

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas

Lillian Espindola Müller

Pelotas, 2016

Lillian Espindola Müller

Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Gustavo Schiedeck
Co-orientadores: Dr. Carlos Rogério Mauch
Dr^a. Patrícia Braga Lovatto

Pelotas, 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Lillian Espindola Müller

Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 12 de agosto de 2016.

Banca examinadora:

.....
Pesquisador e Professor Dr. Gustavo Schiedeck (Orientador)
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas, RS.

.....
Pesquisador Dr. José Ernani Schwengber
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, RS.

.....
Professor e Pesquisador Dr. Roberto Lilles Tavares Machado
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, RS.

Agradecimentos

A DEUS pela proteção e coragem de ir atrás do que acredito a cada dia que recomeça.

A minha mãe Sandra, por sempre me incentivar a seguir em frente, pelo carinho e fortalecimento nos dias difíceis, por compreender minha ausência e pelo apoio nas minhas decisões.

Aos meus avós João e Neida, pelo amor e carinho recebidos em cada momento compartilhado.

Aos meus amigos, em especial a Amanda da Fonseca Borges pelo apoio recebido, ao companheirismo e amizade dedicados.

Ao meu marido Matheus Acosta Silva, pelo carinho e dedicação.

Ao Prof. Dr. Gustavo Schiedeck, pela orientação e confiança durante a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Pelotas, e ao Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar pela oportunidade de realização do curso de mestrado e pela formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente torceram por mim em mais esta etapa da minha vida.

MUITO OBRIGADA!!

*Na sua presença
meu sangue quente de farrapo
se faz manso caudal
entrego-lhe minha alma
afoita de alcançar lonjuras
e abrir cancha
em busca do destino
renuncio à minha xucra rebeldia
me faço doce de boca
e macio de tranco
para dizer-lhe*

*Gracias patrão
por tudo que me deste
por esta querência Senhor
que meus ancestrais regaram
com seu sangue
e que aprendi a amar desde piá*

*Pelos meus parceiros
nessa ronda da vida
sempre de prontidão para
me amadrinharem na
campereada mais custosa
ou para matearem comigo
na hora do sossego*

*Reparte com eles, patrão
esta fé que me deste
e este orgulho pela minha
querência*

...

(Odilon Ramos)

Resumo

MÜLLER, Lillian Espindola. **Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de extratos de plantas bioativas**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

A necessidade de alternativas que tornem as aplicações mais eficientes no manejo fitossanitário é uma constante e para isto o uso de adjuvantes junto às caldas fitoprotetoras trazem grandes benefícios como o aumento na molhabilidade, na aderência, no espalhamento, a redução da tensão superficial e o ângulo de contato da gota e na dispersão da calda de pulverização, além de aumentar a penetração cuticular promovendo assim a eficácia contra espécies de difícil controle melhorando a atividade química e as características de aplicação. Com isso, este trabalho teve por objetivo investigar fontes de adjuvantes obtidas a partir de extratos de plantas bioativas. Foram avaliadas a presença de saponinas na composição fitoquímica, a qualidade saponosídica, o potencial tensoativo e adesivo e a melhor forma de preparo e concentração para cada espécie. As médias dos resultados obtidos pelos tratamentos foram comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. A presença de saponinas foi constatada na maioria das espécies analisadas com qualidades distintas, obtendo-se maior capacidade tensoativa para o fator de comparação utilizado (sabão neutro) enquanto a maior capacidade adesiva foi observada na espécie *Aloe vera*. A melhor forma de preparo e concentração se deu de acordo com as análises realizadas, sendo que para os tensoativos os melhores resultados foram através da massa seca e triturada enquanto que para os adesivos a forma verde processada em suco obteve maior destaque. No entanto ainda são necessários maiores estudos quanto às concentrações e associações passíveis de serem utilizadas no manejo fitossanitário para a agricultura familiar.

Palavras-chave: saponinas; tensão superficial; retenção foliar; adesivos naturais;

Abstract

MÜLLER, Lillian Espindola. **Evaluation of adjuvants derived from bioactive plant extracts**. 2016. 59 f. Dissertation (Master Degree) – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

The need for alternatives which make the most efficient applications in plant management is constant and that the use of adjuvants together with the grout fitoprotetoras bring great benefits as increased wettability in adhering, the spreading, to reduce the surface tension and the angle contact drop and dispersion of the spray solution, in addition to increasing cuticular penetration thereby promoting effective against species unwieldy improving the chemical activity and application characteristics. Therefore, this study aimed to investigate sources of adjuvants derived from bioactive plant extracts. We evaluated the presence of saponins in phytochemical composition, saponosídica quality, surfactant and adhesive potential and the best way of preparation and concentration for each species. The average results for the treatments were compared statistically by the Tukey test at the level of 5% probability. The presence of saponins was observed in most of the species analyzed with distinct qualities, obtaining higher surface-active capacity for comparison factor used (neutral soap) while the higher adhesive strength was observed in the Aloe vera species. The best form of preparation and concentration was in accordance with the analysis carried out, and for the surfactants the best results were dried and crushed through mass while for the adhesives processed green form in juice obtained greater prominence. However further studies are still needed as the concentrations and associations that can be used in pest management for family farming.

Keywords: saponins; superficial tension; leaf retention; natural adhesives

Lista de Figuras

Figura 1	Imagem da espécie <i>Yucca schidigera</i> Roezl ex Ortgies., também conhecida na região sul do RS pelo nome popular de buquê de noiva. Fonte: SNOWBIRDPPIX, 2016.....	21
Figura 2	Imagem da espécie <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain., chamada vulgarmente por Espada de São Jorge. Fonte: PLANTEI, 2016.....	22
Figura 3	Imagem das partes botânicas (caule, folhas, flor e frutos) da espécie <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels., conhecida pelo nome popular de Jambolão ou Jamelão. Fonte: MEDPLANTS, 2016.....	22
Figura 4	Imagem da espécie <i>Quillaja brasiliensis</i> (A. St.-Hil. & Tul.) Mart., nativa no RS conhecida vulgarmente por pau-de-sabão ou sabão-de-soldado. Fonte: KRAY/Flora Digital, 2016.....	23
Figura 5	Variedades botânicas de <i>Sechium edule</i> (Jacq.) Swartz., conhecido pelo nome popular de Chuchu. Fonte: CADENA-IÑIGUEZ et al., 2007.....	25
Figura 6	Imagem da espécie <i>Aloe vera</i> conhecida vulgarmente por Babosa. Pelotas, RS, 2015.....	26
Figura 7	Instrumentos utilizados para a coleta de gotas na análise da determinação da tensão superficial realizada através do método do peso da gota. Pelotas, RS, 2015.....	31
Figura 8	Produto obtido a partir do fruto de <i>Sechium edule</i> processado em multiprocessador de uso doméstico, verificando-se a formação de espuma (característica da presença de saponinas) em seu suco integral. Pelotas, RS, 2015.....	33
Figura 9	Folhas de citrus recortadas por meio de um vazador a fim de se obter dados mais homogêneos da área foliar aplicada no teste de retenção foliar de calda sob o método de manejo de	

