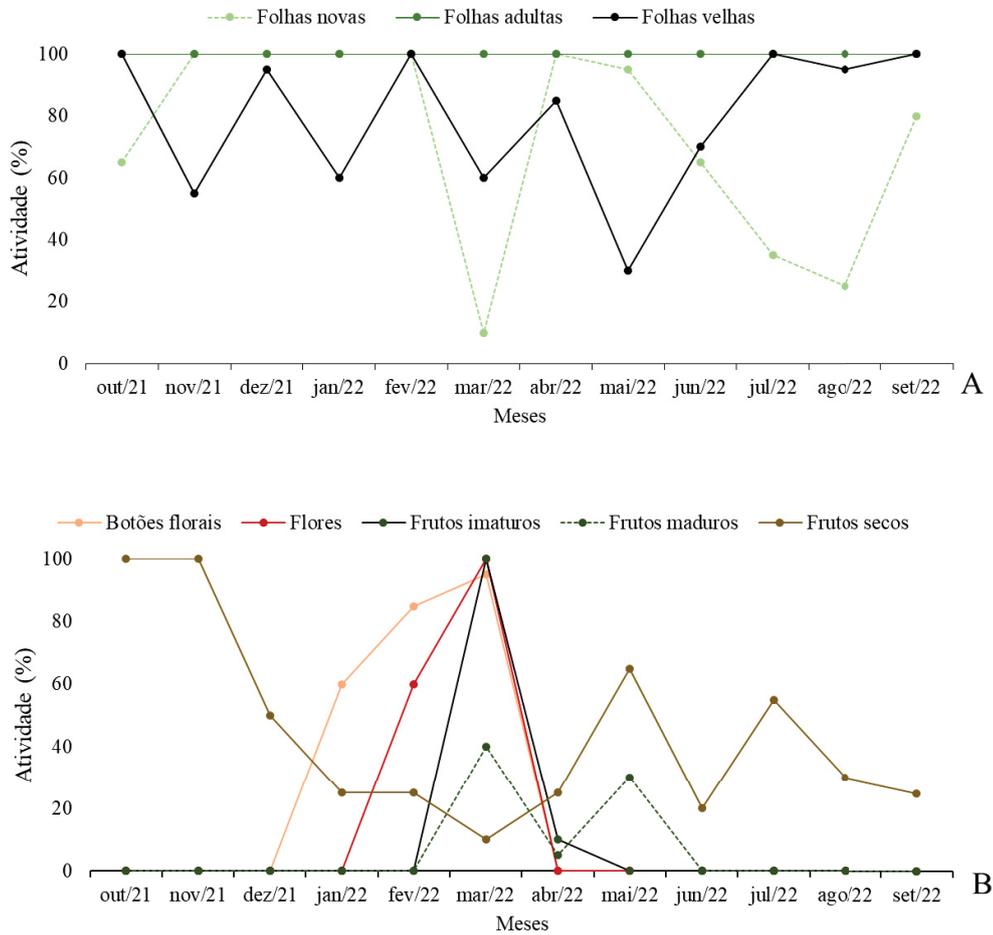
TABELA 1 - MÉDIA DO VETOR (μ), NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DA OCORRÊNCIA DAS FENOFASES (N), CONCENTRAÇÃO DO VETOR MÉDIO (r) E TESTE DE RAYLEIGH (Z) NAS FENOFASES DE UMA POPULAÇÃO DE *Quillaja lancifolia* EM CURITIBA, PR em 2021 e 2022.

Fenofases	μ	Data média	N	r	Z
Folhas novas	347,87°	19/dez	363	0,327	< 0,001
Folhas maduras	93,75°	-	737	0,083	ns
Folhas velhas	241,50°	01/sete	237	0,252	< 0,001
Botões florais	50,25°	21/fev	77	0,933	< 0,001
Flores	65,61°	08/mar	60	0,982	< 0,001
Frutos imaturos	77,35°	19/mar	37	1,000	< 0,001
Frutos maduros	102,46°	14/abr	25	0,915	< 0,001
Frutos secos	270,45°	01/out	155	0,230	< 0,001

Valor de Z significativo ($p \leq 0,001$).

Os eventos reprodutivos ocorreram concentrados em um período do ano (FIGURA 22), em que logo após o período de botões florais ocorreu sequencialmente a floração e frutificação, com os frutos secos permanecendo por mais tempo na copa das árvores. No mês de março todos os indivíduos possuíam flores e frutos imaturos e 90% possuíam botões florais, demonstrando elevada sincronia, o que não ocorreu para os frutos maduros, fenofase com menor índice de atividade. No caso dos eventos vegetativos, destaca-se que para as folhas maduras os indivíduos apresentaram máxima sincronia durante todos os meses.

FIGURA 22 - ÍNDICE DE ATIVIDADE DAS FENOFASES VEGETATIVAS (A) E REPRODUTIVAS (B) DE UMA POPULAÇÃO DE *Quillaja lancifolia* EM CURITIBA, PARANÁ.



Fonte: O autor (2024).

A espécie produziu folhas novas dois meses após a velocidade do vento ser maior, evento meteorológico que pode ter ocasionado a queda de folhas e antecipado o brotamento foliar para preparar a superfície fotossintetizante (TABELA 2). Já a quantidade de folhas maduras na copa foi maior após um período de maior precipitação e radiação solar. Botões florais, flores, frutos imaturos e maduros se formaram no período em que a temperatura era mais elevada. A quantidade de frutos secos na copa foi maior quando a radiação solar foi menor, que demonstra que ela pode ser fator importante somente até a fase de desenvolvimento dos frutos.

TABELA 2 - CORRELAÇÃO DE SPERMAN (rS) ENTRE AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO MÊS CORRELATO (m0), MÊS ANTERIOR (m1) E SEGUNDO MÊS ANTERIOR (m2) AOS EVENTOS VEGETATIVOS E REPRODUTIVOS DE UMA POPULAÇÃO DE *Quillaja lancifolia* EM CURITIBA, PR.

Variáveis/meses	Fenofases								
	FoN	FoM	FoV	Bo	Fl	FrI	FrM	FrS	
Precipitação	m0	-0,305	0,046	0,035	0,387	0,236	0,177	0,275	-0,423
	m1	0,431	-0,291	-0,336	0,202	0,161	0,220	0,018	-0,321
	m2	-0,385	0.754*	-0,273	0,152	0,403	0,226	0,523	0,152
Radiação solar	m0	0,452	0,439	-0,510	0,520	0,360	-0,054	-0,064	-0,194
	m1	-0,119	0.565*	-0,294	0.746*	0.591*	0,414	0,239	-0.621*
	m2	0,147	0,063	-0,448	0.594*	0,511	0.570*	0,505	-0.607*
Temperatura média	m0	0,361	0,417	-0.559*	0.745*	0.570*	0,274	0,110	-0,286
	m1	0,144	0,389	-0,538	0.713*	0.650*	0.591*	0,486	-0,434
	m2	0,242	0,053	-0.699*	0,488	0,462	0.640*	0.734*	-0,430
Umidade relativa do ar	m0	-0,124	-0,407	0,286	0,009	-0,032	0,445	0,287	-0,237
	m1	0,452	-0,329	-0,414	-0,171	-0,063	-0,003	0,220	0,223
	m2	-0,327	0,520	-0,174	-0,119	0,028	0,028	0,247	0,135
Velocidade do vento	m0	0,270	-0,317	0,117	-0,261	-0,130	-0,370	-0,214	0,333
	m1	0,494	-0,469	0,209	-0,056	-0,250	-0,130	-0,391	0,012
	m2	0.666*	0,019	-0,414	0,347	0,062	-0,177	-0,162	0,028

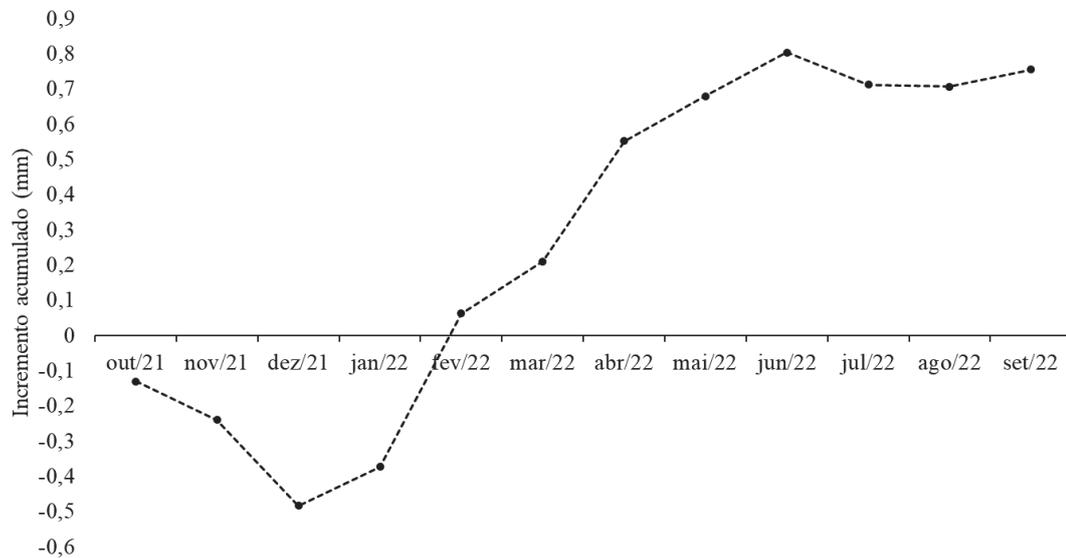
*correlação significativa ($p \leq 0,05$). FoN= Folhas novas; FoM= Folhas maduras; FoV= Folhas velhas; Bo= Botões florais; Fl= Flores; FrI= Frutos imaturos; FrM= Frutos maduros; FrS= Frutos secos.

A média do ano avaliado de incremento da circunferência foi de 0,75 mm, com maior incremento nos meses de fevereiro e abril, e houve contração durante cinco meses no ano (TABELA 3). Nos valores acumulados, foi observado que de janeiro a junho a espécie tem tendência de aumento e depois passa a diminuir (FIGURA 23).

TABELA 3 - INCREMENTO CORRENTE MENSAL E INCREMENTO CORRENTE ANUAL DA CIRCUNFERÊNCIA DE *Quillaja lancifolia* EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.

	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	Set
Incremento mensal (mm)	-0,13	-0,11	-0,24	0,11	0,43	0,15	0,34	0,13	0,12	-0,09	-0,01	0,05
Incremento Corrente do período avaliado: 0,75 mm												

FIGURA 23 - INCREMENTO ACUMULADO DA CIRCUNFERÊNCIA DE *Quillaja lancifolia* EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.



Fonte: O autor (2024).

As variáveis precipitação, radiação solar e temperatura influenciaram positivamente o incremento do fuste, sendo as únicas com correlações positivas e significativas (TABELA 4).

TABELA 4 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL DE *Quillaja lancifolia* E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.

Variáveis/meses		Incremento Corrente Anual
Precipitação	m₀	0,1284
	m₁	0,7005*
	m₂	0,0130
Radiação solar	m₀	0,1773
	m₁	0,3470
	m₂	0,8511*
Temperatura média	m₀	0,2307
	m₁	0,5079
	m₂	0,7149*
Umidade relativa do ar	m₀	0,1583
	m₁	0,1789
	m₂	-0,2645
Velocidade do vento	m₀	-0,5098
	m₁	-0,4328
	m₂	0,0490

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). m₀= mês correlato; m₁= primeiro mês anterior ao evento fenológico; m₂= primeiro mês anterior ao evento fenológico.

Somente a fenofase frutos secos teve correlação significativa com o incremento corrente mensal, em que a espécie teve maior crescimento do tronco quando havia menor quantidade de frutos secos nas árvores e maior intensidade dos outros eventos reprodutivos (TABELA 5).

TABELA 5 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL E AS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS EM POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia* SITUADA EM CURITIBA, PR.

	Fenofases							
	FoN	FoM	FoV	Bo	Fl	FrI	FrM	FrS
Incremento corrente mensal	-0,172	0,326	-0,552	0,552	0,570	0,511	0,569	-0,655*

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). FoN= Folhas novas; FoM= Folhas maduras; FoV= Folhas velhas; Bo= Botões florais; Fl= Flores; FrI= Frutos imaturos; FrM= Frutos maduros; FrS= Frutos secos.

O incremento corrente mensal não teve correlação dos parâmetros referentes ao teor de saponinas, sem quaisquer correlações significativas com o Índice de Espuma e Tamanho da Espuma. Já os sólidos solúveis das cascas tiveram correlação negativa e significativa com o incremento, em que, no período de maior crescimento do tronco havia menor quantidade de sólidos solúveis na casca (TABELA 6).

TABELA 6 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL E O ÍNDICE DE ESPUMA, TAMANHO DA ESPUMA E SÓLIDOS SOLÚVEIS EM POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia* SITUADA EM CURITIBA, PR.

	Estrutura	Incremento corrente mensal
Índice de Espuma	Cascas	-0,091
	Folhas	-0,112
	Ramos	-0,212
Tamanho da Espuma	Cascas	-0,399
	Folhas	0,042
	Ramos	-0,249
Sólidos solúveis	Cascas	-0,706*
	Folhas	0,070
	Ramos	-0,273

*correlação significativa ($p \leq 0,05$).

O Índice de espuma de *Q. lancifolia* não diferiu significativamente entre as cascas e folhas, e houve distinção significativa somente para os ramos, com valor consideravelmente menor (TABELA 7). Para o somatório do tamanho espuma, as folhas apresentaram maior teor,

seguidas das cascas e ramos, sendo que cada estrutura se diferenciou estatisticamente das outras.

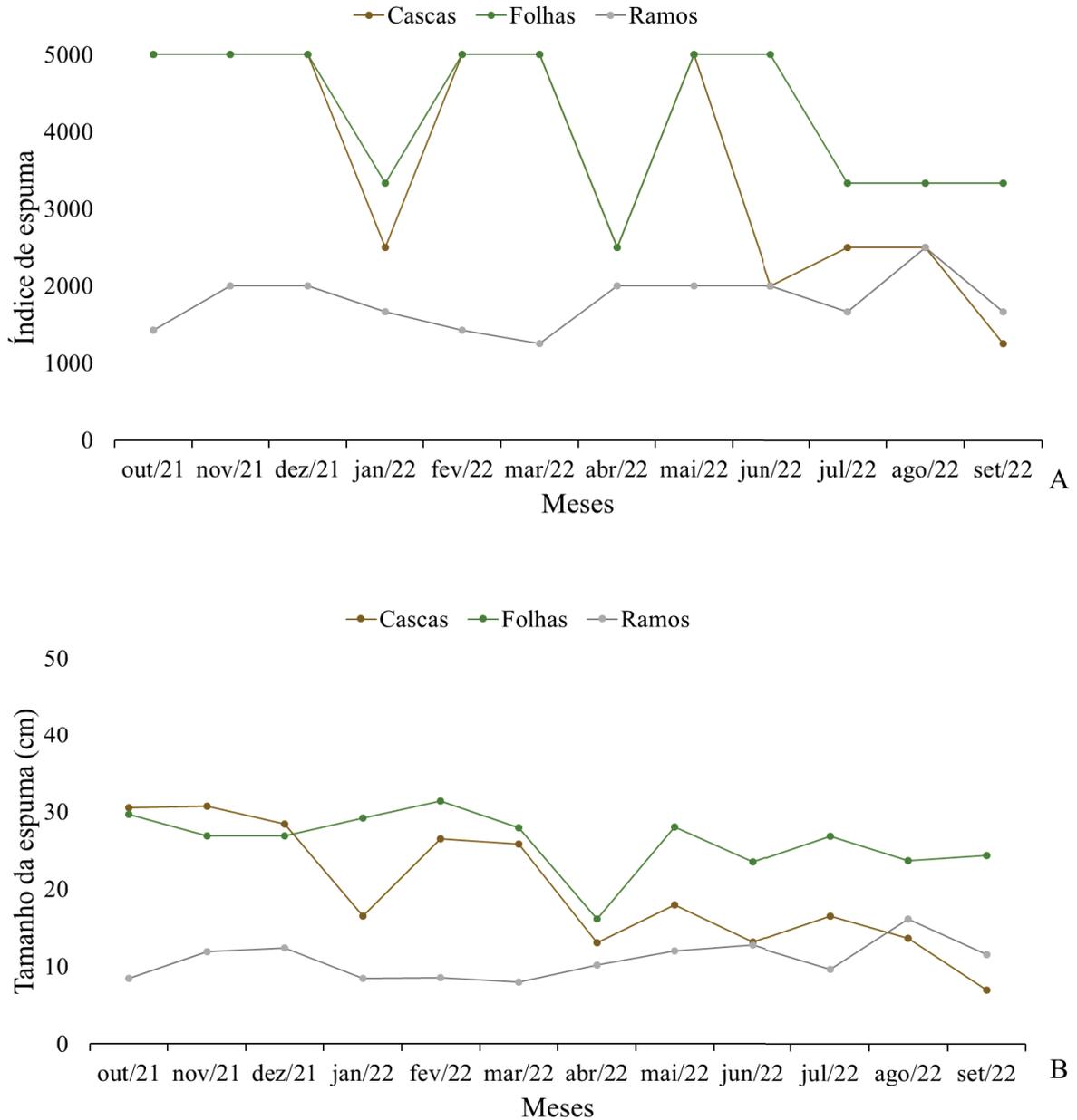
TABELA 7 - MÉDIA ANUAL DO ÍNDICE DE ESPUMA E DO TAMANHO DA ESPUMA DE *Quillaja lancifolia* EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.

	Índice de espuma	Tamanho da espuma (cm)
Casca	3604 ± 1498 a	12,5 ± 7,98 b
Folhas	4687 ± 970 a	27,5 ± 3,98 a
Ramos	1964 ± 2,41 b	10 ± 2,41 c

±Desvio padrão; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

As cascas, folhas e ramos apresentaram Índice de Espuma elevados com relação ao valor mínimo exigido pela Farmacopeia Brasileira, que é 1000 (FIGURA 24). As folhas tiveram valores mais altos do que as outras estruturas durante maior parte do ano, com menor teor no mês de abril. Já as cascas tiveram mesmo valor que as folhas em seis meses, com menor teor em setembro, e os ramos foram os que tiveram menor Índice de Espuma. Com relação ao tamanho da espuma, as folhas apresentaram valores superiores em quase todos os meses do ano, sendo que apenas em alguns meses as cascas tiveram valores superiores aos das folhas, o que evidencia uma sincronia em alguns meses, onde o aumento e diminuição ocorriam simultaneamente para as duas estruturas.

FIGURA 24 - QUANTIFICAÇÃO DAS SAPONINAS POR MEIO DO ÍNDICE DE ESPUMA (A) E TAMANHO DA ESPUMA (B) DE *Quillaja lancifolia* EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.



Fonte: O autor (2024).

O índice de espuma das cascas foi maior com o aumento da precipitação e a temperatura média, que se correlacionou positivamente também no tamanho da espuma (TABELA 8).

TABELA 8 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE A QUANTIDADE DE SAPONINAS (ÍNDICE DE ESPUMA E TAMANHO DA ESPUMA) DE *Quillaja lancifolia* E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.

Variáveis/meses		Índice de espuma			Tamanho da espuma		
		Cascas	Folhas	Ramos	Cascas	Folhas	Ramos
Precipitação	m ₀	0,011	0,091	-0,384	-0,110	0,214	-0,227
	m ₁	-0,240	-0,175	-0,124	-0,128	-0,248	-0,406
	m ₂	0,613*	0,402	-0,080	0,320	0,169	-0,030
Radiação solar	m ₀	0,445	0,139	-0,128	0,436	0,431	-0,261
	m ₁	0,236	0,055	-0,329	0,135	0,173	-0,325
	m ₂	-0,030	-0,263	-0,424	-0,240	-0,281	-0,541
Temperatura média	m ₀	0,575*	0,187	-0,428	0,593*	0,406	-0,620*
	m ₁	0,529	0,171	-0,373	0,409	0,104	-0,510
	m ₂	0,240	0,087	-0,205	0,057	-0,115	-0,469
Umidade relativa do ar	m ₀	-0,247	-0,267	-0,228	-0,087	-0,255	-0,180
	m ₁	0,118	0,063	0,110	0,174	-0,026	-0,194
	m ₂	0,221	0,438	0,356	0,265	0,029	0,326
Velocidade do vento	m ₀	0,328	0,301	0,098	0,298	0,287	0,309
	m ₁	0,007	0,175	-0,070	0,275	0,031	-0,086
	m ₂	0,357	0,000	-0,183	0,343	0,387	-0,417

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). m₀= mês correlato; m₁= primeiro mês anterior ao evento fenológico; m₂= primeiro mês anterior ao evento fenológico.

O teor de saponinas dos ramos foi o único com alguma correlação significativa com fenofases, em que, houve menor teor no período em que a planta produziu botões florais e flores (TABELA 9), sendo constatado também que o teor de saponinas foi maior no período de menores temperaturas (TABELA 8), contrastando com os eventos reprodutivos, que foram no período de maiores temperaturas.

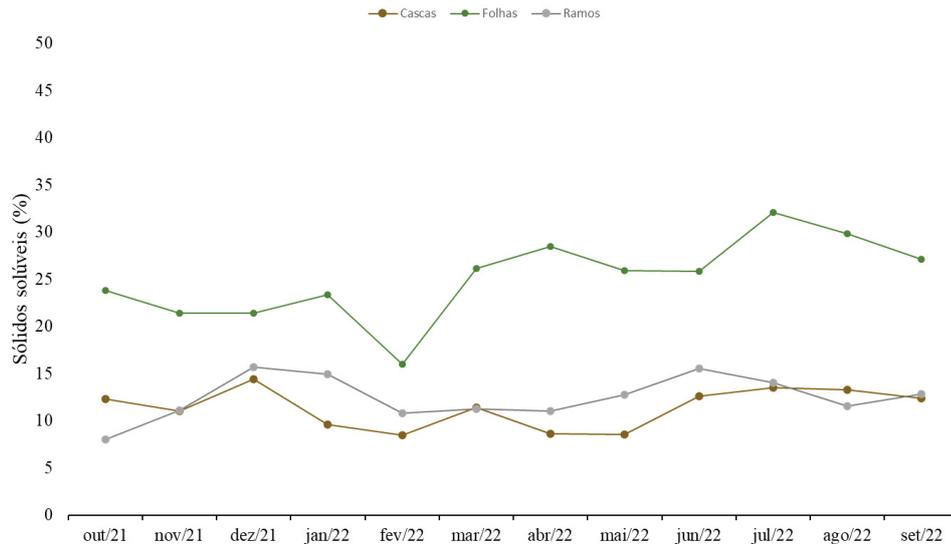
TABELA 9 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) ENTRE O TEOR DE SAPONINAS (ÍNDICE DE ESPUMA E TAMANHO DA ESPUMA) E AS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS EM POPULAÇÃO NATURAL DE *Quillaja lancifolia* SITUADA EM CURITIBA, PR.

		Fenofases							
		FoN	FoM	FoV	Bo	Fl	FrI	FrM	FrS
Índice de espuma	Cascas	0,187	0,273	-0,556	0,290	0,421	0,099	0,290	0,343
	Folhas	-0,004	0,160	-0,514	0,183	0,367	-0,171	0,052	0,241
	Ramos	0,214	-0,268	0,047	-0,667*	-0,649*	-0,247	-0,105	0,372
Tamanho da espuma	Cascas	0,378	0,180	-0,410	0,290	0,325	0,209	-0,000	0,517
	Folhas	-0,077	0,311	-0,395	0,484	0,299	0,072	-0,208	0,224
	Ramos	0,048	-0,285	0,214	-0,610*	-0,480	-0,382	-0,250	0,062

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). FoN= Folhas novas; FoM= Folhas maduras; FoV= Folhas velhas; Bo= Botões florais; Fl= Flores; FrI= Frutos imaturos; FrM= Frutos maduros; FrS= Frutos secos.

Assim como a quantidade de saponinas, as folhas também apresentaram maior teor de sólidos solúveis, com pico no mês de julho e menor quantidade em fevereiro (FIGURA 25), enquanto as cascas e ramos apresentaram quantidades bem menores ao longo do ano.

FIGURA 25 - TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DAS CASCAS, FOLHAS E RAMOS DE *Quillaja lancifolia* EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.



Fonte: O autor (2024).

Houve correlação negativa e significativa entre os sólidos solúveis das folhas e o Índice de Espuma, e não houve resultados significativos entre estas variáveis para as outras estruturas (TABELA 10). Também foi observado que o período de maior quantidade de folhas velhas coincidiu com o maior teor de sólidos solúveis das cascas e folhas (TABELA 11).

TABELA 10 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS DE *Quillaja lancifolia* E O ÍNDICE DE ESPUMA E TAMANHO DA ESPUMA.

	Sólidos solúveis		
	Cascas	Folhas	Ramos
Índice de Espuma	-0,316	-0,662*	0,333
Tamanho da espuma	-0,083	-0,494	0,423

* correlação positiva ($p \leq 0,05$).

TABELA 11 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (rS) ENTRE SÓLIDOS SOLÚVEIS E AS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE *Quillaja lancifolia* EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.

		Fenofases							
		FoN	FoM	FoV	Bo	Fl	FrI	FrM	FrS
Sólidos solúveis	Cascas	-0,105	-0,061	0,712*	-0,412	-0,177	-0,022	-0,022	0,177
	Folhas	-0,513	-0,040	0,676*	-0,478	-0,215	0,093	0,214	-0,031
	Ramos	0,164	0,064	0,121	-0,140	-0,256	-0,181	-0,202	-0,398

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). FoN= Folhas novas; FoM= Folhas maduras; FoV= Folhas velhas; Bo= Botões florais; Fl= Flores; FrI= Frutos imaturos; FrM= Frutos maduros; FrS= Frutos secos.

Com relação às variáveis meteorológicas, as menores radiação solar e temperatura média se correlacionaram com o teor de sólidos solúveis das cascas e folhas (TABELA 12), sendo já observado que o inverso ocorreu para a temperatura média no teor de espuma das cascas (TABELAS 8).

TABELA 12 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS DE *Quillaja lancifolia* E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM POPULAÇÃO NATURAL SITUADA EM CURITIBA, PR.

Variáveis/meses		Sólidos solúveis		
		Cascas	Folhas	Ramos
Precipitação	m ₀	-0,073	-0,097	-0,039
	m ₁	-0,651	-0,245	-0,083
	m ₂	-0,014	0,079	-0,045
Radiação solar	m ₀	-0,249	-0,607*	0,180
	m ₁	-0,166	-0,253	0,024
	m ₂	-0,805*	-0,098	-0,177
Temperatura média	m ₀	-0,346	-0,628*	-0,027
	m ₁	-0,553	-0,467	-0,273
	m ₂	-0,831*	-0,269	-0,115
Umidade relativa do ar	m ₀	-0,147	0,015	-0,497
	m ₁	-0,523	-0,255	-0,116
	m ₂	0,309	-0,067	0,471
Velocidade do vento	m ₀	0,265	-0,257	-0,230
	m ₁	0,333	-0,370	0,184
	m ₂	-0,373	-0,497	0,214

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). m₀= mês correlato; m₁= primeiro mês anterior ao evento fenológico; m₂= primeiro mês anterior ao evento fenológico.

4.4 DISCUSSÃO

O estudo demonstrou por meio do teste de Rayleigh (Z) que a fenofase folhas maduras foi a única que não apresentou sazonalidade, sendo observada também a disponibilidade delas

durante todos os meses, com 100% de sincronia dos indivíduos na manifestação desta fenofase conforme o Índice de Atividade, um aspecto positivo num cenário de possível extração de saponinas. Tal fato é interessante, pois os estudos com a extração das saponinas de *Q. lancifolia* são provenientes das folhas, com propriedades semelhantes às saponinas da espécie chilena *Q. saponaria*, como o potencial adjuvante de vacinas, que aumenta a resposta do antígeno, porém com menor toxicidade (FLECK et al., 2006; SILVEIRA et al., 2011).

Além disso, nossa pesquisa evidenciou que os eventos reprodutivos botões florais, flores, frutos maduros e imaturos são sazonais para o período analisado e ocorrem somente em um determinado período do ano, com sincronia entre os indivíduos no período, sendo uma característica estratégica da espécie para alcançar o sucesso reprodutivo, onde atrai polinizadores e garante o fluxo gênico por meio da polinização cruzada (MEIRELES et al., 2022).

Na literatura também são encontradas menções quanto aos períodos reprodutivos da espécie em outros locais, como Carvalho (2006), que descreve que a floração da espécie ocorre de setembro a fevereiro em Santa Catarina, de dezembro a março no Paraná, e de janeiro a março no Rio Grande do Sul, com os frutos amadurecendo de janeiro a abril em Santa Catarina, e de abril a junho no Paraná e no Rio Grande do Sul. Já Fuks (1982) descreve a floração de janeiro a março e a frutificação de março a outubro; e Lorenzi (2009) expressa que a floração acontece de dezembro a fevereiro e os frutos amadurecem em março e abril. Outros estudos de fenologia feitos em comunidades de plantas no Rio Grande do Sul confirmam estes padrões, como o de Bencke (2005) que observou floração em janeiro e Alberti (2002) que observou produção de botões florais e flores de janeiro a fevereiro, frutos imaturos em fevereiro e frutos maduro em março.

Sobretudo, o conhecimento sobre o período de floração é importante para futuros trabalhos sobre biologia floral. Um exemplo é de Wolff et al. (2009) em estudo com a vegetação arbórea nativa com potencial uso na apicultura sustentável no Rio Grande do Sul, encontraram valor apícola no néctar e pólen de *Q. lancifolia*, e descrevem que a floração ocorre em janeiro, período semelhante ao desse estudo. Nesse aspecto, foi observado que o período mais adequado para coleta de frutos e sementes é em março, importante por exemplo para produção de mudas, visto que a espécie possui potencial para a restauração de áreas degradadas, com alta taxa de germinação de sementes (até 80%), rápido crescimento e elevada taxa de sobrevivência de mudas em viveiros (até 97%) (VELAZCO et al., 2018).

Alguns estudos já demonstraram a eficiência de *Q. saponaria* na restauração de áreas degradadas, com bom desenvolvimento mesmo em condições adversas (CARTES-

RODRÍGUEZ et al., 2022; ESPINOZA et al., 2020; ESPINOZA et al., 2022). Caso *Q. lancifolia* possua característica semelhantes, poderá ser plantada em seu habitat natural, ou fora dele (conservação *ex situ*), em áreas degradadas e/ou de baixa aptidão agrícola. É importante ressaltar que a espécie apresentou um período curto de reprodução, sendo semelhante ao observado na região de Pelotas-RS por Mattei (1995), que constatou a ocorrência de pragas desde o início da formação dos frutos, que reduziram a quantidade de sementes viáveis, o que indica a necessidade de coletar as sementes quando os frutos estiverem na fase de dispersão natural.

No que diz respeito as correlações das variáveis meteorológicas nas fenofases, foi observado que *Q. lancifolia* aumentou a quantidade de folhas maduras no período de maior radiação solar, em concordância com o fato das folhas serem coriáceas (CARVALHO, 2006) e classificadas como “folhas de sol”, onde necessita de altas intensidades luminosas (RAVEN et al., 2001). Constatou-se também que a precipitação teve correlação positiva no aumento das folhas maduras, pois estas tem a função de movimentar a água da planta para a atmosfera, e por isso ocorre a senescência foliar quando há baixa precipitação (TAIZ; ZEIGER, 2004), com aumento da produção de biomassa quando há maior disponibilidade de água (NASCIMENTO et al., 2011).

Também, foi observado que a formação das flores pode ser induzida por fatores externos, como as altas temperaturas e a radiação solar, aspecto reforçado pelas correlações positivas entre a manifestação de botões, flores e frutos imaturos no período em que estas variáveis meteorológicas apresentaram maiores valores. Tal influência dessas variáveis pode ser pela espécie ser classificada como pioneira, e necessita delas para que ocorra rápido crescimento e sucesso na regeneração (CARVALHO, 2006), além de que, a temperatura média pode influenciar positivamente a floração e os frutos imaturos, havendo floração em períodos de baixa precipitação de (COSTA et al., 2022).

As variáveis meteorológicas também se correlacionaram com o incremento da circunferência do tronco das árvores, em que nos períodos de maior precipitação, temperatura média e radiação solar, foi observado maior incremento. Influência semelhante foi constatada em estudo com *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Rio Grande do Sul, onde as temperaturas médias e a precipitação aumentaram o incremento, ao passo que, nos meses de inverno, mesmo com precipitação abundante, o incremento cessava devido à redução da temperatura (ZANON; FINGER, 2010). O aumento da precipitação e temperatura média também se correlacionaram com o aumento do incremento da espécie nativa *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg, e das exóticas *Hovenia dulcis* Thunb e *Ligustrum lucidum* W. T.

Aiton no Paraná, sendo descrito pelos autores que as duas variáveis e a disponibilidade de água no solo são os fatores que mais influenciam o crescimento (KANIESKI et al., 2017), fato constatado também para as espécies *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg. e *Schinus terebinthifolia* Raddi (KANIESKI et al., 2013; MILANI et al., 2021). Tais fatores demonstram a temperatura, precipitação e radiação solar como importantes para o crescimento secundário de *Q. lancifolia*.

Também houve correlações significativas das variáveis meteorológicas com os parâmetros do teor de saponinas, onde a precipitação e temperatura média podem ter influenciado positivamente o teor de saponinas das cascas. Tal influência das duas variáveis foram observadas também no incremento da circunferência das árvores, ou seja, no período de maior crescimento secundário, o teor de saponinas das cascas aumentou, em decorrência do aumento da temperatura e precipitação. Altas temperaturas podem causar estresse térmico na planta, o que pode acarretar o aumento de metabólitos secundários, estando relacionado também a fatores genéticos (VERMA; SHUKLA, 2015), por isso *Q. lancifolia* pode ter maior taxa de produtividade nas cascas no período de maior temperatura e chuvas.

Diferentemente, o teor de saponinas das folhas não teve correlação significativa das variáveis meteorológicas. Porém, Costa et al. (2013) examinando a acumulação de uma fração de saponinas triterpênicas (QB-90) de folhas de *Q. lancifolia*, mostraram que o conteúdo de saponinas é modulado por condições externas abióticas, como irradiância e potencial hídrico, e por fatores de estresse biótico, como herbivoria e ataque de patógenos, imitados pelas moléculas sinalizadoras ácido salicílico, ácido jasmônico, ferimento mecânico e aplicação de ultrassom. Tal fato demonstra que, possivelmente, as variações meteorológicas ocorridas durante o período de estudo não tenham representado estresse biótico tão drástico a ponto de resultar em variações sazonais significativas das saponinas das folhas. Além disso, algumas plantas podem não ter sazonalidade na produção de saponinas, mas podem apresentar variação em outros metabólitos secundários (BORELLA et al., 2017), sendo importante analisar o período ideal da coleta (LIN et al., 2009).

Além disso, em outras espécies já foi observada a sazonalidade da produção de saponinas, que pode estar atrelada a correlação de variáveis meteorológicas, como nas raízes de *Panax ginseng* C. A. Meyer. com maior concentração de saponinas no verão, o que indica ser o melhor período de colheita para obtenção de extratos com melhor qualidade, já sendo realizado tradicionalmente nessa época, na Coreia, China e Japão (KIM et al., 1981). Adicionalmente, Ndamba et al. (1994) em estudo com extratos de frutos de *Phytolacca dodecandra* L'Herit., observaram que houve maior teor de saponinas durante a estação seca,

pouco antes do início da estação chuvosa, com maior concentração de saponinas nos frutos imaturos e menor nos frutos maduros. Tais informações demonstram diferenças com *Q. lancifolia*, para a qual no verão houve uma queda no Índice de Espuma das três estruturas, o que pode estar atrelada à alocação de recursos das plantas para os eventos reprodutivos. Enquanto isso, a produção de saponinas das cascas foi maior no período chuvoso, divergindo do estudo com *Phytolacca dodecandra* que foi no período seco, ainda que para esta tenham sido considerados os frutos, o que indica que estruturas e espécies diferentes possuem suas variações. Também, em estudos com raízes de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen durante as diferentes estações do ano, foi observado que não houve diferenças estatísticas do Índice de Espuma entre as estações, e o teor de saponinas foi maior no inverno, porém sem diferenças estatísticas das outras estações (VIGO et al., 2004).

Outra correlação das variáveis meteorológicas foi com o teor de sólidos solúveis, apresentando correlação negativa e significativa da radiação solar e temperatura média e ocorrendo o inverso na produção de saponinas. Isto indica que muitas substâncias dissolvidas na planta, sob radiação solar e temperaturas elevadas, podem ser realocadas para outras funções, como para a produção de saponinas, em que a temperatura é um fator muito importante que influencia a síntese destes metabólitos secundários nas plantas, produzidos muitas vezes pelo estresse ambiental provocado pelo aumento da temperatura (SZAKIEL; CZKOWSKI; HENRY, 2011).

Com relação à taxa de incremento da circunferência dos indivíduos estudados de *Q. lancifolia*, os valores foram consideravelmente baixos, o que pode estar relacionado ao fato de os indivíduos já serem adultos e com porte relativamente grande, e devido à espécie ser classificada como pioneira (CARVALHO, 2006), com desenvolvimento acelerado, maior crescimento secundário nos primeiros anos de vida e uma estabilização com o tempo (GIL, 2022). Situação similar ocorre para *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake, que possui acelerado crescimento radial nos primeiros 20 anos de idade e depois se estabiliza (LATORRACA et al., 2015).

De fato, o baixo incremento da circunferência de *Q. lancifolia* mostrou-se notavelmente diferente de outras espécies, como verificado em um estudo de Floresta Ombrófila Mista (FOM) no Paraná, onde foi avaliado o incremento do tronco de 1.620 árvores de várias espécies com medição do DAP em 1979 e 2000, onde observou-se um incremento médio anual na circunferência de 8,5 mm, sendo no entanto relatado que algumas árvores apresentaram incremento negativo, o que é comum em florestas naturais quando comparadas a plantios comerciais (SCHAAF et al., 2005). Em outro estudo de FOM no

Paraná foi verificado incremento médio anual na circunferência de 6,72 mm em *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg (KANIESKI et al., 2017). Já para outra espécie de FOM, *Schinus terebinthifolia* Raddi, avaliada durante cinco anos, o incremento médio anual da circunferência foi de 15,52 mm (MILANI et al., 2021).

Ainda, nas correlações do incremento da circunferência com as fenofases, somente os frutos secos tiveram uma correlação negativa e significativa, demonstrando que o período em que a espécie investiu no crescimento secundário, a quantidade de frutos secos era baixa. O mês de maior incremento foi fevereiro. Nesse período houve maior alocação de recursos para o crescimento do tronco, coincidindo com o período de botões florais e flores, porém sem correlação significativa, e por isso a planta não tinha muitos frutos secos na copa, pois estava investindo na emissão de botões florais e flores.

Milani et al. (2021), no estudo com *Schinus terebinthifolius*, encontraram forte correlação positiva do incremento com a fenofase floração, mostrando que ocorrem no mesmo período. Resultados parecidos foram encontrados em *Blepharocalyx salicifolius*, onde os eventos de floração e frutificação coincidiram com o período de maior incremento, sendo o mesmo período de maior temperatura e frutificação, o que pode ter estimulado o desenvolvimento (KANIESKI et al., 2017). Quanto à correlação do incremento da circunferência com os parâmetros das saponinas, nenhum resultado foi significativo, sendo observada tendência de correlação negativa e significativa com o teor de sólidos solúveis das cascas, ou seja, quando a planta investiu em crescimento secundário a quantidade de sólidos solúveis era baixa.

Os resultados das saponinas das diferentes estruturas de *Q. lancifolia*, mostraram que todas possuem elevado teor, acima do valor mínimo de referência do Índice de Espuma correspondente a 1000, descrito pela Farmacopeia Brasileira para *Q. saponaria* (BRASIL, 2016). Tal comportamento mostra-se vantajoso para a espécie no que se refere à extração de saponinas de várias partes da planta, o que já ocorre em *Q. saponaria*, sendo atualmente extraídas saponinas de estruturas da planta que antes não eram utilizadas para esta finalidade (COPAJA et al., 2003). Os resultados também indicaram pelo tamanho da espuma que as folhas foram a parte da planta que apresentou maior teor deste metabólito. Diante disto indica-se a utilização das folhas para extração das saponinas, pois as folhas maduras estão presentes durante todo o ano. Porém é interessante que sejam realizados mais estudos químicos, pois os estágios fenológicos da planta podem influenciar na composição e qualidade dos metabólitos secundários (ROWSHAN et al., 2012). Ademais, já é conhecido que as folhas de *Q. lancifolia* possuem diferentes frações de saponinas, sendo importante

valorizá-la por ser uma espécie nativa e explorar sustentavelmente seu potencial químico (MASTROGIOVANNI, 2012), já sendo constatado valores de saponinas superiores aos de *Q. saponaria* (MULLER, 2017).