	aplicação por imersão. Pelotas, RS, 2015.....	34
Figura 10	Resultados obtidos na análise qualitativa do teor de espuma para as espécies <i>Yucca schidigera</i> (à esquerda) e <i>Agave angustifolia</i> (à direita). Pelotas, RS, 2014.....	36
Figura 11	Valores médios da altura da coluna de espuma (cm) formada por amostras de <i>Quillaja brasiliensis</i> e <i>Agave angustifolia</i> a partir de diferentes métodos de preparo em todas as concentrações, considerando o decocto integral não diluído. Letras maiúsculas diferentes identificam diferença significativa entre as espécies para a mesma forma de preparo e letras minúsculas diferentes identificam diferença significativa entre as formas de preparo dentro da mesma espécie, pelo teste de Kruskal-Wallis, método de Simes-Hochberg ($p < 0.05$). As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.....	37
Figura 12	Resultados para o índice de espuma em volumes crescentes da solução de <i>Quillaja brasiliensis</i> da maior diluição (1 mL) até a solução integral (10 mL). Pelotas, RS, 2015.....	39
Figura 13	Valores médios da altura da coluna de espuma (cm) formada por amostras de pó de <i>Quillaja brasiliensis</i> (QB) e <i>Agave angustifolia</i> (AA), em diferentes concentrações e volumes de decocto, e respectivas curvas de regressão, comparadas com sabão neutro em barra (SNB). Pelotas, RS, 2015.....	39
Figura 14	Equações de correlação entre a altura da coluna de espuma (cm) e índice de espuma e concentração da solução (%) de amostra de pó de <i>Quillaja brasiliensis</i> , considerando todas as diluições. Pelotas, RS, 2015.....	41
Figura 15	Curvas de regressão entre as concentrações em cada fator de diluição e a tensão superficial (mN m^{-1}) de pó de <i>Quillaja brasiliensis</i> (QB), comparada com sabão neutro em barra (SNB). Pelotas, RS, 2015.....	42
Figura 16	Dados de massa retida por área foliar nos diferentes métodos de manejo de aplicação para os tensoativos avaliados. As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas,	

	RS, 2015.....	44
Figura 17	Relação de massa retida por área foliar (mg cm ⁻²) nas diferentes concentrações e métodos de preparo de <i>Sechium edule</i> L. variedades creme e verde claro. A linha em vermelho representa o valor obtido com água destilada (7,33 mg cm ⁻²). As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.....	45
Figura 18	Dados de retenção foliar de calda em folhas de citrus considerando a massa retida por área foliar em relação ao potencial adesivo das espécies <i>Aloe vera</i> e <i>Aloe arborescenses</i> utilizando-se a água como testemunha. Letras diferentes identificam diferença significativa entre as espécies. As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.....	46
Figura 19	Valores médios de massa retida por área foliar (mg cm ⁻²) de <i>Aloe vera</i> , <i>Aloe vera</i> + <i>Quillaja brasiliensis</i> 5% e <i>Aloe vera</i> + SNB 0,1%, em diferentes concentrações. Letras diferentes identificam diferença significativa entre as soluções em concentrações distintas. As barras sobre as concentrações indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.....	47

Lista de Tabelas

Tabela 1	Espécies selecionadas para verificação da presença de saponinas.....	27
Tabela 2	Teste qualitativo de presença de saponinas para cinco espécies vegetais em seis concentrações. Pelotas, RS, mar-abr/2015.....	35
Tabela 3	Teste de hipótese (χ^2) para a altura da coluna de espuma entre diferentes espécies, formas de preparo e concentrações, na decocção integral não diluída.....	37
Tabela 4	Níveis de significância obtidos na análise de variância para as duas variedades de <i>Sechium edule</i> , nas diferentes formas de preparo e suas interações.....	45
Tabela 5	Resultados obtidos através da ANOVA para os dados de <i>Aloe arborescens</i> e <i>Aloe vera</i> , quanto às suas concentrações e interações.....	46

Sumário

1	Introdução.....	14
2	Revisão de Literatura.....	18
2.1	Adjuvantes.....	18
2.1.1	Tensoativos.....	19
2.1.1.1	Saponinas.....	19
2.1.1.2	Tensão Superficial.....	19
2.1.1.3	Espécies com potencial tensoativo.....	20
2.1.2	Adesivos.....	23
2.1.2.1	Espécies com potencial adesivo.....	24
3	Material e Métodos.....	27
3.1	Análise qualitativa do teor de espuma.....	27
3.2	Determinação do Índice de Espuma ou Afrosimétrico.....	28
3.3	Determinação da Tensão Superficial.....	28
3.4	Determinação da Retenção Foliar.....	31
4	Resultados e Discussão.....	35
4.1	Determinação fitoquímica da presença de saponinas.....	35
4.2	Determinação do índice de espuma e tensão superficial.....	36
4.3	Determinação do potencial adesivo.....	43
5	Conclusões.....	48
	Referências.....	49

1 Introdução

Desde a década de 20, com enfoque a partir dos anos 70, sob a denominação genérica de agricultura alternativa reuniam-se movimentos com base conceitual abrangente, englobando diversas correntes tais como: agricultura orgânica, natural, biodinâmica, ecológica, biológica, regenerativa e permacultura (JESUS, 1996; CAMPANHOLA; VALARINI, 2001). Apesar das especificidades, ficaram conhecidas no mercado, no Brasil, como sinônimos de agricultura orgânica, na medida em que esta agricultura se tornou a corrente mais difundida. A partir dos anos 80 do século XX, a base científica para estes movimentos foi dada pela agroecologia, ciência em construção, que apresenta uma série de princípios e metodologias para estudar, analisar, dirigir, desenhar e avaliar agroecossistemas (ALTIERI, 1989).