No que diz respeito à relação das fenofases com o teor de saponinas, houve correlação negativa e significativa entre os botões e flores com o teor de saponinas dos ramos. A fenofase folhas velhas teve correlação positiva e significativa no teor de sólidos solúveis das folhas, em que, por estarem em processo de senescência podem ter ocasionado o retorno de substâncias para estruturas ativas da planta, pois neste período açúcares, nucleosídeos, aminoácidos e muitos minerais são relocados dos órgãos senescentes para outras partes ativas da planta, via floema (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além disso, os parâmetros de saponinas das cascas e folhas não tiveram correlação significativa com as fenofases, já que metabólitos secundários podem apresentar sazonalidade e não ter influência dos eventos vegetativos e reprodutivos (RIBEIRO et al., 2019), com aumento em condições de maior estresse (VERMA; SHUKLA, 2015).

Ademais, no período de menor teor de sólidos solúveis nas folhas o Índice de Espuma foi maior, mostrando que a planta pode investir recursos na produção de saponinas, acarretando a diminuição de outros compostos. Tal fato não foi constatado em *Q. saponaria*, que não demonstrou variações de sólidos solúveis entre as plantas estudadas, diferente do teor de saponinas que variou, mostrando que o teor de sólidos solúveis não é necessariamente indicador de uma planta superprodutora de saponinas (SCHLOTTERBECK et al., 2015).

4.5 CONCLUSÕES

Todas as fenofases de *Q. lancifolia* são sazonais, com exceção das folhas maduras, que ocorrem durante todo ano com elevada sincronia entre os indivíduos. Os eventos reprodutivos estiveram concentrados em um período do ano, onde no mês de março todos os indivíduos possuíam flores e frutos imaturos e 90% possuíam botões florais, o que demonstra elevada sincronia, o que não ocorreu para os frutos maduros, fenofase com menor índice de atividade.

A temperatura média influencia de forma positiva na manifestação dos botões florais, flores e frutos. A precipitação, radiação solar e temperatura média demonstraram relação com o incremento em circunferência das árvores. O índice de espuma das cascas foi maior com o aumento da precipitação e a temperatura média, que influenciaram positivamente também no tamanho da espuma, ainda que não tenham demonstrado influência nos teores de saponinas nas folhas e ramos. Por fim, a radiação solar e temperatura média demonstraram correlação negativa com os teores de sólidos solúveis das cascas e folhas.

A média anual de incremento da circunferência no período avaliado foi de 0,75 mm, consideravelmente baixa. O incremento da circunferência foi maior no período em que as plantas possuíam menor quantidade de frutos secos e menor teor de sólidos solúveis nas cascas. Não foi encontrada relação entre o incremento da circunferência e o teor de saponinas.

O teor de saponinas das folhas se mostra semelhante ao da casca, produzindo maior tamanho de espuma. As folhas também possuem maior teor de sólidos solúveis. Houve menor quantidade de saponinas no período em que a planta produziu botões florais e flores, e maior teor de sólidos totais das cascas e folhas no período de maior intensidade de senescência foliar.

4.6 REFERÊNCIAS

ALBERTI, L. F. **Fenologia de uma Comunidade Arbórea em Santa Maria RS** 2002, 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002

ALVARADO, S. T.; BUISSON, E.; RABARISON, H.; RAJERARISON, C.; BIRKINSHAW, C.; LOWRY, P. P.; MORELLATO, P. C. L.; Fire and the reproductive phenology of endangered Madagascar *Sclerophyllous tapia* woodlands. **South African Journal of Botany**, v. 94, p. 79–87, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALVARES, C. A.; CAMPOE, O. C.; CARNEIRO, R. L.; MUNHOZ, J. S. B.; MATTOS, E. M.; DELIBERALI, I.; FERREZ, A. P. C.; STAPE, J. L. Construção e uso de fitas dendrométricas para avaliação do ritmo de crescimento de árvores. **Circular Técnica IPEF**, n. 212, p. 01-17, 2017.

AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.3**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 324p.

BENCKE, C. S. C. **Estudo da fenologia de espécies arbóreas em uma floresta semidecídua no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS**. 65 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Paraná**. Programa geologia, Mineração e Transformação Mineral, Curitiba: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2021.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa solos e floresta. 2007. 73 p.

BORELLA, J. C.; DUARTE, D. P.; NOVARETTI, A. A.; MENEZES JR, A.; FRANÇA, S. C.; RUFATO, C. B.; LOPES, N. P. Variabilidade sazonal do teor de saponinas de *Baccharis trimera* (Less.) DC (Carqueja) e isolamento de flavona. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 557-561, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000400020>.

BORGES, L. A.; SOBRINHO, M. S.; LOPES, A. V.; 2008. Phenology, pollination, and breeding system of the threatened tree *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae), and a review of studies on the reproductive biology in the genus. **Flora**, v. 204, p. 111-130, 2008.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Memento Fitoterápico - Farmacopeia Brasileira**. 1ª edição. Brasília. 2016.

CARTES-RODRÍGUEZ, E.; ÁLVAREZ-MALDINI, C.; ACEVEDO, M.; GONZÁLEZ-ORTEGA, M.; URBINA-PARRA, A.; LEÓN-LOBOS, P. Pre-Germination Treatments at Operational Scale for Six Tree Species from the Sclerophyll Forest of Central Chile. **Plants**, v. 11, n. 5, p. 608, 2022. DOI: [10.3390/plants11050608](https://doi.org/10.3390/plants11050608).

CARVALHO, P. E. R. **Saboneteira**. Circular técnica, Colombo, v. 116, p. 1 – 6, 2006

CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F.; MOURGLIA-ETTLIN, G.; TEIXEIRA, T. F.; SANTOS, H. F.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; FETT-NETO, A. G.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M. *Quillaja brasiliensis* saponins induce robust humoral and cellular responses in a bovine viral diarrhea virus vaccine in mice. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 45, p. 1-8, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2016.01.004>.

CNCFLORA. *Quillaja brasiliensis* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em

<[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Quillaja brasiliensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Quillaja_brasiliensis)>. Acesso em 8 agosto 2023.

COPAJA, S. V.; BLACKBURN, C.; CARMONA, R. Variation of saponin contents in *Quillaja saponaria* Molina. **Wood Science and Technology**, v. 37, p. 103-108, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-002-0150-8>.

COSTA, T. L. N.; LUCAS, F. M. F.; SILVA, B. R. F.; CHAGAS, K. P. T.; FREIRE, A.S.M.; UCELLA FILHO, J. G. M.; COSTA, M. P.; SANTANA, J. A. S. How do meteorological factors alter the phenology of a neotropical tree species?. **Cerne**, v. 28, p. 1-9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760202228013098>.

COSTA, F.; YENDO, A. C.; FLECK, J. D.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Accumulation of a bioactive triterpene saponin fraction of *Quillaja brasiliensis* leaves is associated with abiotic and biotic stresses. **Plant physiology and biochemistry**, v. 66, p. 56-62, 2013. DOI: [10.1016/j.plaphy.2013.02.003](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.003).

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Parque Municipal Passaúna**. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/parque-municipal-passauna/315>. Acesso em: 18 de julho de 2023.

D'EÇA-NEVES, F. F.; MORELLATO, L. P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 1, p. 99-108, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100009>.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MAGNI, C. R.; SANTELICES, R. E.; CABRERA, A. M. Outplanting performance of three provenances of *Quillaja saponaria* Mol. established in a Mediterranean drought-prone site and grown in different container size. **iForest - Biogeosciences and Forestry**, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor3142-012>.

ESPINOZA, S. E.; QUIROZ, I. A.; MAGNI, C. R.; YAÑEZ, M. A.; MARTÍNEZ, E. E. Long-Term Effects of Copper Mine Tailings on Surrounding Soils and Sclerophyllous Vegetation in Central Chile. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 288, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05782-8>.

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A.; TOMLINSON, B. P. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**. New Haven: Yale University, 1981.

FLECK, J. D.; KAUFFMANN, C.; SPILKI, F.; LENCINA, C. L.; ROEHE, P. M.; GOSMANN, G. Adjuvant activity of *Quillaja brasiliensis* saponins on the immune responses to bovine herpesvirus type 1 in mice. **Vaccine**, v. 30, n. 24, p. 49-50, 2006. DOI: 10.1016/j.vaccine.2006.06.059.

FREIRE, A. S. M.; CHAGAS, K. P. T.; LUCAS, F. M. F.; MEIRELES, A. C.; VIEIRA, F. A. Changes in phenological patterns of a tropical Atlantic Forest tree: implications for conservation. **Bosque**, v. 43, p. 267-275, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002022000300267>.

FUKS, R. **O genero *Quillaja* (Rosaceae) no Brasil**. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 26, p. 61-68, 1982.

GIL, J. L. R. A. **Dendrocronologia em árvores de espécies de restauração florestal**. 2022. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2022.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374–381, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E.; GILL, D. J. C.; BORGIO, M. Identifying Target Species and Seed Sources for the Restoration of Threatened Trees in Southern Brazil. **Oryx**, v. 49, n. 3, p. 1- 6, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605314001069>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira: Sistema fitogeográfico; inventário das formações florestais e campestres; técnicas e manejo de coleções botânicas; procedimentos para mapeamentos**. 2.ed., n1. Editor IBGE, Rio de Janeiro, 2012. 272 p.

KANIESKI, M. R.; BOTOSSO, P. C.; GALVÃO, F.; SANTOS, T. L.; MILANI, J. E. F.; MIRANDA, B. P. Crescimento diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, PR. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 197-206, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.007>.

KANIESKI, M. R.; GALVÃO, F.; LONGHI-SANTOS, T.; MILANI, J. E. F.; BOTOSSO, P. C. Parâmetros climáticos e incremento diamétrico de espécies florestais em floresta aluvial no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.124814>.

KASSUIA, Y. S.; SILVEIRA, A. C.; DOMAHOVSKI, R. C.; LAZZAROTTO, M. **Aprimoramento e adaptação de método prático e rápido para estimar a quantidade de saponinas em extratos de polpa de frutos de erva-mate**. Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). 2019.

KIM, S. K.; SAKAMOTO, I.; MORIMOTO, K.; SAKATA, M.; YAMASAKI, K.; TANAKA, O. Seasonal variation of saponins, sucrose and monosaccharides in cultivated ginseng roots. **Planta Medica**, v. 42, p. 181-186, 1981. DOI: 10.1055/s-2007-971623.

LATORRACA, J. V. D. F.; SOUZA, M. T. D.; SILVA, L. D. S. A. B. D.; RAMOS, L. M. A. Dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake de ocorrência na ReBio de Tinguá-RJ. **Revista Árvore**, v. 39, p. 385-394, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>.

LIN, J. T.; CHEN, S. L.; LIU, S. C.; YANG, D. J. Effect of harvest time on saponins in Yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto). **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 17, p. 13, 2009. DOI: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.3110>.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Insitituto Plantarum, v. 3, 1 ed. 2009, 352 p.

LUEBERT, F. Taxonomy and distribution of the genus *Quillaja* Molina (Quillajaceae). **Feddes Repertorium**, v. 124, n. 4, p. 157- 162, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/fedr.201400029>.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no

solo. **Revista Árvore**, v. 35, p. 617-626, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400005>.

MASTROGIOVANNI, M. **Extracción, purificación y caracterización primaria de saponinas de *Quillaja brasiliensis*, (BSc tesis), Universidad de la Republica Montevideo, Montevideo, Uruguay.** Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 2012.

MATTEI, V. L. Efeito do período de colheita na longevidade de sementes de timbauva (*Quillaja brasiliensis* Martius). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 3, p.133-136, 1995.

MEIRELES, A. C.; FREIRE, A. S. M.; FERREIRA, W. M.; VIANA, R. Phenological synchronicity of *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. AND *B. verbascifolia* (L.) DC. (MALPIGHIACEAE) and its relation with climate seasonality. **Revista Árvore**, v. 47, p. 1-11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820230000018>.

MILANI, J. E. F.; KERSTEN, R. A.; LONGHI-SANTOS, T.; GALVÃO, F.; AMANO, E.; RODERJAN, C.V.; KANIESKI, M. R. Phenology and Tree Radial Growth of *Schinus terebinthifolius* in a Subtropical Forest. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0036>.

MORELLATO, L. P. C. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.033>.

MULLER, L. E. **Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas.** 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

MULLER, L. E.; SCHIEDECK, G. Physical properties of botanical surfactants. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 1133–1137, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.193>.

NDAMBA, J.; LEMMICH, E.; MOLGAARD, P.; Investigation of the diurnal, ontogenetic and seasonal variation in the molluscicidal saponin content of *Phytolacca dodecandra* aqueous berry extracts. **Phytochemistry**, v. 35, p. 95-99, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)90515-6](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)90515-6).

NULTSCH, W. **Botânica geral**. 10. ed. rev. atual. Porto Alegre: Artmed, 2000. 489 p.

PARANÁ. **Decreto Nº 458 DE 05 de junho de 1991**. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental localizada nos municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo e Curitiba. Paraná, 1991. Disponível em: https://www.amep.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/decreto_458_1991.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2023.

PARANÁ. **Decreto Nº 5063 de 20 de novembro de 2001**. Altera e atualiza o Zoneamento Ecológico Econômico da Área de Proteção Ambiental denominada APA Estadual do Passaúna da Secretaria da Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. Paraná, 2001. Disponível em: https://www.amep.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/decretoestadual_5063_2001.pdf Acesso em: 12 de julho de 2023.

PARANÁ. **Decreto Nº 9.878 de 20 de dezembro de 2021**. Altera o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental do Passaúna (APA Estadual do Passaúna), criado pelo Decreto nº 832, de 26 de maio de 1995, e alterado pelo Decreto nº 5.063, de 20 de novembro de 2001 e pelo Decreto nº 8.536, de 20 de dezembro de 2017. Paraná, 2021. Disponível em: https://www.amep.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2022-01/decreto_9878_2021_apa_passauna.pdf Acesso em: 12 de julho de 2023.

PINTO, M.B.; Velazco, S.J.E.; Barbosa, F.M.; Chagas, K.P.T.; Blum, C.T. Phenological patterns of *Oreopanax fulvum* (Araliaceae) in remnants of Araucaria Rainforest in Paraná, Brazil. **Rodriguésia**, v. 72, p. 1-12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172124>.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RIBEIRO, D.A.; MACÊDO, D. G.; BOLIGON, A. A.; MENEZES, I. R. A.; SOUZA, M. M. A.; COSTA, J. G. M. Influence of seasonality on the phenolic composition of *Secondatia floribunda* A.DC (Apocynaceae) during its phenological cycle. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 41, p. 185, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2975-x>.

ROWSHAN, V.; NAJAFIAN, S.; TARAKEMEH, A. Essential oil chemical composition changes affected by leaf ontogeny stages of myrtle (*Myrtus communis* L.). **International Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, p. 114-117, 2012.

SAAD, G. A.; LÉDA, P. H. O.; SÁ, I. M.; SEIXLACK, A. C. C. **Fitoterapia popular contemporânea: tradição e ciência na prática clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SAN MARTIN, R. Sustainable Production of *Quillaja saponaria* Mol. Saponins. **Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants**. Kluwer Academic Publishers: The Netherland. p. 271. 2000.

SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53, p. 302–11, 1999.

SCARANO, F. R.; GARBIN, M. L. Stem Species: Plant Species that Function as Regenerating Cells of Gaia. **Nova Acta Leopoldina** NF, V. 114, P. 317-324.391, 2013.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, SEMA. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no estado do Paraná**. Curitiba: SEMA/GTZ, 1 ed., 1995, 139 p.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA, C. R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, v. 35, n. 2, p. 271-290, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v35i2.4615>.

SCHLOTTERBECK, T.; CASTILLO-RUIZ, M.; CAÑON-JONES, H.; MARTÍN, R. S. The use of leaves from young trees of *Quillaja saponaria* (Molina) plantations as a new source of saponins. **Economic Botany**, v. 69, p. 262-272, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9320-0>.

SILVEIRA, F.; CIBULSKI, S. P.; VARELA, A. P.; MARQUÉS, J. M.; CHABALGOITY, A.; COSTA, F.; YENDO, A. C.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M.; FERNÁNDEZ, C.; FERREIRA, F. *Quillaja brasiliensis* saponins are less toxic than Quil A and have similar properties when used as an adjuvant for a viral antigen preparation. **Vaccine**, v. 29, n. 49, p. 9177-9182, 2011. DOI: [10.1016/j.vaccine.2011.09.137](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.09.137).

SZAKIEL, A.; PAÇZKOWSKI, C; HENRY, M. Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p. 471–491, 2010. DOI: 10.1007/s11101-010-9177-x.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2006. 719p.

TANG, J.; KÖRNER, C.; MURAOKA, H.; PIAO, S.; SHEN, M.; THACKERAY, S. J.; YANG, X. Emerging opportunities and challenges in phenology: a review. **Ecosphere**, v. 7, p. 1-17, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1436>.

VELAZCO, S. J.; BLUM, C. T.; HOFFMANN, P. M. Germination and seedlings development of the threatened species *Quillaja brasiliensis*. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 90-97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201824022530>.

VERMA, N.; SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, 105-113, 2015.

VIGO, C. L. S.; NARITA, E.; MARQUES, L. C. Influências da variação sazonal e tipos de secagem nas características da droga vegetal - raízes de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen (Amaranthaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 14, p. 137-144, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2004000200007>.

WAGNER, H.; WIESENAUER, M. **Fitoterapia: Fitofármacos, Farmacologia e Aplicações clínicas**. 2.ed. Pharmabooks, 2006. 424p.

WOLFF, L. F.; GOMES, G. C.; RODRIGUES, W. F. Fenologia da vegetação arbórea nativa visando à apicultura sustentável para a agricultura familiar da metade sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 554-558, 2009.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010. <http://dx.doi.org/10.5902/198050982061>.

5 DESENVOLVIMENTO DE MUDAS E PRODUÇÃO SAZONAL DE SAPONINAS EM PLANTIO DE *Quillaja lancifolia* D. DON REALIZADO EM ÁREAS COM DIFERENTES ESTÁGIOS DE SUCESSÃO

RESUMO

Quillaja lancifolia é uma árvore categorizada como vulnerável no Paraná devido principalmente à perda de habitat. Para subsidiar ações de conservação e exploração sustentável, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de *Q. lancifolia* em um plantio de enriquecimento com cinco anos de idade em duas áreas com distintos estágios de sucessão no município de Pinhais-PR, e analisar a produção sazonal de saponinas. Foram plantadas 40 mudas em cada tratamento (T1 – estágio inicial com fisionomia herbáceo-arbustiva; T2 – estágio inicial com fisionomia arbórea), totalizando 80 plantas. Logo após o plantio (2016) e passados cinco anos (2021) foram mensurados altura e diâmetro na base dos indivíduos. Com estes dados foi calculada a taxa de sobrevivência e o incremento em diâmetro e em altura. A quantificação de saponinas e sólidos solúveis das cascas, folhas, ramos e madeira, foi realizada por meio de uma coleta para cada estação do ano, totalizando quatro coletas. Para comparação do teor de saponinas foram utilizados como referência dados coletados de uma população natural adulta no município de Curitiba-PR. Houve 100% de sobrevivência e altura média superior a 2 m em ambas as áreas, ainda que com diferença significativa, sendo maiores as plantas na fisionomia arbórea. Os valores médios de incremento anual em circunferência da base foram 4,829 cm (T1) e 4,926 cm (T2) (em torno de 1,5 cm/ano para diâmetro da base), sem diferença significativa. As folhas obtiveram valor máximo do índice de espuma em todas as estações, e todas as partes tenham produzido valores superiores aos da Farmacopeia Brasileira. O tamanho da espuma das saponinas nas cascas foi negativamente correlacionado com a precipitação, enquanto para as folhas ocorreu o inverso. As estruturas da planta não apresentaram diferença estatística no teor de sólidos solúveis por estação, com exceção da madeira que na primavera e verão teve menores teores. Ademais, quando comparada com as árvores adultas, os sólidos solúveis não diferiram, e o teor de saponinas das cascas foi o mesmo, diferente das folhas e ramos que tiveram valores mais elevados nos indivíduos presentes no plantio de cinco anos de idade. Concluiu-se que *Q. lancifolia* tem bom potencial para plantios de enriquecimento florestal, sendo que as folhas e ramos das plantas jovens em plantio tiveram teor de saponinas superior à de plantas adultas em população natural.

Palavras-chave: Silvicultura, Restauração Florestal; Índice de Espuma; Sólidos solúveis.

5.1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas desordenadas e em locais indevidos ocasiona a extinção de muitas espécies nas últimas décadas, principalmente pelo uso da terra insustentável e pelo modelo de desenvolvimento, que muitas vezes prejudica o meio ambiente (SCARANO E GARBIN, 2013). Entre as principais causas da extinção de espécies estão a destruição de seu habitat natural e a superexploração, causadas principalmente pela mudança do uso da terra e pela extração predatória de recursos naturais para atender às necessidades humanas (THOMAS et al., 2004).

Deste modo, espécies com potencial de aproveitamento econômico tendem a apresentar maior risco à sua conservação, como ocorre regionalmente para *Quillaja lancifolia* D. Don, árvore da família Quillajaceae que ocorre do Rio Grande do Sul até São Paulo (LUEBERT, 2023), no domínio fitogeográfico Mata Atlântica em Floresta Ombrófila Mista, ocorrendo também no Uruguai, Argentina e Paraguai (LUEBERT, 2013). É uma espécie pioneira de porte mediano, com altura de 6 a 20 m, e flores hermafroditas polinizadas por abelhas e insetos pequenos, com dispersão anemocórica (CARVALHO, 2006) e elevada taxa de germinação (VELAZCO et al., 2018). Atualmente categorizada como vulnerável à extinção no estado do Paraná (SEMA, 1995), sofrendo impactos de perda de habitat para atividades agropecuárias e expansão urbana, exploração madeireira e extração de compostos com potencial farmacológico (CNCFLORA, 2023).

De fato, *Q. lancifolia* tem importância comercial devido ao seu principal metabólito secundário, as saponinas, com comprovado teor elevado nas folhas, e potencial como adjuvante de vacinas, que aumentam a resposta imunológica dos antígenos (CIBULSKI et al., 2016; MÜLLER, 2018). As saponinas são glicosídeos, constituídos pela combinação química de gliconas (açúcares) com outras moléculas, conhecidas pela produção de espuma quando em solução aquosa e sob agitação (NULTSCH, 2000). Estes compostos possuem efeitos antialérgicos, antifúngicos, anti-inflamatórios, antioxidantes, antivirais, antitrombóticos, antiúlcera, diuréticos, hepatoprotetores, expectorantes, neuroprotetores, moluscicida e imunoestimulantes, entre outros (GUÇLU-USTUNDAG; MAZZA, 2007).

O gênero *Quillaja* é consideravelmente citado na literatura científica devido ao uso comercial de suas saponinas (CAÑON-JONES et al., 2020; CHUNG et al., 2017; CHEN; YANG, 2019; FINK; POTOČNIK; ODER, 2020). Muitas populações naturais, em especial de *Q. saponaria*, nativa do Chile, foram reduzidas pela sua superexploração e também pela perda de habitat para a expansão agrícola, aspectos que levaram ao desenvolvimento de técnicas de cultivo e de manejo sustentável das populações (SAN MARTIN E BRIONES, 1999). Neste

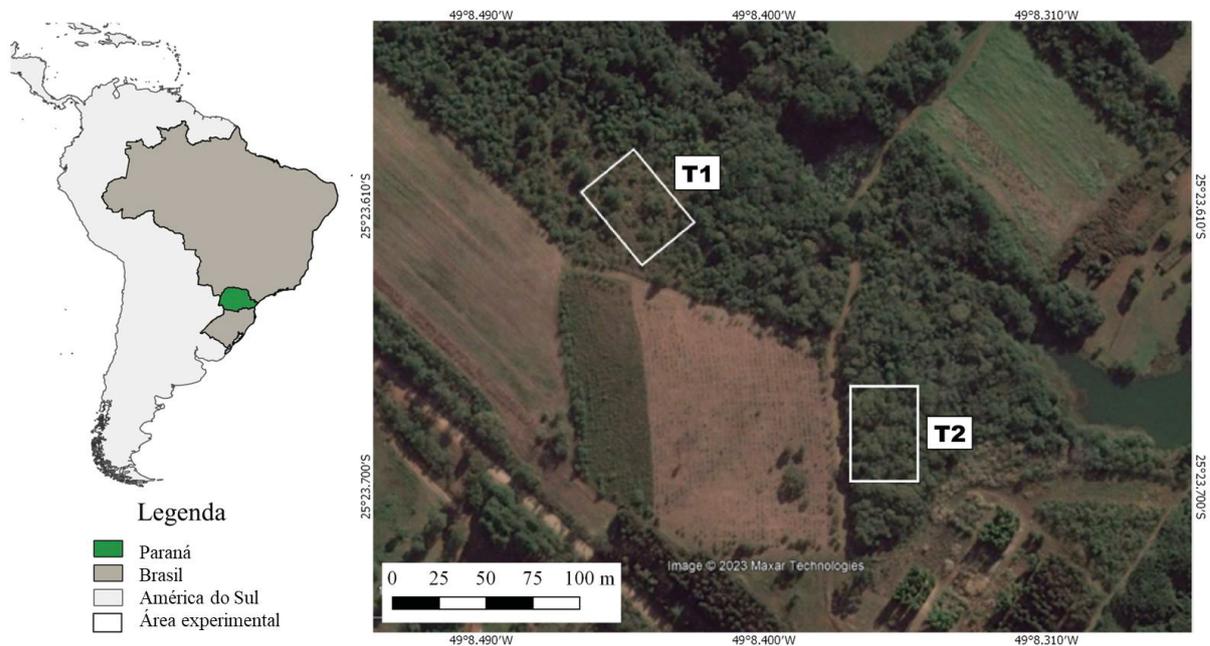
contexto, plantios de enriquecimento podem ser considerados como uma estratégia eficaz para a conservação de espécies ameaçadas, com o intuito de acelerar a recomposição da biodiversidade e restaurar as funções ecossistêmicas (COSTA; BAJGIELMAN, 2016).

Portanto, visando subsidiar ações de conservação pelo acréscimo ou estabelecimento de novas populações, assim como uma extração sustentável de suas saponinas, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desenvolvimento de *Q. lancifolia* em um plantio de enriquecimento aos cinco anos de idade em duas áreas com distintos estágios de sucessão, analisando também a produção de saponinas por estação. Procurou-se responder os seguintes questionamentos. 1) *Q. lancifolia* possui alta taxa de sobrevivência e crescimento satisfatório para implantação em áreas de enriquecimento florestal? 2) O estágio sucessional da vegetação onde foi realizado o plantio afeta o desenvolvimento e a sobrevivência da espécie? 3) Há variação na produção de saponinas e sólidos solúveis nas diferentes épocas do ano e correlação das variáveis meteorológicas nestes compostos? 4) Há variação no teor de saponinas e de sólidos solúveis entre as estruturas vegetativas e entre plantas jovens e adultas?

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Estação Experimental do Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, a cerca de 900 m de altitude, no município de Pinhais, que faz parte da região Metropolitana de Curitiba, Paraná (FIGURA 26). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). Situa-se na formação geológica Guabirota (BESSER et al., 2021), com ocorrência de Cambissolos e Latossolos nas encostas (GOMIDE; LINGNAU, 2009). A região era originalmente caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 2012). Conforme o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR, a precipitação média durante o período de monitoramento das saponinas e sólidos totais (um ano) foi de 123,06 mm e a temperatura média foi de 17,6 °C.

FIGURA 26 - PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL COM *Quillaja lancifolia* NA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CANGUIRI, PARANÁ. T1= Fisionomia herbáceo-arbustiva e T2= Fisionomia arbórea.



Fonte: O autor (2024).

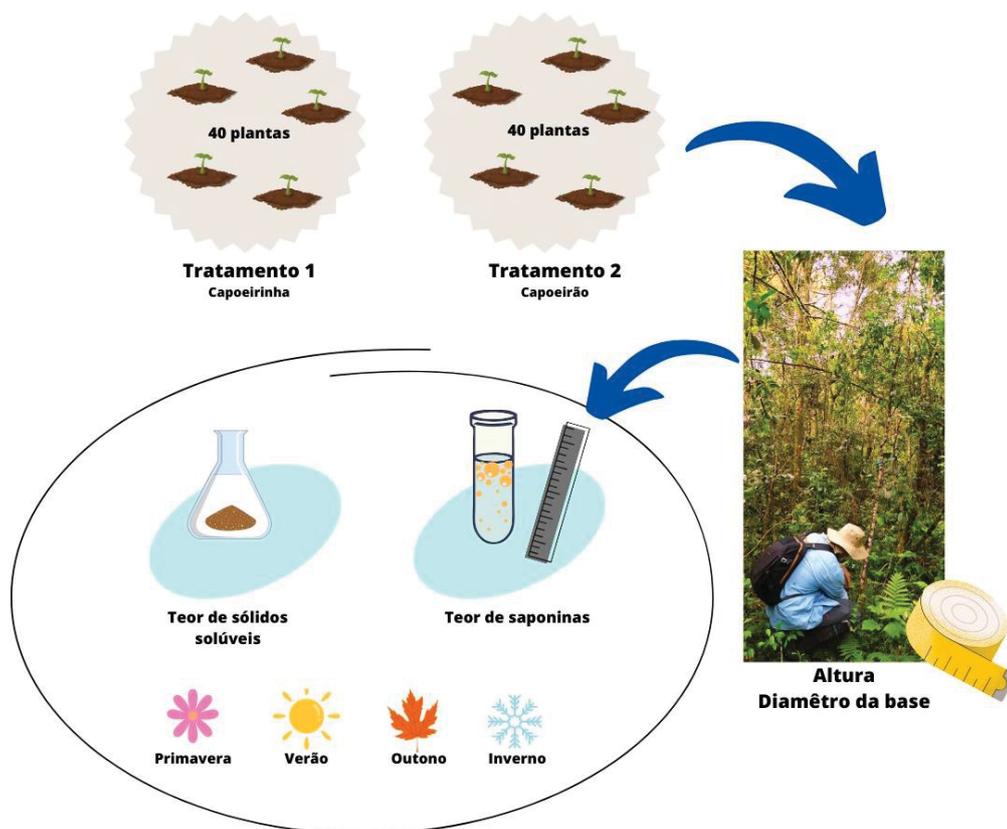
Em março de 2016 foi realizado o plantio de mudas de *Q. lancifolia* na forma de enriquecimento de fragmentos de vegetação secundária no estágio inicial de sucessão, com distintos graus de maturidade, de modo a se configurarem em dois tratamentos: T1= plantio em comunidade com fisionomia herbáceo-arbustiva com presença esparsa da espécie exótica invasora *Pinus taeda*, em relevo ondulado (capoeirinha); T2= plantio em comunidade com fisionomia arbórea, em relevo suave ondulado (capoeirão). O plantio foi realizado em consórcio com outras cinco espécies nativas, as quais foram dispostas sempre na mesma sequência, com espaçamento de 1,5 m entre mudas e de 3,0 m entre as linhas de plantio. Deste modo as mudas de *Q. lancifolia* na linha de plantio ficavam a 9 m umas das outras. Em cada tratamento foram plantadas 40 mudas de *Q. lancifolia*, provenientes de sementes coletadas no município de Fernandes Pinheiro-PR (VELAZCO et al., 2018). Após o plantio foi realizado monitoramento de sobrevivência e limpezas periódicas das linhas de plantio.

Logo após o plantio (2016) e após cinco anos (2021) foram realizadas medições da altura (com vara graduada) e do diâmetro da base (com fita métrica), a partir das quais foi possível calcular a taxa de sobrevivência e o incremento em diâmetro e em altura. Foi utilizado o teste de Lilliefors para analisar desvios da normalidade e, em sequência, comparar

as médias entre os tratamentos por meio da Análise de Variância. Além disso, para fornecer uma caracterização pedológica da área foram coletadas amostras de solo dos dois tratamentos, com cinco amostras compostas a 20 cm de profundidade, analisadas no laboratório da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, caracterizando o pH, Ca, Mg, Na, K, Al, P e Matéria Orgânica.

Entre outubro de 2021 e setembro de 2022 foi realizada a quantificação sazonal de saponinas e sólidos solúveis de diferentes estruturas das plantas (FIGURA 27). A quantificação foi realizada nas cascas, folhas, ramos e madeira, sendo realizada uma coleta por estação (Primavera: novembro; Verão: fevereiro; Outono: maio; Inverno: agosto). Em cada coleta foi feita uma amostra composta, coletando sub-amostras de cada estrutura de três indivíduos escolhidos aleatoriamente dentre os 80 plantados nos dois tratamentos, sem repetição de indivíduos. Em seguida o material vegetal foi levado ao laboratório e inserido em estufa a 30-40°C por 48 h para secagem, sendo após moído em moinho de facas tipo Willey para obter partículas de cerca de 5 mm.

FIGURA 27 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DA MEDIÇÃO DE UM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL COM *Quillaja lancifolia* E TEORES DE SAPONINAS E SÓLIDOS SOLÚVEIS.



Fonte: O autor (2024).

O teor de saponinas das plantas foi determinado pelo Índice de Espuma, seguindo metodologia descrita para *Quillaja saponaria* na Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2016). Foi pesado 0,1 g do material vegetal moído e colocado em Erlenmeyer contendo 100 mL de água deionizada fervente (80°C), mantida sob fervura durante 5 minutos, sendo posteriormente resfriada e filtrada. O decocto obtido foi distribuído em 10 tubos de ensaio com tampa (16 mm de diâmetro por 16 cm de altura), em série volumétrica sucessiva de 1, 2, 3, até 10 mL, ajustando o volume do líquido em cada tubo a 10 mL com água deionizada. Agitou-se os tubos em movimentos verticais por 15 segundos, os quais foram posteriormente deixados em repouso por 15 minutos para em seguida realizar a medição da altura da espuma com uma régua. A determinação do Índice de Espuma foi feita por meio da equação $IA = 10/C$ (IA = Índice Afrosimétrico; 10 = Volume final; C = Concentração do material no tubo de ensaio), utilizando dentre os 10 tubos aquele que obteve a espuma com altura igual a 1 cm, sendo a concentração do material vegetal no tubo utilizada na fórmula. Adicionalmente foi também obtido o valor de tamanho da espuma, realizado com o somatório da altura da espuma dos dez tubos, a fim de saber a quantidade total de espuma formada com 0,1 g de material vegetal (MULLER, 2017).

A determinação do teor de sólidos solúveis ocorreu em triplicata, sendo inseridos 5 g do material vegetal moído em 50 mL de água deionizada (W_i) e incubado durante 2 h a 50°C. O material extraído foi filtrado utilizando o filtro Whatman papel nº2. Para quantificar os sólidos solúveis das amostras uma alíquota de 10 mL do líquido filtrado foi pesada e seca em estufa durante 48 h a 90°C utilizando o forno até alcançar o peso constante (W_f). Sólidos solúveis foram expressos em g de sólidos solúveis/100 g de material seco. Para o Índice de Espuma, Tamanho da Espuma (cm) e Teor de Sólidos Solúveis foi realizada a Análise Variância e Teste de Tukey para observar se houve diferença significativa entre as cascas, folhas, ramos e madeira.

Foi realizada análise de correlação entre os parâmetros de saponinas e sólidos solúveis e variáveis meteorológicas disponibilizadas pelo SIMEPAR (precipitação, radiação solar, temperatura média, umidade relativa do ar e velocidade do vento), correspondentes ao mês em que foram realizadas as coletas em cada estação. A correlação foi executada com os dados do primeiro (m_1) e segundo (m_2) meses anteriores a coleta do material vegetal, assim como também com o mês correlato (m_0). Foi utilizado o teste de Lilliefors para analisar desvios da normalidade e definir o uso da análise de correlação não-paramétrica de Spearman ou da análise de correlação paramétrica de Pearson. A análise estatística foi realizada por meio do programa BioEstat 5.3® (AYRES, 2007).

Por fim foi também realizada a comparação dos valores de Índice de Espuma, tamanho da Espuma e Teor de Sólidos Solúveis das cascas, folhas e ramos obtidos das plantas jovens do plantio com os mesmos parâmetros obtidos a partir da coleta, realizada nos mesmos meses, de árvores adultas de uma população natural situada em remanescente florestal do município de Curitiba-PR, a cerca de 25 km de distância. Para tal comparação foi realizada Análise de Variância.

5.3 RESULTADOS

O tratamento 1 apresentou menor quantidade de nutrientes no solo, possivelmente decorrente da maior declividade e por se encontrar em estágio mais jovem de sucessão florestal do que o T2 (TABELA 13). Ressalta-se ainda que T1 apresentou teor de alumínio consideravelmente mais elevado do que o T2.

TABELA 13 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO DA ÁREA DE CAPOEIRINHA (TRATAMENTO 1) E CAPOEIRÃO (TRATAMENTO 2).

	Tratamento 1	Tratamento 2
pH	5,7	5,7
Ca (Cmolc/kg)	1,50	7,10
Mg (Cmolc/kg)	2,40	5,30
Na (Cmolc/kg)	0,03	0,04
K (Cmolc/kg)	0,07	0,10
Al (Cmolc/kg)	2,90	0,45
P (mg/kg)	0,56	5,47
Matéria orgânica (g/kg)	3,00	3,41

Como esperado, considerando que havia homogeneidade das mudas no momento do plantio, os dados de diâmetro e altura não diferiram significativamente na primeira medição. Porém, após cinco anos as plantas do T2 apresentaram altura significativamente maior, ainda que os diâmetros não tenham diferido estatisticamente (TABELA 14). Passados cinco anos do plantio, as plantas nos dois tratamentos tiveram 100% de sobrevivência e altura média superior a 2 m. Com relação ao incremento da altura, no T1 houve um crescimento médio de 32,8 cm por ano e no T2 esse valor foi maior, com 43,2 cm. No incremento médio do diâmetro não houve diferença significativa entre os tratamentos, com valores de incremento em circunferência de 4,829 cm (T1) e 4,926 cm (T2).

TABELA 14 - MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO, TAXA DE SOBREVIVÊNCIA E INCREMENTO MÉDIO ANUAL DE PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL COM *Quillaja lancifolia* AOS CINCO ANOS.

	Tratamento 1	Tratamento 2
--	--------------	--------------

		2016	
Altura (m)	0,548 ± 0,100 A		0,539 ± 0,122 A
Diâmetro (cm)	0,174 ± 0,032 A		0,191 ± 0,058 A
Sobrevivência (%)	100%		100%
		2021	
Altura (m)	2,188 ± 0,973 B		2,700 ± 1,124 A
Diâmetro (cm)	7,861 ± 3,381 A		8,035 ± 4,644 A
Sobrevivência (%)	100%		100%
		Incremento médio anual	
Altura (m)	0,328 ± 0,199 B		0,432 ± 0,228 A
Diâmetro (cm)	1,537 ± 0,675 A		1,568 ± 0,926 A

±Desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre os tratamentos. (Tukey, $p > 0,05$).

As folhas tiveram maiores valores médios anuais do Índice de Espuma e Tamanho da Espuma, valores estatisticamente diferentes dos obtidos nas demais estruturas. Cascas e ramos não diferiram estatisticamente, apresentando valores intermediários, enquanto a madeira se diferenciou significativamente das demais estruturas, com menores teores de saponinas (TABELA 15).

TABELA 15 - MÉDIA ANUAL DO ÍNDICE DE ESPUMA E DA QUANTIDADE DE ESPUMA DE *Quillaja lancifolia* AOS 5 ANOS DE IDADE EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL, BASEADA EM UMA COLETA PARA CADA ESTAÇÃO DO ANO.

	Índice de espuma	Tamanho da espuma (cm)
Casca	3750 ± 1596 B	22,5 ± 7,60 B
Folhas	10000 ± 0,00A	40,7 ± 5,77 A
Ramos	4167 ± 962,25 B	22,6 ± 4,89 B
Madeira	1542 ± 363,24 C	8.3 ± 1,91 C

±Desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

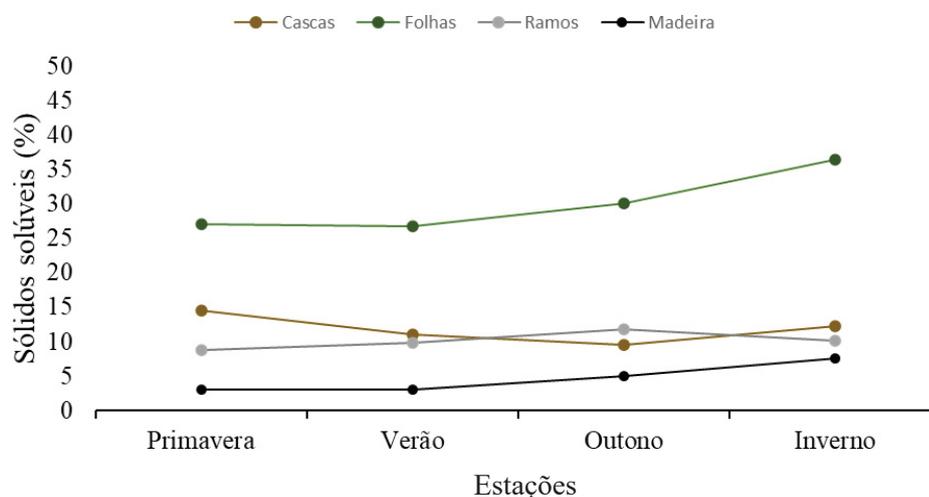
Em termos de flutuação ao longo do ano, verificou-se que nas folhas o índice de espuma atingiu valor máximo em todas as estações, demonstrando que no primeiro tubo de ensaio, com menor quantidade do decocto, já havia grande quantidade saponinas (FIGURA 28). As cascas apresentaram valores próximos aos dos ramos, enquanto a madeira teve valores mais baixos. O tamanho da espuma das folhas e ramos foi maior no verão, enquanto para as cascas e madeira os maiores valores ocorreram na primavera.

	m₀	-0,570	0,000	-0,797	-0,755	-0,771	-0,423	-0,526	-0,745
Precipitação	m₁	-0,091	0,000	0,922	-0,065	0,409	0,978*	0,754	-0,060
	m₂	-0,886	0,000	-0,688	-0,825	-0,972*	-0,185	-0,644	0,318
	m₀	0,010	0,000	0,874	-0,200	0,493	0,928	0,914	-0,301
Radiação solar	m₁	-0,176	0,000	-0,182	-0,680	-0,131	0,042	0,264	-0,856
	m₂	-0,538	0,000	0,597	-0,500	-0,051	0,934	0,540	0,442
	m₀	0,079	0,000	0,948*	-0,047	0,564	0,941	0,907	-0,125
Temperatura média	m₁	-0,448	0,000	0,399	-0,748	-0,051	0,741	0,580	-0,820
	m₂	-0,827	0,000	0,254	-0,583	-0,475	0,686	-0,001	0,608
	m₀	0,246	0,000	-0,816	0,054	-0,220	-0,923	-0,524	-0,036
Umidade relativa do ar	m₁	-0,322	0,000	0,534	0,106	-0,016	0,625	0,088	0,305
	m₂	-0,568	0,000	-0,942	-0,405	-0,902	-0,655	-0,939	0,744
	m₀	0,475	0,000	0,189	0,877	0,356	-0,188	-0,169	0,877
Velocidade do vento	m₁	0,719	0,000	0,673	0,883	0,813	0,214	0,441	0,849
	m₂	-0,090	0,000	0,904	0,039	0,382	0,935	0,652	0,913

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). m₀= mês correlato; m₁= primeiro mês anterior ao evento fenológico; m₂= primeiro mês anterior ao evento fenológico.

Além de maior teor de saponinas, as folhas de *Q. lancifolia* obtiveram também maior teor de sólidos solúveis, com pico no inverno (FIGURA 29), comportamento inverso ao do tamanho da espuma, que foi maior no verão.

FIGURA 29 - TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE *Quillaja lancifolia* POR ESTAÇÃO, EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE.



Fonte: O autor (2024).

Foi observado que as estruturas vegetativas não apresentaram diferença estatística no teor de sólidos solúveis por estação, com exceção da madeira, que na primavera e verão apresentou teores estatisticamente menores aos observados no inverno (TABELA 17). Com relação às diferenças de teores das estruturas numa mesma estação, de modo geral verificou-se que cascas, folhas e ramos não tiveram diferença significativa entre si em nenhuma estação. Destaca-se apenas a madeira, cujos sólidos solúveis foram estatisticamente menores que os das demais estruturas no verão e significativamente inferiores que cascas e folhas na primavera.

TABELA 17 - MÉDIAS DA QUANTIDADE DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE *Quillaja lancifolia* POR ESTAÇÃO, EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE.

	Cascas	Folhas	Ramos	Madeira
Primavera	14,50±3,34 Ab	27,00±3,31Aa	8,8±0,88 Abc	3,03±0,06 Cc
Verão	11,00±2,52 Ab	26,80±3,98 Aa	9,8±1,24 Ab	3,06±0,06 Cc
Outono	9,53±0,85 Abc	30,10±4,01 Aa	11,8±0,96 Ab	5,10±0,75 Bc
Inverno	12,33±1,86 Ab	36,37±4,03 Aa	10,2±2,59 Ab	7,56±0,32 Ab

± Desvio-padrão. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Médias seguidas da mesma linha minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A quantidade de sólidos solúveis não apresentou correlação significativa de nenhuma variável meteorológica (TABELA 18).

TABELA 18 - CORRELAÇÃO DE PEARSON (RS) ENTRE AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E O TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DE *Quillaja lancifolia* EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO FLORESTAL AOS 5 ANOS DE IDADE.

Variáveis		Sólidos solúveis			
		Cascas	Folhas	Ramos	Madeira
Precipitação	m₀	-0,845	0,563	-0,930	0,684
	m₁	0,429	-0,545	-0,784	-0,631
	m₂	-0,454	0,226	0,787	0,341
Radiação solar	m₀	0,169	-0,803	-0,612	-0,814
	m₁	-0,658	-0,106	0,286	-0,082
	m₂	-0,395	-0,816	0,008	-0,783
Temperatura média	m₀	0,294	-0,867	-0,723	-0,896

	m₁	-0,469	-0,724	0,063	-0,690
	m₂	-0,550	-0,748	0,371	-0,660
Umidade relativa do ar	m₀	-0,113	0,695	0,547	0,684
	m₁	0,426	-0,581	-0,270	-0,568
	m₂	-0,650	0,581	0,916	0,677
Velocidade do vento	m₀	0,682	-0,068	-0,479	-0,171
	m₁	0,903	0,342	-0,729	0,234
	m₂	0,219	-0,785	-0,488	-0,798

*correlação significativa ($p \leq 0,05$). m₀= mês correlato; m₁= primeiro mês anterior ao evento fenológico; m₂= primeiro mês anterior ao evento fenológico.

Quando comparados os valores de Índice de Espuma, Tamanho da Espuma e Teor de Sólidos Solúveis entre as plantas jovens do plantio e as plantas adultas da população natural verificou-se que para casca não houve diferença estatística. Já para folhas e ramos verificou-se valores de Índice de Espuma e Tamanho da Espuma significativamente superior (mais que o dobro) nas plantas jovens, não havendo diferenças para sólidos solúveis (TABELA 19).

TABELA 19 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DO ÍNDICE DE ESPUMA, TAMANHO DA ESPUMA E SÓLIDOS SOLÚVEIS DE *Quillaja lancifolia* ENTRE PLANTAS JOVENS DO PLANTIO DE 5 ANOS DE IDADE E ÁRVORES ADULTAS DE UMA POPULAÇÃO NATURAL.

	Índice de espuma			Tamanho da espuma (cm)			Sólidos solúveis		
	Adultas	Jovens	P	Adultas	Jovens	P	Adultas	Jovens	P
Casca	4375	3750	ns	19,2	22,5	ns	10,32	11,84	ns
Folhas	4583	10000	< 0.01	25,5	40,7	< 0.05	23,29	30,07	ns
Ramos	1982	4167	< 0.01	9,2	22,6	< 0.01	11,55	10,16	ns

Médias não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.4 DISCUSSÃO

Os valores do desenvolvimento das plantas com 5 anos de idade mostraram que *Q. lancifolia* possui considerável crescimento em altura e diâmetro na fase inicial, o que é esperado para esta espécie, que é classificada como pioneira (CARVALHO, 2006). O grupo ecológico das espécies pioneiras apresenta crescimento rápido e são muito utilizadas em plantios de restauração (SILVA et al., 2016), onde as mudas se desenvolvem bem, mesmo em condições de baixa fertilidade do solo (NICODEMO et al., 2009). Tal fato viabiliza o sucesso na regeneração natural de áreas perturbadas como as de Floresta Ombrófila Mista, devido à

elevada plasticidade ambiental (TURMINA et al., 2020). Quando comparado ao incremento médio anual da circunferência de árvores adultas de uma população natural em Curitiba-PR, que foi de apenas 0,75 mm (0,024 cm) (*vide* CAPÍTULO 2), constata-se drástica diferença, que pode decorrer do seu caráter pioneiro, com rápido crescimento radial nos primeiros anos de vida e posterior estabilização (LATORRACA et al., 2015).

No que diz respeito ao crescimento inicial de *Q. lancifolia*, há somente um estudo de Carvalho (1981) que testou um plantio com 5 anos de idade no município de Irati, PR, no qual foi constatada uma taxa de sobrevivência de 37,6%, drasticamente inferior aos 100% observados no presente estudo, e que foi justificada pelo autor relatando um alto índice de ataques de insetos. O estudo de Carvalho (1981) mostrou que as plantas atingiram média de 2,09 m de altura (incremento anual de altura = 0,42), valor semelhante ao presente estudo, o que aponta que a espécie parece ter desenvolvimento satisfatório, mesmo com variação nas procedências de propágulos e nos locais de plantio.

A espécie ocorre em vários tipos de solos, sejam eles rasos e litólicos, aluviais ou degradados pela agricultura, apresentando, no entanto, melhor crescimento em locais com boa fertilidade, textura areno-argilosa a argilosa e bem drenados (CARVALHO, 2006). Tais informações corroboram com os resultados deste estudo, tendo em vista seu bom desempenho de crescimento e sobrevivência nos dois tratamentos, mas apresentando maior altura no T2. Neste tratamento, as condições de solo foram mais favoráveis, derivadas de um relevo menos declivoso e da incorporação e manutenção de nutrientes no solo devido à presença de uma comunidade florestal mais consolidada. Apesar de sua plasticidade, solos mais férteis são importantes para a fase de crescimento inicial das espécies pioneiras (SILVA et al., 1997). De fato, os macronutrientes no solo do tratamento 1 apresentaram menores concentrações, como exemplo do fósforo, que é essencial para planta nos processos de fotossíntese, fixação de nitrogênio e desenvolvimento das estruturas reprodutivas (BRADY; WEIL, 2013), e influencia de forma positiva o crescimento de mudas (CECONI et al., 2006; SCHUMACHER; CECONI; SANTANA, 2004).

O bom desenvolvimento e adaptação de *Q. lancifolia* coincide com informações já estudadas e relatadas para *Q. saponaria*, espécie congênere chilena que possui regeneração bem-sucedida e é tolerante à seca (HEINRICHS et al., 2016). Ademais, alguns estudos demonstraram que a espécie chilena pode ser utilizada como fitoestabilizante, devido a sua tolerância a metais, sendo verificada eficácia do seu plantio em locais de rejeito de mina de cobre, com potencial de restauração florestal a baixo custo devido ao bom desenvolvimento

(ESPINOZA et al., 2022; MILLA-MORENO; GUY, 2021), indicando ser interessante investigar esse mesmo potencial em *Q. lancifolia*.

Outros estudos reforçam o bom desenvolvimento de plantios de *Q. saponaria*, sem efeitos prejudiciais na sobrevivência de mudas e com boa adaptação a locais secos e danificados pelo fogo (ESPINOZA et al., 2020; 2021). Já outro estudo com nove procedências da espécie indicou que todas apresentaram desenvolvimento estável em diferentes condições de seca controlada, sendo ressaltado que mudas da espécie são recomendadas para reflorestamento com raiz profunda (MAGNI et al., 2019), mesmo diante de baixa disponibilidade de água (OVALLE et al., 2015). Considerando prováveis semelhanças ecológicas e silviculturais das duas espécies da família Quillajaceae, assim como seu comportamento observado no presente estudo, *Q. lancifolia* se mostra promissora para plantios, principalmente na restauração florestal, sendo uma medida importante para sua conservação *in situ* e para o estabelecimento de plantios comerciais para extração de saponinas.

No que diz respeito à produção de saponinas, todas as partes da espécie apresentaram valores satisfatórios quando comparados ao valor de referência para *Q. saponaria* na Farmacopéia Brasileira, que estabelece um mínimo de 1000 (BRASIL, 2016), e indica que em princípio todas as estruturas das plantas jovens, com apenas 5 anos e pouco mais de 2 m de altura, têm potencial para extração de saponinas. Porém, constatou-se que as folhas são a parte da planta jovem com maior teor de saponinas durante todas as estações, o que indica ser a estrutura com maior potencial de extração de saponinas, com a vantagem de ter reposição durante todo ano, com propriedades farmacológicas semelhantes a *Q. saponaria* (FLECK et al., 2006; SILVEIRA et al., 2011). Porém, são necessários estudos químicos da composição das saponinas, visto que, os estágios de maturação das folhas podem influenciar os metabólitos secundários (ROSHAN; NAJAFIAN; TARAKEMEH, 2012).

Assim como indicado para *Q. lancifolia*, também se considera recomendável a extração de saponinas das folhas de *Q. saponaria*, visto que houve muita degradação pela derrubada de plantas para obtenção das saponinas nas cascas (SAN MARTIN, 2000). Atualmente há plantios com boas práticas de manejo sustentável (TACÓN, 2017), cujas técnicas podem servir de modelo para futuros estudos com plantios de *Q. lancifolia* no Brasil.

Com relação aos sólidos solúveis em cada parte da planta, verificou-se que as folhas tiveram também maior quantidade em todas as estações, porém não diferindo o teor entre as estações. Semelhantemente, as cascas e ramos não diferiram o teor entre as estações, sendo a madeira a estrutura com menor teor de saponinas e sólidos solúveis. Em estudo semelhante

que abordou as folhas de *Q. saponaria* com três anos de idade, houve variação de saponinas entre as estações e não houve variação no teor de sólidos solúveis, constatando que o teor de sólidos solúveis não influenciou as plantas na produção de saponinas (SCHLOTTERBECK et al., 2015).

Nos resultados referentes à influência das variáveis meteorológicas, não houve correlação significativa com o teor de sólidos solúveis e a temperatura média se correlacionou positivamente com as saponinas nos ramos, o que pode decorrer do fato de que esta variável meteorológica pode provocar estresse nas plantas, o que contribui para a elevação de metabólitos secundários (GOUVEA et al., 2012; VERMA; SHUKLA, 2015). Também foi constatado que as folhas produziram mais saponinas após período de maior precipitação. Ademais, fatores externos podem interferir nos metabólitos secundários (AKULA; RAVISHANKAR, 2011), porém as plantas por serem jovens ainda não utilizam recursos para estruturas reprodutivas.

Foi observado nos indivíduos adultos (*vide* CAPÍTULO 2) que o teor de saponinas das cascas possuía correlação positiva com a precipitação, sendo constatada também forte influência no crescimento secundário do tronco, porém para as plantas jovens ocorreu o oposto, formando mais saponinas quando havia menor precipitação. Isto pode indicar que a precipitação pode ser importante para o investimento do desenvolvimento inicial da espécie, enquanto as árvores pioneiras adultas possuem desenvolvimento estável (LATORRACA et al., 2015), e podem investir mais na produção de saponinas.

Contudo, as plantas jovens no plantio estão inseridas em ambiente com certo grau de sombreamento e, conforme seu desenvolvimento, principalmente quando se iniciarem os eventos reprodutivos, serão necessárias mais investigações sobre o crescimento e as relações com os fatores externos, pois foi visto nos indivíduos adultos da população natural que a produção de saponinas diminuiu no período de ocorrência dos eventos reprodutivos (*vide* CAPÍTULO 2). Isto demonstra que pode haver maior produção em plantas jovens devido elas não alocarem recursos para estruturas reprodutivas. Contrariamente, outros estudos mostram aumento no teor de metabólitos secundários coincidindo com os eventos reprodutivos (NAGHILOO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2019), o que exige mais investigações, visto que há poucas informações sobre os compostos das plantas e suas relações com fisiologia e ambiente, estando os fatores ambientais e genéticos atrelados a sua quantidade e qualidade (VERMA; SHUKLA, 2015).

5.5 CONCLUSÕES

Q. lancifolia possuiu 100% de sobrevivência, com crescimento satisfatório em altura e diâmetro, e demonstrou boa potencialidade para áreas de enriquecimento florestal.

Não houve diferença na sobrevivência e no incremento em circunferência das mudas entre os dois estágios sucessionais testados, apenas na altura, que foi maior nas mudas plantadas na fisionomia arbórea.

As folhas e ramos possuem maior tamanho de espuma no verão e as cascas e ramos na primavera, sendo as folhas as estruturas com valor máximo do Índice de Espuma em todas as estações. As estruturas não tiveram diferenças significativas do teor de sólidos solúveis entre as estações, com exceção da madeira. A precipitação influenciou positivamente o teor de espuma das folhas e negativamente o das cascas, enquanto os ramos produziram mais saponinas no período de maior temperatura. Não houve correlação das variáveis meteorológicas com teor de sólidos solúveis.

Todas as estruturas apresentaram valores superiores ao mínimo exigido pela Farmacopeia Brasileira e as folhas e ramos das plantas jovens tiveram produção de saponinas superior à das plantas adultas.

5.6 REFERÊNCIAS

ABRÃO, S. F.; ROSA, S. F.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SECCO, D.; EBLING, A. Alterações químicas de um Cambissolo Húmico causadas por florestamento com *Pinus taeda* em área de campo natural. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 455-464, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v45i3.36103>.

AKULA, R.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant signaling & behavior**, v. 6, p. 1720-1731, 2011.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Paraná**. Programa geologia, Mineração e Transformação Mineral, Curitiba: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2021.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa solos e floresta. 2007. 73 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3rd ed. Bookman, Porto Alegre, RS, Brasil. 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Memento Fitoterápico - Farmacopeia Brasileira**. 1ª edição. Brasília. 2016.

CAÑÓN-JONES, H.; CORTES, H.; CASTILLO-RUIZ, M.; SCHLOTTERBECK, T.; SAN MARTÍN, R. *Quillaja saponaria* (Molina) Extracts Inhibits *In Vitro* *Piscirickettsia salmonis* Infections. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2286, 2020. DOI: 10.3390/ani10122286.

CARVALHO, P. E. R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati - PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 41 – 56, 1981.

CARVALHO, P. E. R. **Saboneteira**. Circular técnica, Colombo, v. 116, p. 1 – 6, 2006.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, v. 12, p. 292-299, 2006.

CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F.; MOURGLIA-ETTLIN, G.; TEIXEIRA, T. F.; SANTOS, H. F.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; FETT-NETO, A. G.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M. *Quillaja brasiliensis* saponins induce robust humoral and cellular responses in a bovine viral diarrhea virus vaccine in mice. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious*. **Diseases**, v. 45, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1016/j.cimid.2016.01.004.

CHEN, X. W.; YANG, X. Q. Characterization of Orange Oil Powders and Oleogels Fabricated from Emulsion Templates Stabilized Solely by a Natural Triterpene Saponin. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 9, p. 2637-2646, 2019. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b04588.

CHUNG, C.; SHER, A.; ROUSSET, P.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. Formulation of food emulsions using natural emulsifiers: Utilization of quillaja saponin and soy lecithin to

fabricate liquid coffee whiteners. **Journal of Food Engineering**, v. 209, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.011>.

COSTA, M. L. M. N., BAJGIELMAN, T. **Estratégia nacional para a conservação ex situ de espécies ameaçadas da flora brasileira**. Centro nacional de conservação da flora. 1ª ed CNCFlora: Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro. 2016, 24 p.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MAGNI, C. R.; SANTELICES, R. E.; CABRERA, A. M. Outplanting performance of three provenances of *Quillaja saponaria* Mol. established in a Mediterranean drought-prone site and grown in different container size. **iForest - Biogeosciences and Forestry**, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor3142-012>.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MARTÍNEZ, E. E.; CARRASCO-BENAVIDES, M. R.; VASWANI, S. A.; GAJARDO, J.; MAGNI, C. R. Influence of provenance origin on the early performance of two sclerophyllous Mediterranean species established in burned drylands. **Scientific Reports**, v. 11, n. 6212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85599-3>.

ESPINOZA, S. E.; QUIROZ, I. A.; MAGNI, C. R.; MARCO A. YAÑEZ & EDUARDO E. MARTÍNEZ. Long-Term Effects of Copper Mine Tailings on Surrounding Soils and Sclerophyllous Vegetation in Central Chile. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 288, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05782-8>.

FINK, R.; POTOČNIK, A.; ODER, M. Plant-based natural saponins for *Escherichia coli* surface hygiene management. **LWT**, v. 122, n. 8, p. 109018, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109018>.

FLECK, J. D.; KAUFFMANN, C.; SPILKI, F.; LENCINA, C. L.; ROEHE, P. M.; GOSMANN, G. Adjuvant activity of *Quillaja brasiliensis* saponins on the immune responses to bovine herpesvirus type 1 in mice. **Vaccine**, v. 30, n. 24, p. 49-50, 2006. DOI: [10.1016/j.vaccine.2006.06.059](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2006.06.059).

GOMIDE, L.R.; LINGNAU, C. Simulação espacial de uma paisagem sob o efeito borda. **Revista Floresta**, v. 39, n. 2, p. 441-455, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v39i2.14571>.

GOUVEA, D. R.; GOBBO-NETO, L.; SAKAMOTO, H. T.; LOPES, N. P.; LOPES, J. L. C.; MELONI, F.; AMARAL, J. G. Seasonal variation of the major secondary metabolites present

in the extract of *Eremanthus mattogrossensis* Less (Asteraceae: Vernonieae) leaves. **Química Nova**, 35, 2139-2145, 2012.

GUCLU-USTUNDAG, O.; MAZZA, G. Saponins: properties, applications and processing. **Reviews in Food Science Nutrition**, v. 47, p. 231-258, 2007.

HEINRICHS, S.; STIEHL, C.; MÜLLER-USING, B. Can native plant species be preserved in an anthro-pogenic forest landscape dominated by aliens? a case study from Mediterranean Chile. **Annals of Forest Research**, v. 59, n. 1, p. 75-90, 2016. DOI:10.15287/afr.2016.498.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E.; GILL, D. J. C.; BORGO, M. Identifying Target Species and Seed Sources for the Restoration of Threatened Trees in Southern Brazil. **Oryx**, Cambridge, v. 49, n. 3, p. 1-6, 2015.

LATORRACA, J. V. D. F.; SOUZA, M. T. D.; SILVA, L. D. S. A. B. D.; RAMOS, L. M. A. Dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake de ocorrência na ReBio de Tinguá-RJ. **Revista Árvore**, v. 39, p. 385-394, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>.

MAGNI, C.; ESPINOZA, S.; POCH, P.; ABARCA, B.; GREZ, I.; MARTÍNEZ, E.; YÁÑEZ, M.; SANTELICES, R.; CABRERA, A. Growth and biomass partitioning of nine provenances of *Quillaja saponaria* seedlings to water stress. **Southern Forests**, v. 81, n. 2, p. 103-109, 2019. DOI: 10.2989/20702620.2018.1512789.

MILLA-MORENO, E.; GUY, R. D. Growth response, uptake and mobilization of metals in native plant species on tailings at a Chilean copper mine. **International journal of phytoremediation**, v. 23, n. 5, p. 539-547, 2021. DOI: 10.1080/15226514.2020.1838435.

MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. **Global Biodiversity Conservation: the Critical Role of Hotspots**. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (eds.) Biodiversity Hotspots. Heidelberg: Springer. 2011.

MULLER, L. E. **Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

MÜLLER, L. E.; SCHIEDECK, G. Physical properties of botanical surfactants. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 1133–1137, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.193>.

NAGHILOO, S.; MOVAFEGHI, A.; DELAZAR, A.; NAZEMIYEH, H.; ASNAASHARI, S.; DADPOUR, M. R. Ontogenetic Variation of Total Phenolics and Antioxidant Activity in Roots, Leaves and Flowers of *Astragalus compactus* Lam. (Fabaceae). **Bioimpacts**, v. 2, p. 105-9, 2012. DOI: 10.5681/bi.2012.015.

NICODEMO, M. L. F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; SANTOS, P. M.; VINHOLIS, M. D.; FREITAS, A. R.; CAPUTTI, G. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na região sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 89-92, 2009.

NULTSCH, W. **Botânica geral**. 10. ed. rev. atual. Porto Alegre: Artmed, 2000. 489 p.

OLIVEIRA, L. G. S.; RIBEIRO, D. A.; SARAIVA, M. E.; MACEDO, D. G.; MACEDO, J. G. F.; PINHEIRO, P. G.; MENEZES, I. R. A. Chemical variability of essential oils of *Copaifera langsdorffii* Desf. in different phenological phases on a savannah in the Northeast, Ceará, Brazil. **Industrial crops and products**, v. 97, p. 455-464, 2017.

OVALLE, J. F.; ARELLANO, E. C.; GINOCCHIO, R. Trade-Offs between Drought Survival and Rooting Strategy of Two South American Mediterranean Tree Species: Implications for Dryland Forests Restoration. **Forests**, v. 6, n. 10, p. 3733-3747, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/f6103733>.

RIBEIRO, D.A.; MACÊDO, D. G.; BOLIGON, A. A.; MENEZES, I. R. A.; SOUZA, M. M. A.; COSTA, J. G. M. Influence of seasonality on the phenolic composition of *Secondatia floribunda* A.DC (Apocynaceae) during its phenological cycle. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 41, p. 185, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2975-x>.

ROWSHAN, V.; NAJAFIAN, S.; TARAKEMEH, A. Essential oil chemical composition changes affected by leaf ontogeny stages of myrtle (*Myrtus communis* L.). **International Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, p. 114-117, 2012.

SAN MARTIN, R. Sustainable Production of *Quillaja saponaria* Mol. Saponins. **Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants**. Kluwer Academic Publishers: The Netherland. p. 271. 2000.

SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53, p. 302–11, 1999.

SCARANO, F. R.; GARBIN, M. L. 2013. Stem Species: Plant Species that Function as Regenerating Cells of Gaia. **Nova Acta Leopoldina**, v. 114, n. 391, p. 317-324, 2013.

SCHLOTTERBECK, T.; CASTILLO–RUIZ, M.; CAÑON–JONES, H.; MARTÍN, R. S. The use of leaves from young trees of *Quillaja saponaria* (Molina) plantations as a new source of saponins. **Economic Botany**, v. 69, p. 262-272, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9320-0>.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). **Revista árvore**, v. 28, p. 149-155, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100019>.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, SEMA. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no estado do Paraná**. Curitiba: SEMA/GTZ, 1 ed., 1995, 139 p.

SILVA, K. D. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; DEMOLINARI, R. D. A.; LOPES, A. T. Restauração florestal de uma mina de bauxita: avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 309-319, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.142515>.

SILVA, I. R.; NETO, A. E. F.; CURI, N.; VALE, F. R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, p. 205-212, 1997.

SILVEIRA, F.; CIBULSKI, S. P.; VARELA, A. P.; MARQUÉS, J. M.; CHABALGOITY, A.; COSTA, F.; YENDO, A. C.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M.; FERNÁNDEZ, C.; FERREIRA, F. *Quillaja brasiliensis* saponins are less toxic than Quil A and have similar properties when used as an adjuvant for a viral antigen preparation. **Vaccine**, v. 29, n. 49, p. 9177-9182, 2011. DOI: 10.1016/j.vaccine.2011.09.137.

TACÓN, A. **Serie Cuadernos para la Innovación FIA - Cuadernos de Campo de Buenas Prácticas de Recolección Sustentable para Productos Forestales No Madereros Prioritarios: Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.)**. Santiago de Chile, 2017.

THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L. J.; COLLINGHAM, Y. C.; ERASMUS, B. F. N.; SIQUEIRA, M. F.; GRAINGER, A.; HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; VAN JAARSVELD, A. S.; MIDGLEY, G. F.; MILES, L.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, O. L.; WILLIAMS, S. E. Extinction Risk from Climate Change. **Nature**, v. 427, p. 145-148, 2004.

TURMINA, E.; KANIESKI, M. R.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; FARIAS, K. J.; SANTOS, G. N. Regeneração natural de uma área de Floresta Ombrófila Mista. **Oecologia Australis**, v. 24, p. 88-100, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2401.07>.

VELAZCO, S. J.; BLUM, C. T.; HOFFMANN, P. M. Germination and seedlings development of the threatened species *Quillaja brasiliensis*. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 90-97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201824022530>.

VERMA, N.; SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, 105-113, 2015.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliométrica permitiu confirmar a discrepância da quantidade de estudos existentes entre as espécies da família Quillajaceae, predominando as informações sobre *Q. saponaria* e informações ainda insuficientes a respeito de *Q. lancifolia*. Ainda, as informações obtidas das espécies estão predominantemente associadas aos constituintes químicos das saponinas, com maior ênfase na área de ciências da saúde, principalmente no que diz respeito à produção de vacinas, havendo poucas pesquisas sobre conservação e silvicultura.

No que diz respeito às análises fenológicas de *Q. lancifolia*, a fenofase folhas maduras foi a única que não apresentou sazonalidade, ocorrendo durante todo ano com 100% de sincronia entre os indivíduos, sendo a principal estrutura para extração de saponinas, ainda que as demais também possam potencial devido ao teor acima do mínimo indicado pela Farmacopeia Brasileira. Entre as variáveis meteorológicas, a temperatura média tem influência nos eventos reprodutivos e, juntamente com precipitação e radiação solar, influenciaram positivamente o incremento da circunferência do tronco das árvores.

Foi observado no plantio de enriquecimento florestal que as plantas com cinco anos de idade tiveram 100% de sobrevivência com desenvolvimento satisfatório em altura e diâmetro, com elevada produção de saponinas em todas as estruturas, principalmente nas folhas, demonstrando a potencialidade de manejo silvicultural para exploração destas.

Esta pesquisa demonstrou o potencial de *Q. lancifolia* para produção de saponinas, demonstrando a possibilidade de manejo sustentável das folhas em árvores adultas situadas em ambientes naturais, para que não haja impactos maiores com a retirada das cascas. Neste sentido recomenda-se a busca e estudo de mais populações da espécie, para que seja possível monitorar o comportamento dela em diferentes locais.

Além disso, são indicados mais estudos voltados para o plantio de mudas da espécie, principalmente em áreas degradadas ou no enriquecimento de remanescentes empobrecidos, analisando o desenvolvimento da espécie nesses locais e possível consórcio com outras espécies. Também, é necessário um acompanhamento de longo prazo das mudas plantadas, observando o contínuo desenvolvimento das mesmas e as variações na produção de biomassa de folhas e no teor de saponinas com a idade e até mesmo em resposta a diferentes métodos e épocas de exploração

Por fim, são recomendáveis pesquisas na área de química para avaliar a composição estrutural das saponinas e suas possíveis aplicações, fomentando instituições brasileiras que visem a produção e comercialização.

REFERÊNCIAS (LISTA COMPLETA)

ABDEL-REHEIM, M. A.; ASHOUR, A. A.; KHATTAB, M. A.; GAAFAR, A. G. A. *Quillaja saponaria* bark saponin attenuates methotrexate induced hepatic oxidative stress, inflammation and associated liver injury in rats. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 12, n. 5, p. 129-141, 2022. DOI: 10.7324/JAPS.2022.120510.

ABERNETHY, K.; BUSH, E. R.; FORGET, P.-M.; MENDOZA, I.; MORELLATO, L. P. C. Current issues in tropical phenology: a synthesis. **Biotropica**, v. 50, p. 477–82, 2018.

ABOZEID, A. M.; ABDEL-RAHIM, M. M.; ABOULENIEN, F.; ELKARADAWY, A.; MOHAMED, R. A. *Quillaja saponaria* and/or *Yucca schidigera* ameliorate water quality, growth performance, blood health, intestine and gills histomorphology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, v. 52, p. 6117–6131, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.15474>.

ABRÃO, S. F.; ROSA, S. F.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SECCO, D.; EBLING, A. A. Alterações químicas de um Cambissolo Húmico causadas por florestamento com *Pinus taeda* em área de campo natural. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 455-464, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v45i3.36103>.

ACUÑA, T.; MATTAR, C.; HERNÁNDEZ, H. J. Spectral characterization of *Quillaja saponaria* (Mol.). **Revista de Teledetección**, v. 47, p. 65-73, 2016.

ADOMAITIS, M.; SKUJIENĖ, G. Lethal Doses of Saponins from *Quillaja saponaria* for Invasive Slug *Arion vulgaris* and Non-Target Organism *Enchytraeus albidus* (Oligochaeta: Enchytraeidae). **Insects**, v. 11, p. 1-11, 2020. DOI: 10.3390/insects11110738.

AKULA, R.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant signaling & behavior**, v. 6, p. 1720-1731, 2011.

ALBERTI, L. F. **Fenologia de uma Comunidade Arbórea em Santa Maria RS 2002**, 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002

ALVARADO, S. T.; BUISSON, E.; RABARISON, H.; RAJERARISON, C.; BIRKINSHAW, C.; LOWRY, P. P.; MORELLATO, P. C. L.; Fire and the reproductive

phenology of endangered Madagascar *Sclerophyllous tapia* woodlands. **South African Journal of Botany**, v. 94, p. 79–87, 2014.

ALVARES, C. A.; CAMPOE, O. C.; CARNEIRO, R. L.; MUNHOZ, J. S. B.; MATTOS, E. M.; DELIBERALI, I.; FERREZ, A. P. C.; STAPE, J. L. Construção e uso de fitas dendrométricas para avaliação do ritmo de crescimento de árvores. **Circular Técnica IPEF**, n. 212, p. 01-17, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian Species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v.21, n. 1, p. 3-30, 2000.

ANDRAE, F. H.; PALUMBO, R.; MARCHIORI, J. N. C.; DURLO, M. A. O sub-bosque de reflorestamentos de Pinus em sítios degradados da região da floresta estacional decidual do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 43-63, 2005.

ANDREACCI, F.; BOTOSSO, P. C.; GALVÃO, F. Fenologia vegetativa e crescimento de *Cedrela fissilis* na Floresta Atlântica, Paraná, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.

ANGELES JR, I. P.; CHIEN, Y. Dietary Effect of *Quillaja Saponaria* and/or *Yucca Schidigera* Extract on Growth and Survival of Common Carp *Cyprinus Carpio*, Their Antioxidant Capacity and Metabolic Response to Hypoxic Condition. **Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh**, v. 67, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.46989/001c.20712>.

ANVISA. 2022. **Orientações sobre o uso de fitoterápicos e plantas medicinais**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/publicacoes-sobre-medicamentos/orientacoes-sobre-o-uso-de-fitoterapicos-e-plantas-medicinais.pdf/view>
Acesso em: 16 de junho de 2022.

APPLEQUIST, W. L.; BRINCKMANN, J. A.; CUNNINGHAM, A. B.; HART, R. E.; HEINRICH, M.; KATERERE, D. R.; VAN ANDEL, T. Scientists' Warning on Climate

Change and Medicinal Plants. **Planta Medica**, v. 86, n. 1, p. 10–18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1055/a-1041-3406>.

ARAUJO, E. C. G.; SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; PELISSARI, A. L.; ORSO, G. A.; SILVA, T. C. Global review and state-of-the-art of biomass and carbon stock in the Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 331, p. 1-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117251>.

ARAUJO, H. J. B.; CORREIA, M. F.; SIVIERO, A.; MACEDO, P. E. F.; OLIVEIRA, L. C. **Plantios de enriquecimento em florestas de produção no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2013. 18 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 66).

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.3**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 324p.

BAFUNDO, K. W.; MÄNNER, K.; DUERR, I. The combination of *Quillaja* and *Yucca* saponins in broilers: effects on performance, nutrient digestibility and ileal morphometrics. **British Poultry Science**, v. 62, n. 4, p. 589-595, 2021. DOI: 10.1080/00071668.2021.1891523

BANERJEE, A.; BINDER, J.; SALAMA, R.; TRANT, J. F. Synthesis, characterization and stress-testing of a robust quillaja saponin stabilized oil-in-water phytocannabinoid nanoemulsion. **Journal of Cannabis Research**, v. 3, n. 43, p. 1-14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00094-w>.

BANKEFORS, J.; NORD, L. I.; KENNE, L. Structural classification of *Quillaja* saponins by electrospray ionization ion trap multiple-stage mass spectrometry in combination with multivariate analysis, proof of concept. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 90, p. 178-187, 2008.

BATE-SMITH, E. C. Investigation of the chemistry and taxonomy of sub-tribe Quillajeae of the rosaceae using comparisons of fresh and herbarium material. **Phytochemistry**, v. 4, n. 4, p. 535-539, 1965. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)86213-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)86213-5).

BENCKE, C. S. C. **Estudo da fenologia de espécies arbóreas em uma floresta semidecídua no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS**. 65 f. Tese (Doutorado em

Ecologia) – Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269-276, 2002.

BENEDETTI R. S.; DELARD, R. C.; ROACH B., F. **Quillay: Una alternativa multipropósito para la zona central**. Santiago, Chile: INFOR. 2000

BENGTSSON, K. L.; MOREIN, B.; OSTERHAUS, A. D. ISCOM technology-based Matrix MTM adjuvant: success in future vaccines relies on formulation. **Expert review of vaccines**. V. 10, n. 4, p. 401-403, 2011. DOI: 10.1586/erv.11.25. PMID: 21506635.

BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Paraná**. Programa geologia, Mineração e Transformação Mineral, Curitiba: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2021.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa solos e floresta. 2007. 73 p.

BORELLA, J. C.; DUARTE, D. P.; NOVARETTI, A. A.; MENEZES JR, A.; FRANÇA, S. C.; RUFATO, C. B.; LOPES, N. P. Variabilidade sazonal do teor de saponinas de *Baccharis trimera* (Less.) DC (Carqueja) e isolamento de flavona. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 557-561, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000400020>.

BORGES, L. A.; SOBRINHO, M. S.; LOPES, A. V.; 2008. Phenology, pollination, and breeding system of the threatened tree *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae), and a review of studies on the reproductive biology in the genus. **Flora**, v. 204, p. 111-130, 2008.

BORJA-CABRERA, G. P.; SANTOS, F. N.; BAUER, F. S.; PARRA, L. E.; MENZ, I.; MORGADO, A. A.; SOARES, I. S.; BATISTA, L. M.; PALATNIK-DE-SOUSA, C. B. Immunogenicity assay of the Leishmune vaccine against canine visceral leishmaniasis in Brazil. **Vaccine**, v. 26, n. 39, 4991-4997, 2008. DOI: 10.1016/j.vaccine.2008.07.029.

BOTOSSO, P. C. Fenologia como instrumento no acompanhamento da periodicidade e formação de anéis de crescimento no tronco de espécies arbóreas. In: Rego GM, Negrelle RRB, Morellato LPC, editores. **Fenologia: Ferramenta para Conservação, Melhoramento e Manejo de Recursos Vegetais Arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas; 2007.

BOZACI, E. Investigation of biosurfactant usage in raw wool scouring by response surface methodology. **Tekstil Ve Konfeksiyon**, v. 27, n. 4, p. 382-392, 2017.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades do solos**. 3rd ed. Bookman, Porto Alegre, RS, BraSil. 2013.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Código Florestal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 de set. Seção 1. p. 9529-9531, 1965.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 agosto 2023.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Memento Fitoterápico - Farmacopeia Brasileira**. 1ª edição. Brasília. 2016.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: 16 agosto 2023.

BRASIL. Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Brasília, Diário Oficial da União, 19/07/2000.

BRASIL. Lei nº 11.428, 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm. Acesso em 16 agosto de 2023.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política da Educação Ambiental e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 16 agosto 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;** altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil

BRASIL. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos.** Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 60 p.

BRASIL. **Representatividade ecológica no contexto do Brasil.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 2022. 63 p.