Originariamente o conceito de agricultura orgânica define o solo como um sistema vivo, que deve ser nutrido, de modo que não restrinja as atividades de organismos benéficos necessários à reciclagem de nutrientes e produção de húmus (USDA, 1984). O termo orgânico é caracterizado como originário de “organismo”, significando que todas as atividades seriam partes de um corpo dinâmico, interagindo entre si (ASSIS et al., 1998). Por isso, parte do princípio de estabelecer sistemas de produção com base em tecnologias de processos, ou seja, um conjunto de procedimentos que envolvam a planta, o solo e as condições climáticas (PENTEADO, 2000).

Os primeiros movimentos em favor de sistemas orgânicos guardam pouca ligação com a agricultura orgânica praticada hoje, pois inicialmente não havia padrões, regulamentos ou interesse em questões ambientais e de segurança alimentar (ORMOND et al., 2002).

Segundo Campanhola e Valarini (2001), a agricultura orgânica tem se destacado como uma das alternativas de renda para os pequenos agricultores, isso devido à crescente demanda mundial por alimentos mais saudáveis.

No entanto, a inserção da produção orgânica no mercado demanda uma normatização que exige uma definição mais restrita de agricultura orgânica, que é utilizada para proteger tanto o agricultor quanto o consumidor (FONSECA, 2000). Nesse caso, os padrões orgânicos estipulam a proibição do uso de alguns insumos e ditam uma gama de práticas a serem seguidas. Esses padrões se justificam a

partir do distanciamento entre produtor e consumidor em nível de mercado, determinando a necessidade de implementação de normas claras para a produção e beneficiamento de produtos orgânicos.

Ormond et al. (2002), em relatório destinado ao Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), definem a agricultura orgânica como um conjunto de processos de produção agrícola que parte do pressuposto básico de que a fertilidade é função direta da matéria orgânica contida no solo. A ação de micro-organismos presentes nos compostos biodegradáveis existentes ou colocados no solo possibilita o suprimento de elementos minerais e químicos necessários ao desenvolvimento dos vegetais cultivados. Complementarmente, a existência de uma abundante fauna microbiana diminui os desequilíbrios resultantes da intervenção humana na natureza. Alimentação adequada e ambiente saudável resultam em plantas mais vigorosas e mais resistentes a pragas e doenças.

Já a Instrução Normativa 007/1999, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em seu item 1.1, considera “sistema orgânico de produção agropecuária e agroindustrial todo aquele em que se adotam tecnologias que otimizem o uso dos recursos naturais e socioeconômicos, respeitando a integridade cultural e tendo por objetivo a auto sustentação no tempo e no espaço, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energias não-renováveis e a eliminação do emprego de agrotóxicos e outros insumos artificiais tóxicos, organismos geneticamente modificados (transgênicos), ou radiações ionizantes em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e de consumo, e entre os mesmos; privilegiando a preservação da saúde ambiental e humana, assegurando a transparência em todos os estágios da produção e da transformação.

A busca por insumos alternativos que atendam a estes princípios tem aumentado e, com isso, a necessidade de estudos que desenvolvam tecnologias confiáveis para o agricultor. Dentre as tecnologias já difundidas para a agricultura orgânica ainda existe uma carência de pesquisas na área de tecnologia de aplicação de produtos para o manejo fitossanitário, que tornem as aplicações de caldas mais eficientes e assim reduzam o número de aplicações necessárias.

Schwengber et al. (2007) citam algumas receitas de espalhantes adesivos ecológicos utilizados pelos agricultores no preparo e utilização de caldas nutricionais

e protetoras de plantas, tais como a gelatina, o sabão de coco ou neutro, a farinha de trigo e o alhol, que também é utilizado como inseticida e fungicida.

No entanto ainda são poucas as alternativas e o conhecimento sobre a importância dos adjuvantes na aplicação dos insumos fitoprotetores. Os adjuvantes com propriedades tensoativas ou espalhantes diminuem a tensão superficial das gotículas reduzindo o ângulo de contato destas com a superfície da folha (VARGAS; ROMAN, 2006). Dessa forma, são capazes de determinar o comportamento interfacial entre a calda pulverizada e a folha da planta atingida fornecendo um aumento da eficiência da aplicação.

Tendo em vista estas necessidades e a falta de pesquisas voltadas para a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários para a agricultura orgânica é que se busca investigar outras fontes de adjuvantes baseadas em plantas bioativas e capazes de auxiliar na aplicação destes produtos utilizados no manejo como forma de proteção dos cultivos.

As plantas bioativas são aquelas que apresentam alguma atividade biológica, não apenas curativa. Essa denominação se refere às plantas que possuem compostos ou substâncias que interferem ou alteram o funcionamento do organismo de outros seres vivos, sendo enquadradas como plantas medicinais, aromáticas, condimentares, inseticidas, repelentes, tóxicas e bactericidas (SCHIEDECK, 2016; DIAS, 2002). Ainda segundo Silva Júnior (2003), plantas bioativas são espécies vegetais que reúnem componentes fitoquímicos (metabólitos secundários com atividade farmacológica, biológica e/ou biocida).

Plantas que possuem alguma ação sobre outros seres vivos e cujo efeito pode se manifestar tanto pela sua presença em um ambiente quanto pelo uso direto de substâncias delas extraídas, desde que mediante uma intenção ou consciência humana deste efeito podem ser consideradas plantas bioativas, inclusive as de cunho místico religioso (SCHIEDECK, 2012).

As plantas bioativas com potencial tensoativo se caracterizam pela presença de saponinas em seu metabolismo secundário. As saponinas em solução aquosa formam uma espuma persistente e abundante. Essa atividade provém, como em detergentes, do fato de apresentarem na sua estrutura, uma parte lipofílica, denominada aglicona ou sapogenina e uma parte hidrofílica constituída por um ou mais açúcares (SCHENKEL et al., 2010).