BRITEZ, M. R.; ALGER, K.; BAUMGARTEN, E. J.; CASTELLA, R. P.; CULLEN JR., L.; FARIA, M. D.; FELFILI, J.; FERNANDES, U. R.; FONSECA, B. A. G.; LANDAU, C. E.; LIMA, F. J.; MORATO, I. M.; ORTIZ, V. J.; PADUA, V. C.; PADUA, M. S.; RADOMSKI, I. M.; SAMPAIO, B. A. Manejo do entorno. In: **Fragmentação de ecossistemas, causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003, p. 348 - 365.

BUISSON, E.; ALVARADO, S. T.; STRADIC, S. L.; MORELLATO, L. P. C. Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 164-171, 2017.

CAMILO, Y. M. V.; SOUZA, E. R. B.; VERA, R.; NAVES, R. V. Fenologia, produção e precocidade de plantas de *Eugenia dysenterica* visando melhoramento genético. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 192-198, 2013.

CAÑON-JONES, H.; CORTES, H.; CASTILLO-RUIZ, M.; SCHLOTTERBECK, T.; SAN MARTÍN, R. *Quillaja saponaria* (Molina) Extracts Inhibits In Vitro *Piscirickettsia salmonis* Infections. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2286, 2020. DOI: 10.3390/ani10122286.

CANTOS, A. A.; MELLO, L. M.; VILLELA, F. A.; SAMPAIO, N. V.; SILVA, A. C. S.; SOUZA, C. G. Efeito da competição e produção de mudas de *Quillaja brasiliensis* (Sabão-de-soldado) em diferentes substratos. **Thema**, v. 12, n. 1, p. 33-41, 2015.

CARTES-RODRÍGUEZ, E.; ÁLVAREZ-MALDINI, C.; ACEVEDO, M.; GONZÁLEZ-ORTEGA, M.; URBINA-PARRA, A.; LEÓN-LOBOS, P. Pre-Germination Treatments at Operational Scale for Six Tree Species from the Sclerophyll Forest of Central Chile. **Plants**, v. 11, n. 5, p. 608, 2022. DOI: 10.3390/plants11050608.

CARVALHO, P. E. R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati - PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 41 – 56, 1981.

CARVALHO, P. E. R. **Levantamento florístico da região de Irati-PR: 1a aproximação**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1980. 44 p. (EMBRAPA-URPFCS. Circular técnica, 3).

CARVALHO, P. E. R. **Saboneteira**. Circular técnica, Colombo, v. 116, p. 1 – 6, 2006

CATHCART, K.; PINILLA-IBARZ, J.; KORONTSVIT, T.; SCHWARTZ, J.; ZAKHALEVA, V.; PAPADOPOULOS, E. B.; SCHEINBERG, D. A. A multivalent bcr-abl fusion peptide vaccination trial in patients with chronic myeloid leukemia. **Blood**, v. 103, n. 3, p. 1037-1042, 2004. DOI: 10.1182/blood-2003-03-0954.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, v. 12, p. 292-299, 2006.

CHAPAGAIN, B. P.; WIESMAN, Z.; TSROR, L. In vitro study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 26, n. 2, p. 109-115, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.02.005>.

CHARERNTANTANAKUL, W.; FABROS JR, D. Saponin Quil A up-regulates type I interferon-regulated gene and type I and II interferon expressions which are suppressed by porcine reproductive and respiratory syndrome virus. **Veterinary immunology and immunopathology**, v. 195, p. 76-83, 2018. DOI: 10.1016/j.vetimm.2017.11.009.

CHARERNTANTANAKUL, W.; PONGJAROENKIT, S. Co-administration of saponin quil A and PRRSV-1 modified-live virus vaccine up-regulates gene expression of type I interferon-regulated gene, type I and II interferon, and inflammatory cytokines and reduces viremia in

response to PRRSV-2 challenge. **Veterinary immunology and immunopathology**, v. 205, p. 24-34, 2018. DOI: 10.1016/j.vetimm.2018.10.005.

CHEN, X. W.; YANG, X. Q. Characterization of Orange Oil Powders and Oleogels Fabricated from Emulsion Templates Stabilized Solely by a Natural Triterpene Saponin. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 9, p. 2637-2646, 2019. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b04588.

CHUNG, C.; SHER, A.; ROUSSET, P.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. Formulation of food emulsions using natural emulsifiers: Utilization of quillaja saponin and soy lecithin to fabricate liquid coffee whiteners. **Journal of Food Engineering**, v. 209, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.011>.

CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F.; MOURGLIA-ETTLIN, G.; TEIXEIRA, T. F.; SANTOS, H. F.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; FETT-NETO, A. G.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M. *Quillaja brasiliensis* saponins induce robust humoral and cellular responses in a bovine viral diarrhea virus vaccine in mice. **Comparative immunology, microbiology and infectious diseases**, v. 45, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1016/j.cimid.2016.01.004.

CIBULSKI, S.; RIVERA-PATRON, M.; SUÁREZ, N.; PIREZ, M.; ROSSI, S.; YENDO, A. C.; COSTA, F.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A.; ROEHE, P. M.; SILVEIRA, F. Leaf saponins of *Quillaja brasiliensis* enhance long-term specific immune responses and promote dose-sparing effect in BVDV experimental vaccines. **Vaccine**, v. 36, n. 1, p. 55-65, 2018. DOI: 10.1016/j.vaccine.2017.11.030.

CIBULSKI, S.; TEIXEIRA, T. F.; VARELA, A. P. M.; LIMA, M. F.; CASANOVA, G.; NASCIMENTO, Y. M.; FECHINE TAVARES, J.; SILVA, M. S.; SESTERHEIM, P.; SOUZA, D. O.; ROEHE, P. M.; SILVEIRA, F. IMXQB-80: A *Quillaja brasiliensis* saponin-based nanoadjuvant enhances Zika virus specific immune responses in mice. **Vaccine**, v. 39, n. 3, p. 571-579, 2021. DOI: 10.1016/j.vaccine.2020.12.004.

CLAXTON, F.; BANKS, H.; KLITGAARD, B. B.; CRANE, P. R. Pollen Morphology of Families Quillajaceae and Surianaceae (Fabales). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 133, 221–233, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.10.003>

CLELAND, E. E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H. A.; SCHWARTZ, M. D. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, p. 357–365, 2007.

CNCFlora. **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acesso em: 16 agosto 2023.

ÇOKÇALIŞKAN, C.; TÜRKOĞLU, T.; SAREYYÜPOĞLU, B.; TUNCER-GÖKTUNA, P.; ÖZBILGE, B. B.; UZUNLU, E.; KÜRKÇÜ, A.; UZUN, E. A.; GÜLYAZ, V. Evaluation of Quil-A, E. coli DNA and Montanide™ ISA 206 adjuvant combination on the antibody response to foot-and-mouth disease vaccine in sheep. **Acta virologica**, v. 66, n.3, p. 197-205, 2022. DOI: 10.4149/av_2022_304.

COPAJA, S. V.; BLACKBURN, C.; CARMONA, R. Variation of saponin contents in *Quillaja saponica* Molina. **Wood Science and Technology**, v. 37, p. 103–108, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-002-0150-8>.

CORREA, C.; MARTÍNEZ, A. **Información Tecnológica de Productos Forestales no Madereros del Bosque Nativo en Chile**. Proyecto CONAF – INFOR, Santiago. 2013.

COSTA, F.; YENDO, A. C.; CIBULSKI, S. P.; FLECK, J. D.; ROEHE, P. M.; SPILKI, F. R.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Alternative inactivated poliovirus vaccines adjuvanted with *Quillaja brasiliensis* or Quil-a saponins are equally effective in inducing specific immune responses. **PLoS One**, v. 9, n. 8, p. 105374, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0105374.

COSTA, F.; YENDO, A. C.; FLECK, J. D.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Accumulation of a bioactive triterpene saponin fraction of *Quillaja brasiliensis* leaves is associated with abiotic and biotic stresses. **Plant physiology and biochemistry**, v. 66, p. 56-62, 2013. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.02.003.

COSTA, M. L. M. N., BAJGIELMAN, T. **Estratégia nacional para a conservação ex situ de espécies ameaçadas da flora brasileira**. Centro nacional de conservação da flora. 1ª ed CNCFlora: Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro. 2016, 24 p.

COSTA, T. L. N.; LUCAS, F. M. F.; SILVA, B. R. F.; CHAGAS, K. P. T.; FREIRE, A.S.M.; UCELLA FILHO, J. G. M.; COSTA, M. P.; SANTANA, J. A. S. How do meteorological factors alter the phenology of a neotropical tree species?. **Cerne**, v. 28, p. 1-9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760202228013098>.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Parque Municipal Passaúna**. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/parque-municipal-passauna/315>. Acesso em: 18 de julho de 2023.

DANG, D. X.; KIM, H. Effects of dietary supplementation of *Quillaja saponin* on growth performance, nutrient digestibility, fecal gas emissions, and meat quality in finishing pigs. **Journal of Applied Animal Research**, v. 48, n. 1, p. 397-401, 2020. DOI: 10.1080/09712119.2020.1813739.

D'EÇA-NEVES, F. F.; MORELLATO, L. P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 1, p. 99-108, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100009>.

DEGHAN, S.; TAVASSOTI KHEIRI, M.; TABATABAIEAN, M.; DARZI, S.; TAFAGHODI, M. Dry-powder form of chitosan nanospheres containing influenza virus and adjuvants for nasal immunization. **Archives of pharmacal research**, v. 36, n. 8, p. 981-92, 2013. DOI: 10.1007/s12272-013-0043-4.

DERRÉ, L.; CESSON, V.; LUCCA, I.; CERANTOLA, Y.; VALERIO, M.; FRITSCHI, U.; VLAMOPOULOS, Y.; BURRUNI, R.; LEGRIS, AS.; DARTIGUENAVE, F.; GHARBI, D.; MARTIN, V.; VAUCHER, L.; SPEISER, D. E.; ROMERO, P.; JICHLINSKI, P.; NARDELLI-HAEFLIGER, D. Intravesical Bacillus Calmette Guerin Combined with a Cancer Vaccine Increases Local T-Cell Responses in Non-muscle-Invasive Bladder Cancer Patients. **Clinical cancer research**, v. 23, n. 3, p. 717-725, 2017. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-16-1189.

ELKARADAWY, A.; ABDEL-RAHIM, M. M.; MOHAMED, R. A. *Quillaja saponaria* and/or linseed oil improved growth performance; water quality; welfare profile and immune-oxidative status of Nile tilapia; *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 53, n. 2, p. 576–589, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.15602>.

ESPINOZA, S. E.; QUIROZ, I. A.; MAGNI, C. R.; MARCO A. YÁÑEZ & EDUARDO E. MARTÍNEZ. Long-Term Effects of Copper Mine Tailings on Surrounding Soils and Sclerophyllous Vegetation in Central Chile. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 288, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05782-8>.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MAGNI, C. R.; SANTELICES, R. E.; CABRERA, A. M. Outplanting performance of three provenances of *Quillaja saponaria* Mol. established in a

Mediterranean drought-prone site and grown in different container size, **iForest**, v. 13, p. 33-40, 2020. DOI: 10.3832/ifor3142-012.

ESPINOZA, S. E.; YAÑEZ, M. A.; MARTÍNEZ, E. E.; CARRASCO-BENAVIDES, M. R.; VASWANI, S. A.; GAJARDO, J.; MAGNI, C. R. Influence of provenance origin on the early performance of two sclerophyllous Mediterranean species established in burned drylands. **Scientific Reports**, v. 11, n. 6212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85599-3>.

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A.; TOMLINSON, B. P. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**. New Haven: Yale University, 1981.

FAO. **Non-wood forest products for rural income and sustainable forestry**. FAO technical papers - Series Non-Wood Forest Products, 7. Roma: FAO, 127p, 1995.

FERRERA, T. S.; PELISSARO, T. M.; EISINGER, S. M.; RIGHI, E. Z.; BURIOL, G. A. Fenologia de espécies nativas arbóreas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 753-766, 2017.

FINK, R.; POTOČNIK, A.; ODER, M. Plant-based natural saponins for *Escherichia coli* surface hygiene management. **LWT**, v. 122, n. 8, p. 109018, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109018>.

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA, L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva Ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba - SP). **Revista Biociências**, v. 6, p. 31-37, 2000.

FLECK, J. D.; COSTA, F.; YENDO, A. C.; SEGALIN, J.; DALLA COSTA, T. C.; FETTNETO, A. G.; GOSMANN, G. Determination of new immunoadjuvant saponin named QB-90; and analysis of its organ-specific distribution in *Quillaja brasiliensis* by HPLC. **Natural product research**, v. 27, n. 10, p. 907-10, 2013. DOI: 10.1080/14786419.2012.666751.

FLECK, J. D.; KAUFFMANN, C.; SPILKI, F.; LENCINA, C. L.; ROEHE, P. M.; GOSMANN, G. Adjuvant activity of *Quillaja brasiliensis* saponins on the immune responses to bovine herpesvirus type 1 in mice. **Vaccine**, v. 30, n. 24, p. 49-50, 2006. DOI: 10.1016/j.vaccine.2006.06.059.

FLECK, J. D.; SCHWAMBACH, J.; ALMEIDA, M. E.; YENDO, A. C. A.; COSTA, F.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G.; Immuno-adjuvant saponin production in seedlings and micropropagated plants of *Quillaja brasiliensis*. **In Vitro Cellular & Developmental Biology**, v. 45, p. 715–720, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-009-9222-x>

FREIRE J. M.; AZEVEDO, M. C.; CUNHA, C. F.; SILVA, T. F.; RESENDE, A. S. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 243-252, 2013.

FREIRE, A. S. M.; CHAGAS, K. P. T.; LUCAS, F. M. F.; MEIRELES, A. C.; VIEIRA, F. A. Changes in phenological patterns of a tropical Atlantic Forest tree: implications for conservation. **Bosque**, v. 43, p. 267-275, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002022000300267>.

FRIEDMAN-KLABANOFF, D. J.; BERRY, A. A.; TRAVASSOS, M. A.; COX, C.; ZHOU, Y.; MO, A. X.; NOMICOS, E.Y. H.; DEYE, G. A.; PASETTI, M. F.; LAURENS, M. B. Low dose recombinant full-length circumsporozoite protein-based *Plasmodium falciparum* vaccine is well-tolerated and highly immunogenic in phase 1 first-in-human clinical testing. **Vaccine**, 2021, v. 39, n. 8, p. 1195-1200, 2021. DOI: 10.1016/j.vaccine.2020.12.023.

FUKS, R. **O genero *Quillaja* (Rosaceae) no Brasil**. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 26, p. 61 – 68, 1982.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. **Floresta**, v. 19, p. 30-49, 1989.

GEORGE, A. J. Legal status and toxicity of saponins. **Food and Cosmetics Toxicology**, v. 3, p. 85–91, 1965.

GEYTER, E.; SMAGGHE, G.; RAHBÉ, Y.; GEELLEN, D. Triterpene saponins of *Quillaja saponaria* show strong aphicidal and deterrent activity against the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. **Pest management science**, v. 68, n. 2, p. 164-169, 2012. DOI: 10.1002/ps.2235.

GIANNAKOU, I. O. Efficacy of a formulated product containing *Quillaja saponaria* plant extracts for the control of root-knot nematodes. **European Journal of Plant Pathology**, v. 130, p. 587–596, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9780-8>.

GIL, J. L. R. A. **Dendrocronologia em árvores de espécies de restauração florestal**. 2022. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2022.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374–381, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>.

GOMIDE, L.R.; LINGNAU, C. Simulação espacial de uma paisagem sob o efeito borda. **Revista Floresta**, v. 39, n. 2, p. 441-455, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v39i2.14571>.

GORDONOFF, T.; LÜSCHER, E. Über die expektorierende Wirkung einiger Saponine (*Quillaja Saponaria*). **Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin**, v. 97, p. 10-17, 1936. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02624299>.

GOUVEA, D. R.; GOBBO-NETO, L.; SAKAMOTO, H. T.; LOPES, N. P.; LOPES, J. L. C.; MELONI, F.; AMARAL, J. G. Seasonal variation of the major secondary metabolites present in the extract of *Eremanthus mattogrossensis* Less (Asteraceae: Vernonieae) leaves. **Química Nova**, 35, 2139-2145, 2012.

GRANDE, P. F. R.; SANTOS, P. R. L.; SILVA, B. A. O uso dos dados do Mapbiomas para análise de restauração de vegetação na Serra da Mantiqueira. **Revista Territorium Terram**, v. 06, p. 169-177, 2023.

GUCLU-USTUNDAG, O.; MAZZA, G. Saponins: properties, applications and processing. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 47, p. 231-258, 2007.

GÜNTHER, M.; NEUHAUS, R.; BAUER, T.; JILG, W.; HOLTZ, J. A.; BIENZLE, U. Immunization with an adjuvant hepatitis B vaccine in liver transplant recipients: antibody decline and booster vaccination with conventional vaccine. **Liver transplantation**, v. 12, n. 2, p. 316-319, 2006. DOI: 10.1002/lt.20674.

GUPTA, A.; SINGH, P. P.; SINGH, P.; SINGH, K.; SINGH, A.V.; SINGH, S. K.; KUMAR, A. **Medicinal Plants Under Climate Change: Impacts on Pharmaceutical Properties of Plants**. In *Climate Change and Agricultural Ecosystems*. Elsevier: Amsterdam; The Netherlands; 2019; p. 181–209.

GUTBIER, A.; HUBER, J.; HAUG, R. Studien über Schutzkolloide. Zehnte Reihe: Saponin als Schutzkolloid. **Kolloid-Zeitschrift**, v. 29, p. 19–25, 1921. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01425134>.

GUZMÁN, L.; VILLALÓN, K.; MARCHANT, M. J.; TARNOK, M.E.; CÁRDENAS, P.; AQUEA, G.; ACEVEDO, W.; PADILLA, L.; BERNAL, G.; MOLINARI, A.; CORVALÁN, A. In vitro evaluation and molecular docking of QS-21 and quillaic acid from *Quillaja saponaria* Molina as gastric cancer agents. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 10534, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-67442-3.

HEINRICH, I.; BANKS, J. C. G. Variation in phenology, growth, and wood anatomy of *Toona sinensis* and *Toona ciliata* in relation to different environmental conditions. **International Journal of Plant Sciences**, v. 167, n. 4, p. 831–841, 2006.

HEINRICH, S.; STIEHL, C.; MÜLLER-USING, B. Can native plant species be preserved in an anthro-pogenic forest landscape dominated by aliens? a case study from Mediterranean Chile. **Annals of Forest Research**, v. 59, n. 1, p. 75-90, 2016. DOI:10.15287/afr.2016.498.

HERNÁNDEZ, P. P. **Productos Forestales No Madereros**; Instituto Forestal, Chile. Boletín n° 41. p. 22; 2023.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E., GILL, D. J. C.; BORGIO, M. Identifying Target Species and Seed Sources for the Restoration of Threatened Trees in Southern Brazil. **Oryx**, v. 49, n. 3; p. 1- 6; 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605314001069>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira: Sistema fitogeográfico; inventário das formações florestais e campestres; técnicas e manejo de coleções botânicas; procedimentos para mapeamentos**. 2.ed., n1. Editor IBGE, Rio de Janeiro, 2012. 272 p.

INFOR. Área de Información y Economía Forestal, Instituto Forestal. **Resumen de Indicadores del Sector Forestal**. Disponível em: <https://wef.infor.cl/index.php/sector-forestal>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). **Background & History**. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/about/background-history>. Acesso em: 08/03/2024.

JONES, H. A. C.; SCHLOTTERBECK, T.; CASTILLO-RUIZ, M.; CORTES, H.; ASENCIO, G.; LATUZ, S.; SAN MARTIN, R. In vitro efficacy of *Quillaja saponaria* extracts on the infective life-stage of ectoparasite *Caligus rogercresseyi*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 52, p. 1234–1242, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12829>.

KANIESKI, M. R.; BOTOSSO, P. C.; GALVÃO, F.; SANTOS, T. L.; MILANI, J. E. F.; MIRANDA, B. P. Crescimento diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, PR. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 197-206, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.007>.

KANIESKI, M. R.; GALVÃO, F.; LONGHI-SANTOS, T.; MILANI, J. E. F.; BOTOSSO, P. C. Parâmetros climáticos e incremento diamétrico de espécies florestais em floresta aluvial no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.124814>.

KASSUIA, Y. S.; SILVEIRA, A. C.; DOMAHOVSKI, R. C.; LAZZAROTTO, M. **Aprimoramento e adaptação de método prático e rápido para estimar a quantidade de saponinas em extratos de polpa de frutos de erva-mate**. Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). 2019.

KAUFFMANN, C.; MACHADO, A. M.; FLECK, J. D.; PROVENSÍ, G.; PIRES, V. S.; GUILLAUME, D.; SONNET, P.; REGINATTO, F. H.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G. Constituents from leaves of *Quillaja brasiliensis*. **Natural product research**, v. 18, n. 2, p.153-157, 2004. DOI: 10.1080/14786410310001608055.

KIM, S. K.; SAKAMOTO, I.; MORIMOTO, K.; SAKATA, M.; YAMASAKI, K.; TANAKA, O. Seasonal variation of saponins, sucrose and monosaccharides in cultivated ginseng roots. **Planta Medica**, v. 42, p. 181-186, 1981. DOI: 10.1055/s-2007-971623.

KOMATSU, N.; KOMATSU, M.; OHASHI, R.; HORII, A.; HOSHI, K.; TAKATO, T.; ABE, T.; HAMAKUBO, T. Saponin Facilitates Anti-Robo1 Immunotoxin Cytotoxic Effects on Maxillary Sinus Squamous Cell Carcinoma. **Journal of oncology**, v. 2020, p. 1-8, 2020. DOI: 10.1155/2020/9593516.

KUBITZKI, K. **Quillajaceae, The families and genera of vascular plants IX**. BerlinSpringer-Verlag. p. 407-408, 2007.

LATORRACA, J. V. D. F.; SOUZA, M. T. D.; SILVA, L. D. S. A. B. D.; RAMOS, L. M. A. Dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake de ocorrência na ReBio de Tinguá-RJ. **Revista Árvore**, v. 39, p. 385-394, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>.

LERSTEN, N. R.; HORNER, H. T. Macropattern of Styloid and Druse Crystals in *Quillaja* (Quillajaceae) Bark and Leaves. **International Journal of Plant Sciences**, v. 166, n. 5, p. 705–711, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1086/430195>.

LIN, J. T.; CHEN, S. L.; LIU, S. C.; YANG, D. J. Effect of harvest time on saponins in Yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto). **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 17, p. 13, 2009. DOI: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.3110>.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Insitituto Plantarum, v. 3, 1 ed. 2009, 352 p.

LUEBERT, F. **Quillajaceae in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB606407>>. Acesso em: 08 ago. 2023

LUEBERT, F. Taxonomy and distribution of the genus *Quillaja* Molina (Quillajaceae). **Feddes Repertorium**, v. 124, p. 157–162, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/fedr.201400029>.

MACHADO, F. S. **Manejo de produtos florestais não madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia**. PESACRE and CIFOR, Rio Branco. 109p. 2008.

MAGNI, C.; ESPINOZA, S.; POCH, P.; ABARCA, B.; GREZ, I.; MARTÍNEZ, E.; YÁÑEZ, M.; SANTELICES, R.; CABRERA, A. Growth and biomass partitioning of nine provenances of *Quillaja saponaria* seedlings to water stress. **Southern Forests**, v. 81, n. 2, p. 103-109, 2019. DOI: 10.2989/20702620.2018.1512789.

MARTÍN, R. S.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53, p. 302–311, 1999. <https://doi.org/10.1007/BF02866642>.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. - Rio de Janeiro. 2013. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1102p.

MASTROGIOVANNI, M. **Extracción, purificación y caracterización primaria de saponinas de *Quillaja brasiliensis*, (BSc tesis), Universidad de la Republica Montevideo, Montevideo, Uruguay.** Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 2012.

MATTEI, V. L. Efeito do período de colheita na longevidade de sementes de timbauva (*Quillaja brasiliensis* Martius). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 3, p.133-136, 1995.

MEIRELES, A. C.; FREIRE, A. S. M.; FERREIRA, W. M.; VIANA, R. Phenological synchronicity of *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. AND *B. verbascifolia* (L.) DC. (MALPIGHIACEAE) and its relation with climate seasonality. **Revista Árvore**, v. 47, p. 1-11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820230000018>.

MENDONÇA FILHO, W. F. Mercado de produtos florestais no Estado do Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 73- 82, 2010.

MILANI, J. E. F.; KERSTEN, R. A.; LONGHI-SANTOS, T.; GALVÃO, F.; AMANO, E.; RODERJAN, C.V.; KANIESKI, M. R. Phenology and Tree Radial Growth of *Schinus terebinthifolius* in a Subtropical Forest. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0036>.

MILLA-MORENO, E.; GUY, R. D. Growth response, uptake and mobilization of metals in native plant species on tailings at a Chilean copper mine. **International journal of phytoremediation**, v. 23, n. 5, p. 539-547, 2021. DOI: 10.1080/15226514.2020.1838435.

MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. **Global Biodiversity Conservation: the Critical Role of Hotspots.** In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (eds.) Biodiversity Hotspots. Heidelberg: Springer. 2011.

MITTERMEIER, R.; BAIÃO, P. C.; BARRERA, L.; BUPPERT, T.; MCCULLOUGH, J.; LANGRAND, O.; LARSEN, F. W.; SCARANO, F. R. O protagonismo do Brasil no histórico acordo global de proteção à biodiversidade. **Natureza & Conservação**, v. 8, p. 197-200, 2010.

MONTENEGRO, G.; SALAS, F.; PEÑA, R.; PIZARRO, R. Antibacterial and antifungic activity of the unifloral honeys of *Quillaja saponaria*; an endemic Chilean species. **Phyton-**

International Journal of Experimental Botany, v. 78, p. 141–146, 2009. DOI: <https://doi.org/10.32604/phyton.2009.78.141>.

MONTICELLI, C.; MORAIS, L. H. Impactos antrópicos sobre uma população de *Alouatta clamitans* (Cabrera, 1940) em um fragmento de Mata Atlântica no estado de São Paulo: apontamento de medidas mitigatórias. **Revista Biociências**, v. 21, p. 14-26, 2015.

MORELLATO, L. P. C. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.033>.

MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M. G. G.; GRESSLER, E. A review of plant phenology in South and Central America. In: SCHWARTZ, M. D. (Ed.), **Phenology: An Integrative Environmental Science**. Springer, The Neederlands, pp. 91–113. 2013.

MORELLATO, L. P. C.; D'EÇA NEVES, F. F. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 99-108, 2004.

MULLER, L. E. **Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

MULLER, L. E.; SCHIEDECK, G. Physical properties of botanical surfactants. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 1133–1137, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.193>.

MÜLLER, L. E.; SCHIEDECK, G. Physical properties of botanical surfactants. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 1133–1137, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.193>.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NAGHILOO, S.; MOVAFEGHI, A.; DELAZAR, A.; NAZEMIYEH, H.; ASNAASHARI, S.; DADPOUR, M. R. Ontogenetic Variation of Total Phenolics and Antioxidant Activity in Roots, Leaves and Flowers of *Astragalus compactus* Lam. (Fabaceae). **Bioimpacts**, v. 2, p. 105-9, 2012. DOI: 10.5681/bi.2012.015.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no

solo. **Revista Árvore**, v. 35, p. 617-626, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400005>.

NDAMBA, J.; LEMMICH, E.; MOLGAARD, P.; Investigation of the diurnal, ontogenetic and seasonal variation in the molluscicidal saponin content of *Phytolacca dodecandra* aqueous berry extracts. **Phytochemistry**, v. 35, p. 95-99, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)90515-6](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)90515-6).

NEWTON, A. C. 2008. Conservation of tree species through sustainable use: how can it be achieved in practice?. **Oryx**, v. 42, n. 2, p. 195-205. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003060530800759X>.

NICODEMO, M. L. F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; SANTOS, P. M.; VINHOLIS, M. D.; FREITAS, A. R.; CAPUTTI, G. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na região sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 89-92, 2009.

NULTSCH, W. **Botânica geral**. 10. ed. rev. atual. Porto Alegre: Artmed, 2000. 489 p.

OKIMOTO, E. R.; DIAS, I. B.; BIRKINSHAW, L. J. N. Biopirataria de plantas brasileiras: generalidades e estudos de casos. **Revista Biodiversidade**, v. 22, p. 126-136, 2023.

OLIVEIRA, L. G. S.; RIBEIRO, D. A.; SARAIVA, M. E.; MACEDO, D. G.; MACEDO, J. G. F.; PINHEIRO, P. G.; MENEZES, I. R. A. Chemical variability of essential oils of *Copaifera langsdorffii* Desf. in different phenological phases on a savannah in the Northeast, Ceará, Brazil. **Industrial crops and products**, v. 97, p. 455-464, 2017.

ONU BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.

OVALLE, J. F.; ARELLANO, E. C.; GINOCCHIO, R. Trade-Offs between Drought Survival and Rooting Strategy of Two South American Mediterranean Tree Species: Implications for Dryland Forests Restoration. **Forests**, v. 6, n. 10, p. 3733-3747, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/f6103733>.

PARANÁ. **Decreto Nº 458 DE 05 de junho de 1991**. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental localizada nos municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo e Curitiba. Paraná, 1991. Disponível em:

https://www.amep.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/decreto_458_1991.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2023.

PARANÁ. **Decreto N° 5063 de 20 de novembro de 2001**. Altera e atualiza o Zoneamento Ecológico Econômico da Área de Proteção Ambiental denominada APA Estadual do Passaúna da Secretaria da Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. Paraná, 2001. Disponível em:

https://www.amep.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/decretoestadual_5063_2001.pdf Acesso em: 12 de julho de 2023.

PARANÁ. **Decreto N° 9.878 de 20 de dezembro de 2021**. Altera o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental do Passaúna (APA Estadual do Passaúna), criado pelo Decreto n° 832, de 26 de maio de 1995, e alterado pelo Decreto n° 5.063, de 20 de novembro de 2001 e pelo Decreto n° 8.536, de 20 de dezembro de 2017. Paraná, 2021. Disponível em:

https://www.amep.pr.gov.br/sites/comec/arquivos_restritos/files/documento/2022-01/decreto_9878_2021_apa_passauna.pdf Acesso em: 12 de julho de 2023.

PARUM, D. V. Editorial: First Approval of the Protein-Based Adjuvanted Nuvaxovid (NVX-CoV2373) Novavax Vaccine for SARS-CoV-2 Could Increase Vaccine Uptake and Provide Immune Protection from Viral Variants. **Medical science monitor**, v. 28, 2022. DOI: 10.12659/MSM.936523.

PETERSON, D. W. Effect of sterols on the growth of chicks fed high alfalfa diets or a diet containing *Quillaja* saponin. **The Journal of nutrition**, v. 42, n. 4, p. 597-607, 1950. DOI: 10.1093/jn/42.4.597.

PINTO, M.B.; Velazco, S.J.E.; Barbosa, F.M.; Chagas, K.P.T.; Blum, C.T. Phenological patterns of *Oreopanax fulvum* (Araliaceae) in remnants of Araucaria Rainforest in Paraná, Brazil. **Rodriguésia**, v. 72, p. 1-12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172124>.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing; Vienna; Austria; 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

REICHERT, C. L.; SALMINEN, H.; WEISS, J. *Quillaja* Saponin Characteristics and Functional Properties. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 10, p. 43–73, 2019.

RIBEIRO, D.A.; MACÊDO, D. G.; BOLIGON, A. A.; MENEZES, I. R. A.; SOUZA, M. M. A.; COSTA, J. G. M. Influence of seasonality on the phenolic composition of *Secondatia floribunda* A.DC (Apocynaceae) during its phenological cycle. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 41, p. 185, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2975-x>.

RIBEIRO, R. S.; CAITANO, H. A. Listas Vermelhas e os Métodos da IUCN: história, conceito, síntese atual e aplicações regionais. In: LOPES, A. S.; CRUZ, B. S.; SILVEIRA, E. R.; CACERES, I. H.; BRITO, J. O F.; GIROTTO, L.; FURLAN, C. S. (Org.). **Apostila XII Botânica no Inverno 2023**. 1ed.: 2023, v. 1, p. 175-195.

RIVERA-PATRON, M.; MORENO, M.; BAZ, M.; ROEHE, P.M.; CIBULSKI, S. P.; SILVEIRA, F. ISCOM-like Nanoparticles Formulated with *Quillaja brasiliensis* Saponins Are Promising Adjuvants for Seasonal Influenza Vaccines. **Vaccines**, v. 9, n. 11, p. 1350, 2021. DOI: 10.3390/vaccines9111350.

RIVERS, M.; BEECH, E.; OLDFIELD, S. Increasing knowledge of the world's trees. **Oryx**, v. 55, n. 4, p. 492, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605321000284>.

RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental Esquemático**. 6a ed. São Paulo: Saraiva, 2022.

RODRÍGUEZ-DÍAZ, M. Quillay y saponinas en épocas de covid-19. **Cuadernos Médico Sociales**, v. 61, n. 3, p. 75-77, 2021.

RONER, M. R.; TAM, K. I.; KIESLING-BARRAGER, M. Prevention of rotavirus infections in vitro with aqueous extracts of *Quillaja Saponaria* Molina. **Future medicinal chemistry**, v. 2, n. 7, p. 1083-1097, 2010. DOI: 10.4155/fmc.10.206.

ROTHER, D. C.; SOUSA, I. L. F.; GRESSLER, E.; LIBONI, A. P.; SOUZA, V. C.; RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. Comparing the potential reproductive phenology between restored areas and native tropical forest fragments in Southeastern Brazil. **Restoration ecology**, v. 30, p. 1-11, 2022.

ROWSHAN, V.; NAJAFIAN, S.; TARAKEMEH, A. Essential oil chemical composition changes affected by leaf ontogeny stages of myrtle (*Myrtus communis* L.). **International Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, p. 114-117, 2012.

SAAD, G. A.; LÉDA, P. H. O.; SÁ, I. M.; SEIXLACK, A. C. C. **Fitoterapia popular contemporânea: tradição e ciência na prática clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SAN MARTIN, R. Sustainable Production of *Quillaja Saponaria* Mol. Saponins. **Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants**. Kluwer Academic Publishers: The Netherland. p. 271. 2000.

SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53; p. 302–11, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866642>.

SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. **Economic Botany**, v. 53, p. 302–11, 1999.

SCARANO, F. R.; GARBIN, M. L. Stem Species: Plant Species that Function as Regenerating Cells of Gaia. **Nova Acta Leopoldina NF**, V. 114, P. 317-324.391, 2013.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA, C. R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, v. 35, n. 2, p. 271-290, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v35i2.4615>.

SCHLOTTERBECK, T.; CASTILLO–RUIZ, M.; CAÑON–JONES, H.; MARTÍN, R. S. The use of leaves from young trees of *Quillaja saponaria* (Molina) plantations as a new source of saponins. **Economic Botany**, v. 69, p. 262-272, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9320-0>.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). **Revista árvore**, v. 28, p. 149-155, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100019>.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, SEMA. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no estado do Paraná**. Curitiba: SEMA/GTZ, 1 ed., 1995, 139 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. **Florestas do Brasil em resumo: dados de 2007 a 2012**. Brasília: SFB; 2013.

SCHEER, M. B.; GATTI, G. A.; WISNIEWSKI, C.; MOCOCHINSKI, A. Y.; CAVASSANI, A. T.; LORENZETTO, A.; PUTINI, F. A. Patterns of litter production in a secondary alluvial Atlantic Rain Forest in southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 32, p. 805-817, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000400018>.

SILVA, I. R.; NETO, A. E. F.; CURI, N.; VALE, F. R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, p. 205-212, 1997.

SILVA, K. D. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; DEMOLINARI, R. D. A.; LOPES, A. T. Restauração florestal de uma mina de bauxita: avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 309-319, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.142515>.

SILVA, T. C.; ARAUJO, E. C. G.; LINS, T. R. S.; REIS, C. A.; SANQUETTA, C. R.; ROCHA, M. P. Non-timber forest products in Brazil: A bibliometric and a state of the art review. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 1–24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12177151>.

SILVEIRA, F.; CIBULSKI, S. P.; VARELA, A. P.; MARQUÉS, J. M.; CHABALGOITY, A.; COSTA, F.; YENDO, A. C. A.; GOSMANN, G.; ROEHE, P. M.; FERNÁNDEZ, C.; FERREIRA, F. *Quillaja brasiliensis* saponins are less toxic than Quil A and have similar properties when used as an adjuvant for a viral antigen preparation. **Vaccine**, v. 29, p. 9177–9182, 2011.

SINGH, V. K.; SINGH, P.; KARMAKAR, M. LETA, J.; MAYR, P. The journal coverage of Web of Science; Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, V. 126, P. 5113–5142, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5>.

SZAKIEL, A.; PAÇZKOWSKI, C; HENRY, M. Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p. 471–491, 2010. DOI: [10.1007/s11101-010-9177-x](https://doi.org/10.1007/s11101-010-9177-x).

TACÓN, A. **Serie Cuadernos para la Innovación FIA - Cuadernos de Campo de Buenas Prácticas de Recolección Sustentable para Productos Forestales No Madereros Prioritarios: Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.)**. Santiago de Chile, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2006. 719p.

TANG, J.; KÖRNER, C.; MURAOKA, H.; PIAO, S.; SHEN, M.; THACKERAY, S. J.; YANG, X. Emerging opportunities and challenges in phenology: a review. **Ecosphere**, v. 7, p. 1-17, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1436>.

THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L. J.; COLLINGHAM, Y. C.; ERASMUS, B. F. N.; SIQUEIRA, M. F.; GRAINGER, A.; HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; VAN JAARSVELD, A. S.; MIDGLEY, G. F.; MILES, L.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, O. L.; WILLIAMS, S. E. Extinction Risk from Climate Change. **Nature**, v. 427, p. 145-148, 2004.

THRON, C. D.; DURANT, R. C.; FRIESS, S. L. Neuromuscular and cytotoxic effects of holothurin a and related saponins at low concentration levels. III. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 103, p. 182-196, 1964. DOI: [10.1016/0041-008x\(64\)90104-8](https://doi.org/10.1016/0041-008x(64)90104-8).

TURMINA, E.; KANIESKI, M. R.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; FARIAS, K. J.; SANTOS, G. N. Regeneração natural de uma área de Floresta Ombrófila Mista. **Oecologia Australis**, v. 24, p. 88-100, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2401.07>.

UDELAR. Universidad de la República. Disponível em: <https://udelar.edu.uy/portal/institucional/>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2024.

VACCINE. **About the journal**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/vaccine>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2024.

VELAZCO, S. J.; BLUM, C. T.; HOFFMANN, P. M. Germination and seedlings development of the threatened species *Quillaja brasiliensis*. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 90-97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201824022530>.

VENZKE, T. S. Florística de comunidades arbóreas no Município de Pelotas; Rio Grande do Sul. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 571-578, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000300008>.

VERMA, N.; SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, 105-113, 2015.

VIGO, C. L. S.; NARITA, E.; MARQUES, L. C. Influências da variação sazonal e tipos de secagem nas características da droga vegetal - raízes de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen (Amaranthaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 14, p. 137-144, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2004000200007>.

VILELA, G. F.; CARVALHO D.; VIEIRA F. A. Fenologia de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) no Alto Rio Grande, sul de Minas Gerais. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 317-329, 2008.

WAGNER, H.; WIESENAUER, M. **Fitoterapia: Fitofármacos, Farmacologia e Aplicações clínicas**. 2.ed. Pharmabooks, 2006. 424p.

WIESMAN, Z.; CHAPAGAIN, B. P.; Laboratory Evaluation of Natural Saponin as a Bioactive Agent against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. **Dengue Bulletin**, v. 27, p. 168-173; 2003.

WOLFF, L. F.; GOMES, G. C.; RODRIGUES, W. F. 2009. Fenologia da vegetação arbórea nativa visando à apicultura sustentável para a agricultura familiar da metade sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 554-558, 2009.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010. <http://dx.doi.org/10.5902/198050982061>.

7 APÊNDICE 1

LISTA DE DOCUMENTOS ANALISADOS NA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DO
CAPÍTULO 1.

<i>Quillaja saponaria</i>			
Ano	Autores	Título	DOI
2022	WESTERDAHL B.B.; BEEM L.W.	Bionematicides for management of root knot nematode on tomatoes	10.17660/Acta Hortic.2022.1351.16
2022	TECHAWIWATTANABOON T.; COURANT T.; BRUNNER L.; SATHEAN-ANAN-KUN S.; KRANGVICHIAN P.; IADSEE N.; NAKORNPAKDEE Y.; SANGJUN N.; KOMANEE P.; COLLIN N.; RUXRUNGTHAM K.; PATARAKUL K.	Designing Adjuvant Formulations to Promote Immunogenicity and Protective Efficacy of Leptospira Immunoglobulin-Like Protein A Subunit Vaccine	10.3389/fcimb.2022.918629
2022	PETKOVA H.; JAREK E.; DOYCHINOV M.; KRZAN M.; MILEVA E.	Synergy in Aqueous Systems Containing Bioactive Ingredients of Natural Origin: Saponin/Pectin Mixtures	10.3390/poly m14204362
2022	MUNIYAPPAN M.; BAEK D.H.; KIM I.H.	Effects of dietary supplementation of quillaja <i>Quillaja</i> saponin or fructooligosaccharide and a mixture of both on the growth performance	10.1080/1828051X.2022.2093656
2022	VÁSQUEZ I.; MIRANDA A.; DELPIANO C.A.; BECERRA P.I.	Seed dispersal distanceSeed dispersal distance, seed morphology, and recruitment in the Chilean sclerophyllous tree <i>Quillaja saponaria</i> : implications for passive restoration in a semiarid ecosystem	10.1007/s11258-021-01207-4
2022	ÇOKÇALIŞKAN C.; TÜRKÖĞLU T.; SAREYYÜPOĞLU B.; TUNCER-GÖKTUNA P.; ÖZBILGE B.B.; UZUNLU E.; KÜRKÇÜ A.; UZUN E.A.; GÜLYAZ V.	Evaluation of Quil-A-Evaluation of Quil-A, E. coli DNA and Montanide™ ISA 206 adjuvant combination on the antibody response to foot-and-mouth disease vaccine in sheep	10.4149/av_2022_304
2022	ESPINOZA S.E.; QUIROZ I.A.; MAGNI C.R.; YÁÑEZ M.A.; MARTÍNEZ E.E.	Long-Term Effects of Copper Mine Tailings on Surrounding Soils and Sclerophyllous Vegetation in Central Chile	10.1007/s11270-022-05782-8
2022	ABDEL-REHEIM M.A.; ASHOUR A.A.; KHATTAB M.A.; GAAFAR A.G.A.	<i>Quillaja saponaria</i> bark saponin attenuates methotrexate induced hepatic oxidative stress	10.7324/JAPS.2022.120510
2022	CHINH T.D.T.; NATHALIE S.-Z.; DIEU H.C.	Influence of microencapsulation parameters on the size and morphology of microcapsules by eco-friendly solvent evaporation method oriented to medical textiles	10.15240/tul/08/2022-4-003

2022	YIN W.-J.; CHEN X.-W.; MA C.-G.; WANG J.-M.	Fabrication and Characterization of Tunable High Internal Phase Emulsion Gels (HIPE-Gels) Formed by Natural Triterpenoid Saponin and Plant Soy Protein	10.1021/acsfoodscitech.2c00082
2022	MARCIANI D.J.	Effects of N-acylation on the immune adjuvanticity of analogs of the <i>Quillaja</i> saponins derivative GPI-0100	10.1016/j.vaccine.2022.05.084
2022	PARUMS D.V.	Editorial: First Approval of the Protein-Based Adjuvanted NuVaxovid (NVX-CoV2373) Novavax Vaccine for SARS-CoV-2 Could Increase Vaccine Uptake and Provide Immune Protection from Viral Variants	10.12659/MSM.936523
2022	FAÚNDEZ Á.; MAGNI C.R.; MARTÍNEZ-HERRERA E.; ESPINOZA S.; VASWANI S.; YAÑEZ M.A.; GRÉZ I.; SEGUEL O.; ABARCA-ROJAS B.; QUIROZ I.	Effect of the Soil Matric Potential on the Germination Capacity of <i>Prosopis chilensis</i>	10.3390/plants11212963
2022	DALENOGARE D.P.; THEISEN M.C.; PERES D.S.; FIALHO M.F.P.; ANDRIGHETTO N.; BARROS L.; LANDINI L.; TITIZ M.; DE LOGU F.; OLIVEIRA S.M.; GEPPETTI P.; NASSINI R.; TREVISAN G.	Transient receptor potential ankyrin 1 mediates headache-related cephalic allodynia in a mouse model of relapsing-remitting multiple sclerosis	10.1097/j.pain.00000000000002520
2022	LINDEMANN M.; BAUMANN C.; WILDE B.; GÄCKLER A.; MELLER L.; HORN P.A.; KRAWCZYK A.; WITZKE O.	Prospective Prospective, Longitudinal Study on Specific Cellular Immune Responses after Vaccination with an Adjuvanted, Recombinant Zoster Vaccine in Kidney Transplant Recipients	10.3390/vaccines10060844
2022	LYU Q.; CHEN L.; LIN S.; CAO H.; TENG H.	A designed self-microemulsion delivery system for dihydromyricetin and its dietary intervention effect on high-fat-diet fed mice	10.1016/j.foodchem.2022.132954
2022	CARTES-RODRÍGUEZ E.; ÁLVAREZ-MALDINI C.; ACEVEDO M.; GONZÁLEZ-ORTEGA M.; URBINA-PARRA A.; LEÓN-LOBOS P.	Pre-Germination Treatments at Operational Scale for Six Tree Species from the Sclerophyll Forest of Central Chile	10.3390/plants11050608
2022	SOTOMAYOR-GERDING D.; MORALES E.; RUBILAR M.	Comparison between <i>Quinoa</i> and <i>Quillaja</i> saponins in the Formation, Stability and Digestibility of Astaxanthin-Canola Oil Emulsions	10.3390/colloids6030043
2022	DE OLIVEIRA FELIPE L.; LEMOS BICAS J.; BOUHOUTE M.; VODO S.; TAARJI N.; NAKAJIMA M.; NEVES M.A.	Formulation and physicochemical stability of oil-in-water nanoemulsion loaded with α -terpineol as flavor oil using <i>Quillaja</i> saponins as natural emulsifier	10.1016/j.foodres.2021.110894
2022	MILLA-MORENO E.; GUY R.D.;	Enlightening the Pathway of Phytoremediation: Ecophysiology and	10.3390/toxics10050237

	SOOLANAYAKANAHALLY R.Y.	X-ray Fluorescence Visualization of Two Chilean Hardwoods Exposed to Excess Copper	
2022	KOLDEHOFF M.; HORN P.A.; LINDEMANN M.	Cellular Immune Response after Vaccination with an Adjuvanted, Recombinant Zoster Vaccine in Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplant Recipients	10.3390/vaccines10050809
2022	STEFANELLO C.; MOREIRA B.; GRÄF W.M.; ROBALO S.; COSTA S.T.; VIEIRA I.M.; MIRANDA D.J.	Effects of a proprietary blend of <i>Quillaja</i> and <i>Yucca</i> on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal measurements of broilers performance	10.1016/j.japr.2022.100251
2022	MAGNI C.; ESPINOZA S.; POCH P.; ABARCA B.; GREZ I.; MARTÍNEZ E.; VASWANI S.; TORO N.; GÓMEZ P.	Leaf phenotypic variation in natural populations of <i>Quillaja saponaria</i> and its relationship with climatic variation; [Variación fenotípica foliar en poblaciones naturales de <i>Quillaja saponaria</i> y su relación con la variación climática]	10.15446/caldasia.v44n3.90148
2022	ROJAS-ARÉVALO N.; OVALLE J.F.; OLIET J.A.; PIPER F.I.; VALENZUELA P.; GINOCCHIO R.; ARELLANO E.C.	Solid shelter tubes alleviate summer stresses during outplanting in drought-tolerant species of Mediterranean forests	10.1007/s11056-021-09872-z
2022	ELKARADAWY A.; ABDEL-RAHIM M.M.; MOHAMED R.A.	<i>Quillaja saponaria</i> and/or linseed oil improved growth performance, water quality, welfare profile and immune-oxidative status of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> fingerlings	10.1111/are.15602
2022	DÉMOSTHÈNES A.; SION B.; GIRAUDET F.; MOISSET X.; DAULHAC L.; ESCHALIER A.; BÉGOU M.	In-Depth Characterization of Somatic and Orofacial Sensitive Dysfunctions and Interfering-Symptoms in a Relapsing-Remitting Experimental Autoimmune Encephalomyelitis Mouse Model	10.3389/fneur.2021.789432
2022	ABRIL D.; FERRER V.; MIRABAL-GALLARDO Y.; CABRERA-BARJAS G.; SEGURA C.; MARICAN A.; PEREIRA A.; DURÁN-LARA E.F.; VALDÉS O.	Comparative Study of Three Dyes' Adsorption onto Activated Carbon from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd and <i>Quillaja saponaria</i>	10.3390/ma15144898
2022	GAO Y.; DONG Q.; ZHAO S.; ZHAO Y.; ZHANG Y.; WANG H.; WANG Y.; WANG W.; WANG L.; WANG H.	Efficient ultrasound-assisted enzymatic method for extraction of immunostimulant QS-21 from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/j.indcrop.2022.115807
2022	YAGIZ Y.; WANG G.P.; GU L.	Emulsification by vitamin E TPGS or <i>Quillaja</i> extract enhanced absorption of berberine without affecting its metabolism in humans	10.1039/d2fo02288e
2022	CHEN P.; JIN D.; YANG S.; YU X.; YI G.; HU S.; SUN Y.; HU Y.; CUI J.; RANG J.; XIA L.	<i>Aeromonas veronii</i> infection remarkably increases expression of lysozymes in grass carp (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>) and	10.1016/j.micpath.2022.105646

		injection of lysozyme expression cassette along with QCDC adjuvant significantly upregulates immune factors and decreases cumulative mortality	
2021	CAÑÓN JONES H.A.; SCHLOTTERBECK SUAREZ T.; CASTILLO-RUIZ M.; CORTES GONZALEZ H.; ASECIO G.; LATUZ S.; SAN MARTÍN R.	In vitro efficacy of <i>Quillaja saponaria</i> extracts on the infective life-stage of ectoparasite <i>Caligus rogercresseyi</i>	10.1111/jwas.12829
2021	QI Y.; FOX C.B.	A Two-Step Orthogonal Chromatographic Process for Purifying the Molecular Adjuvant QS-21 with High Purity and Yield	10.1016/j.chroma.2020.461705
2021	BUDRONI S.; BURICCHI F.; CAVALLONE A.; BOURGUIGNON P.; CAUBET M.; DEWAR V.; D'ORO U.; FINCO O.; GARÇON N.; EL IDRISSE M.; JANSSENS M.; LEROUX-ROELS G.; MARCHANT A.; SCHWARZ T.; VAN DAMME P.; VOLPINI G.; VAN DER MOST R.; DIDIERLAURENT A.M.; BURNY W.	Antibody avidity, persistence, and response to antigen recall: comparison of vaccine adjuvants	10.1038/s41541-021-00337-0
2021	SONG H.Y.; MCCLEMENTS D.J.	Nano-enabled-fortification of salad dressings with curcumin: Impact of nanoemulsion-based delivery systems on physicochemical properties	10.1016/j.lwt.2021.111299
2021	YOUSSEF I.M.I.; MÄNNER K.; ZENTEK J.	Effect of essential oils or saponins alone or in combination on productive performance, intestinal morphology and digestive enzymes' activity of broiler chickens	10.1111/jpn.13431
2021	ZHOU H.; ZHENG B.; MCCLEMENTS D.J.	Encapsulation of lipophilic polyphenols in plant-based nanoemulsions: Impact of carrier oil on lipid digestion and curcumin	10.1039/d1fo0275a
2021	SULTANA A.; MAKI Y.; FERMIN A.; ADACHI S.; YOSHII H.	Stability of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in spray-dried powder of emulsified krill oil	10.1016/j.fufo.2020.100009
2021	MILLA-MORENO E.; GUY R.D.	Growth response, uptake and mobilization of metals in native plant species on tailings at a Chilean copper mine	10.1080/15226514.2020.1838435
2021	FRIEDMAN-KLABANOFF D.J.; BERRY A.A.; TRAVASSOS M.A.; COX C.; ZHOU Y.; MO A.X.; NOMICOS E.Y.H.; DEYE G.A.; PASETTI M.F.; LAURENS M.B.	Low dose recombinant full-length circumsporozoite protein-based Plasmodium falciparum vaccine is well-tolerated and highly immunogenic in phase 1 first-in-human clinical testing	10.1016/j.vaccine.2020.12.023

2021	GUERRERO F.; HERNÁNDEZ C.; TOLEDO M.; ESPINOZA L.; CARRASCO Y.; ARRIAGADA A.; MUÑOZ A.; TABORGA L.; BERGMANN J.; CARMONA C.	Leaf thermal and chemical properties as natural drivers of plant flammability of native and exotic tree species of the valparaíso region	10.3390/ijerph18137191
2021	ELKANZI N.A.A.; HRICHI H.; BAKR R.B.; HENDAWY O.; ALRUWAILI M.M.; ALRUWAILI E.D.; ALMAMTRFI R.W.; ALSHARARY H.K.	SynthesisSynthesis, in vitro evaluation and molecular docking of new pyrazole derivatives bearing 1,5,10,10a-tetrahydrobenzo[g]quinoline-3-carbonitrile moiety as potent antibacterial agents	10.1007/s13738-020-02086-8
2021	ALMEIDA G.G.; COURA F.M.; DE MELO BARBIERI J.; MOURA A.C.J.; DE OLIVEIRA PAES-LEME F.; DA COSTA-VAL A.P.	FML/QuilA-Vaccinated Dogs Naturally Infected with Leishmania infantum: Serum Cytokines	10.1155/2021/3192960
2021	MIRONENKO N.V.; SHKUTINA I.V.; KALMYKOVA A.S.; SELEMENEV V.F.	Investigation of the possibility of using the method of differential spectrophotometry for the analysis of overlapping absorption bands of triterpene saponins chromophores and their quantitative determination in aqueous solutions	10.14258/JCP RM.2021049268
2021	JANITZEK C.M.; CARLSEN P.H.R.; THRANE S.; KHANNA V.M.; JAKOB V.; BARNIER-QUER C.; COLLIN N.; THEANDER T.G.; SALANTI A.; NIELSEN M.A.; SANDER A.F.	The immunogenicity of capsid-like particle vaccines in combination with different adjuvants using different routes of administration	10.3390/vaccines9020131
2021	LÜ Q.; LIN S.; MI Y.; QIAN Y.; TENG H.; CHEN L.	PreparationPreparation, Characterization and Activity of D- α -Tocopheryl Polyethylene Glycol 1000 Succinate-Saponin Microemulsion	10.7506/spkx1002-6630-20210409-125
2021	ZHOU F.; HANSEN L.; PEDERSEN G.; GRØDELAND G.; COX R.	Matrix M Adjuvanted H5N1 Vaccine Elicits Broadly Neutralizing Antibodies and Neuraminidase Inhibiting Antibodies in Humans That Correlate With In Vivo Protection	10.3389/fimmu.2021.747774
2021	POLITOVA-BRINKOVA N.; HRISTOVA M.; GEORGIEV V.; TCHOLAKOVA S.; DENKOV N.; GRANDL M.; ACHENBACH F.	Role of surfactant adsorption and surface properties for the efficiency of PDMS-silica antifoams	10.1016/j.colsurfa.2020.125747
2021	AHMAD W.; SHETAB BOUSHEHRI M.A.; LAMPRECHT A.	Polymeric matrix hydrophobicity governs saponin packing-density on nanoparticle surface and the subsequent biological interactions	10.1016/j.jcis.2021.03.027
2021	ELKARADAWY A.; ABDEL-RAHIM M.M.; ALBALAWI A.E.; ALTHOBAITI N.A.; ABOZEID A.M.; MOHAMED	Synergistic effects of the soapbark tree, <i>Quillaja saponaria</i> and Vitamin E on water quality, growth performance, blood health, gills and intestine	10.1016/j.aqrep.2021.100733

	R.A.	histomorphology of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> fingerlings	
2021	ABOZEID A.M.; ABDEL-RAHIM M.M.; ABOULENIEN F.; ELKARADAWY A.; MOHAMED R.A.	<i>Quillaja saponaria</i> and/or <i>Yucca schidigera</i> ameliorate water quality, growth performance, blood health, intestine and gills histomorphology of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i>	10.1111/are.15474
2021	AGHDAM S.K.-Y.; KAZEMI A.; AHMADI M.	A laboratory study of a novel bio-based nonionic surfactant to mitigate clay swelling	10.1016/j.petlm.2020.09.002
2021	BAFUNDO K.W.; GOMEZ L.; LUMPKINS B.; MATHIS G.F.; MCNAUGHTON J.L.; DUERR I.	Concurrent use of saponins and live coccidiosis vaccines: the influence of a <i>Quillaja</i> and <i>Yucca</i> combination on anticoccidial effects and performance results of coccidia-vaccinated broilers	10.1016/j.psj.2020.12.010
2021	ZHANG Z.; TAN Y.; MCCLEMENTS D.J.	Investigate the adverse effects of foliarly applied antimicrobial nanoemulsion (carvacrol) on spinach	10.1016/j.lwt.2021.110936
2021	ESPINOZA S.E.; YAÑEZ M.A.; MARTÍNEZ E.E.; CARRASCO-BENAVIDES M.R.; VASWANI S.A.; GAJARDO J.; MAGNI C.R.	Influence of provenance origin on the early performance of two <i>sclerophyllous</i> Mediterranean species established in burned drylands	10.1038/s41598-021-85599-3
2021	THALHAMER B.; BUCHBERGER W.	Discrepancies in the German Pharmacopoeia procedure for quality control of <i>Quillaja</i> saponin extracts	10.1002/ardp.202100262
2021	GRZYWACZYK A.; SMUŁEK W.; SMUŁEK G.; ŚLACHCIŃSKI M.; KACZOREK E.	Application of natural surfactants for improving the leaching of zinc and copper from different soils	10.1016/j.eti.2021.101926
2021	LECAS L.; NUCCIO S.; DE VAUMAS R.; FAURE K.	Off-line two-dimensional liquid chromatography separation for the quality control of saponins samples from <i>Quillaja Saponaria</i>	10.1002/jssc.202100115
2021	TAN Y.; ZHOU H.; ZHANG Z.; MCCLEMENTS D.J.	Bioaccessibility of oil-soluble vitamins (A, D, E) in plant-based emulsions: impact of oil droplet size	10.1039/d1fo00347j
2021	BAFUNDO K.W.; MÄNNER K.; DUERR I.	The combination of <i>Quillaja</i> and <i>Yucca</i> saponins in broilers: effects on performance, nutrient digestibility and ileal morphometrics	10.1080/00071668.2021.1891523
2021	BAFUNDO K.W.; DUERR I.; MCNAUGHTON J.L.; JOHNSON A.B.	The effects of a <i>Quillaja</i> and <i>Yucca</i> combination on performance and carcass traits of coccidia-vaccinated broilers exposed to an enteric disease challenge	10.1016/j.psj.2021.101391
2021	ZHOU H.; ZHENG B.; MCCLEMENTS D.J.	In Vitro Gastrointestinal Stability of Lipophilic Polyphenols is Dependent on their Oil-Water Partitioning in Emulsions: Studies on Curcumin, Resveratrol, and Quercetin	10.1021/acs.jafc.0c07578
2021	MUNDO J.L.M.; ZHOU H.; TAN Y.; LIU J.; MCCLEMENTS D.J.	Enhancing emulsion functionality using multilayer technology: Coating lipid droplets with saponin-	10.1016/j.foodres.2020.109864

		polypeptide-polysaccharide layers by electrostatic deposition	
2021	TAN Y.; ZHANG Z.; LIU J.; XIAO H.; MCCLEMENTS D.J.	Factors impacting lipid digestion and nutraceutical bioaccessibility assessed by standardized gastrointestinal model (INFOGEST): Oil	10.1039/d1fo90010b
2021	YASUDA M.; TABATA M.	Effect of emulsifiers on the discoloration of chlorophyll and their potential for use in green beverages	10.1111/1750-3841.15782
2021	DE AGUIAR A.C.; DE PAULA J.T.; MUNDO J.L.M.; MARTÍNEZ J.; MCCLEMENTS D.J.	Influence of type of natural emulsifier and microfluidization conditions on Capsicum oleoresin nanoemulsions properties and stability	10.1111/jfpe.13660
2021	DEOTALE S.M.; DUTTA S.; MOSES J.A.; ANANDHARAMAKRISHNA N C.	Comparative study of stabilization of coffee bubbles at the air-water interface through different surfactants	10.1016/j.afres.2021.100012
2021	DANG D.X.; KIM I.H.	Effects of <i>Quillaja</i> saponin supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal microbiota, and fecal gas emission in growing pigs	10.1139/cjas-2020-0185
2021	MIRONENKO N.V.; SHKUTINA I.V.; SELEMENEV V.F.	Peculiarities Of Micelle Formation Of Pentacyclic Glycosides In Aqueous Solutions	10.6060/ivkkt.20216404.6347
2021	BANERJEE A.; BINDER J.; SALAMA R.; TRANT J.F.	Synthesis, characterization and stress-testing of a robust <i>quillaja</i> saponin stabilized oil-in-water phytocannabinoid nanoemulsion	10.1186/s42238-021-00094-w
2021	DE OLIVEIRA FELIPE L.; BICAS J.L.; MOREIRA R.C.; ALEXANDRINO T.D.; CHANGWATCHAI T.; NAKAJIMA M.; NEVES M.A.	Elaboration and Properties of an Oil-in-Water Nanoemulsion Loaded with a Terpene-Enriched Oil Mixture Obtained Biotechnologically	10.1021/acsagscitech.1c00129
2021	CORTÉS H.D.; GÓMEZ F.A.; MARSHALL S.H.	The phagosome–lysosome fusion is the target of a purified <i>Quillaja</i> saponin extract (Pqse) in reducing infection of fish macrophages by the bacterial pathogen <i>piscirickettsia salmonis</i>	10.3390/antibiotics10070847
2020	DE ANDRADE D.F.; JANK L.; REGO V.B.; MINOZZO R.; SFOGGIA M.V.B.; BAVARESCO Á.; BARRETO F.	A liquid chromatography coupled to quadrupole–time-of-flight–mass spectrometry (LC–QTOF–MS) method for identification analysis of saponins from <i>Quillaja saponaria</i> bark extracts in foot-and-mouth disease vaccines: Development	10.1002/bmc.4873
2020	CHEN X.-W.; SUN S.-D.; MA C.-G.; YANG X.-Q.	Oil-Water Interfacial-Directed Spontaneous Self-Assembly of Natural <i>Quillaja</i> Saponin for Controlling Interface Permeability in Colloidal Emulsions	10.1021/acs.jafc.0c04431
2020	REAGAN W.J.; SHOIEB A.M.; SCHOMAKER S.J.;	Evaluation of Rat Acute Phase Proteins as Inflammatory Biomarkers	10.1177/019262332095728

	MARKIEWICZ V.R.; CLARKE D.W.; SELLERS R.S.	for Vaccine Nonclinical Safety Studies	1
2020	FLORES BUESO Y.; WALKER S.; QUINN J.; TANGNEY M.	A novel cell permeability assay for macromolecules	10.1186/s12860-020-00321-x
2020	WAN J.; JIN Z.; ZHONG S.; SCHWARZ P.; CHEN B.; RAO J.	Clove oil-in-water nanoemulsion: Mitigates growth of <i>Fusarium graminearum</i> and trichothecene mycotoxin production during the malting of <i>Fusarium</i> infected barley	10.1016/j.foodchem.2019.126120
2020	TAN Y.; ZHANG Z.; MURIEL MUNDO J.; MCCLEMENTS D.J.	Factors impacting lipid digestion and nutraceutical bioaccessibility assessed by standardized gastrointestinal model (INFOGEST): Emulsifier type	10.1016/j.foodres.2020.109739
2020	GUZMÁN L.; VILLALÓN K.; MARCHANT M.J.; TARNOK M.E.; CÁRDENAS P.; AQUEA G.; ACEVEDO W.; PADILLA L.; BERNAL G.; MOLINARI A.; CORVALÁN A.	In vitro evaluation and molecular docking of QS-21 and quillaic acid from <i>Quillaja saponaria</i> Molina as gastric cancer agents	10.1038/s41598-020-67442-3
2020	GUERRERO F.; TOLEDO M.; RIPOLL N.; ESPINOZA L.; MORALES R.; MUÑOZ A.; TABORGA L.; CARRASCO Y.	Thermo-and physicochemical properties of native and exotic forest species of Valparaíso	10.1071/WF19086
2020	LEIBTAG S.; PESHKOVSKY A.	Cannabis extract nanoemulsions produced by high-intensity ultrasound: Formulation development and scale-up	10.1016/j.jddst.2020.101953
2020	LIU J.; KHARAT M.; TAN Y.; ZHOU H.; MURIEL MUNDO J.L.; MCCLEMENTS D.J.	Impact of fat crystallization on the resistance of W/O/W emulsions to osmotic stress: Potential for temperature-triggered release	10.1016/j.foodres.2020.109273
2020	TAN Y.; ZHANG Z.; LIU J.; XIAO H.; MCCLEMENTS D.J.	Factors impacting lipid digestion and nutraceutical bioaccessibility assessed by standardized gastrointestinal model (INFOGEST): Oil	10.1039/d0fo01505a
2020	ADOMAITIS M.; SKUJENĖ G.	Lethal doses of saponins from <i>Quillaja saponaria</i> for invasive slug <i>arion vulgaris</i> and non-target organism <i>enchytraeus albidus</i> (Olygochaeta: Enchytraeidae)	10.3390/insect11110738
2020	JARZĘBSKI M.; SIEJAK P.; SMUŁEK W.; FATHORDOOBADY F.; GUO Y.; PAWLICZ J.; TRZECIAK T.; KOWALCZEWSKI P.Ł.; KITTS D.D.; SINGH A.; SINGH A.P.	Plant extracts containing saponins affects the stability and biological activity of hempseed oil emulsion system	10.3390/molecules25112696
2020	HEIDARPOUR M.; ANARAKI-ARDAKANI H.; HASANZADEH N.; RAYATZADEH A.	Efficient synthesis of β -aminoketones catalyzed by $Fe_3O_4@quillaja$ sapogenin/Ni (II) as a novel magnetic nano-catalyst	10.1002/aoc.5834
2020	KASPCZAK E.; SILVEIRA J.L.M.; IGARASHI-MAFRA L.; MAFRA M.R.	Effect of antinutrients on heat-set gelation of soy, pea, and rice protein isolates	10.1007/s13197-020-04458-7

2020	PRICHAPAN N.; MCCLEMENTS D.J.; KLINKESORN U.	Encapsulation of Iron within W1/O/W2 Emulsions Formulated Using a Natural Hydrophilic Surfactant (Saponin): Impact of Surfactant Level and Oil Phase Crystallization	10.1007/s11483-020-09628-w
2020	ŠKALAMERA Đ.; KIM H.; ZHANG P.; MICHALEK S.M.; WANG P.	Impact of C28 Oligosaccharide on Adjuvant Activity of QS-7 Analogues	10.1021/acs.joc.0c00359
2020	DEV KUMAR G.; MIS SOLVAL K.; MISHRA A.; MACARISIN D.	Antimicrobial Efficacy of Pelargonic Acid Micelles against Salmonella varies by Surfactant	10.1038/s41598-020-67223-y
2020	OVALLE C.; MARTÍNEZ I.; URIBE H.; PRAT C.; POZO A.; VALDERRAMA N.; RUÍZ G.	Effects of soil and water conservation technologies on the establishment	10.4067/S0718-58392020000400640
2020	LIU J.; ZHOU H.; MURIEL MUNDO J.L.; TAN Y.; PHAM H.; MCCLEMENTS D.J.	Fabrication and characterization of W/O/W emulsions with crystalline lipid phase	10.1016/j.jfoodeng.2019.109826
2020	MURIEL MUNDO J.L.; ZHOU H.; TAN Y.; LIU J.; MCCLEMENTS D.J.	Stabilization of soybean oil-in-water emulsions using polypeptide multilayers: Cationic polylysine and anionic polyglutamic acid	10.1016/j.foodres.2020.109304
2020	LI R.; DAI T.; ZHOU W.; FU G.; WAN Y.; MCCLEMENTS D.J.; LI J.	Impact of pH, ferrous ions, and tannic acid on lipid oxidation in plant-based emulsions containing saponin-coated flaxseed oil droplets	10.1016/j.foodres.2020.109618
2020	VYAS S.; DHOBLE S.; GHODAKE V.; PATRAVALE V.	Xyloglucan based mucosal nanovaccine for immunological protection against brucellosis developed by supercritical fluid technology	10.1016/j.ijpx.2020.100053
2020	SALMINEN H.; BISCHOFF S.; WEISS J.	Formation and stability of emulsions stabilized by <i>Quillaja</i> saponin–egg lecithin mixtures	10.1111/1750-3841.15104
2020	SIBANYONI M.N.; CHAUDHARY S.K.; CHEN W.; ADHAMI H.-R.; COMBRINCK S.; MAHARAJ V.; SCHUSTER D.; VILJOEN A.	Isolation, in vitro evaluation and molecular docking of acetylcholinesterase inhibitors from South African Amaryllidaceae	10.1016/j.fitote.2020.104650
2020	RODRÍGUEZ-LAVADO J.; GALLARDO-GARRIDO C.; MALLEA M.; BUSTOS V.; OSORIO R.; HÖDAR- SALAZAR M.; CHUNG H.; ARAYA-MATURANA R.; LORCA M.; PESSOA- MAHANA C.D.; MELLA- RAIPÁN J.; SAITZ C.; JAQUE P.; REYES-PARADA M.; ITURRIAGA-VÁSQUEZ P.; PESSOA-MAHANA H.	Synthesis, in vitro evaluation and molecular docking of a new class of indolylpropyl benzamidopiperazines as dual AChE and SERT ligands for Alzheimer's disease	10.1016/j.ejmec.2020.112368
2020	BAFUNDO K.W.; JOHNSON A.B.; MATHIS G.F.	The Effects of a Combination of <i>Quillaja saponaria</i> and <i>Yucca</i>	10.1637/avian diseases-D-

		<i>schidigera</i> on <i>Eimeria</i> spp. In Broiler Chickens	20-00016
2020	MPHAHLELE M.J.; CHOONG Y.S.; MALULEKA M.M.; GILDENHUYS S.	Synthesis, In Vitro Evaluation and Molecular Docking of the 5-Acetyl-2-aryl-6-hydroxybenzo[b]furans against Multiple Targets Linked to Type 2 Diabetes	10.3390/biom10030418
2020	LI J.-Y.; CHEN X.-W.; YANG X.-Q.	Preparation and Characteristics of High-oil-load Antarctic Krill Oil Powder Stabilized by Natural <i>Quillaja</i> Saponin;	10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.1.029
2020	KOMATSU N.; KOMATSU M.; OHASHI R.; HORII A.; HOSHI K.; TAKATO T.; ABE T.; HAMAKUBO T.	Saponin Facilitates Anti-Robol Immunotoxin Cytotoxic Effects on Maxillary Sinus Squamous Cell Carcinoma	10.1155/2020/9593516
2020	DANG D.X.; KIM I.H.	Effects of dietary supplementation of <i>Quillaja</i> saponin on growth performance, nutrient digestibility, fecal gas emissions, and meat quality in finishing pigs	10.1080/09712119.2020.1813739
2020	TSIBRANSKA S.; TCHOLAKOVA S.; GOLEMANOV K.; DENKOV N.; PELAN E.; STOYANOV S.D.	Role of interfacial elasticity for the rheological properties of saponin-stabilized emulsions	10.1016/j.jcis.2019.12.108
2020	CAÑÓN-JONES H.; CORTES H.; CASTILLO-RUIZ M.; SCHLOTTERBECK T.; MARTÍN R.S.	<i>Quillaja saponaria</i> (Molina) extracts inhibits in vitro <i>Piscirickettsia salmonis</i> infections	10.3390/ani10122286
2020	WEI Y.; TONG Z.; DAI L.; MA P.; ZHANG M.; LIU J.; MAO L.; YUAN F.; GAO Y.	Novel colloidal particles and natural small molecular surfactants co-stabilized Pickering emulsions with hierarchical interfacial structure: Enhanced stability and controllable lipolysis	10.1016/j.jcis.2019.12.085
2020	ORCZYK M.; WOJCIECHOWSKI K.; BREZESINSKI G.	The influence of steroidal and triterpenoid saponins on monolayer models of the outer leaflets of human erythrocytes	10.1016/j.jcis.2019.12.014
2020	KASPCHAK E.; MISUGI KAYUKAWA C.T.; MEIRA SILVEIRA J.L.; IGARASHI-MAFRA L.; MAFRA M.R.	Interaction of <i>Quillaja</i> bark saponin and bovine serum albumin: Effect on secondary and tertiary structure	10.1016/j.lwt.2019.108970
2020	FINK R.; POTOČNIK A.; ODER M.	Plant-based natural saponins for <i>Escherichia coli</i> surface hygiene management	10.1016/j.lwt.2020.109018
2020	CÁCERES-POLGROSSI L.; PROMIS A.; GUTIÉRREZ A.G.	Leaf litter hides post-dispersed seeds from invasive alien removers in a sclerophyll forest in central chile	10.5424/fs/2020293-16845
2020	MIRONENKO N.V.; SHKUTINA I.V.; BREZHNEVA T.A.; SELEMENEV V.F.	Development of a method for hydrolytic cleavage of molecules saponins-derivatives of <i>Quillaja</i> acid	10.14258/jcpr m.2020015172
2020	SCHREINER T.B.; SANTAMARIA-ECHART A.;	Formulation and optimization of nanoemulsions using the natural	10.3390/molecules2507153

	RIBEIRO A.; PERES A.M.; DIAS M.M.; PINHO S.P.; BARREIRO M.F.	surfactant saponin from <i>Quillaja</i> bark	8
2020	KAYUKAWA C.T.M.; OLIVEIRA M.A.S.; KASPCHAK E.; SANCHUKI H.B.S.; IGARASHI-MAFRA L.; MAFRA M.R.	<i>Quillaja</i> bark saponin effects on <i>Kluyveromyces lactis</i> β -galactosidase activity and structure	10.1016/j.foodchem.2019.12.5388
2020	MIRONENKO NATALIA V.; SMUSEVA SVETLANA O.; KOTSAREVA TATIANA V.; SELEMENEV VLADIMIR F.	Description of the sorption isotherm of triterpene saponin on natural sorbents MN-200	10.17308/sorpchrom.2020.20/2378
2020	ESPINOZA S.E.; YAÑEZ M.A.; MAGNI C.R.; SANTELICES R.E.; CABRERA A.M.	Outplanting performance of three provenances of <i>Quillaja saponaria</i> mol. Established in a mediterranean drought-prone site and grown in different container size	10.3832/ifer3142-012
2020	SALMINEN H.; STÜBLER A.-S.; WEISS J.	Preparation, characterization, and physical stability of cocoa butter and tristearin nanoparticles containing β -carotene	10.1007/s00217-020-03431-0
2020	WANG P.; DING X.; KIM H.; MICHALEK S.M.; ZHANG P.	Structural Effect on Adjuvanticity of Saponins	10.1021/acs.jmedchem.9b02063
2019	SCIASCIA L.; CASELLA S.; CAVALLARO G.; LAZZARA G.; MILIOTO S.; PRINCIVALLE F.; PARISI F.	Olive mill wastewaters decontamination based on organo-nano-clay composites	10.1016/j.ceramint.2018.08.155
2019	REICHERT C.L.; SALMINEN H.; BADOLATO BÖNISCH G.; SCHÄFER C.; WEISS J.	Influence of concentration ratio on emulsifying properties of <i>Quillaja saponin</i> - protein or lecithin mixed systems	10.1016/j.colsurfa.2018.10.050
2019	CHEN X.-W.; YANG X.-Q.	Characterization of Orange Oil Powders and Oleogels Fabricated from Emulsion Templates Stabilized Solely by a Natural Triterpene Saponin	10.1021/acs.jafc.8b04588
2019	LI R.; TAN Y.; DAI T.; ZHANG R.; FU G.; WAN Y.; LIU C.; MCCLEMENTS D.J.	Bioaccessibility and stability of β -carotene encapsulated in plant-based emulsions: Impact of emulsifier type and tannic acid	10.1039/c9fo01370a
2019	WU H.; MENG Q.; ZHOU Z.; YU Z.	Ferric citrate, nitrate, saponin and their combinations affect in vitro ruminal fermentation, production of sulphide and methane and abundance of select microbial populations	10.1111/jam.14286
2019	LV S.; ZHANG Y.; TAN H.; ZHANG R.; MCCLEMENTS D.J.	Vitamin e Encapsulation within Oil-in-Water Emulsions: Impact of Emulsifier Type on Physicochemical Stability and Bioaccessibility	10.1021/acs.jafc.8b06347
2019	SEDAGHAT DOOST A.; VAN CAMP J.; DEWETTINCK K.; VAN DER MEEREN P.	Production of thymol nanoemulsions stabilized using <i>Quillaja</i> Saponin as a biosurfactant: Antioxidant activity enhancement	10.1016/j.foodchem.2019.04.090
2019	WUI S.R.; KIM K.S.; RYU J.I.	Efficient induction of cell-mediated	10.1016/j.vacc

	KO A.; DO H.T.T.; LEE Y.J.; KIM H.J.; LIM S.J.; PARK S.A.; CHO Y.J.; KIM C.-G.; LEE N.G.	immunity to varicella-zoster virus glycoprotein E co-lyophilized with a cationic liposome-based adjuvant in mice	ine.2019.02.048
2019	SALMINEN H.; BISCHOFF S.; WEISS J.	Impact of Concentration Ratio on the Formation and Stability of Emulsions Stabilized by <i>Quillaja</i> Saponin – Sodium Caseinate Mixtures	10.1007/s11483-018-09563-x
2019	DEV KUMAR G.; RAVISHANKAR S.	Ozonized water with plant antimicrobials: An effective method to inactivate <i>Salmonella enterica</i> on iceberg lettuce in the produce wash water	10.1016/j.envres.2018.11.023
2019	WANG P.; ŠKALAMERA D.; SUI X.; ZHANG P.; MICHALEK S.M.	Synthesis and Evaluation of a QS-17/18-Based Vaccine Adjuvant	10.1021/acs.jmedchem.8b01997
2019	ULAGANATHAN V.; DEL CASTILLO L.; WEBBER J.L.; HO T.T.M.; FERRI J.K.; KRASOWSKA M.; BEATTIE D.A.	The influence of pH on the interfacial behaviour of <i>Quillaja</i> bark saponin at the air-solution interface	10.1016/j.colsurfb.2019.01.017
2019	XU X.; SUN Q.; MCCLEMENTS D.J.	Enhancing the formation and stability of emulsions using mixed natural emulsifiers: Hydrolyzed rice glutelin and <i>Quillaja</i> saponin	10.1016/j.foodhyd.2018.11.020
2019	CHEN X.-W.; NING X.-Y.; ZOU Y.; LIU X.; YANG X.-Q.	Multicompartment emulsion droplets for programmed release of hydrophobic cargoes	10.1039/c9fo00558g
2019	CHEN X.-W.; NING X.-Y.; YANG X.-Q.	Fabrication of Novel Hierarchical Multicompartment Highly Stable Triple Emulsions for the Segregation and Protection of Multiple Cargos by Spatial Co-encapsulation	10.1021/acs.jafc.9b03509
2019	GIORDANO A.; RETAMAL M.; FUENTES E.; ASCAR L.; VELÁSQUEZ P.; RODRÍGUEZ K.; MONTENEGRO G.	Rapid Scanning of the Origin and Antioxidant Potential of Chilean Native Honey Through Infrared Spectroscopy and Chemometrics	10.1007/s12161-019-01473-z
2019	KHARAT M.; MCCLEMENTS D.J.	Fabrication and characterization of nanostructured lipid carriers (NLC) using a plant-based emulsifier: <i>Quillaja</i> saponin	10.1016/j.foodres.2019.108601
2019	UPADHYAY S.K.; HARI O.	Spectrophotometric and conductometric study of the interaction of saponin with chromium(VI) and lead(II)	10.1007/s13762-019-02210-z
2019	JIANG X.; STROBEL B.W.; CEDERGREEN N.; CAO Y.; HANSEN H.C.B.	Stability of saponin biopesticides: Hydrolysis in aqueous solutions and lake waters	10.1039/c9em00012g
2019	ZHU Z.; WEN Y.; YI J.; CAO Y.; LIU F.; MCCLEMENTS D.J.	Comparison of natural and synthetic surfactants at forming and stabilizing nanoemulsions: Tea saponin, <i>Quillaja</i> saponin, and Tween 80	10.1016/j.jcis.2018.10.024
2019	ARRAU S.; RODRÍGUEZ-DÍAZ M.; CASSELS B.K.;	Antihyperalgesic activity of quillaic acid obtained from <i>Quillaja saponaria</i>	10.2174/156802661966619