Castejon (2011) diz que os gêneros *Smilax*, *Dioscorea*, *Agave* e *Yucca* são especialmente ricos em saponinas esteroidais, embora possam ser encontradas em diversas outras espécies, algumas com teores mais elevados do que outras.

Neste contexto, a busca por uma maior eficiência dos insumos utilizados na agricultura orgânica se torna uma constante, tendo em vista o cenário atual e a defasagem de insumos disponíveis no mercado. Em contrapartida a disponibilidade de elementos na natureza com propriedades desejáveis para o manejo dos cultivos sob práticas agroecológicas é imensa, como é o caso das plantas bioativas utilizadas de diversas formas para o controle de doenças e insetos.

O objetivo do trabalho foi identificar e avaliar espécies bioativas com potencial tensoativo e adesivo, indicando parâmetros físicos que subsidiem seu aproveitamento em tratamentos fitossanitários nos cultivos agrícolas de base ecológica.

2 Revisão de Literatura

2.1 Adjuvantes

Os adjuvantes são substâncias que, adicionadas às formulações ou à calda de pulverização, trazem benefícios como aumento no molhamento, na aderência, no espalhamento, na redução de espuma e na dispersão da calda de pulverização (CUNHA; PERES, 2010).

De acordo com Durigan (1993), os adjuvantes adicionados à calda de pulverização e que apresentam ação interface são classificados como surfactantes. Essas substâncias são projetadas para agir como espalhantes, umectantes, aderentes, emulsificantes, dispersantes, detergentes, antievaporantes, espessantes, tamponantes, quelatizantes, antiespumantes e filtros solares (XU et al., 2010).

Os surfactantes, quando adicionados à água, formam arranjos de maneira que a extremidade polar dessas moléculas fique voltada para a água, e a outra extremidade voltada para a atmosfera ou para a interface em que o líquido está em contato (DURIGAN, 1993).

Divididos em dois grupos os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos que são chamados de surfactantes e os aditivos (óleos mineral ou vegetal, sulfato de amônio e ureia, entre outros) afetam a absorção devido à sua ação direta sobre a cutícula (VARGAS; ROMAN, 2006).

A adição de adjuvantes à calda de pulverização é uma das formas de melhorar a atividade do produto químico ou as características de aplicação (AGUIAR JÚNIOR et al., 2011).

O aumento da ação de produtos fitossanitários pela adição de adjuvantes pode promover eficácia contra espécies de difícil controle e este aumento de eficiência está relacionado com o aumento da molhabilidade da superfície, redução de tensão superficial e ângulo de contato da gota, além de aumentar a penetração cuticular (SINGH; MACK, 1993).

Alguns possíveis benefícios dos adjuvantes podem ser destacados: aumento da absorção do ingrediente ativo, aumento da retenção no alvo, aumento da persistência, redução da concentração (STICKLER, 1992) e redução do volume e calda (FERREIRA et al., 2010).

2.1.1 Tensoativos

Os efeitos molhante, espalhante e penetrante são obtidos com a redução da tensão superficial, sendo os adjuvantes surfactantes os responsáveis por esta modificação na água (KISSMANN, 1997).

Uma menor tensão superficial permite, ainda, transpor obstáculos como a presença de pelos foliares, com isso, aumenta a quantidade de princípio ativo que atinge as áreas de absorção (MARTINS et al., 2005).

Portanto pode-se considerar que os tensoativos são os adjuvantes surfactantes capazes de reduzir a tensão superficial da calda fitossanitária até uma concentração limite, acima da qual mais nenhuma alteração será observada.

2.1.1.1 Saponinas

Dentre os vários compostos químicos que integram as plantas destacamos as saponinas que são compostos secundários presentes em grande parte dos vegetais e possuem propriedade tensoativa que se caracteriza pela formação de espuma quando misturada a água e submetida à agitação.

Saponinas são glicosídeos de esteroides ou de terpenos policíclicos. Esse tipo de estrutura, que possui uma parte com característica lipofílica (triterpeno ou esteroide) e outra parte hidrofílica (açúcares), determinam a propriedade de redução da tensão superficial da água e suas ações detergentes e emulsificantes (SCHENKEL et al., 2010).

Tendo em vista estas propriedades pode-se dizer que as saponinas são de grande importância não só para a indústria farmacêutica, mas também para a agricultura orgânica, na tecnologia de aplicação de caldas fitoprotetoras, atuando como tensoativo nas mesmas.

2.1.1.2 Tensão Superficial

Por definição, a tensão superficial (γ), ou energia livre superficial, é o trabalho necessário para aumentar a superfície em uma unidade de área, por um processo isotérmico e reversível. A tensão superficial pode ser expressa em erg cm^{-2} , dyn cm^{-1}

ou N m^{-1} . Em outras palavras, tensão superficial também pode ser definida como a força resultante da atração entre as moléculas do interior do líquido pelas moléculas da superfície (UDESC, 2014).

Segundo Behring et al. (2004) são diversos os métodos que podem ser empregados para a determinação da tensão superficial e estes são classificados em estáticos, dinâmicos e de desprendimento (ou separação). Dentre os métodos estáticos destacam-se o da ascensão capilar, o da placa de Wilhelmy e do anel de DuNoüy. O método dinâmico da oscilação permite a determinação da tensão superficial em intervalos de tempo bastante curtos, mas trata-se de um dos métodos mais complexos. Por outro lado, a determinação da tensão superficial fundamentada no desprendimento, como o método do peso da gota (um dos mais antigos) ou volume da gota, é convenientemente mais simples.

A tensão superficial é um dos fatores chaves no desempenho dos surfactantes e sua redução é mais importante do que o tamanho da gota, velocidade da gota e ângulo de incidência na folha para a determinação da adesão nas folhas (STEVENS et al., 1993).

2.1.1.3 Espécies com potencial tensoativo

Algumas espécies vegetais de ocorrência na região Sul do Brasil possuem saponinas na sua composição com potencial de serem aproveitadas como surfactantes naturais nas pulverizações de caldas fitoprotetoras nos sistemas orgânicos de produção.