	VALENZUELA-BARRA G.; DELPORTE C.; BARRIGA A.; MIRANDA H.F.	Mol.	0509115741
2019	WAN J.; ZHONG S.; SCHWARZ P.; CHEN B.; RAO J.	Enhancement of antifungal and mycotoxin inhibitory activities of food-grade thyme oil nanoemulsions with natural emulsifiers	10.1016/j.foodcont.2019.106709
2019	VIZOSO P.; UNDURRAGA S.F.; VELOZO J.	Chloroplast genome of the soap bark tree <i>Quillaja saponaria</i>	10.3389/fevo.2019.00104
2019	TECHAWIWATTANABOON T.; BARNIER-QUER C.; PALAGA T.; JACQUET A.; COLLIN N.; SANGJUN N.; KOMANEE P.; PIBOONPOCANUN S.; PATARAKUL K.	Reduced renal colonization and enhanced protection by leptospiral factor h binding proteins as a multisubunit vaccine against leptospirosis in hamsters	10.3390/vaccines7030095
2019	MAGNI C.; ESPINOZA S.; POCH P.; ABARCA B.; GREZ I.; MARTÍNEZ E.; YÁÑEZ M.; SANTELICES R.; CABRERA A.	Growth and biomass partitioning of nine provenances of <i>Quillaja saponaria</i> seedlings to water stress	10.2989/20702620.2018.1512789
2019	DOI T.; WANG M.; MCCLEMENTS D.J.	Emulsion-based control of flavor release profiles: Impact of oil droplet characteristics on garlic aroma release during simulated cooking	10.1016/j.foodres.2018.12.056
2019	SALMINEN H.; ANKENBRAND J.; ZEEB B.; BADOLATO BÖNISCH G.; SCHÄFER C.; KOHLUS R.; WEISS J.	Influence of spray drying on the stability of food-grade solid lipid nanoparticles	10.1016/j.foodres.2018.10.056
2019	HEIDARI A.R.; BOROUMAND-NOUGHABI S.; NOSRATABADI R.; LAVI ARAB F.; TABASI N.; RASTIN M.; MAHMOUDI M.	Acylated and deacylated <i>Quillaja</i> saponin-21 adjuvants have opposite roles when utilized for immunization of C57BL/6 mice model with MOG 35-55 peptide	10.1016/j.msard.2019.01.025
2019	LIU J.; TAN Y.; ZHOU H.; MURIEL MUNDO J.L.; MCCLEMENTS D.J.	Protection of anthocyanin-rich extract from pH-induced color changes using water-in-oil-in-water emulsions	10.1016/j.jfoodeng.2019.02.021
2019	PIRAHMADI S.; ZAKERI S.; MEHRIZI A.A.; DJADID N.D.; RAZ A.-A.; SANI J.J.	Combining Monophosphoryl Lipid A (MPL), CpG Oligodeoxynucleotide (ODN), and QS-21 Adjuvants Induces Strong and Persistent Functional Antibodies and T Cell Responses against Cell-Traversal Protein for Ookinetes and Sporozoites (CeTOS) of <i>Plasmodium falciparum</i> in BALB/c Mice	10.1128/IAI.00911-18
2019	FELLENBERG M.A.; PEÑA I.; IBÁÑEZ R.A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ E.	Effect of dietary quillay polyphenols on the oxidative quality of broiler meat;	10.1399/eps.2019.287
2019	RIQUELME N.; ZUÑIGA R.N.; ARANCIBIA C.	Physical stability of nanoemulsions with emulsifier mixtures: Replacement of tween 80 with <i>Quillaja</i> saponin	10.1016/j.lwt.2019.05.067
2019	WANG P.; ŠKALAMERA D.;	Synthesis and Evaluation of QS-7-	10.1021/acsinf

	SUI X.; ZHANG P.; MICHALEK S.M.	Based Vaccine Adjuvants	eccdis.9b00039
2018	ORBEGOZO-MEDINA R.A.; MARTÍNEZ-SERNÁNDEZ V.; GONZÁLEZ-WARLETA M.; CASTRO-HERMIDA J.A.; MEZO M.; UBEIRA F.M.	Vaccination of sheep with Quil-A® adjuvant expands the antibody repertoire to the Fasciola MF6p/FhHDM-1 antigen and administered together impair the growth and antigen release of flukes	10.1016/j.vaccine.2018.02.115
2018	WEIGEL F.; WEISS J.; DECKER E.A.; MCCLEMENTS D.J.	Lutein-enriched emulsion-based delivery systems: Influence of emulsifiers and antioxidants on physical and chemical stability	10.1016/j.foodchem.2017.09.060
2018	DEHGHAN S.; KHEIRI M.T.; ABNOUS K.; ESKANDARI M.; TAFAGHODI M.	Preparation, characterization and immunological evaluation of alginate nanoparticles loaded with whole inactivated influenza virus: Dry powder formulation for nasal immunization in rabbits	10.1016/j.micpath.2017.12.011
2018	KUMARI S.; KUMARASWAMY R.V.; CHOUDHARY R.C.; SHARMA S.S.; PAL A.; RALIYA R.; BISWAS P.; SAHARAN V.	Thymol nanoemulsion exhibits potential antibacterial activity against bacterial pustule disease and growth promotory effect on soybean	10.1038/s41598-018-24871-5
2018	GONZÁLEZ-CASTILLO J.A.; QUEZADA-D'ANGELO T.P.; SILVA-AGUAYO G.I.; MOYA-ELIZONDO E.A.	Effect of saponins of <i>Quillaja saponaria</i> extracts in combination with <i>Pseudomonas protegens</i> to control <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> in wheat	10.4067/S0718-58392018000300378
2018	MOHARAM M.H.A.; STEPHAN D.; KOCH E.	Evaluation of plant-derived preparations and microorganisms as seed treatments for control of covered kernel smut of sorghum (<i>Sporisorium sorghi</i>)	10.1007/s41348-017-0123-7
2018	BOWN H.E.; FUENTES J.P.; MARTÍNEZ A.M.	Assessing water use and soil water balance of planted native tree species under strong water limitations in Northern Chile	10.1007/s11056-018-9689-6
2018	VON HALLING LAIER C.; GIBSON B.; VAN DE WEERT M.; BOYD B.J.; RADES T.; BOISEN A.; HOOK S.; NIELSEN L.H.	Spray dried cubosomes with ovalbumin and Quil-A as a nanoparticulate dry powder vaccine formulation	10.1016/j.ijpharm.2018.08.036
2018	CHARERNTANTANAKUL W.; FABROS D.	Saponin Quil A up-regulates type I interferon-regulated gene and type I and II interferon expressions which are suppressed by porcine reproductive and respiratory syndrome virus	10.1016/j.vetimm.2017.11.009
2018	SEDAGHAT DOOST A.; MUHAMMAD D.R.A.; STEVENS C.V.; DEWETTINCK K.; VAN DER MEEREN P.	Fabrication and characterization of quercetin loaded almond gum-shellac nanoparticles prepared by antisolvent precipitation	10.1016/j.foodhyd.2018.04.050
2018	KHARAT M.; ZHANG G.; MCCLEMENTS D.J.	Stability of curcumin in oil-in-water emulsions: Impact of emulsifier type	10.1016/j.foodres.2018.05.02

		and concentration on chemical degradation	1
2018	DE GROOT C.; MÜSKEN M.; MÜLLER-GOYMANN C.C.	Novel Colloidal Microstructures of β -Escin and the Liposomal Components Cholesterol and DPPC	10.1055/a-0624-2706
2018	JIANG X.; HANSEN H.C.B.; STROBEL B.W.; CEDERGREEN N.	What is the aquatic toxicity of saponin-rich plant extracts used as biopesticides?	10.1016/j.envpol.2018.01.058
2018	DIAS D.S.; RIBEIRO P.A.F.; MARTINS V.T.; LAGE D.P.; COSTA L.E.; CHÁVEZ-FUMAGALLI M.A.; RAMOS F.F.; SANTOS T.T.O.; LUDOLF F.; OLIVEIRA J.S.; MENDES T.A.O.; SILVA E.S.; GALDINO A.S.; DUARTE M.C.; ROATT B.M.; MENEZES-SOUZA D.; TEIXEIRA A.L.; COELHO E.A.F.	Vaccination with a CD4+ and CD8+ T-cell epitopes-based recombinant chimeric protein derived from <i>Leishmania infantum</i> proteins confers protective immunity against visceral leishmaniasis	10.1016/j.trsl.2018.05.001
2018	CHARERNTANTANAKUL W.; PONGJAROENKIT S.	Co-administration of saponin quil A and PRRSV-1 modified-live virus vaccine up-regulates gene expression of type I interferon-regulated gene	10.1016/j.vetimm.2018.10.005
2018	JIANG X.; CAO Y.; JØRGENSEN L.V.G.; STROBEL B.W.; HANSEN H.C.B.; CEDERGREEN N.	Where does the toxicity come from in saponin extract?	10.1016/j.chemosphere.2018.04.044
2018	PENFOLD J.; THOMAS R.K.; TUCKER I.; PETKOV J.T.; STOYANOV S.D.; DENKOV N.; GOLEMANOV K.; TCHOLAKOVA S.; WEBSTER J.R.P.	Saponin Adsorption at the Air-Water Interface - Neutron Reflectivity and Surface Tension Study	10.1021/acs.langmuir.8b02158
2018	SEDAGHAT DOOST A.; DEVLIEGHERE F.; DIRCKX A.; VAN DER MEEREN P.	Fabrication of <i>Origanum compactum</i> essential oil nanoemulsions stabilized using <i>Quillaja</i> Saponin biosurfactant	10.1111/jfpp.13668
2018	RYU V.; MCCLEMENTS D.J.; CORRADINI M.G.; YANG J.S.; MCLANDSBOROUGH L.	Natural antimicrobial delivery systems: Formulation, antimicrobial activity, and mechanism of action of quillaja saponin-stabilized carvacrol nanoemulsions	10.1016/j.foodhyd.2018.04.017
2018	EGAS C.; NAULIN P.I.; PRÉNDEZ M.	Urban pollution by particulate matter and its effect on morpho-Anatomical characteristics of four tree species in santiago	10.4067/s0718-07642018000400111
2018	VINAROV Z.; RADEVA D.; KATEV V.; TCHOLAKOVA S.; DENKOV N.	Solubilisation of hydrophobic drugs by saponins	10.4172/pharmaceutical-sciences.1000411
2018	CHUNG C.; SHER A.; ROUSSET P.; MCCLEMENTS D.J.	Impact of oil droplet concentration on the optical, rheological, and stability characteristics of O/W emulsions stabilized with plant-based surfactant: Potential application as non-dairy	10.1016/j.foodres.2017.12.019

		creamers	
2018	XU F.; PANDYA J.K.; CHUNG C.; MCCLEMENTS D.J.; KINCHLA A.J.	Emulsions as delivery systems for gamma and delta tocotrienols: Formation, properties and simulated gastrointestinal fate	10.1016/j.foodres.2017.11.033
2018	CHEN X.-W.; YANG D.-X.; GUO J.; RUAN Q.-J.; YANG X.-Q.	<i>Quillaja</i> saponin-based hollow salt particles as solid carriers for enhancing sensory aroma with reduced sodium intake	10.1039/c7fo01371j
2018	BURAKOVA Y.; MADERA R.; WANG L.; BUIST S.; LLEELLISH K.; SCHLUP J.R.; SHI J.	Food-grade saponin extract as an emulsifier and immunostimulant in emulsion-based subunit vaccine for pigs	10.1155/2018/8979838
2018	ANTOLAK H.; MIZERSKA U.; BERLOWSKA J.; OTLEWSKA A.; KRĘGIEL D.	<i>Quillaja saponaria</i> Saponins with potential to enhance the effectiveness of disinfection processes in the beverage industry	10.3390/app8030368
2018	REICHERT C.L.; SALMINEN H.; BADOLATO BÖNISCH G.; SCHÄFER C.; WEISS J.	Concentration effect of <i>Quillaja</i> saponin – Co-surfactant mixtures on emulsifying properties	10.1016/j.jcis.2018.01.105
2018	LV S.; GU J.; ZHANG R.; ZHANG Y.; TAN H.; MCCLEMENTS D.J.	Vitamin E Encapsulation in Plant-Based Nanoemulsions Fabricated Using Dual-Channel Microfluidization: Formation, Stability, and Bioaccessibility	10.1021/acs.jafc.8b03077
2018	ZHANG Z.-Z.; GUO G.; LI J.; SHI B.-X.; ZHAO L.; GUO B.-P.; ZHANG X.; WANG J.-W.; ZHENG X.-T.; QI W.-J.; HE L.; ZHANG W.-B.	Dog vaccination with EgM proteins against <i>Echinococcus granulosus</i>	10.1186/s40249-018-0425-4
2018	LI Z.; DAI L.; WANG D.; MAO L.; GAO Y.	Stabilization and Rheology of Concentrated Emulsions Using the Natural Emulsifiers <i>Quillaja</i> Saponins and Rhamnolipids	10.1021/acs.jafc.7b05291
2017	BERLOWSKA J.; DUDKIEWICZ-KOŁODZIEJSKA M.; PAWLIKOWSKA E.; PIELECH-PRZYBYLSKA K.; BALCEREK M.; CZYSOWSKA A.; KREGIEL D.	Utilization of post-fermentation yeasts for yeast extract production by autolysis: the effect of yeast strain and saponin from <i>Quillaja saponaria</i>	10.1002/jib.438
2017	DE FARIA J.T.; DE OLIVEIRA E.B.; MINIM V.P.R.; MINIM L.A.	Performance of <i>Quillaja</i> bark saponin and β -lactoglobulin mixtures on emulsion formation and stability	10.1016/j.foodhyd.2017.01.013
2017	DEV KUMAR G.; MICALLEF S.A.	Susceptibility of Salmonella enterica Isolates from Tomato Farm Environments to Fatty Acids Naturally Found on Tomato Fruit	10.1089/fpd.2016.2239
2017	CHEN X.-W.; YANG D.-X.; ZOU Y.; YANG X.-Q.	Stabilization and functionalization of aqueous foams by <i>Quillaja</i> saponin-coated nanodroplets	10.1016/j.foodres.2017.06.045
2017	NG'AMBI J.W.; LI R.; MU C.; SONG W.; WANG C.	The immunostimulatory effect of saponin immersion against Vibrio	10.1007/s10499-017-0139-9

		alginolyticus in swimming crab <i>Portunus trituberculatus</i>	
2017	REICHERT C.L.; SALMINEN H.; UTZ J.; BADOLATO BÖNISCH G.; SCHÄFER C.; WEISS J.	Aging Behavior of <i>Quillaja</i> Saponin – Pea Protein Interfaces	10.1016/j.colcom.2017.10.003
2017	BÖTTCHER S.; EICHHORN M.; DRUSCH S.	Factors Affecting Foamed Emulsions Prepared with an Extract from <i>Quillaja saponaria</i> Molina: Oil Droplet Size	10.1007/s11483-017-9481-8
2017	SCHOBBER A.; ZHANG J.; SUBRAMANIAM A.; NORMAND V.	Emulsification efficacy of <i>Quillaja</i> saponins at very low concentration: Model development and role of alcohols	10.1016/j.colsurfb.2017.08.041
2017	SMUSEVA S.O.; MIRONENKO N.V.; BREZHNEVA T.A.; SELEMENEV V.F.; GRECHKINA M.V.	Sorption of <i>Quillaja saponaria</i> Molina saponin with chitosan under equilibrium conditions	10.1134/S1070363217080230
2017	BRIDI R.; NUÑEZ-QUIJADA G.; AGUILAR P.; MARTÍNEZ P.; LISSI E.; GIORDANO A.; MONTENEGRO G.	Differences between phenolic content and antioxidant capacity of quillay chilean honeys and their separated phenolic extracts	10.7764/rcia.v44i3.1756
2017	SEWLIKAR S.; D'SOUZA D.H.	Antimicrobial Effects of <i>Quillaja saponaria</i> Extract Against <i>Escherichia coli</i> O157:H7 and the Emerging Non-O157 Shiga Toxin-Producing <i>E. coli</i>	10.1111/1750-3841.13697
2017	SOSNOWSKI T.R.; KUBSKI P.; WOJCIECHOWSKI K.	New experimental model of pulmonary surfactant for biophysical studies	10.1016/j.colsurfa.2016.06.044
2017	LUO X.; ZHOU Y.; BAI L.; LIU F.; ZHANG R.; ZHANG Z.; ZHENG B.; DENG Y.; MCCLEMENTS D.J.	Production of highly concentrated oil-in-water emulsions using dual-channel microfluidization: Use of individual and mixed natural emulsifiers (saponin and lecithin)	10.1016/j.foodres.2017.03.013
2017	DE FARIA J.T.; DE OLIVEIRA E.B.; MINIM V.P.R.; MINIM L.A.	Emulsifying properties of β -lactoglobulin and <i>Quillaja</i> bark saponin mixtures: Effects of number of homogenization passes	10.1080/10942912.2016.1217007
2017	CHUNG C.; SHER A.; ROUSSET P.; MCCLEMENTS D.J.	Use of natural emulsifiers in model coffee creamers: Physical properties of quillaja saponin-stabilized emulsions	10.1016/j.foodhyd.2017.01.008
2017	CHUNG C.; SHER A.; ROUSSET P.; DECKER E.A.; MCCLEMENTS D.J.	Formulation of food emulsions using natural emulsifiers: Utilization of <i>Quillaja</i> saponin and soy lecithin to fabricate liquid coffee whiteners	10.1016/j.jfoodeng.2017.04.011
2017	REYER H.; ZENTEK J.; MÄNNER K.; YOUSSEF I.M.I.; AUMILLER T.; WEGHUBER J.; WIMMERS K.; MUELLER A.S.	Possible Molecular Mechanisms by Which an Essential Oil Blend from Star Anise, Rosemary, Thyme, and Oregano and Saponins Increase the Performance and Ileal Protein Digestibility of Growing Broilers	10.1021/acs.jafc.7b01925
2017	CHUNG C.; SHER A.; ROUSSET P.; MCCLEMENTS D.J.	Influence of homogenization on physical properties of model coffee creamers stabilized by <i>Quillaja</i>	10.1016/j.foodres.2017.06.060

		saponin	
2017	YANG Y.; XIAO H.; MCCLEMENTS D.J.	Impact of Lipid Phase on the Bioavailability of Vitamin E in Emulsion-Based Delivery Systems: Relative Importance of Bioaccessibility	10.1021/acs.jafc.7b00955
2017	CHEN F.; LIANG L.; ZHANG Z.; DENG Z.; DECKER E.A.; MCCLEMENTS D.J.	Inhibition of lipid oxidation in nanoemulsions and filled microgels fortified with omega-3 fatty acids using casein as a natural antioxidant	10.1016/j.foodhyd.2016.09.001
2017	CUI R.; KWAK J.I.; AN Y.-J.	A novel method for preventing surface film entrapment of water fleas and its application for toxicity testing with heavy metals	10.1007/s11356-016-8091-1
2017	BÖTTCHER S.; KEPPLER J.K.; DRUSCH S.	Mixtures of <i>Quillaja</i> saponin and beta-lactoglobulin at the oil/water-interface: Adsorption, interfacial rheology and emulsion properties	10.1016/j.colsurfa.2016.12.041
2017	LUO X.; ZHOU Y.; BAI L.; LIU F.; DENG Y.; MCCLEMENTS D.J.	Fabrication of β -carotene nanoemulsion-based delivery systems using dual-channel microfluidization: Physical and chemical stability	10.1016/j.jcis.2016.11.057
2017	ABDEL-REHEIM M.A.; MESSIHA B.A.S.; ABO-SAIF A.A.	<i>Quillaja saponaria</i> bark saponin protects wistar rats against ferrous sulphate-induced oxidative and inflammatory liver damage	10.1080/13880209.2017.1345950
2017	MORELLI A.B.; MARASKOVSKY E.	ISCOMATRIX Adjuvant in the Development of Prophylactic and Therapeutic Vaccines	10.1016/B978-0-12-804019-5.00016-5
2017	NÜBLING S.; HÄGELE F.; WOHLT D.; GRAF B.; SCHWEIGGERT R.M.; CARLE R.; SCHMIDT H.; WEISS A.	Effects of <i>Quillaja saponaria</i> extract and Na-lauroyl-L-arginine ethyl ester on reducing selected foodborne pathogens in vitro and maintaining quality of fresh-cut endive (<i>Cichorium endivia</i> L.) at pilot plant scale	10.1016/j.foodcont.2016.08.029
2017	UMAIR S.; PERNTHANER A.; DENG Q.; GIBSON B.; HOOK S.; HEATH D.	Preliminary evaluation of a thermosensitive chitosan hydrogel for <i>Echinococcus granulosus</i> vaccine delivery	10.1016/j.vetpar.2017.02.007
2017	CHEN X.-W.; WANG J.-M.; GUO J.; WAN Z.-L.; YIN S.-W.; YANG X.-Q.	Hierarchical high internal phase emulsions and transparent oleogels stabilized by <i>Quillaja</i> saponin-coated nanodroplets for color performance	10.1039/c6fo01752e
2017	MIRONENKO N.V.; SMUSEVA S.O.; BREZHNEVA T.A.; SELEMENEV V.F.; NECHAEVA L.S.; BUTYRSKAYA E.V.	Kinetic peculiarities of <i>Quillaja Saponaria</i> Molina saponin sorption by chitosan	10.1134/S1061933X17020077
2017	DERRÉ L.; CESSON V.; LUCCA I.; CERANTOLA Y.; VALERIO M.; FRITSCHI U.; VLAMOPOULOS Y.; BURRUNI R.; LEGRIS A.-S.; DARTIGUENAVE F.; GHARBI	Intravesical bacillus calmette guerin combined with a cancer vaccine increases local T-cell responses in non-muscle-invasive bladder cancer patients	10.1158/1078-0432.CCR-16-1189

	D.; MARTIN V.; VAUCHER L.; SPEISER D.E.; ROMERO P.; JICHLINSKI P.; NARDELLI-HAEFLIGER D.		
2017	TIPPEL J.; GIES K.; HARBAUM-PIAYDA B.; STEFFEN-HEINS A.; DRUSCH S.	Composition of <i>Quillaja</i> saponin extract affects lipid oxidation in oil-in-water emulsions	10.1016/j.foodchem.2016.10.055
2017	SHARMA N.K.; CHOCT M.; DUNLOP M.W.; WU S.-B.; CASTADA H.Z.; SWICK R.A.	Characterisation and quantification of changes in odorants from litter headspace of meat chickens fed diets varying in protein levels and additives	10.3382/ps/pe w309
2017	BOZACI E.	Investigation of biosurfactant usage in raw wool scouring by response surface methodology	
2017	BINKS B.P.; MUIJLWIJK K.; KOMAN H.; POORTINGA A.T.	Food-grade Pickering stabilisation of foams by in situ hydrophobisation of calcium carbonate particles	10.1016/j.foodhyd.2016.10.002
2017	GERSHWIN L.J.; BEHRENS N.E.; MCELIGOT H.A.; CARVALLO-CHAIGNEAU F.R.; CRUM L.T.; GUNNARSON B.M.; CORBEIL L.B.	A recombinant subunit vaccine for bovine RSV and Histophilus somni protects calves against dual pathogen challenge	10.1016/j.vaccine.2017.01.059
2017	LETELIER L.; VALDERRAMA A.; STOLL A.; GARCÍA-GONZÁLES R.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A.	Patterns of composition, richness and phylogenetic diversity of woody plant communities of <i>Quillaja saponaria</i> Molina (Quillajaceae) in the Chilean sclerophyllous forest.	10.4067/S0717-66432017005000105
2017	FERNÁNDEZ-TEJADA A.; WALKOWICZ W.E.; TAN D.S.; GIN D.Y.	Semisynthesis of analogues of the saponin immunoadjuvant QS-21	10.1007/978-1-4939-6445-1_4
2017	BRUNNER L.; BARNIER-QUER C.; COLLIN N.	QS-21 adjuvant: Laboratory-scale purification method and formulation into liposomes	10.1007/978-1-4939-6445-1_5
2017	OVALLE J.F.; GINOCCHIO R.; ARELLANO E.C.; VALENZUELA P.	Root adaptive management for improving plant quality and field performance under drought: Experiences with native tree species from a South American Mediterranean-type ecosystem	10.7338/pls2017541S1/03
2016	KARTHIK S.; RAGHAVAN C.V.; MARSLIN G.; RAHMAN H.; SELVARAJ D.; BALAKUMAR K.; FRANKLIN G.	<i>Quillaja</i> saponin: A prospective emulsifier for the preparation of solid lipid nanoparticles	10.1016/j.colsurfb.2016.07.065
2016	OVALLE J.F.; ARELLANO E.C.; OLIET J.A.; BECERRA P.; GINOCCHIO R.	Linking nursery nutritional status and water availability post-planting under intense summer drought: The case of a South American mediterranean tree species	10.3832/ifer1905-009
2016	POGGIO T.V.; JENSEN O.; MOSSELLO M.; IRIARTE J.; AVILA H.G.; GERTISER M.L.;	Serology and longevity of immunity against <i>Echinococcus granulosus</i> in sheep and llama induced by an oil-	10.1111/pim.12325

	SERAFINO J.J.; ROMERO S.; ECHENIQUE M.A.; DOMINGUEZ D.E.; BARRIOS J.R.; HEATH D.	based EG95 vaccine	
2016	WOJCIECHOWSKI K.; ORCZYK M.; TRAPP M.; GUTBERLET T.	Effect of triterpene and steroid saponins on lecithin bilayers	10.1016/j.colsurfa.2016.04.065
2016	ZHANG J.; REINECCIUS G.A.	Factors controlling the turbidity of submicron emulsions stabilized by food biopolymers and natural surfactant	10.1016/j.lwt.2016.03.035
2016	BÖTTCHER S.; SCAMPICCHIO M.; DRUSCH S.	Mixtures of saponins and beta-lactoglobulin differ from classical protein/surfactant-systems at the air-water interface	10.1016/j.colsurfa.2016.07.057
2016	GÓMEZ-GASCÓN L.; CARDOSO-TOSET F.; TARRADAS C.; GÓMEZ-LAGUNA J.; MALDONADO A.; NIELSEN J.; OLAYA-ABRIL A.; RODRÍGUEZ-ORTEGA M.J.; LUQUE I.	Characterization of the immune response and evaluation of the protective capacity of rSsnA against <i>Streptococcus suis</i> infection in pigs	10.1016/j.cimid.2016.06.001
2016	CHUNG C.; ROJANASASITHARA T.; MUTILANGI W.; MCCLEMENTS D.J.	Stabilization of natural colors and nutraceuticals: Inhibition of anthocyanin degradation in model beverages using polyphenols	10.1016/j.foodchem.2016.06.025
2016	CHEN X.-W.; CHEN Y.-J.; WANG J.-M.; GUO J.; YIN S.-W.; YANG X.-Q.	Phytosterol structured algae oil nanoemulsions and powders: Improving antioxidant and flavor properties	10.1039/c6fo00449k
2016	TIPPEL J.; LEHMANN M.; VON KLITZING R.; DRUSCH S.	Interfacial properties of <i>Quillaja</i> saponins and its use for micellisation of lutein esters	10.1016/j.foodchem.2016.05.130
2016	OVALLE J.F.; ARELLANO E.C.; GINOCCHIO R.; BECERRA P.	Fertilizer location modifies root zone salinity, root morphology, and water-stress resistance of tree seedlings according to the watering regime in a dryland reforestation	10.1002/jpln.201500181
2016	KACZOREK E.; SMULEK W.; ZDARTA A.; SAWCZUK A.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK A.	Influence of saponins on the biodegradation of halogenated phenols	10.1016/j.ecoen.2016.05.015
2016	TAFAGHODI M.; ESKANDARI M.; KHAMESIPOUR A.; JAAFARIC M.R.	Immunization against cutaneous Leishmaniasis by alginate microspheres loaded with autoclaved <i>Leishmania major</i> (ALM) and <i>Quillaja</i> saponins	
2016	FERNÁNDEZ-TEJADA A.; TAN D.S.; GIN D.Y.	Development of Improved Vaccine Adjuvants Based on the Saponin Natural Product QS-21 through Chemical Synthesis	10.1021/acs.accounts.6b00242
2016	ACUÑA-RUZ T.; MATTAR C.; HERNÁNDEZ H.J.	Spectral characterization of <i>Quillaja saponaria</i> (Mol.)	10.4995/raet.2016.6488
2016	ZHANG J.; BING L.; REINECCIUS G.A.	Comparison of modified starch and <i>Quillaja</i> saponins in the formation and	10.1016/j.foodchem.2015.06.

		stabilization of flavor nanoemulsions	078
2016	BAI L.; HUAN S.; GU J.; MCCLEMENTS D.J.	Fabrication of oil-in-water nanoemulsions by dual-channel microfluidization using natural emulsifiers: Saponins	10.1016/j.foodhyd.2016.06.035
2016	REICHERT C.L.; SALMINEN H.; LEUENBERGER B.H.; WEISS J.	Influence of heat on miscibility of <i>Quillaja</i> saponins in mixtures with a co-surfactant	10.1016/j.foodres.2016.03.034
2016	MIRONENKO N.V.; SMUSEVA S.O.; BREZHNEVA T.A.; SELEMENEV V.F.	Kinetic and equilibrium characteristics of sorption of saponin of <i>Quillaja Saponaria</i> Molina on chitosan	10.1134/S0036024416120219
2016	SALMINEN H.; GÖMMEL C.; LEUENBERGER B.H.; WEISS J.	Influence of encapsulated functional lipids on crystal structure and chemical stability in solid lipid nanoparticles: Towards bioactive-based design of delivery systems	10.1016/j.foodchem.2015.06.054
2016	LIU F.; ZHU Z.; MA C.; LUO X.; BAI L.; DECKER E.A.; GAO Y.; MCCLEMENTS D.J.	Fabrication of Concentrated Fish Oil Emulsions Using Dual-Channel Microfluidization: Impact of Droplet Concentration on Physical Properties and Lipid Oxidation	10.1021/acs.jafc.6b04413
2016	MOGHIMIPOUR E.; SAJADI TABASSI S.A.; RAMEZANI M.; HANDALI S.; LÖBENBERG R.	Absorption enhancing effect of total saponins derived from <i>Acanthopyllum squarrusom</i> and <i>Quillaja saponaria</i> on nasal permeation of gentamicin sulfate and carboxyfluorescein	
2016	MODY K.T.; MAHONY D.; CAVALLARO A.S.; ZHANG J.; ZHANG B.; MAHONY T.J.; YU C.; MITTER N.	Erratum: Silica vesicle nanovaccine formulations stimulate long-Term immune responses to the bovine viral diarrhoea virus E2 Protein	10.1371/journal.pone.0146631
2016	BÖTTCHER S.; DRUSCH S.	Interfacial Properties of Saponin Extracts and Their Impact on Foam Characteristics	10.1007/s11483-015-9420-5
2016	DÍAZ-FORESTIER J.; GÓMEZ M.; CELIS-DIEZ J.L.; MONTENEGRO G.	Nectary structure in four melliferous plant species native to Chile	10.1016/j.flora.2016.02.013
2016	MOGHIMIPOUR E.; TABASSI S.A.S.; RAMEZANI M.; HANDALI S.; LOBENBERG R.	Brush border membrane vesicle and Caco-2 cell line: Two experimental models for evaluation of absorption enhancing effects of saponins	10.4103/2231-4040.184588
2016	MAIER C.; ENSENBERGER S.; IRMSCHER S.B.; WEISS J.	Glutaraldehyde induced cross-linking of oppositely charged oil-in-water emulsions	10.1016/j.foodhyd.2016.02.004
2016	RAMKUMAR R.; SUNDARAM M.M.	Electrochemical synthesis of polyaniline cross-linked NiMoO ₄ nanofibre dendrites for energy storage devices	10.1039/c6nj00521g
2016	BARTOŠ P.; DOLAN A.; SMUTNÝ L.; ŠÍSTKOVÁ M.; CELJAK I.; ŠOCH M.; HAVELKA Z.	Effects of phytogenic feed additives on growth performance and on ammonia and greenhouse gases emissions in growing-finishing pigs	10.1016/j.anifeedsci.2015.11.003
2016	TIPPEL J.; REIM V.; ROHN S.; DRUSCH S.	Colour stability of lutein esters in liquid and spray dried delivery systems based on <i>Quillaja</i> saponins	10.1016/j.foodres.2016.06.014

2016	WANG Y.; WANG X.; HUANG J.; LI J.	Adjuvant effect of <i>Quillaja saponaria</i> saponin (QSS) on protective efficacy and IgM generation in turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>) upon immersion vaccination	10.3390/ijms17030325
2016	GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ A.; VAN COPPERNOLLE S.; BORLOO J.; VAN MEULDER F.; PAEREWIJCK O.; PEELAERS I.; LECLERCQ G.; CLAEREBOUT E.; GELDHOF P.	Host protective ASP-based vaccine against the parasitic nematode <i>Ostertagia ostertagi</i> triggers NK cell activation and mixed IgG1-IgG2 response	10.1038/srep29496
2016	SARKHEL S.	Evaluation of the anti-inflammatory activities of <i>Quillaja saponaria</i> Mol. saponin extract in mice	10.1016/j.toxr ep.2015.11.006
2016	NG'AMBI J.W.; LI R.; MU C.; SONG W.; LIU L.; WANG C.	Dietary administration of saponin stimulates growth of the swimming crab <i>Portunus trituberculatus</i> and enhances its resistance against <i>Vibrio alginolyticus</i> infection	10.1016/j.fsi.2016.10.041
2016	GÜROY B.; MANTOĞLU S.; MERRIFIELD D.L.; GUROY D.	Effects of dietary Nutrafito Plus on growth	10.1111/are.12634
2016	HEINRICHS S.; STIEHL C.; MÜLLER-USING B.	Can native plant species be preserved in an anthropogenic forest landscape dominated by aliens? A case study from mediterranean Chile	10.15287/afr.2016.498
2015	ORCZYK M.; WOJCIECHOWSKI K.	Comparison of the effect of two <i>Quillaja</i> bark saponin extracts on DPPC and DPPC/cholesterol Langmuir monolayers	10.1016/j.cols urfb.2015.09.018
2015	EVEN M.-P.; BOBBALA S.; KOOI K.L.; HOOK S.; WINTER G.; ENGERT J.	Impact of implant composition of twin-screw extruded lipid implants on the release behavior	10.1016/j.ijph arm.2015.06.052
2015	REICHERT C.L.; SALMINEN H.; LEUENBERGER B.H.; HINRICHS J.; WEISS J.	Miscibility of <i>Quillaja</i> Saponins with other Co-surfactants under Different pH Values	10.1111/1750-3841.13097
2015	ANGELES I.P.	Dietary effect of <i>Quillaja saponaria</i> and/or yucca schidigera extract on growth and survival of common carp <i>Cyprinus carpio</i>	
2015	HIGHTON A.J.; KOJARUNCHITT T.; GIRARDIN A.; HOOK S.; KEMP R.A.	Chitosan hydrogel vaccine generates protective CD8 T cell memory against mouse melanoma	10.1038/icb.2015.14
2015	ULUATA S.; MCCLEMENTS D.J.; DECKER E.A.	Physical Stability, Autoxidation, and Photosensitized Oxidation of ω -3 Oils in Nanoemulsions Prepared with Natural and Synthetic Surfactants	10.1021/acs.ja fc.5b03572
2015	MAIER C.; OECHSLE A.M.; WEISS J.	Cross-linking oppositely charged oil-in-water emulsions to enhance heteroaggregate stability	10.1016/j.cols urfb.2015.08.009
2015	SCHLOTTERBECK T.; CASTILLO-RUIZ M.;	The Use of Leaves from Young Trees of <i>Quillaja saponaria</i> (Molina)	10.1007/s12231-015-9320-0

	CAÑÓN-JONES H.; MARTÍN R.S.	Plantations as a New Source of Saponins	
2015	MODY K.T.; MAHONY D.; CAVALLARO A.S.; ZHANG J.; ZHANG B.; MAHONY T.J.; YU C.; MITTER N.	Silica vesicle nanovaccine formulations stimulate long-term immune responses to the Bovine Viral Diarrhoea Virus E2 protein	10.1371/journal.pone.0143507
2015	OZTURK B.; ARGIN S.; OZILGEN M.; MCCLEMENTS D.J.	Nanoemulsion delivery systems for oil-soluble vitamins: Influence of carrier oil type on lipid digestion and vitamin D3 bioaccessibility	10.1016/j.foodchem.2015.04.065
2015	LOPEZ-PENA C.L.; MCCLEMENTS D.J.	Impact of a food-grade cationic biopolymer (ϵ -polylysine) on the digestion of emulsified lipids: In vitro study	10.1016/j.foodres.2015.05.025
2015	PATRA A.K.; YU Z.	Effects of garlic oil, nitrate, saponin and their combinations supplemented to different substrates on in vitro fermentation, ruminal methanogenesis, and abundance and diversity of microbial populations	10.1111/jam.12819
2015	VINAROVA L.; VINAROV Z.; ATANASOV V.; PANTCHEVA I.; TCHOLAKOVA S.; DENKOV N.; STOYANOV S.	Lowering of cholesterol bioaccessibility and serum concentrations by saponins: In vitro and in vivo studies	10.1039/c4fo00785a
2015	PIRONDINI M.; COLOMBINI S.; MALAGUTTI L.; RAPETTI L.; GALASSI G.; ZANCHI R.; CROVETTO G.M.	Effects of a selection of additives on in vitro ruminal methanogenesis and in situ and in vivo NDF digestibility	10.1111/asj.12249
2015	GHOSH P.; SHIPPY D.C.; TALAAT A.M.	Superior protection elicited by live-attenuated vaccines in the murine model of paratuberculosis	10.1016/j.vaccine.2015.10.116
2015	MAHONY D.; MODY K.T.; CAVALLARO A.S.; HU Q.; MAHONY T.J.; QIAO S.; MITTER N.	Immunisation of sheep with bovine viral diarrhoea virus	10.1371/journal.pone.0141870
2015	GILABERT-ORIO L.; WENG A.; VON MALLINCKRODT B.; STÖSHEL A.; NISSI L.; MELZIG M.F.; FUCHS H.; THAKUR M.	Electrophoretic mobility as a tool to separate immune adjuvant saponins from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/j.ijpharm.2015.03.063
2015	BERLOWSKA J.; DUDKIEWICZ M.; KREGIEL D.; CZYZOWSKA A.; WITONSKA I.	Cell lysis induced by membrane-damaging detergent saponins from <i>Quillaja saponaria</i>	10.1016/j.enzmictec.2015.04.007
2015	ZHANG J.; BING L.; REINECCIUS G.A.	Formation, optical property and stability of orange oil nanoemulsions stabilized by <i>Quillaja</i> saponins	10.1016/j.lwt.2015.07.034
2015	BOBBALA S.; MCDOWELL A.; HOOK S.	Quantitation of the immunological adjuvants, monophosphoryl lipid A and Quil A in poly (lactic-co-glycolic acid) nanoparticles using high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection	10.1016/j.jchromb.2014.11.006

2015	RIRA M.; CHENTLI A.; BOUFENERA S.; BOUSSEBOUA H.	Effects of Plants Containing Secondary Metabolites on Ruminant Methanogenesis of Sheep in vitro	10.1016/j.egy pro.2015.07.5 13
2015	VLAMINCK J.; BORLOO J.; VERCRUYSSSE J.; GELDHOFF P.; CLAEREBOUW E.	Vaccination of calves against <i>Cooperia oncophora</i> with a double- domain activation-associated secreted protein reduces parasite egg output and pasture contamination	10.1016/j.ijpar a.2014.11.001
2015	MAIER C.; CONRAD J.; STEINGASS C.B.; BEIFUSS U.; CARLE R.; SCHWEIGGERT R.M.	Quillajasides A and B: New Phenylpropanoid Sucrose Esters from the Inner Bark of <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1021/acs.ja fc.5b03532
2015	LETELIER L.; HARVEY N.; VALDERRAMA A.; STOLL A.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A.	Isolation and characterization of 12 microsatellite loci in soapbark, <i>Quillaja saponaria</i> (Quillajaceae)	10.3732/apps. 1500024
2015	MAIER C.; CONRAD J.; CARLE R.; WEISS J.; SCHWEIGGERT R.M.	Phenolic constituents in commercial aqueous quillaja (<i>Quillaja saponaria</i> Molina) Wood extracts	10.1021/jf506 277p
2015	AGUILERA N.; GUEDES L.M.; BECERRA J.; BAEZA C.; HERNÁNDEZ V.	Morphological effects at radicle level by direct contact of invasive <i>Acacia</i> <i>dealbata</i> Link	10.1016/j.flora .2015.07.007
2015	OVALLE J.F.; ARELLANO E.C.; GINOCCHIO R.	Trade-offs between drought survival and rooting strategy of two South American Mediterranean tree species: Implications for dryland forests restoration	10.3390/f6103 733
2015	PATRA A.K.; YU Z.	Effects of Adaptation of In vitro Rumen Culture to Garlic Oil, Nitrate, and Saponin and Their Combinations on Methanogenesis, Fermentation, and Abundances and Diversity of Microbial Populations	10.3389/fmicb .2015.01434
2014	MAIER C.; ZEEB B.; WEISS J.	Investigations into aggregate formation with oppositely charged oil-in-water emulsions at different pH values	10.1016/j.cols urfb.2014.03.0 12
2014	WOJCIECHOWSKI K.; ORCZYK M.; MARCINKOWSKI K.; KOBIELA T.; TRAPP M.; GUTBERLET T.; GEUE T.	Effect of hydration of sugar groups on adsorption of <i>Quillaja</i> bark saponin at air/water and Si/water interfaces	10.1016/j.cols urfb.2014.02.0 10
2014	BRITO C.E.; BOWN H.E.; FUENTES J.-P.; FRANCK N.; PEREZ-QUEZADA J.F.	Mesophyll conductance constrains photosynthesis in three common sclerophyllous species in central Chile	10.1186/s4069 3-014-0008-0
2014	LUEBERT F.	Taxonomy and distribution of the genus <i>Quillaja</i> Molina (Quillajaceae)	10.1002/fedr.2 01400029
2014	KEZWON A.; WOJCIECHOWSKI K.	Interaction of <i>Quillaja</i> bark saponins with food-relevant proteins	10.1016/j.cis.2 014.04.005
2014	BERENJIAN S.; HU K.; ABEDI-VALUGERDI M.; HASSAN M.; BASHIR HASSAN S.; MOREIN B.	The nanoparticulate <i>Quillaja</i> saponin KGI exerts anti-proliferative effects by down-regulation of cell cycle molecules in U937 and HL-60 human leukemia cells	10.3109/1042 8194.2013.85 3301
2014	VICENTE B.; LÓPEZ-ABÁN J.; ROJAS-CARABALLO J.	A <i>Fasciola hepatica</i> -derived fatty acid binding protein induces protection	10.1016/j.exp para.2014.08.