Pertencente à família Agavaceae, a espécie *Yucca schidigera* Roez ex Ortgies (Figura 1) apresenta dois compostos químicos de interesse, as saponinas e os glicocomponentes, os quais possuem aplicações agrícolas que são relativamente fáceis de extrair (ALONZO, 2010), as saponinas esteroidais são consideradas como ingredientes ativos dos extratos desta planta (FLAOYEN et al., 2002). Já foram identificadas várias saponinas no gênero *Agave* (HERNÁNDEZ et al., 2005).

Mimaki et al. (1996) e González et al. (1972) isolaram saponinas de *Sansevieria trifasciata* Prain. (Figura 2). Haraguchi e Carvalho (2010) também citam a presença de saponinas em sua composição.

Segundo Loguercio et al. (2005) as folhas de *Syzygium cumini* (L.) Skeels. (Figura 3) são ricas em taninos e saponinas. Bueno e Chierice (2007) confirmaram a presença de saponinas nos extratos das sementes de *S.cumini*.

A *Quillaja brasiliensis* (A. St.-Hil. & Tul.) Mart. (Figura 4) é uma espécie congênere à chilena *Quillaja saponaria*, nativa do Rio Grande do Sul, com ocorrência natural até o estado de São Paulo. É conhecida popularmente como pau sabão, dada à capacidade das folhas e cascas do tronco de formarem espuma em abundancia na presença de água (REITZ, 1996).

Segundo estudos realizados por Kauffmann (2004) e Fleck (2006) a espécie brasileira *Q. brasiliensis* possui saponinas estruturais e funcionalmente semelhantes às encontradas nas cascas da espécie chilena *Q. saponaria*.



Figura 1 - Imagem da espécie *Yucca schidigera* Roesl ex Orgies., também conhecida na região sul do RS pelo nome popular de buquê de noiva. Fonte: SNOWBIRDPPIX, 2016.



Figura 2 – Imagem da espécie *Sansevieria trifasciata* Prain., chamada vulgarmente por Espada de São Jorge. Fonte: PLANTEI, 2016.



Figura 3 – Imagem das partes botânicas (caule, folhas, flor e frutos) da espécie *Syzygium cumini* (L.) Skeels., conhecida pelo nome popular de Jambolão ou Jamelão. Fonte: MEDPLANTS, 2016.



Figura 4 – Imagem da espécie *Quillaja brasiliensis* (A. St.-Hil. & Tul.) Mart., nativa no RS conhecida vulgarmente por pau-de-sabão ou sabão-de-soldado. Fonte: KRAY/Flora Digital, 2016.

2.1.2 Adesivos

Os espalhantes adesivos são produtos empregados nas pulverizações para melhorar a eficácia de produtos fitossanitários. Estes adjuvantes são substâncias que modificam as propriedades da calda diminuindo a tensão superficial e interferem na deposição, na retenção e na cobertura da pulverização, assim como na absorção do produto pela planta (JOHNSTONE, 1973), e podem diminuir o risco de deriva na pulverização (CÂMARA et al., 2008). Os adesivos aumentam a aderência dos líquidos ou sólidos à superfície da planta, pois apresentam afinidade com a água e forte adesão à cera e à cutina da superfície dos órgãos da planta. O aumento da aderência diminui o escoamento e faz com que as gotas permaneçam na superfície das folhas e não sejam lavadas com facilidade pela água da chuva (VARGAS; ROMAN, 2006).

A quantidade de líquido retido na folha também é propriedade da redução da tensão superficial, onde as taxas de escoamento na folha podem variar em função da área foliar do cultivo tratado (FERREIRA et al., 2010).

Em pulverizações de alto volume é comum a ocorrência de perdas por escoamento, devido ao excesso de calda aplicada, uma vez que esta é maior do

que a capacidade máxima de retenção de líquido pelas folhas. O uso de adjuvantes pode favorecer o escorrimento da calda aumentando assim a porcentagem de perdas (MATUO et al., 1989). Perdas por escorrimento superiores a 50% do volume aplicado já foram verificadas na cultura de citros (FERREIRA et al., 2007).

Vargas e Roman (2006) ressaltam que, quando adicionados à calda de pulverização, os óleos podem aumentar a eficiência do produto fitossanitário, reduzir a deriva, retardar a evaporação da gota e atuar como espalhante e adesivo.

2.1.2.1 Espécies com potencial adesivo

O chuchu, *Sechium edule* (Jacq.) Swartz (Figura 5), é um fruto originário da América Central e registrado pela primeira vez pelo botânico Patrick Browne em 1756. É uma trepadeira herbácea da família das cucurbitáceas, com caules flexíveis e grossos, folhas grandes cordadas e os ramos têm a presença de gavinhas. As flores são brancas e pequenas, seguidas de frutos ovais grandes de forma característica, na cor creme, verde clara ou verde escuro, ambos com polpa dura com mucilagem, à casca pode ser lisa ou com espinhos, conforme a espécie (MELO et al., 2014; FILGUEIRA, 2007). Importante fonte de potássio e vitaminas A e C, o chuchu possui uma mucilagem em sua composição que em contato com a pele apresenta grande potencial aderente. Através desta observação empírica é que se deu a escolha desta espécie como potencial adesivo para aplicações fitossanitárias. No entanto na busca por informações que subsidiassem este estudo não foram encontradas referências científicas para o mesmo, tornando assim a realização desta pesquisa inovadora e desafiadora no que tange a elaboração dos processos metodológicos a serem aplicados.

Conhecida por suas aplicações externas na forma cosmética (pele e cabelos) ou na forma de reparo de queimaduras (GIORDANI; SANTIN; CLEFF, 2012), a *Aloe* sp. (Figura 6), assim como outras plantas da família das suculentas, é capaz de sobreviver em climas áridos e desérticos por ter desenvolvido uma engenhosa técnica de armazenamento de água (LORENZI e SOUZA, 2008). Ela atua como um reservatório vivo. Contudo, o líquido armazenado por estas plantas é mais do que simples água, mas de fato um gel composto de gliconutrientes de cadeia longa, denominados polissacarídeos, este apresenta propriedade antiviral, bactericida e fungicida (HAMMAN, 2008; FREITAS; RODRIGUES; GASPI, 2014). Com folhas

espinhosas de cor verde, no formato de lanças que crescem numa formação de roseta, suas folhas frequentemente crescem até 75 cm, floresce no começo da primavera, geralmente com flores de um amarelo vivo em uma longa haste que se projeta para fora do centro da roseta. Suas flores são, ocasionalmente, de cor laranja ou vermelha. Em uma planta já desenvolvida, a haste se eleva, geralmente, de 60 a 90 centímetros acima da extremidade das folhas (LORENZI e SOUZA, 2008).

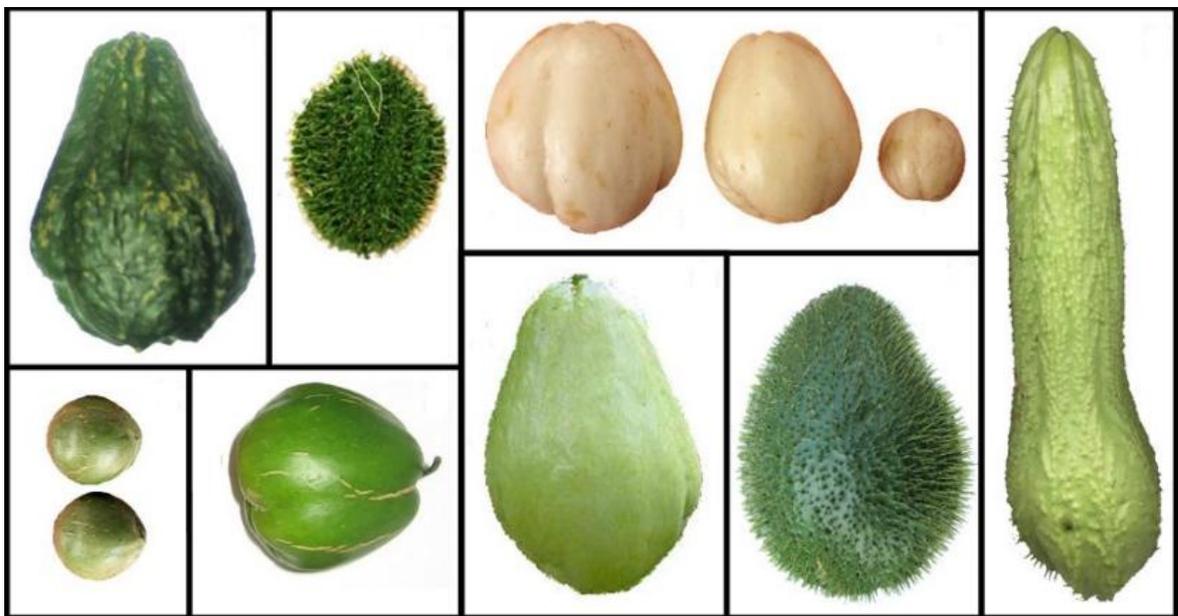


Figura 5 – Imagem das variedades botânicas de *Sechium edule* (Jacq.) Swartz., conhecido pelo nome popular de Chuchu. Fonte: CADENA-IÑIGUEZ et al., 2007.



Figura 6 – Imagem da espécie *Aloe vera* conhecida vulgarmente por Babosa. Pelotas, RS, 2015.

3 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas RS (31°37' Sul, 052°31' Oeste, 180 m a.n.m). As análises foram realizadas na biofábrica da Estação. As espécies avaliadas foram: Agave (*Agave angustifolia*), Espada de São Jorge (*Sansevieria trifasciata*), Jambolão (*Syzygium cumini*), Pau de Sabão (*Quillaja brasiliensis*) e Yucca (*Yucca schidigera*), todas de ocorrência na região do experimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Espécies selecionadas para verificação da presença de saponinas.

Espécie	Família	Ambiente de coleta	Fonte
<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae	Canteiros, pleno sol	Nava-Cruz et al., 2014
<i>Sansevieria trifasciata</i>	Liliaceae	Canteiros, meia-sombra	Ikewuchi et al., 2010
<i>Quillaja brasiliensis</i>	Rosaceae	Área de mata	Reitz, 1996
<i>Syzygium cumini</i>	Myrtaceae	Área urbana	Loguercio et al., 2005
<i>Yucca schidigera</i>	Agavaceae	Canteiros, meia-sombra	Moghimpour; Handali, 2015

As amostras foram coletadas durante a primavera do ano 2014, no período de setembro a novembro, em diferentes locais. As avaliações foram realizadas com as espécies verdes, congeladas e secas e trituradas, onde suas folhas foram submetidas à secagem em estufa de ar forçado a 40°C até atingirem massa constante, logo após foram trituradas e tamisadas a 2 mm e armazenado em vidro âmbar ao abrigo da luz, até o momento das análises.

Foram realizadas avaliações quanto à presença ou ausência de saponinas nas espécies selecionadas, o teor de espuma (índice afrosimétrico), a capacidade tensoativa e a retenção foliar das plantas bioativas selecionadas, com possível potencial adjuvante.

3.1 Análise qualitativa do teor de espuma

Este método foi embasado nas recomendações da Sociedade Brasileira de Farmacognosia e adaptado de Biavatti e Leite (2005), com o objetivo de verificar a presença ou ausência de saponinas nas espécies elencadas. Foram pesadas diversas alíquotas que variaram de 0,1 g a 1 g, a fim de se obter a concentração ideal para cada espécie. Em tubos de ensaio, com dimensões de 2,3 x 14,9 cm, foram pesadas as alíquotas de cada material vegetal e acrescentado 10 mL de água

destilada para cada tratamento. As soluções foram submetidas à decocção por 3 minutos e, após o resfriamento, com auxílio de rolhas de cortiça os tubos foram vedados e agitados por 15 segundos. A presença de espuma persistente por pelo menos 15 minutos indica a presença de saponinas.

3.2 Determinação do Índice de Espuma (IE) ou Afrosimétrico

O índice de espuma (IE), que significa a maior diluição em que 1 g de droga é capaz de formar 1 cm de espuma persistente, foi determinado adaptando a metodologia descrita na Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2010a).

Foram avaliadas duas espécies, as quais apresentaram espuma persistente, sendo elas: *Agave angustifolia* e *Quillaja brasiliensis*, utilizando-se alíquotas que variaram de 0,2 g em 0,2 g de forma crescente, iniciando com 0,2 até 2,0 g de material vegetal e em três formas de preparo: seco e triturado, verde e verde congelado por sete dias.