	PÉREZ DEL VILLAR L.; HILLYER G.V.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A.R.; MURO A.	against schistosomiasis caused by <i>Schistosoma bovis</i> using the adjuvant adaptation (ADAD) vaccination system	007
2014	MOHAJER M.; KHAMENEH B.; TAFAGHODI M.	Preparation and characterization of PLGA nanospheres loaded with inactivated influenza virus	
2014	WOJCIECHOWSKI K.; ORCZYK M.; GUTBERLET T.; TRAPP M.; MARCINKOWSKI K.; KOBIELA T.; GEUE T.	Unusual penetration of phospholipid mono- and bilayers by <i>Quillaja</i> bark saponin biosurfactant	10.1016/j.bba mem.2014.04.008
2014	PEDEBOS C.; POL-FACHIN L.; PONS R.; TEIXEIRA C.V.; TEIXEIRA H.	Atomic model and micelle dynamics of QS-21 saponin	10.3390/molecules19033744
2014	DEGHAN S.; TAFAGHODI M.; BOLOURIEH T.; MAZAHARI V.; TORABI A.; ABNOUS K.; TAVASSOTI KHEIRI M.	Rabbit nasal immunization against influenza by dry-powder form of chitosan nanospheres encapsulated with influenza whole virus and adjuvants	10.1016/j.ijph arm.2014.08.032
2014	OZTURK B.; ARGIN S.; OZILGEN M.; MCCLEMENTS D.J.	Formation and stabilization of nanoemulsion-based vitamin e delivery systems using natural surfactants: <i>Quillaja</i> saponin and lecithin	10.1016/j.jfoo deng.2014.06.015
2014	KHAN N.; WOODRUFF T.M.; SMITH M.T.	Establishment and characterization of an optimized mouse model of multiple sclerosis-induced neuropathic pain using behavioral	10.1016/j.pbb.2014.09.003
2014	PAEPENMÜLLER T.; MÜLLER-GOYMANN C.C.	Influence of Quil A on liposomal membranes	10.1016/j.ijph arm.2014.08.007
2014	REN J.-Q.; SUN W.-C.; LU H.-J.; WEN S.-B.; JING J.; YAN F.-L.; LIU H.; LIU C.-X.; XIAO P.-P.; CHEN X.; DU S.-W.; DU R.; JIN N.-Y.	Construction and immunogenicity of a DNA vaccine coexpressing GP3 and GP5 of genotype-I porcine reproductive and respiratory syndrome virus	10.1186/1746-6148-10-128
2014	SALMINEN H.; AULBACH S.; LEUENBERGER B.H.; TEDESCHI C.; WEISS J.	Influence of surfactant composition on physical and oxidative stability of <i>Quillaja</i> saponin-stabilized lipid particles with encapsulated ω -3 fish oil	10.1016/j.cols urfb.2014.06.045
2014	BROGNA D.M.R.; TANSAWAT R.; CORNFORTH D.; WARD R.; BELLA M.; LUCIANO G.; PRIOLO A.; VILLALBA J.	The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control	10.1016/j.meatsci.2013.10.019
2014	PATRA A.K.; YU Z.	Combinations of nitrate, saponin, and sulfate additively reduce methane production by rumen cultures in vitro while not adversely affecting feed digestion, fermentation or microbial communities	10.1016/j.biortech.2013.12.099
2014	PATRA A.K.; YU Z.	Effects of vanillin, <i>Quillaja</i> saponin, and essential oils on in vitro fermentation and protein-degrading microorganisms of the rumen	10.1007/s00253-013-4930-x
2014	MOGHIMIPOUR E.;	In vitro screening of anti-Candida	

	SADAGHI-NEJAD B.; HANDALI S.; AMERI A.; RAMEZANI Z.; EBRAHIM AZEMI M.	activity of saponins extracted from <i>Glycyrrhiza glabra</i> and <i>Quillaja</i> <i>saponaria</i>	
2014	WOJCIECHOWSKI K.; KEZWON A.; LEWANDOWSKA J.; MARCINKOWSKI K.	Effect of β -casein on surface activity of <i>Quillaja</i> bark saponin at fluid/fluid interfaces	10.1016/j.food hyd.2012.09.0 10
2014	VINAY T.-N.; PARK C.-S.; KIM H.-Y.; JUNG S.-J.	Toxicity and dose determination of <i>Quillaja</i> saponin	10.1016/j.veti mm.2013.03.0 07
2014	THALHAMER B.; HIMMELSBACH M.	Characterization of <i>Quillaja</i> bark extracts and evaluation of their purity using liquid chromatography-high resolution mass spectrometry	10.1016/j.phyt ol.2014.02.00 9
2013	YANG Y.; MCCLEMENTS D.J.	Vitamin E bioaccessibility: Influence of carrier oil type on digestion and release of emulsified α -tocopherol acetate	10.1016/j.food chem.2013.03. 033
2013	FLECK J.D.; DE COSTA F.; YENDO A.C.A.; SEGALIN J.; DALLA COSTA T.C.T.; FETT- NETO A.G.; GOSMANN G.	Determination of new immunoadjuvant saponin named QB- 90	10.1080/1478 6419.2012.66 6751
2013	GRANDÓN S A.; ESPINOSA B M.; RÍOS L D.; SÁNCHEZ O M.; SÁEZ C K.; HERNÁNDEZ S V.; BECERRA A J.	Variation of saponin contents and physiological status in <i>Quillaja</i> <i>saponaria</i> under different environmental conditions	
2013	ZENGIN A.C.A.	Potential application of <i>Quillaja</i> <i>saponaria</i> saponins as an antimicrobial soaking agent in leather industry	
2013	GONZÁLEZ-CRUZ D.; MARTÍN R.S.	Molluscicidal effects of saponin-rich plant extracts on the grey field slug; [Efecto molusquicida de extractos naturales ricos en saponinas en contra de la babosa gris de jardín]	10.4067/S071 8- 16202013000 200009
2013	DEHGHAN S.; KHEIRI M.T.; TABATABAIEAN M.; DARZI S.; TAFAGHODI M.	Dry-powder form of chitosan nanospheres containing influenza virus and adjuvants for nasal immunization	10.1007/s1227 2-013-0043-4
2013	KILIÇ E.	Evaluation of degreasing process with plant derived biosurfactant for leather making: An ecological approach	
2013	ANGÉLICA G.S.; MIGUEL E.B.; DARCY R.L.; MANUEL S.O.; KATIA S.C.; VÍCTOR H.S.; JOSÉ B.A.	Variation of Saponin Contents and Physiological Status in <i>Quillaja</i> <i>saponaria</i> Under Different Environmental Conditions	10.1177/1934 578X1300801 209
2013	SERRANO A.E.	Effects of <i>Quillaja</i> saponins on growth	10.1111/j.136 5- 2095.2012.00 980.x
2013	PATRA A.K.; YU Z.	Effective reduction of enteric methane production by a combination of nitrate and saponin without adverse effect on feed degradability	10.1016/j.biort ech.2013.08.1 40
2013	XIAO C.W.; RAJPUT Z.I.	Short communication. Enhancement of	10.5424/sjar/2

	BAO G.; HU S.H.; SOOMRO N.A.	the immune responses to vaccination against foot-and-mouth disease in mice by oral administration of <i>Quillaja saponaria-A</i> and extracts of <i>Cochinchina momordica</i> seed	013111-3279
2013	PEÇEN A.; KAŞKAVALCI G.; MISTANOĞLU I.	Nematicidal efficacies of several organic and microbial fertilizers against Root-knot nematodes (<i>Meloidogyne</i> spp.) in organic tomato farming	
2013	GILABERT-ORIOLO R.; MERGEL K.; THAKUR M.; VON MALLINCKRODT B.; MELZIG M.F.; FUCHS H.; WENG A.	Real-time analysis of membrane permeabilizing effects of oleanane saponins	10.1016/j.bmc.2013.01.061
2013	BASTOS B.L.; LOUREIRO D.; RAYNAL J.T.; GUEDES M.T.; VALE V.L.C.; MOURA-COSTA L.F.; GUIMARÃES J.E.; AZEVEDO V.; PORTELA R.W.; MEYER R.	Association between haptoglobin and IgM levels and the clinical progression of caseous lymphadenitis in sheep	10.1186/1746-6148-9-254
2013	HASSAN S.B.; GULLBO J.; HU K.; BERENJIAN S.; MOREIN B.; NYGREN P.	The nanoparticulate <i>Quillaja</i> saponin BBE is selectively active towards renal cell carcinoma	
2013	WOJCIECHOWSKI K.	Surface activity of saponin from <i>Quillaja</i> bark at the air/water and oil/water interfaces	10.1016/j.colsurfb.2013.02.008
2013	MAHONY D.; CAVALLARO A.S.; STAHR F.; MAHONY T.J.; QIAO S.Z.; MITTER N.	Mesoporous silica nanoparticles act as a self-adjuvant for ovalbumin model antigen in mice	10.1002/sml.201300012
2013	YANG Y.; LESER M.E.; SHER A.A.; MCCLEMENTS D.J.	Formation and stability of emulsions using a natural small molecule surfactant: <i>Quillaja</i> saponin (Q-Naturale®)	10.1016/j.foodhyd.2012.08.008
2013	MARGARITA P.; KARINA C.; JOHANNA M.	Emission factors of biogenic volatile organic compounds in various stages of growth present in the urban forest of the Metropolitan Region	
2013	BARHATE G.; GAUTAM M.; GAIROLA S.; JADHAV S.; POKHARKAR V.	<i>Quillaja saponaria</i> extract as mucosal adjuvant with chitosan functionalized gold nanoparticles for mucosal vaccine delivery: Stability and immunoefficiency studies	10.1016/j.ijpharm.2012.10.033
2013	YANG Y.; MCCLEMENTS D.J.	Encapsulation of vitamin E in edible emulsions fabricated using a natural surfactant	10.1016/j.foodhyd.2012.09.003
2012	CASTRO-MONTOYA J.; DE CAMPENEERE S.; VAN RANST G.; FIEVEZ V.	Interactions between methane mitigation additives and basal substrates on in vitro methane and VFA production	10.1016/j.anifeedsci.2012.07.007
2012	PIOTROWSKI M.; LEWANDOWSKA J.; WOJCIECHOWSKI K.	Biosurfactant-protein mixtures: <i>Quillaja</i> Bark Saponin at water/air and water/oil interfaces in presence of β -lactoglobulin	10.1021/jp301174d

2012	DE GEYTER E.; SMAGGHE G.; RAHBÉ Y.; GEELLEN D.	Triterpene saponins of <i>Quillaja saponaria</i> show strong aphicidal and deterrent activity against the pea aphid <i>Acyrtosiphon pisum</i>	10.1002/ps.2235
2012	ZUÑIGA G.E.; JUNQUEIRA-GONÇALVES M.P.; PIZARRO M.; CONTRERAS R.; TAPIA A.; SILVA S.	Effect of ionizing energy on extracts of <i>Quillaja saponaria</i> to be used as an antimicrobial agent on irradiated edible coating for fresh strawberries	10.1016/j.radphyschem.2011.08.008
2012	LI W.; POWERS W.	Effects of saponin extracts on air emissions from steers	10.2527/jas.2011-4888
2012	ARIAEE F.M.; TAFAGHODIA M.	Mucosal adjuvant potential of <i>Quillaja</i> saponins and cross-linked dextran microspheres	
2012	GOLEMANOV K.; TCHOLAKOVA S.; DENKOV N.; PELAN E.; STOYANOV S.D.	Surface shear rheology of saponin adsorption layers	10.1021/la302150j
2012	ARABSKI M.; WĘGIEREK-CIUK A.; CZERWONKA G.; LANKOFF A.; KACA W.	Effects of saponins against clinical <i>E. coli</i> strains and eukaryotic cell line	10.1155/2012/286216
2012	DE GEYTER E.; SWEVERS L.; SOIN T.; GEELLEN D.; SMAGGHE G.	Saponins do not affect the ecdysteroid receptor complex but cause membrane permeation in insect culture cell lines	10.1016/j.jinsphys.2011.09.005
2012	RAMYA R.; SANGARANARAYANAN M.V.	Polypyrrole microfibrils synthesized with <i>Quillaja</i> Saponin for sensing of catechol	10.1016/j.snb.2012.05.034
2012	ZHANG T.; YANG C.; RUPA P.; JIANG B.; MINE Y.	Inhibitory effects of <i>Quillaja</i> saponin on IgE-mediated degranulation of rat basophilic leukemia RBL-2H3 Cells	10.1016/j.jff.2012.06.003
2012	SUESCUN F.; PAULINO L.; ZAGAL E.; OVALLE C.; MUÑOZ C.	Plant extracts from the Mediterranean zone of Chile potentially affect soil microbial activity related to N transformations: A laboratory experiment	10.1080/09064710.2012.676668
2012	DE GEYTER E.; SWEVERS L.; CACCIA S.; GEELLEN D.; SMAGGHE G.	Saponins show high entomotoxicity by cell membrane permeation in Lepidoptera	10.1002/ps.3284
2012	NASRI S.; BEN SALEM H.	Effect of oral administration of <i>Agave americana</i> or <i>Quillaja saponaria</i> extracts on digestion and growth of Barbarine female lamb	10.1016/j.livsci.2012.04.001
2012	BELLO M.A.; RUDALL P.J.; HAWKINS J.A.	Combined phylogenetic analyses reveal interfamilial relationships and patterns of floral evolution in the eudicot order Fabales	10.1111/j.1096-0031.2012.00392.x
2012	REIMER J.M.; KARLSSON K.H.; LÖVGREN-BENGTSSON K.; MAGNUSSON S.E.; FUENTES A.; STERTMAN L.	Matrix-M™ Adjuvant Induces Local Recruitment, Activation and Maturation of Central Immune Cells in Absence of Antigen	10.1371/journal.pone.0041451
2012	NASRI S.; LUCIANO G.; VASTA V.; AOUADI D.; PRIOLO A.; MAKKAR H.P.S.; BEN SALEM H.	Effect of <i>Quillaja saponaria</i> dietary administration on colour	10.1016/j.meatsci.2012.06.003

2012	PATRA A.K.; STIVERSON J.; YU Z.	Effects of quillaja and yucca saponins on communities and select populations of rumen bacteria and archaea	10.1111/j.1365-2672.2012.05440.x
2011	MOHAGHEGH M.; TAFAGHODI M.	Dextran microspheres could enhance immune responses against PLGA nanospheres encapsulated with tetanus toxoid and <i>Quillaja</i> saponins after nasal immunization in rabbit	10.3109/10837450903479962
2011	DUEWELL P.; KISSER U.; HECKELSMILLER K.; HOVES S.; STOITZNER P.; KOERNIG S.; MORELLI A.B.; CLAUSEN B.E.; DAUER M.; EIGLER A.; ANZ D.; BOURQUIN C.; MARASKOVSKY E.; ENDRES S.; SCHNURR M.	ISCOMATRIX adjuvant combines immune activation with antigen delivery to dendritic cells in vivo leading to effective cross-priming of CD8+ T cells	10.4049/jimmunol.1004114
2011	BANKEFORS J.; BROBERG S.; NORD L.I.; KENNE L.	Electrospray ionization ion-trap multiple-stage mass spectrometry of <i>Quillaja</i> saponins.	10.1002/jms.1935
2011	GAETE-GARRETÓN L.; VARGAS-HERNÁNDEZ Y.; CARES-PACHECO M.G.; SAINZ J.; ALARCÓN J.	Ultrasonically enhanced extraction of bioactive principles from <i>Quillaja Saponaria</i> Molina	10.1016/j.ultras.2010.12.012
2011	FELLENBERG M.A.; ESPINOZA A.; PEÑA I.; ALARCÓN J.	Antioxidant and bacteriostatic effects of the addition of extract of quillay polyphenols (<i>Quillaja saponaria</i>) in the marinade of broiler chicken	10.1590/S1516-635X2011000100011
2011	WOJCIECHOWSKI K.; PIOTROWSKI M.; POPIELARZ W.; SOSNOWSKI T.R.	Short- and mid-term adsorption behaviour of <i>Quillaja</i> Bark Saponin and its mixtures with lysozyme	10.1016/j.foodhyd.2010.07.007
2011	NAKNUKOOL S.; HORINOUCHE I.; HATTA H.	Stimulating macrophage activity in mice and humans by oral administration of <i>Quillaja</i> saponin	10.1271/bbb.110182
2011	GIANNAKOU I.O.	Efficacy of a formulated product containing <i>Quillaja saponaria</i> plant extracts for the control of root-knot nematodes	10.1007/s10658-011-9780-8
2011	KILIÇ E.; FONT J.; PUIG R.; ÇOLAK S.; ÇELİK D.	Chromium recovery from tannery sludge with saponin and oxidative remediation	10.1016/j.jhazmat.2010.09.054
2011	ARRAU S.; DELPORTE C.; CARTAGENA C.; RODRÍGUEZ-DÍAZ M.; GONZÁLEZ P.; SILVA X.; CASSELS B.K.; MIRANDA H.F.	Antinociceptive activity of <i>Quillaja saponaria</i> Mol. saponin extract, quillaic acid and derivatives in mice	10.1016/j.jep.2010.09.016
2011	STANIMIROVA R.; MARINOVA K.; TCHOLAKOVA S.; DENKOV N.D.; STOYANOV S.; PELAN E.	Surface rheology of saponin adsorption layers	10.1021/la202860u

2011	HELAL R.; MELZIG M.F.	In vitro effects of selected saponins on the production and release of lysozyme activity of human monocytic and epithelial cell lines	10.3797/sciph arm.1012-15
2011	RODRÍGUEZ-DÍAZ M.; DELPORTE C.; CARTAGENA C.; CASSELS B.K.; GONZÁLEZ P.; SILVA X.; LEÓN F.; WESSJOHANN L.A.	Topical anti-inflammatory activity of quillaic acid from <i>Quillaja saponaria</i> Mol. and some derivatives	10.1111/j.204 2- 7158.2011.01 263.x
2011	TAM K.I.; RONER M.R.	Characterization of in vivo anti-rotavirus activities of saponin extracts from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/j.anti viral.2011.04. 004
2011	HERRMANN F.; WINK M.	Synergistic interactions of saponins and monoterpenes in HeLa cells	10.1016/j.phy med.2011.08. 070
2011	SOPPELSA O.; GIACOMETTI R.; D'ERRICO G.; D'ALESSIO M.	Effectiveness of soil solarization combined with a plant-derived formulation for the control of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid et White) Chitw. in greenhouse tomato	
2011	SEGABINAZZI L.R.; VIÉGAS J.; FREITAS L.S.; BRONDANI I.L.; ARGENTA F.M.; BINOTTO J.	Behavior patterns of cows with Charolais or Nellore breed predominance fed diets with plant extract or monensin sodium	10.1590/S151 6- 35982011001 200044
2011	FISCHER M.J.C.; PENSEC F.; DEMANGEAT G.; FARINE S.; CHONG J.; RAMÍREZ-SUERO M.; MAZET F.; BERTSCH C.	Impact of <i>Quillaja saponaria</i> saponins on grapevine ecosystem organisms	10.1007/s1048 2-011-9578-x
2011	NASRI S.; BEN SALEM H.; VASTA V.; ABIDI S.; MAKKAR H.P.S.; PRIOLO A.	Effect of increasing levels of <i>Quillaja saponaria</i> on digestion, growth and meat quality of Barbarine lambn digestion	10.1016/j.anif eedsci.2010.1 2.005
2011	CASTRO-MONTOYA J.M.; MAKKAR H.P.S.; BECKER K.	Chemical composition of rumen microbial fraction and fermentation parameters as affected by tannins and saponins using an in vitro rumen fermentation system	10.4141/CJAS 2010-028
2011	GIRAUD D.; ANDERSON C.E.; WESTERDAHL B.B.; RIDDLE L.J.	New products to improve growth of field grown easter lily bulbs	10.17660/acta hort.2011.90 0.42
2011	BECERRA P.I.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ V.; SMITH-RAMÍREZ C.; ARMESTO J.J.	Spatio-temporal variation in the effect of herbaceous layer on woody seedling survival in a Chilean mediterranean ecosystem	10.1111/j.165 4- 1103.2011.01 291.x
2011	BROGNA D.M.R.; NASRI S.; SALEM H.B.; MELE M.; SERRA A.; BELLA M.; PRIOLO A.; MAKKAR H.P.S.; VASTA V.	Effect of dietary saponins from <i>Quillaja saponaria</i> L. on fatty acid composition and cholesterol content in muscle Longissimus dorsi of lambs	10.1017/S175 17311110000 48
2010	HU K.; BERENJIAN S.; LARSSON R.; GULLBO J.; NYGREN P.; LÖVGREN T.; MOREIN B.	Nanoparticulate <i>Quillaja</i> saponin induces apoptosis in human leukemia cell lines with a high therapeutic index	10.2147/ijn.s7 879

2010	BLIJDENSTEIN T.B.J.; DE GROOT P.W.N.; STOYANOV S.D.	On the link between foam coarsening and surface rheology: Why hydrophobins are so different	10.1039/b925648b
2010	MENDES R.E.; ZAFRA R.; PÉREZ-ÉCIJA R.A.; BUFFONI L.; MARTÍNEZ-MORENO A.; TENDLER M.; PÉREZ J.	Evaluation of local immune response to <i>Fasciola hepatica</i> experimental infection in the liver and hepatic lymph nodes of goats immunized with Sm14 vaccine antigen	10.1590/S0074-02762010000500017
2010	GIACOMETTI R.; D'ERRICO G.; D'ERRICO F.P.	In vitro nematicidal activity of the experimental formulation Tequil against <i>Meloidogyne incognita</i> and <i>Heterodera daverti</i>	
2010	TAFAGHODI M.; RASTEGAR S.	Preparation and in vivo study of dry powder microspheres for nasal immunization	10.3109/10611860903434035
2010	TAFAGHODI M.; ESKANDARI M.; KHARAZIZADEH M.; KHAMESIPOUR A.; JAAFARI M.R.	Immunization against leishmaniasis by PLGA nanospheres loaded with an experimental autoclaved <i>Leishmania major</i> (ALM) and <i>Quillaja</i> saponins	
2010	RONER M.R.; TAM K.I.; KIESLING-BARRAGER M.	Prevention of rotavirus infections in vitro with aqueous extracts of <i>Quillaja Saponaria</i> Molina	10.4155/fmc.10.206
2010	CARES M.G.; VARGAS Y.; GAETE L.; SAINZ J.; ALARCÓN J.	Ultrasonically assisted Extraction of bioactive principles from <i>Quillaja Saponaria</i> Molina	10.1016/j.phpro.2010.01.024
2010	HASSAN S.M.; BYRD J.A.; CARTWRIGHT A.L.; BAILEY C.A.	Hemolytic and Antimicrobial Activities Differ Among Saponin-rich Extracts From <i>Guar</i> , <i>Quillaja</i> , <i>Yucca</i> , and <i>Soybean</i>	10.1007/s12010-009-8838-y
2010	VLAMINCK J.; LÓPEZ-ABÁN J.; RUANO A.L.; OLMO E.D.; MURO A.	Vaccination against <i>Strongyloides venezuelensis</i> with homologue antigens using new immunomodulators	10.1645/GE-2276.1
2010	BANKEFORS J.; NORD L.I.; KENNE L.	Multidimensional profiling of components in complex mixtures of natural products for metabolic analysis, proof of concept: Application to <i>Quillaja</i> saponins	10.1016/j.jchro.2009.11.034
2010	DIXIT V.; TEWARI J.; OBENDORF S.K.	Fungal growth inhibition of regenerated cellulose nanofibrous membranes containing <i>Quillaja</i> saponin	10.1007/s00244-010-9493-6
2010	PATIL S.V.; SALUNKE B.K.; PATIL C.D.; SALUNKHE R.B.; GAVIT P.; MAHESHWARI V.L.	Potential of extracts of the tropical plant <i>Balanites aegyptiaca</i> (L) Del. (Balanitaceae) to control the mealy bug, <i>Maconellicoccus hirsutus</i> (Homoptera: Pseudococcidae)	10.1016/j.cropro.2010.05.016
2010	RAGUPATHI G.; DAMANI P.; DENG K.; ADAMS M.M.; HANG J.; GEORGE C.; LIVINGSTON P.O.; GIN D.Y.	Preclinical evaluation of the synthetic adjuvant SQS-21 and its constituent isomeric saponins	10.1016/j.vaccine.2010.04.034
2009	FIDAN A.F.; KUCUKKURT I.; YUKSEL H.; OZDEMIR A.; INCE S.; DUNDAR Y.	The effects of structurally different saponin in containing plants on tissue antioxidant defense systems	10.3923/javaa.2009.920.927

2009		Erratum to Feeding saponin-containing <i>Yucca schidigera</i> and <i>Quillaja saponaria</i> to decrease enteric methane production in dairy cows (J. Dairy Sci.	10.3168/jds.2009-92-7-3543
2009	DÍAZ-FORESTIER J.; GÓMEZ M.; MONTENEGRO G.	Nectar volume and floral entomofauna as a tool for the implementation of sustainable apicultural management plans in <i>Quillaja saponaria</i> Mol.	10.1007/s10457-008-9193-7
2009	BELLO M.A.; BRUNEAU A.; FOREST F.; HAWKINS J.A.	Elusive relationships within order fabales: phylogenetic analyses using matk and rbcL sequence data	10.1600/036364409787602348
2009	ARAÚJO M.S.S.; DE ANDRADE R.A.; SATHLER-AVELAR R.; TEIXEIRA-CARVALHO A.; ANDRADE M.C.; VIANNA L.R.; MAYRINK W.; REIS A.B.; MALAQUIAS L.C.C.; MELLO M.N.; MARTINS-FILHO O.A.	T-cell-derived cytokines, nitric oxide production by peripheral blood monocytes and seric anti-Leishmania (<i>Leishmania</i>) chagasi IgG subclass patterns following immunization against canine visceral leishmaniasis using Leishvaccine and Leishmune	10.1016/j.vaccine.2008.11.104
2009	MAURER V.; PERLER E.; HECKENDORN F.	In vitro efficacies of oils, silicas and plant preparations against the poultry red mite <i>Dermanyssus gallinae</i>	10.1007/s10493-009-9254-2
2009	AFROSE S.; HOSSAIN MD.S.; MAKI T.; TSUJII H.	Karaya root saponin exerts a hypocholesterolemic response in rats fed a high-cholesterol diet	10.1016/j.nutres.2009.05.008
2009	SKURTYS O.; AGUILERA J.M.	Formation of O/W macroemulsions with a circular microfluidic device using saponin and potato starch	10.1016/j.foodhyd.2009.01.014
2009	MONTENEGRO G.; GÓMEZ M.; CASAUBON G.; BELANCIC A.; MUJICA A.M.; PEÑA R.C.	Analysis of volatile compounds in three unifloral native Chilean honeys	
2009	SPYROU I.M.; KARPOUZAS D.G.; MENKISSOGLU-SPIROUDI U.	Do botanical pesticides alter the structure of the soil microbial community?	10.1007/s00248-009-9522-z
2009	SCHNURR M.; ORBAN M.; ROBSON N.C.; SHIN A.; BRALEY H.; AIREY D.; CEBON J.; MARASKOVSKY E.; ENDRES S.	ISCOMATRIX adjuvant induces efficient cross-presentation of tumor antigen by dendritic cells via rapid cytosolic antigen delivery and processing via tripeptidyl peptidase II	10.4049/jimmunol.182.3.1253
2009	MAURER V.; PERLER E.; HECKENDORN F.	In vitro efficacies of oils, silicas and plant preparations against the poultry red mite <i>Dermanyssus gallinae</i>	10.1007/978-90-481-2731-3_5
2009	HOLTSHAUSEN L.; CHAVES A.V.; BEAUCHEMIN K.A.; MCGINN S.M.; MCALLISTER T.A.; ODONGO N.E.; CHEEKE P.R.; BENCHAAAR C.	Feeding saponin-containing <i>Yucca schidigera</i> and <i>Quillaja saponaria</i> to decrease enteric methane production in dairy cows	10.3168/jds.2008-1843
2008	MATSUBAYASHI Y.; IWAI L.; KAWASAKI H.	Fluorescent double-labeling with carbocyanine neuronal tracing and immunohistochemistry using a cholesterol-specific detergent digitonin	10.1016/j.jneumeth.2008.07.003
2008	BORJA-CABRERA G.P.; SANTOS F.N.; BAUER F.S.;	Immunogenicity assay of the Leishmune® vaccine against canine	10.1016/j.vaccine.2008.07.0

	PARRA L.E.; MENZ I.; MORGADO A.A.; SOARES I.S.; BATISTA L.M.M.; PALATNIK-DE-SOUSA C.B.	visceral leishmaniasis in Brazil	29
2008	BANKEFORS J.; NORD L.I.; KENNE L.	Structural classification of acyl-substituted <i>Quillaja</i> saponins by electrospray ionisation ion trap multiple-stage mass spectrometry in combination with multivariate analysis	10.1002/rcm.3803
2008	FIDAN A.F.; DÜNDAR Y.	The effects of <i>Yucca schidigera</i> and <i>Quillaja saponaria</i> on DNA damage	10.1016/j.jdiacomp.2007.11.010
2008	HASSAN S.M.; MOUSSA EID.A.; ABBOTT L.C.	Effects of quillaja saponin (<i>Quillaja saponaria</i>) on early embryonic zebrafish (<i>Danio rerio</i>) development	10.1080/10915810802152129
2008	BELLO M.A.; HAWKINS J.A.; RUDALL P.J.	Floral morphology and development in Quillajaceae and Surianaceae (Fabales)	10.1093/aob/mcn073
2008	RIBERA A.; COTORAS M.; ZUÑIGA G.E.	Effect of extracts from in vitro-grown shoots of <i>Quillaja saponaria</i> Mol. on <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	10.1007/s11274-008-9673-y
2008	BELLO M.A.; HAWKINS J.A.; RUDALL P.J.	Floral morphology and development in quillajaceae and surianaceae (Fabales)	10.1093/aob/mcn002
2008	GOLAN M.; AVITAN A.; QUTOB M.; DWEIK H.; ABU-LAFI S.; FOCKEN U.; FRANCIS G.; BECKER K.; KEREM Z.; LEVAVI-SIVAN B.	<i>Quillaja</i> saponins inhibit tilapia aromatase activity in vitro	
2008	BANKEFORS J.; NORD L.I.; KENNE L.	Structural classification of <i>Quillaja</i> saponins by electrospray ionization ion trap multiple-stage mass spectrometry in combination with multivariate analysis	10.1016/j.chemolab.2007.09.008
2008	WANG Y.; LU X.; XU G.	Development of a comprehensive two-dimensional hydrophilic interaction chromatography/quadrupole time-of-flight mass spectrometry system and its application in separation and identification of saponins from <i>Quillaja saponaria</i>	10.1016/j.chroma.2007.12.034
2008	CHEN W.-J.; HSIAO L.-C.; CHEN K.K.-Y.	Metal desorption from copper(II)/nickel(II)-spiked kaolin as a soil component using plant-derived saponin biosurfactant	10.1016/j.procbio.2007.11.017
2008	PEN B.; SAR C.; MWENYA B.; TAKAHASHI J.	Effects of <i>Quillaja saponaria</i> extract alone or in combination with <i>Yucca schidigera</i> extract on ruminal fermentation and methanogenesis in vitro	10.1111/j.1740-0929.2008.00517.x
2007	PEN B.; TAKAURA K.; YAMAGUCHI S.; ASA R.; TAKAHASHI J.	Effects of <i>Yucca schidigera</i> and <i>Quillaja saponaria</i> with or without β 1-4 galacto-oligosaccharides on ruminal fermentation	10.1016/j.anifeedsci.2006.11.018
2007	LÓPEZ-ABÁN J.; ANDRADE M.D.A.; NOGAL-RUIZ J.J.;	Immunomodulation of the response to excretory/secretory antigens of	10.1645/GE-838R1.1

	MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A.R.; MURO A.	Fasciola hepatica by anapsos® in Balb/C mice and rat alveolar macrophages	
2007	BAAH J.; IVAN M.; HRISTOV A.N.; KOENIG K.M.; RODE L.M.; MCALLISTER T.A.	Effects of potential dietary antiprotozoal supplements on rumen fermentation and digestibility in heifers	10.1016/j.anifeedsci.2006.11.004
2007	RONER M.R.; SPRAYBERRY J.; SPINKS M.; DHANJI S.	Antiviral activity obtained from aqueous extracts of the Chilean soapbark tree (<i>Quillaja saponaria</i> Molina)	10.1099/vir.0.82321-0
2007	CHAPAGAIN B.P.; WIESMAN Z.; TSROR (LAHKIM) L.	In vitro study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi	10.1016/j.indcrop.2007.02.005
2007	PARRA L.E.; BORJA-CABRERA G.P.; SANTOS F.N.; SOUZA L.O.P.; PALATNIK-DE-SOUSA C.B.; MENZ I.	Safety trial using the Leishmune® vaccine against canine visceral leishmaniasis in Brazil	10.1016/j.vaccine.2006.11.057
2007	LÓPEZ-ABÁN J.; CASANUEVA P.; NOGAL J.; ARIAS M.; MORRONDO P.; DIEZ-BAÑOS P.; HILLYER G.V.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A.R.; MURO A.	Progress in the development of Fasciola hepatica vaccine using recombinant fatty acid binding protein with the adjuvant adaptation system ADAD	10.1016/j.vetpar.2006.12.017
2007	GRABENSTEINER E.; ARSHAD N.; HESS M.	Differences in the in vitro susceptibility of mono-eukaryotic cultures of <i>Histomonas meleagridis</i>	10.1007/s00436-007-0459-1
2007	SANTOS F.N.; BORJA-CABRERA G.P.; MIYASHIRO L.M.; GRECHI J.; REIS A.B.; MOREIRA M.A.B.; MARTINS FILHO O.A.; LUVIZOTTO M.C.R.; MENZ I.; PESSÔA L.M.; GONÇALVES P.R.; PALATNIK M.; PALATNIK-DE-SOUSA C.B.	Immunotherapy against experimental canine visceral leishmaniasis with the saponin enriched-Leishmune® vaccine	10.1016/j.vaccine.2007.06.005
2006	KATAYAMA S.; MINE Y.	<i>Quillaja</i> saponin can modulate ovalbumin-induced IgE allergic responses through regulation of Th1/Th2 balance in a murine model	10.1021/jf060169h
2006	LENDEMANS D.G.; EGERT A.M.; MYSCHIK J.; HOOK S.; RADES T.	On the dilution behaviour of immunostimulating complexes (ISCOMs)	
2006	PICKERING R.J.; SMITH S.D.; STRUGNELL R.A.; WESSELINGH S.L.; WEBSTER D.E.	Crude saponins improve the immune response to an oral plant-made measles vaccine	10.1016/j.vaccine.2005.07.097
2006	PEN B.; SAR C.; MWENYA B.; KUWAKI K.; MORIKAWA R.; TAKAHASHI J.	Effects of <i>Yucca schidigera</i> and <i>Quillaja saponaria</i> extracts on in vitro ruminal fermentation and methane emission	10.1016/j.anifeedsci.2006.01.002
2006	PHAM H.L.; ROSS B.P.; MCGEARY R.P.; SHAW P.N.;	Saponins from <i>Quillaja saponaria</i> Molina: isolation, characterization and	10.2174/156720106778559

	HEWAVITHARANA A.K.; DAVIES N.M.	ability to form immuno stimulatory complexes (ISCOMs)	092
2006	RUIZ C.; FALCOCCHIO S.; XOXI E.; VILLO L.; NICOLosi G.; PASTOR F.I.J.; DIAZ P.; SASO L.	Inhibition of <i>Candida rugosa</i> lipase by saponins saponins, flavonoids and alkaloids	10.1016/j.molcatb.2006.02.012
2006	OLIVEIRA-FREITAS E.; CASAS C.P.; BORJA-CABRERA G.P.; SANTOS F.N.; NICO D.; SOUZA L.O.P.; TINOCO L.W.; DA SILVA B.P.; PALATNIK M.; PARENTE J.P.; PALATNIK-DE-SOUSA C.B.	Acylylated and deacylylated saponins of <i>Quillaja saponaria</i> mixture as adjuvants for the FML-vaccine against visceral leishmaniasis	10.1016/j.vaccine.2006.02.034
2006	CHAPAGAIN B.P.; WIESMAN Z.	Phyto-saponins as a natural adjuvant for delivery of agromaterials through plant cuticle membranes	10.1021/jf060591y
2006	PLAHAR M.A.; HUNG Y.-C.; MCWATTERS K.H.; PHILLIPS R.D.; CHINNAN M.S.	Effect of saponins on the physical characteristics, composition and quality of akara (fried cowpea paste) made from non-decorticated cream cowpeas	10.1016/j.lwt.2005.01.003
2005	PARK J.-Y.; PLAHAR M.A.; HUNG Y.-C.; MCWATTERS K.H.; EUN J.-B.	Effect of saponins on the foam/flow properties of paste and physical characteristics of akara made from decorticated black-eyed cowpeas	10.1002/jsfa.2192
2005	LEVAVI-SIVAN B.; HEDVAT R.; KANIAS T.; FRANCIS G.; BECKER K.; KEREM Z.	Exposure of tilapia pituitary cells to saponins: Insight into their mechanism of action	10.1016/j.cca.2005.01.002
2005	MARTIN R.M.S.; OTERO A.F.; CRUZ A.	Use of <i>Quillaja</i> saponins (<i>Quillaja saponaria</i> Molina) to control acid mist in copper electrowinning processes: Part 2: Pilot plant and industrial scale evaluation	10.1016/j.hydromet.2004.11.006
2005	CLAXTON F.; BANKS H.; KLITGAARD B.B.; CRANE P.R.	Pollen morphology of families Quillajaceae and Surianaceae (Fabales)	10.1016/j.revपालbo.2004.10.003
2005	LERSTEN N.R.; HORNER H.T.	Macropattern of styloid and druse crystals in <i>Quillaja</i> (Quillajaceae) bark and leaves	10.1086/430195
2005	ILSLEY S.E.; MILLER H.M.	Effect of dietary supplementation of sows with quillaja saponins during gestation on colostrum composition and performance of piglets suckled	10.1079/ASC40360179
2005	HU K.-F.; REGNER M.; SIEGRIST C.-A.; LAMBERT P.; CHEN M.; BENGTSSON K.L.; MOREIN B.	The immunomodulating properties of human respiratory syncytial virus and immunostimulating complexes containing <i>Quillaja</i> saponin components QH-A	10.1016/j.femsim.2004.08.010
2005	MARCIANI D.J.; PTAK R.G.; VOSS T.G.; REYNOLDS R.C.; PATHAK A.K.; CHAMBLIN T.L.; SCHOLL D.R.; MAY R.D.	Erratum: Degradation of <i>Quillaja saponaria</i> Molina saponins: Loss of the protective effects of a herpes simplex virus 1 subunit vaccine	10.1016/j.intimp.2005.05.002
2005	MARTIN R.S.; MAGUNACELAYA J.C.	Control of plant-parasitic nematodes with extracts of <i>Quillaja saponaria</i>	10.1163/156854105774384