As amostras foram acrescidas de 200 mL de água destilada em béqueres de vidro e submetidas à decocção por 5 minutos de acordo com o referencial prático em aulas de farmacognosia. Após resfriamento, as soluções foram filtradas em algodão e distribuídas através de uma pipeta automática, em série sucessiva de 10 tubos de ensaio, com dimensões de 1,7 x 18,2 cm, com volumes crescentes de 1 mL até 10 mL, ajustando todos com água q.s.p 10 mL. Os tubos então foram agitados por 15 segundos e deixados em repouso por 15 minutos. O índice de espuma foi calculado através da equação: $IE = (10/[M \times Fc/V])$, onde M (g) é a massa seca, Fc é o fator de concentração correspondente a cada tubo (de 1 a 10) e V o volume (mL) da solução preparada de cada concentração testada, no caso desse experimento, 200 mL. Como comparativo aos dados foi utilizado solução de 1 g de sabão neutro em barra. Foram realizadas três repetições de cada tratamento, os dados submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste de Tukey a 5%.

3.3 Determinação da Tensão Superficial

Existem vários métodos de determinação da tensão superficial, sendo para este trabalho adotado o método do peso da gota pelo fato de ser um dos métodos mais utilizados na determinação da tensão superficial de adjuvantes (VELINI;

GAVLAK; RIBEIRO, 1993; COSTA, 1997; MENDONÇA et al., 1999; MENDONÇA; RAETANO; MENDONÇA, 2007) e por ser considerado um método de simples execução (BEHRING et al., 2004). Neste deixa-se formar uma gota na extremidade de um tubo vertical, que pode ser o de uma bureta, onde a gota cai exatamente no momento em que seu peso gera uma força de atração gravitacional (mg) maior que a força decorrente da tensão superficial aplicada à linha de contato da mesma como perímetro do bico do qual ela cai ($2\pi r\gamma$). Ou seja, neste momento:

$$m.g = 2\pi.r.\gamma$$

Onde: m a massa da gota ideal, g a aceleração da gravidade, r o raio da ponta da bureta e γ a tensão superficial do líquido.

Para o cálculo da tensão superficial do líquido a partir do volume da gota, utilizou-se a relação entre volume e massa, ou seja, a densidade do líquido (ρ). Na prática, o peso da gota obtido é sempre menor que o peso da gota ideal. Perto de 40% do líquido que forma a gota permanece ligado ao tubo. Assim, torna-se necessário acrescentar um fator de correção (f) à equação:

$$\gamma = \frac{m.g}{2\pi r f} = \frac{V\rho g}{2\pi r f}$$

Para a obtenção do fator de correção foi utilizado o modelo matemático proposto por Lee-Chan-Pogaku, citado por Lee et al. (2008):

$$\begin{aligned} \psi(r/V^{1/3}) = & 1.000 - 0.9121(r/V^{1/3}) - 2.109(r/V^{1/3})^2 + 13.38(r/V^{1/3})^3 \\ & - 27.29(r/V^{1/3})^4 + 27.53(r/V^{1/3})^5 - 13.58(r/V^{1/3})^6 \\ & + 2.593(r/V^{1/3})^7 \end{aligned}$$

A razão $r/V^{1/3}$ utilizada no modelo matemático proposto por Lee-Chan-Pogaku foi obtida medindo-se o raio da bureta através de um paquímetro e utilizando-se a mesma bureta para medir o volume de uma gota.

Foram realizadas avaliações do potencial tensoativo de *Quillaja brasiliensis* em comparação ao sabão neutro em barra (utilizado junto às caldas fitossanitárias

nos sistemas de produção agrícola de base ecológica) tendo como testemunha a água destilada cuja tensão superficial é $72 \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ($72,0 \text{ dyn cm}^{-1}$).

Foram avaliadas cinco concentrações de *Q. brasiliensis* seco e triturado (0,1%, 0,5%, 1%, 2% e 5%) e duas de sabão neutro em barra (0,1% e 0,5%), para cada alíquota foram acrescidos 100 mL de água destilada em béqueres de vidro e submetidas à decocção por 5 minutos. Após o resfriamento, as soluções de *Q. brasiliensis* foram filtradas em algodão. Cada tratamento foi distribuído, através de uma pipeta automática, em séries sucessivas de 10 diluições, com volumes crescentes de 1 mL até 10 mL, ajustando todos com água q.s.p 10 mL. Concentrações acima de 1% para o sabão neutro em barra (SNB) não foram possíveis de serem avaliadas por este método, devido à elevada viscosidade da solução e conseqüente escorrimento na bureta, impossibilitando a formação de gotas.

Através de uma bureta graduada com torneira de polipropileno, foram coletados em béqueres de vidro de 50 mL previamente tarados, 20 gotas de cada diluição pesados e anotados seus volumes gastos na bureta, todos os tratamentos foram realizados em triplicata com um total de 60 gotas para cada diluição, obtendo assim a massa média das gotas, dividindo-se esta pelo número de gotas pode-se obter a massa correspondente a uma gota. O material utilizado nesta análise pode ser observado na Figura 7.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, sendo os mesmos por não serem paramétricos avaliados através do teste de Kruskal-Wallis com comparações múltiplas.



Figura 7 – Instrumentos utilizados para a coleta de gotas na análise da determinação da tensão superficial realizada através do método do peso da gota. Pelotas, RS, 2015.

3.4 Determinação da Retenção Foliar de Calda

Primeiramente foram avaliados dois métodos de manejo de aplicação de tensoativos, um por aspersão e outro por imersão, utilizando os dois tensoativos avaliados anteriormente, a *Quillaja brasiliensis* na maior concentração avaliada (5%) e o sabão neutro em barra na menor concentração (0,1%), sendo a água destilada a testemunha.