			732
2005	MARTIN R.M.S.; OTERO A.F.; FIGUEROA M.; ESCOBAR V.; CRUZ A.	Use of <i>Quillaja</i> saponins (<i>Quillaja saponaria</i> Molina) to control acid mist in copper electrowinning processes: Part 1. Laboratory scale evaluation	10.1016/j.hydr omet.2004.11.009
2005	ILSLEY S.E.; MILLER H.M.; KAMEL C.	Effects of dietary <i>Quillaja</i> saponin and curcumin on the performance and immune status of weaned piglets	10.2527/2005.83182x
2004	PALATNIK DE SOUSA C.B.; SANTOS W.R.; CASAS C.P.; PARAGUAI DE SOUZA E.; TINOCO L.W.; DA SILVA B.P.; PALATNIK M.; PARENTE J.P.	Protective vaccination against murine visceral leishmaniasis using aldehyde-containing <i>Quillaja saponaria</i> sapogenins	10.1016/j.vaccine.2004.01.072
2004	SARNTHEIN-GRAF C.; LA MESA C.	Association of saponins in water and water-gelatine mixtures	10.1016/j.tca.2003.11.044
2004	CATHCART K.; PINILLA-IBARZ J.; KORONTSVIT T.; SCHWARTZ J.; ZAKHALEVA V.; PAPADOPOULOS E.B.; SCHEINBERG D.A.	A multivalent bcr-abl fusion peptide vaccination trial in patients with chronic myeloid leukemia	10.1182/blood-2003-03-0954
2004	REGNER M.; CULLEY F.; FONTANNAZ P.; HU K.; MOREIN B.; LAMBERT P.-H.; OPENSHAW P.; SIEGRIST C.-A.	Safety and efficacy of immune-stimulating complex-based antigen delivery systems for neonatal immunisation against respiratory syncytial virus infection	10.1016/j.micinf.2004.03.005
2004	CHENG C.Y.; URBANI M.D.; MIOVSKI P.; KITTELTY D.; OTERO A.F.; SAN MARTÍN R.M.	Evaluation of saponins as acid mist suppressants in zinc electrowinning	10.1016/j.hydr omet.2003.10.001
2004	MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A.R.; NOGAL-RUIZ J.J.; LÓPEZ-ABÁN J.; RAMAJO V.; OLEAGA A.; MANGA-GONZÁLEZ Y.; HILLYER G.V.; MURO A.	Vaccination of mice and sheep with Fh12 FABP from <i>Fasciola hepatica</i> using the new adjuvant/immunomodulator system ADAD	10.1016/j.vetpar.2004.07.023
2004	JORDAN M.; ROVERARO C.	In vitro culture of <i>Quillaja saponaria</i> Mol. (soap-bark tree)	
2004	MAGI M.; GARCIA L.; VANDENBRANDEN M.; PALMANTIER R.; JACQUET A.	Heat denaturation affects the ProDer p 1 IgE reactivity and downregulates the development of the specific allergic response	10.1016/j.jaci.2004.04.014
2004	BROBERG S.; NORD L.I.; KENNE L.	Oligosaccharide sequences in <i>Quillaja</i> saponins by electrospray ionization ion trap multiple-stage mass spectrometry	10.1002/jms.642
2004	KITE G.C.; HOWES M.-J.R.; SIMMONDS M.S.J.	Metabolomic analysis of saponins in crude extracts of <i>Quillaja saponaria</i> by liquid chromatography/mass spectrometry for product authentication	10.1002/rcm.1698
2004	BORJA-CABRERA G.P.; MENDES A.C.; PARAGUAI DE SOUZA E.; OKADA L.Y.H.; TRIVELLATO F.A.D.A.; KAWASAKI J.K.A.;	Effective immunotherapy against canine visceral leishmaniasis with the FML-vaccine	10.1016/j.vaccine.2003.11.039

	COSTA A.C.; REIS A.B.; GENARO O.; BATISTA L.M.M.; PALATNIK M.; PALATNIK-DE-SOUSA C.B.		
2003	DE JONGE M.I.; VIDARSSON G.; VAN DIJKEN H.H.; HOOGERHOUT P.; VAN ALPHEN L.; DANKERT J.; VAN DER LEY P.	Functional activity of antibodies against the recombinant OpaJ protein from <i>Neisseria meningitidis</i>	10.1128/IAI.7 1.5.2331- 2340.2003
2003	BIENZLE U.; GÜNTHER M.; NEUHAUS R.; VANDEPAPELIERE P.; VOLLMAR J.; LUN A.; NEUHAUS P.	Immunization with an adjuvant hepatitis B vaccine after liver transplantation for hepatitis B-related disease	10.1053/jhep. 2003.50396
2003	PALACIOS A.C.; SARNTHEIN-GRAF C.; LA MESA C.	Equilibrium between phases in water- protein-surfactant systems	10.1016/S092 7- 7757(03)0033 2-7
2003	ILSLEY S.E.; MILLER H.M.; GREATHEAD H.M.R.; KAMEL C.	Plant extracts as supplements for lactating sows: Effects on piglet performance	10.1017/s1357 72980005898 7
2003	ZHANG P.; YANG Q.-B.; MARCIANI D.J.; MARTIN M.; CLEMENTS J.D.; MICHALEK S.M.; KATZ J.	Effectiveness of the <i>Quillaja</i> saponin semi-synthetic analog GPI-0100 in potentiating mucosal and systemic responses to recombinant HagB from <i>Porphyromonas gingivalis</i>	10.1016/S026 4- 410X(03)0043 8-9
2003	COPAJA S.V.; BLACKBURN C.; CARMONA R.	Variation of saponin contents in <i>Quillaja saponica</i> molina	10.1007/s0022 6-002-0150-8
2003	MARCIANI D.J.; REYNOLDS R.C.; PATHAK A.K.; FINLEY- WOODMAN K.; MAY R.D.	Fractionation, structural studies, and immunological characterization of the semi-synthetic <i>Quillaja</i> saponins derivative GPI-0100	10.1016/S026 4- 410X(03)0029 8-6
2003	WIESMAN Z.; CHAPAGAIN B.P.	Laboratory evaluation of natural saponin as a bioactive agent against <i>Aedes aegypti</i> and <i>Culex pipiens</i>	
2003	NYBERG N.T.; BAUMANN H.; KENNE L.	Solid-phase extraction NMR studies of chromatographic fractions of saponins from <i>Quillaja saponaria</i>	10.1021/ac025 725v
2003	HRISTOV A.N.; IVAN M.; NEILL L.; MCALLISTER T.A.	Evaluation of several potential bioactive agents for reducing protozoal activity in vitro	10.1016/S037 7- 8401(03)0006 0-9
2002	MARCIANI D.J.; PTAK R.G.; VOSS T.G.; REYNOLDS R.C.; PATHAK A.K.; CHAMBLIN T.L.; SCHOLL D.R.; MAY R.D.	Degradation of <i>Quillaja saponaria</i> Molina saponins: Loss of the protective effects of a herpes simplex virus 1 subunit vaccine	10.1016/S156 7- 5769(02)0019 2-3
2002	LIU G.; ANDERSON C.; SCALTRETO H.; BARBON J.; KENSIL C.R.	QS-21 structure/function studies: Effect of acylation on adjuvant activity	10.1016/S026 4- 410X(02)0020 9-8
2002	TURNER J.L.; DRITZ S.S.; HIGGINS J.J.; HERKELMAN K.L.; MINTON J.E.	Effects of a <i>Quillaja saponaria</i> extract on growth performance and immune function of weanling pigs challenged with <i>Salmonella typhimurium</i>	10.2527/2002. 8071939x

2002	FRANCIS G.; MAKKAR H.P.S.; BECKER K.	Dietary supplementation with a <i>Quillaja</i> saponin mixture improves growth performance and metabolic efficiency in common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	10.1016/S0044-8486(01)00628-7
2002	PELAH D.; ABRAMOVICH Z.; MARKUS A.; WIESMAN Z.	The use of commercial saponin from <i>Quillaja saponaria</i> bark as a natural larvicidal agent against <i>Aedes aegypti</i> and <i>Culex pipiens</i>	10.1016/S0378-8741(02)00138-1
2002	FRANCIS G.; LEVAVI-SIVAN B.; AVITAN A.; BECKER K.	Effects of long term feeding of <i>Quillaja</i> saponins on sex ratio, muscle and serum cholesterol and LH levels in Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> (L.))	10.1016/S1532-0456(02)00167-9
2002	SO Y.C.; JONG S.K.; LI H.; SHIM C.; LINHARDT R.J.; YEONG S.K.	Enhancement of paracellular transport of heparin disaccharide across Caco-2 cell monolayers	10.1007/bf02975268
2001	FRANCIS G.; MAKKAR H.P.S.; BECKER K.	Effects of cyclic and regular feeding of a <i>Quillaja</i> saponin supplemented diet on growth and metabolism of common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	10.1023/A:1015047208108
2001	BOYAKA P.N.; MARINARO M.; JACKSON R.J.; VAN GINKEL F.W.; CORMET-BOYAKA E.; KIRK K.L.; KENSIL C.R.; MCGHEE J.R.	Oral QS-21 requires early IL-4 help for induction of mucosal and systemic immunity	10.4049/jimmunol.166.4.2283
2001	NORD L.I.; KENNE L.; JACOBSSON S.P.	Multivariate analysis of 1H NMR spectra for saponins from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/s0003-2670(01)00934-5
2001	MARCIANI D.J.; PATHAK A.K.; REYNOLDS R.C.; SEITZ L.; MAY R.D.	Altered immunomodulating and toxicological properties of degraded <i>Quillaja saponaria</i> Molina saponins	10.1016/S1567-5769(01)00016-9
2001	FRANCIS G.; MAKKAR H.P.S.; BECKER K.	Effects of <i>Quillaja</i> saponins on growth, metabolism, egg production and muscle cholesterol in individually reared Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	10.1016/S1532-0456(01)00189-2
2001	HU K.-F.; CHEN M.; ABUSUGRA I.; MONACO F.; MOREIN B.	Different respiratory syncytial virus and <i>Quillaja</i> saponin formulations induce murine peritoneal cells to express different proinflammatory cytokine profiles	10.1016/S0928-8244(01)00251-6
2001	INSUNZA V.; ABALLAY E.; MACAYA J.	In vitro nematocidal activity of aqueous plant extracts on chilean populations of <i>Xiphinema americanum</i> sensu lato	
2001	MITRA S.; DUNGAN S.R.	Cholesterol solubilization in aqueous micellar solutions of <i>Quillaja</i> saponin	10.1021/jf000568r
2000	NORD L.I.; KENNE L.	Novel acetylated triterpenoid saponins in a chromatographic fraction from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/S0008-6215(00)00248-2
2000	GUO S.; KENNE L.	Characterization of some O-acetylated	10.1016/S003

		saponins from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	1-9422(00)0016 1-8
2000	MARCIANI D.J.; PRESS J.B.; REYNOLDS R.C.; PATHAK A.K.; PATHAK V.; GUNDY L.E.; FARMER J.T.; KORATICH M.S.; MAY R.D.	Development of semisynthetic triterpenoid saponin derivatives with immune stimulating activity	10.1016/S0264-410X(00)00118-3
2000	GUO S.; KENNE L.	Structural studies of triterpenoid saponins with new acyl components from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/S0031-9422(00)00340-X
2000	HOLMGREN M.; SEGURA A.M.; FUENTES E.R.	Limiting mechanisms in the regeneration of the Chilean matorral	10.1023/A:1009804726307
2000	MARTN R.S.; BRIONES R.	Quality control of commercial <i>Quillaja</i> (<i>Quillaja saponaria</i> Molina) extracts by reverse phase HPLC	10.1002/1097-0010(200011)80:14<2063::AID-JSFA750>3.0.CO;2-2
2000	KAMSTRUP S.; SAN MARTIN R.; DOBERTI A.; GRANDE H.; DALSGAARD K.	Preparation and characterisation of quillaja saponin with less heterogeneity than Quil-A	10.1016/S0264-410X(99)00560-5
2000	MITRA S.; DUNGAN S.R.	Micellar properties of <i>Quillaja</i> saponin. 2. Effect of solubilized cholesterol on solution properties	10.1016/S0927-7765(99)00088-0
2000	GUO S.; FALK E.; KENNE L.; RÖNNBERG B.; SUNDQUIST B.G.	Triterpenoid saponins containing an acetylated branched D-fucosyl residue from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/S0031-9422(99)00422-7
1999	NYBERG N.T.; KENNE L.; RÖNNBERG B.; SUNDQUIST B.G.	Separation and structural analysis of some saponins from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/S0008-6215(99)00227-X
1999	BEHBOUDI S.; MOREIN B.; VILLACRES-ERIKSSON M.C.	<i>Quillaja</i> saponin formulations that stimulate proinflammatory cytokines elicit a potent acquired cell-mediated immunity	10.1046/j.1365-3083.1999.00603.x
1999	ASHIDA T.; OKIMASU E.; UI M.; HEGURI M.; OYAMA Y.; AMEMURA A.	Protection of Japanese flounder <i>Paralichthys olivaceus</i> against experimental edwardsiellosis by formalin-killed <i>Edwardsiella tarda</i> in combination with oral administration of immunostimulants	10.2331/fishsci.65.527
1999	KATAYAMA S.; ODA K.; OHGITANI T.; HIRAHARA T.; SHIMIZU Y.	Influence of antigenic forms and adjuvants on the IgG subclass antibody response to Aujeszky's disease virus in mice	10.1016/S0264-410X(98)00499-X
1999	JIANG B.; ESTES M.K.; BARONE C.; BARNIAK V.; O'NEAL C.M.; OTTAIANO A.; MADORE H.P.; CONNER M.E.	Heterotypic protection from rotavirus infection in mice vaccinated with virus-like particles	10.1016/S0264-410X(98)00317-X

1999	MAGAE Y.	Saponin Stimulates Fruiting of the Edible Basidiomycete <i>Pleurotus ostreatus</i>	10.1271/bbb.6 3.1840
1999	HOSHI S.; UCHINO A.; SAITO N.; KUSANAGI K.-I.; IHARA T.; UEDA S.	Comparison of adjuvants with respect to serum IgG antibody response in orally immunized chickens	10.1016/S014 7- 9571(98)0001 7-4
1999	JOHANSSON M.; LÖVGREN-BENGTSSON K.	Iscoms with different quillaja saponin components differ in their immunomodulating activities	10.1016/S026 4- 410X(99)0012 8-0
1999	MAKKAR H.P.S.; AREGHEORE E.M.; BECKER K.	Effect of saponins and plant extracts containing saponins on the recovery of ammonia during urea-ammoniation of wheat straw and fermentation kinetics of the treated straw	10.1017/S002 18596990063 34
1999	NORD L.I.; KENNE L.	Separation and structural analysis of saponins in a bark extract from <i>Quillaja saponaria</i> Molina	10.1016/S000 8- 6215(99)0013 4-2
1998	SEN S.; MAKKAR H.P.S.; MUETZEL S.; BECKER K.	Effect of <i>Quillaja saponaria</i> saponins and <i>Yucca schidigera</i> plant extract on growth of <i>Escherichia coli</i>	10.1046/j.147 2- 765X.1998.00 379.x
1998	GUO S.; LENNART K.; LUNDGREN L.N.; RÖNNBERG B.; SUNDQUIST B.G.	Triterpenoid saponins from <i>Quillaja saponaria</i>	10.1016/S003 1- 9422(97)0071 6-4
1998	CHAO A.C.; NGUYEN J.V.; BROUGHALL M.; RECCHIA J.; KENSIL C.R.; DADDONA P.E.; FIX J.A.	Enhancement of intestinal model compound transport by DS-1, a modified <i>Quillaja</i> saponin	10.1021/js980 0735
1998	MAKKAR H.P.S.; SEN S.; BLÜMMEL M.; BECKER K.	Effects of Fractions Containing Saponins from <i>Yucca schidigera</i> , <i>Quillaja saponaria</i> , and <i>Acaciaauriculoformis</i> on Rumen Fermentation	10.1021/jf980 269q
1997	SJÖLANDER A.; LÖVGREN BENGTSSON K.; MOREIN B.	Kinetics, localization and cytokine profile of T cell responses to immune stimulating complexes (iscoms) containing human influenza virus envelope glycoproteins	10.1016/S026 4- 410X(96)0028 8-5
1997	SO H.-S.; YOON H.-S.; CHOI D.-Y.; KWON Y.-S.; SUNG J.-H.; LEE T.G.; PARK E.-S.; CHO H.-S.; LEE B.M.; CHO J.M.; RYU W.-S.	Effect of a Novel Saponin Adjuvant Derived from <i>Quillaja saponaria</i> on the Immune Response to Recombinant Hepatitis B Surface Antigen	
1997	LEUNG Y.-M.; OU Y.-J.; KWAN C.-Y.; LOH T.-T.	Specific interaction between tetrandrine and <i>Quillaja</i> saponins in promoting permeabilization of plasma membrane in human leukemic HL-60 cells	10.1016/S000 5- 2736(97)0000 2-3
1997	RÖNNBERG B.; FEKADU M.; BEHBOUDI S.; KENNE L.	Effects of carbohydrate modification of <i>Quillaja saponaria</i> Molina QH-B	10.1016/S026 4-

	MOREIN B.	fraction on adjuvant activity	410X(97)0013 9-4
1997	MAKKAR H.P.S.; BECKER K.	Degradation of quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes	10.1046/j.147 2- 765X.1997.00 207.x
1997	MITRA S.; DUNGAN S.R.	Micellar Properties of <i>Quillaja</i> Saponin. 1. Effects of Temperature, Salt, and pH on Solution Properties	10.1021/jf960 349z
1997	VILLACRES-ERIKSSON M.; BEHBOUDI S.; MORGAN A.J.; TRINCHIERI G.; MOREIN B.	Immunomodulation by <i>Quillaja saponaria</i> adjuvant formulations: In vivo stimulation of interleukin 12 and its effects on the antibody response	10.1006/cyto. 1996.0139
1997	DOTSIKA E.; KARAGOUNI E.; SUNDQUIST B.; MOREIN B.; MORGAN A.; VILLACRES-ERIKSSON M.	Influence of <i>Quillaja saponaria</i> triterpenoid content on the immunomodulatory capacity of Epstein-Barr virus ISCOMS	10.1046/j.136 5- 3083.1997.d0 1-395.x
1997	SJÖLANDER A.; VAN 'T LAND B.; BENGTSSON K.L.	Iscoms containing purified <i>Quillaja</i> saponins upregulate both Th1-like and Th2-like immune responses	10.1006/cimm .1997.1088
1997	BEHBOUDI S.; MOREIN B.; VILLACRES-ERIKSSON M.	In vivo and in vitro induction of IL-6 by <i>Quillaja saponaria</i> molina triterpenoid formulations	10.1006/cyto. 1997.0219
1996	JACOBSEN N.E.; FAIRBROTHER W.J.; KENSIL C.R.; LIM A.; WHEELER D.A.; POWELL M.F.	Structure of the saponin adjuvant QS-21 and its base-catalyzed isomerization product by ¹ H and natural abundance ¹³ C NMR spectroscopy	10.1016/0008- 6215(95)0027 8-2
1996	SJÖLANDER A.; BENGTSSON K.L.; JOHANSSON M.; MOREIN B.	Kinetics, Localization and Isotype Profile of Antibody Responses to Immune Stimulating Complexes (Iscoms) Containing Human Influenza Virus Envelope Glycoproteins	10.1046/j.136 5- 3083.1996.d0 1-29.x
1996	PILLION D.J.; AMSDEN J.A.; KENSIL C.R.; RECCHIA J.	Structure-function relationship among <i>Quillaja</i> saponins serving as excipients for nasal and ocular delivery of insulin	10.1021/js950 4651
1996	MAKKAR H.P.S.; BACKER K.	Effect of <i>Quillaja</i> saponins on in vitro rumen fermentation	10.1007/978- 1-4613-0413- 5 33
1996	CLELAND J.L.; KENSIL C.R.; LIM A.; JACOBSEN N.E.; BASA L.; SPELLMAN M.; WHEELER D.A.; WU J.-Y.; POWELL M.F.	Isomerization and formulation stability of the vaccine adjuvant QS-21	10.1021/js950 3136
1996	BEHBOUDI S.; MOREIN B.; VILLACRES-ERIKSSON M.	In vitro activation of antigen-presenting cells (APC) by defined composition of <i>Quillaja saponaria</i> Molina triterpenoids	10.1046/j.136 5- 2249.1996.d0 1-730.x
1996	MANSILLA H.D.; HAUN M.; DURÁN N.	The composition and chemiluminescence of acidolysis lignins from native Chilean hardwoods	10.1007/s0010 70050152
1995	SOLTYSIK S.; WU J.-Y.; RECCHIA J.; WHEELER D.A.; NEWMAN M.J.; COUGHLIN R.T.; KENSIL C.R.	Structure/function studies of QS-21 adjuvant: assessment of triterpene aldehyde and glucuronic acid roles in adjuvant function	10.1016/0264- 410X(95)0007 7-E

1995	RÖNNBERG B.; FEKADU M.; MOREIN B.	Adjuvant activity of non-toxic <i>Quillaja saponaria</i> Molina components for use in ISCOM matrix	10.1016/0264-410X(95)00105-A
1995	STEINBECK C.; SCHNEIDER C.; ROTSCHEIDT K.; BREITMAIER E.	A 4-methyl-7-hydroxyphthalide glycoside and other constituents from <i>Quillaja saponaria</i> molina	10.1016/0031-9422(95)00496-T
1995	VAN SETTEN D.C.; VAN DE WERKEN G.; ZOMER G.; KERSTEN G.F.A.	Glycosyl compositions and structural characteristics of the potential immuno-adjuvant active saponins in the <i>Quillaja saponaria</i> Molina extract Quil A	10.1002/rem.1290090808
1995	HOOGERHOUT P.; DONDEERS E.M.L.M.; VAN DEN BRINK J.A.M.V.G.; KUIPERS B.; BRUGGHE H.F.; VAN UNEN L.M.A.; TIMMERMANS H.A.M.; TEN HOVE G.J.; DE JONG A.P.J.M.; PEETERS C.C.A.M.; WIERTZ E.J.H.J.; POOLMAN J.T.	Conjugates of synthetic cyclic peptides elicit bactericidal antibodies against a conformational epitope on a class 1 outer membrane protein of <i>Neisseria meningitidis</i>	10.1128/iai.63.9.3473-3478.1995
1995	COUGHLIN R.T.; FATTOM A.; CHU C.; WHITE A.C.; WINSTON S.	Adjuvant activity of QS-21 for experimental <i>E. coli</i> 018 polysaccharide vaccines	10.1016/0264-410X(95)80005-X
1995	BEHBOUDI S.; MOREIN B.; RÖNNBERG B.	Isolation and quantification of <i>Quillaja saponaria</i> Molina saponins and lipids in iscom-matrix and iscoms	10.1016/0264-410X(95)00107-C
1995	HANCOCK G.E.; SPEELMAN D.J.; FRENCHICK P.J.; MINEO-KUHN M.M.; BAGGS R.B.; HAHN D.J.	Formulation of the purified fusion protein of respiratory syncytial virus with the saponin QS-21 induces protective immune responses in Balb c mice that are similar to those generated by experimental infection	10.1016/0264-410X(95)98263-A
1995	PILLION D.J.; RECCHIA J.; WANG P.; MARCIANI D.J.; KENSIL C.R.	DS-1, a modified <i>Quillaja</i> saponin, enhances ocular and nasal absorption of insulin	10.1002/jps.2600841104
1995	RECCHIA J.; LURANTOS M.H.A.; ADEN J.A.; STOREY J.; KENSIL C.R.	A Semisynthetic <i>Quillaja</i> Saponin as a Drug Delivery Agent for Aminoglycoside Antibiotics	10.1023/A:1016235705448
1994	JENKINS K.J.; ATWAL A.S.	Effects of dietary saponins on fecal bile acids and neutral sterols	10.1016/0955-2863(94)90084-1
1993	POTTER S.M.; JIMENEZ-FLORES R.; POLLACK J.; LONE T.A.; BERBER-JIMENEZ M.D.	Protein-Saponin Interaction and Its Influence on Blood Lipids	10.1021/jf00032a023
1993	SUNDFELD E.; YUN S.; KROCHTA J.M.; RICHARDSON T.	Separation of cholesterol from butter oil using <i>Quillaja</i> saponins. 1. Effects of Ph, contact time and adsorbent	10.1111/j.1745-4530.1993.tb00316.x
1992	WU J.-Y.; GARDNER B.H.; MURPHY C.I.; SEALS J.R.; KENSIL C.R.; RECCHIA J.; BELTZ G.A.; NEWMAN G.W.; NEWMAN M.J.	Saponin adjuvant enhancement of antigen-specific immune responses to an experimental HIV-1 vaccine	

1991	MANSILLA H.; GARCIA R.; TAPIA J.; DURÁN H.; URZÚA S.	Chemical characterization of Chilean hardwoods	10.1007/BF00 226814
1991	KENSIL C.R.; PATEL U.; LENNICK M.; MARCIANI D.	Separation and characterization of saponins with adjuvant activity from <i>Quillaja saponaria</i> Molina cortex	
1988	HIGUCHI R.; TOKIMITSU Y.; KOMORI T.	An acylated triterpenoid saponin from <i>Quillaja saponaria</i>	10.1016/0031- 9422(88)8029 5-4
1988	CHAVALI S.R.; BARTON L.D.; CAMPBELL J.B.	Immunopotentiality by orally- administered <i>Quillaja</i> saponins: Effects in mice vaccinated intraperitoneally against rabies	
1988	NAKADA Y.; AWATA N.; NAKAMICHI C.; SUGIMOTO I.	The Effect of Additives on the Oral Mucosal Absorption of Human Calcitonin in Rats	10.1248/bpb1 978.11.395
1987	CHAVALI S.R.; CAMPBELL J.B.	Adjuvant effects of orally administered saponins on humoral and cellular immune responses in mice	10.1016/S017 1- 2985(87)8000 9-8
1987	RAO CHAVALI S.; FRANCIS T.; CAMPBELL J.B.	An in vitro study of immunomodulatory effects of some saponins	10.1016/0192- 0561(87)9003 8-5
1987	CHAVALI S.R.; CAMPBELL J.B.	Immunomodulatory effects of orally- administered saponins and nonspecific resistance against rabies infection	10.1159/0002 34411
1987	HIGUCHI R.; KOMORI T.	Structures of compounds derived from the acyl moieties of <i>Quillaja</i> saponin	10.1016/S003 1- 9422(00)8471 8-4
1986	PRADO J.A.; PETERS R.; AGUIRRE S.	Biomass equations for quillay (<i>Quillaja saponaria</i> mol) in the semiarid region of Central Chile	10.1016/0378- 1127(86)9000 6-X
1986	MAHARAJ I.; FROH K.J.; CAMPBELL J.B.	Immune responses of mice to inactivated rabies vaccine administered orally: Potentiation by <i>Quillaja</i> saponin	10.1139/m86- 078
1986	HIGUCHI R.; TOKIMITSU Y.; FUJIOKA T.; KOMORI T.; KAWASAKI T.; OAKENFUL D.G.	Structure of desacylsaponins obtained from the bark of <i>Quillaja saponaria</i>	10.1016/S003 1- 9422(00)8151 8-6
1984	MOREIN B.; SUNDQUIST B.; HÖGLUND S.; DALSGAARD K.; OSTERHAUS A.	Iscom, a novel structure for antigenic presentation of membrane proteins from enveloped viruses	10.1038/3084 57a0
1982	DRAKE J.J.-P.; BUTTERWORTH K.R.; GAUNT I.F.; HOOSON J.; EVANS J.G.; GANGOLLI S.D.	Long-term toxicity study of quillaia extract in rats	10.1016/S027 8- 6915(82)8000 4-5
1982	BOMFORD R.; MCCOLM A.A.; DALTON L.	A comparison of saponin with other adjuvants for the potentiation of protective immunity by a killed <i>Plasmodium yoelii</i> vaccine in the mouse	10.1111/j.136 5- 3024.1982.tb0 0445.x
1982	CISTERNAS R.E.; YATES L.R.	Nitrogen in litterfall and precipitation	10.1007/BF02

		and its release during litter decomposition in the Chilean piedmont matorral	182783
1980	RAGHUPRASAD P.K.; BROOKS S.M.; LITWIN A.; EDWARDS J.J.; BERNSTEIN I.L.; GALLAGHER J.	<i>Quillaja</i> bark (soapbark)-induced asthma	10.1016/0091-6749(80)90157-8
1979	PHILLIPS J.C.; BUTTERWORTH K.R.; GAUNT I.F.; EVANS J.G.; GRASSO P.	Long-term toxicity study of quillaia extract in mice	10.1016/0015-6264(79)90154-8
1978	WEST L.G.; GREGER J.L.; WHITE A.; NONNAMAKER B.J.	In vitro studies on saponin-mineral complexation	10.1111/j.1365-2621.1978.tb15309.x
1977	DALSGAARD K.	Saponin Adjuvants. V. Precipitation Of Serum Components by Non-Purified Saponin Adjuvants in Agar Gel Diffusion.	10.1186/BF03548433
1974	DALSGAARD K.	Saponin adjuvants - III. Isolation of a substance from <i>Quillaja saponaria</i> molina with adjuvant activity in foot-and-mouth disease vaccines	10.1007/BF01240612
1974	GAUNT I.F.; GRASSO P.; GANGOLLI S.D.	Short-term toxicity of quillaia xtract in rats	10.1016/0015-6264(74)90235-1
1965	BATE-SMITH E.C.	Investigation of the chemistry and taxonomy of sub-tribe Quillajeae of the rosaceae using comparisons of fresh and herbarium material	10.1016/S0031-9422(00)86213-5
1964	THRON C.D.; DURANT R.C.; FRIESS S.L.	Neuromuscular and cytotoxic effects of holothurin A and related saponins at low concentration levels. III	10.1016/0041-008X(64)90104-8
1950	PETERSON D.W.	Effect of sterols on the growth of chicks fed high alfalfa diets or a diet containing <i>Quillaja</i> saponin	10.1093/jn/42.4.597
1946	BOYD E.M.; PALMER M.E.	The Effect of Quillaia, Senega, Squill, Grindelia, Sanguinaria, Chionanthus and Dioscorea upon the Output of Respiratory Tract Fluid	10.1111/j.1600-0773.1946.tb02614.x
1921	GUTBIER A.; HUBER J.; HAUG R.	Studien über Schutzkolloide. Zehnte Reihe: Saponin als Schutzkolloid - 1. Mitteilung: Allgemeine kolloidchemische Untersuchungen über Guajac-Saponin und Quillaja-Saponin	10.1007/BF01425134
<i>Quillaja lancifolia</i>			
Ano	Autores	Título	DOI
2022	CIBULSKI S.; DE SOUZA T.A.; RAIMUNDO J.P.; NASCIMENTO Y.M.; ABREU L.S.; SUAREZ N.; MIRABALLES I.; ROEHE P.M.; DE ARAÚJO D.A.M.;	ISCOM-Matrices Nanoformulation Using the Raw Aqueous Extract of <i>Quillaja lancifolia</i> (<i>Q. brasiliensis</i>)	10.1007/s12668-022-01023-8

	TAVARES J.F.; DA SILVA M.S.; SILVEIRA F.		
2022	WALLACE F.; FONTANA C.; FERREIRA F.; OLIVARO C.	Structure Elucidation of Triterpenoid Saponins Found in an Immunoadjuvant Preparation of <i>Quillaja brasiliensis</i> Using Mass Spectrometry and ¹ H and ¹³ C NMR Spectroscopy	10.3390/molecules27082402
2022	MAGEDANS Y.V.S.; PHILLIPS M.A.	Soapbark Triterpenes: <i>Quillaja brasiliensis</i> Cell Culture Sapogenin and Free Sterol Analysis by GCMS	10.1007/978-1-0716-2185-1_10
2021	RIVERA-PATRON M.; MORENO M.; BAZ M.; ROEHE P.M.; CIBULSKI S.P.; SILVEIRA F.	Iscom-like nanoparticles formulated with <i>Quillaja brasiliensis</i> saponins are promising adjuvants for seasonal influenza vaccines	10.3390/vaccines9111350
2021	CIBULSKI S.; VARELA A.P.M.; TEIXEIRA T.F.; CANCELA M.P.; SESTERHEIM P.; SOUZA D.O.; ROEHE P.M.; SILVEIRA F.	Zika Virus Envelope Domain III Recombinant Protein Delivered With Saponin-Based Nanoadjuvant From <i>Quillaja brasiliensis</i> Enhances Anti-Zika Immune Responses	10.3389/fimmu.2021.632714
2019	WALLACE F.; BENNADJI Z.; FERREIRA F.; OLIVARO C.	Structural characterisation of new immunoadjuvant saponins from leaves and the first study of saponins from the bark of <i>Quillaja brasiliensis</i> by liquid chromatography electrospray ionisation ion trap mass spectrometry	10.1002/pca.2837
2018	CIBULSKI S.P.; RIVERA-PATRON M.; MOURGLIETTIN G.; CASARAVILLA C.; YENDO A.C.A.; FETTNETO A.G.; CHABALGOITY J.A.; MORENO M.; ROEHE P.M.; SILVEIRA F.	<i>Quillaja brasiliensis</i> saponin-based nanoparticulate adjuvants are capable of triggering early immune responses	10.1038/s41598-018-31995-1
2018	VELAZCO S.J.E.; BLUM C.T.; HOFFMANN P.M.	Germination and seedlings development of the threatened species <i>Quillaja brasiliensis</i>	10.1590/01047760201824022530
2018	CIBULSKI S.; RIVERA-PATRON M.; SUÁREZ N.; PIREZ M.; ROSSI S.; YENDO A.C.; DE COSTA F.; GOSMANN G.; FETTNETO A.; ROEHE P.M.; SILVEIRA F.	Leaf saponins of <i>Quillaja brasiliensis</i> enhance long-term specific immune responses and promote dose-sparing effect in BVDV experimental vaccines	10.1016/j.vaccine.2017.11.030
2018	MÜLLER L.E.; SCHIEDECK G.	Physical properties of botanical surfactants	10.1016/j.scitotenv.2017.08.193
2017	YENDO A.C.A.; DE COSTA F.; KAUFFMANN C.; FLECK J.D.; GOSMANN G.; FETTNETO A.G.	Purification of an immunoadjuvant Saponin fraction from <i>Quillaja brasiliensis</i> leaves by reversed-phase silica gel chromatography	10.1007/978-1-4939-6445-1_6
2017	WALLACE F.; BENNADJI Z.; FERREIRA F.; OLIVARO C.	Analysis of an immunoadjuvant saponin fraction from <i>Quillaja brasiliensis</i> leaves by electrospray ionization ion trap multiple-stage mass	10.1016/j.phytol.2017.04.020

		spectrometry	
2016	CIBULSKI S.P.; SILVEIRA F.; MOURGLIA-ETTLIN G.; TEIXEIRA T.F.; DOS SANTOS H.F.; YENDO A.C.; DE COSTA F.; FETT-NETO A.G.; GOSMANN G.; ROEHE P.M.	<i>Quillaja brasiliensis</i> saponins induce robust humoral and cellular responses in a bovine viral diarrhea virus vaccine in mice	10.1016/j.cimid.2016.01.004
2016	CIBULSKI S.P.; MOURGLIA-ETTLIN G.; TEIXEIRA T.F.; QUIRICI L.; ROEHE P.M.; FERREIRA F.; SILVEIRA F.	Novel ISCOMs from <i>Quillaja brasiliensis</i> saponins induce mucosal and systemic antibody production	10.1016/j.vaccine.2016.01.029
2016	YENDO A.C.A.; DE COSTA F.; CIBULSKI S.P.; TEIXEIRA T.F.; COLLING L.C.; MASTROGIOVANNI M.; SOULÉ S.; ROEHE P.M.; GOSMANN G.; FERREIRA F.A.; FETT-NETO A.G.	A rabies vaccine adjuvanted with saponins from leaves of the soap tree (<i>Quillaja brasiliensis</i>) induces specific immune responses and protects against lethal challenge	10.1016/j.vaccine.2016.03.070
2015	YENDO A.C.A.; DE COSTA F.; FLECK J.D.; GOSMANN G.; FETT-NETO A.G.	Irradiance-based treatments of <i>Quillaja brasiliensis</i> leaves (A. St.-Hil. & Tul.) Mart. as means to improve immunoadjuvant saponin yield	10.1016/j.indcrop.2015.04.052
2015	VINAROVA L.; VINAROV Z.; DAMYANOVA B.; TCHOLAKOVA S.; DENKOV N.; STOYANOV S.	Mechanisms of cholesterol and saturated fatty acid lowering by <i>Quillaja saponaria</i> extract studied by in vitro digestion model	10.1039/c4fo1059k
2014	DE COSTA F.; YENDO A.C.A.; CIBULSKI S.P.; FLECK J.D.; ROEHE P.M.; SPILKI F.R.; GOSMANN G.; FETT-NETO A.G.	Alternative inactivated poliovirus vaccines adjuvanted with <i>Quillaja brasiliensis</i> or Quil-A saponins are equally effective in inducing specific immune responses	10.1371/journal.pone.0105374
2013	DE COSTA F.; YENDO A.C.A.; FLECK J.D.; GOSMANN G.; FETT-NETO A.G.	Accumulation of a bioactive triterpene saponin fraction of <i>Quillaja brasiliensis</i> leaves is associated with abiotic and biotic stresses	10.1016/j.plaphy.2013.02.003
2012	VENZKE T.S.	Floristic composition of forest species in Pelotas Municipality	10.1590/s2175-78602012000300008
2012	ROCHA T.D.; DE BRUM VIEIRA P.; GNOATTO S.C.B.; TASCA T.; GOSMANN G.	Anti-Trichomonas vaginalis activity of saponins from <i>Quillaja</i> , <i>Passiflora</i> , and <i>Ilex</i> species	10.1007/s00436-011-2798-1
2011	SILVEIRA F.; CIBULSKI S.P.; VARELA A.P.; MARQUÉS J.M.; CHABALGOITY A.; DE COSTA F.; YENDO A.C.A.; GOSMANN G.; ROEHE P.M.; FERNÁNDEZ C.; FERREIRA F.	<i>Quillaja brasiliensis</i> saponins are less toxic than Quil A and have similar properties when used as an adjuvant for a viral antigen preparation	10.1016/j.vaccine.2011.09.137
2006	FLECK J.D.; KAUFFMANN C.; SPILKI F.; LENCINA C.L.; ROEHE P.M.; GOSMANN G.	Adjuvant activity of <i>Quillaja brasiliensis</i> saponins on the immune responses to bovine herpesvirus type 1 in mice	10.1016/j.vaccine.2006.06.059
2005	CLAXTON F.; BANKS H.	Pollen morphology of families	10.1016/j.revpl

	KLITGAARD B.B.; CRANE P.R.	Quillajaceae and Surianaceae (Fabales)	albo.2004.10.003
2005	LERSTEN N.R.; HORNER H.T.	Macropattern of styloid and druse crystals in <i>Quillaja</i> (Quillajaceae) bark and leaves	10.1086/430195
2004	KAUFFMANN C.; MACHADO A.M.; FLECK J.D.; PROVENSÍ G.; PIRES V.S.; GUILLAUME D.; SONNET P.; REGINATTO F.H.; SCHENKEL E.P.; GOSMANN G.	Constituents from leaves of <i>Quillaja brasiliensis</i>	10.1080/14786410310001608055