Para o método de manejo de aplicação por aspersão foi utilizado um pulverizador manual com capacidade para 1L, calibrado por 10 compressões. Foram utilizados em cada tratamento 100 mL das soluções de *Q. brasiliensis* a 5% e SNB a 0,1% diluídos em 900 mL de água destilada, totalizando a capacidade máxima do pulverizador manual o que confere um jato de aplicação constante para o tipo de calibração efetuado. Foram pulverizadas folhas de citrus, disponíveis na estação experimental, tanto no lado abaxial quanto no lado adaxial. As mesmas foram pesadas em balança analítica, pulverizadas e aguardado o tempo de escoamento da calda, foram pesadas novamente obtendo assim o valor da massa retida (DUARTE et al., 2013). Após a secagem natural, foram obtidos os valores de área foliar utilizando-se um medidor de área foliar modelo Li-3100, LiCor[®].

As folhas de citrus apresentam uma cerosidade que dificulta a retenção de caldas fitossanitárias, fator este que contribui para a confiabilidade dos dados (BARBOSA; NAIS; FERREIRA, 2013; SOARES et al., 2013; ANDRADE; FERREIRA; SANTOS, 2010).

Para o método de manejo de aplicação por imersão as folhas de citrus foram recortadas por meio de um vazador a fim de tornar mais homogêneo os valores de área foliar. Foram utilizadas soluções de 100 mL de *Q. brasiliensis* a 5% e de SNB a 0,1%, onde as folhas de citrus já recortadas e pesadas foram imersas nas soluções e retiradas por meio de uma pinça, aguardando cessar o escorrimento da calda foram pesadas novamente, após a secagem natural, foram obtidos os valores precisos de área foliar através do medidor de área foliar conforme descrito no método anterior (DUARTE et al., 2013). A diferença de massa antes e após a pulverização quantificou a retenção de calda que, dividida pela área foliar, resultou na retenção específica em mg cm^{-2} . Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5%.

Após a determinação do método de manejo de aplicação mais adequado foram preparadas e avaliadas soluções adesivas a partir das espécies *Sechium edule* (Chuchu) e *Aloe sp.* (Babosa).

Foram avaliadas duas variedades de *Sechium edule*, ambos provenientes de hortas caseiras, o chuchu creme e o chuchu verde-claro, utilizando-se três formas de preparo, na primeira foram utilizados um fruto de cada variedade cortados em pedaços e deixados de molho por 3 horas em 500 ml de água destilada, utilizando-se desta água para avaliação da retenção foliar, na segunda cada variedade foi cortada ao meio e suas metades friccionadas até a formação de espuma, coletando-se esta espuma para a análise obtendo-se assim a espuma do chuchu creme e a espuma do chuchu verde-claro, no terceiro foram processados em multiprocessador de uso doméstico um fruto de cada variedade e seu produto coado em “voile” até a obtenção de um suco, para ambas as variedades (Figura 8). As espumas coletadas foram diluídas em 50 ml de água destilada, para o chuchu creme obteve-se uma concentração de 5% (2,5g) de espuma enquanto que para o chuchu verde-claro foi de 1% (0,5g). Também foram avaliadas as concentrações de suco a 10%, 25%, 50% e 100%.

As análises foram realizadas pelo método de manejo de aplicação por imersão utilizando-se folhas de citrus recortadas por meio de vazador, tornando os dados mais homogêneos. Ainda foram avaliadas as concentrações 10%, 25%, 50% e 100% do suco do chuchu verde em conjunto com os tensoativos *Quillaja brasiliensis* a 5% e SNB a 0,1%, a fim de verificar a influência dos mesmos na retenção de calda. Para todos os testes foi utilizada a água destilada como testemunha, com cinco repetições para cada tratamento, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.



Figura 8 – Produto obtido a partir do fruto de *Sechium edule* processado em multiprocessador de uso doméstico, verificando-se a formação de espuma (característica da presença de saponinas) em seu suco integral. Pelotas, RS, 2015.

Também foram comparadas duas espécies de babosa em diferentes concentrações quanto ao potencial adesivo, utilizadas a *Aloe arborescens* e a *Aloe vera*, nas concentrações 1%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 25%, 50%, 75% e 100% e como testemunha a água destilada, neste experimento considerada 0%. As folhas de *Aloe* sp. foram colhidas na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, higienizadas, retirados seus espinhos, cortadas em pedaços menores e processadas em multiprocessador de uso doméstico, sendo o produto obtido peneirado e coado

em “voile”, obtendo-se assim uma solução líquida. A partir desta foram preparadas em béqueres de vidro, 50 ml para cada concentração avaliada. Foram utilizadas folhas de citrus, recortadas por meio de vazador, sob o manejo de imersão para a determinação da retenção foliar (Figura 9). Nesta avaliação foram realizadas oito repetições, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey.



Figura 9 – Folhas de citrus recortadas por meio de um vazador a fim de se obter dados mais homogêneos da área foliar aplicada no teste de retenção foliar de calda sob o método de manejo de aplicação por imersão. Pelotas, RS, 2015.

Por fim foram analisadas as associações entre as soluções de *Aloe vera* + *Quillaja brasiliensis* (5%) e *Aloe vera* + Sabão Neutro em Barra (SNB 0,1%) utilizando-se 25 mL de solução adesiva (*A. vera*) mais 25 mL de solução tensoativa (*Q. brasiliensis* e SNB). As soluções adesivas de *Aloe vera* variaram nas concentrações de 1%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 25%, 50%, 75% e 100% utilizando-se a água destilada como testemunha, considerada 0%. As associações entre as soluções foram preparadas em béqueres de vidro, totalizando 50 ml para cada tratamento. O método de manejo de aplicação utilizado foi por imersão com folhas de citrus recortadas. Foram realizadas oito repetições para cada tratamento, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

4 Resultados e Discussão

4.1 Determinação fitoquímica da presença de saponinas

As saponinas estão presentes em um grande número de espécies vegetais e possuem diversas propriedades biológicas e físico-químicas, dentre as quais a capacidade emulsificante, espumante e solubilizante (RIBEIRO et al., 2013), o que as torna uma boa opção como surfactante natural. A viabilidade de estratégias nesse sentido já foi confirmada por Chapagain e Wiesman (2006) utilizando saponinas vegetais na aplicação de herbicida.

Dentre suas propriedades físico-químicas, a capacidade de formar espuma persistente em soluções aquosas e com elevada atividade interfacial, fazem das saponinas um recurso de grande interesse para o desenvolvimento de surfactantes (BÖTTCHER; DRUSCH, 2016), especialmente na aplicação de fitoprotetores (CHAPAGAIN; WIESMAN, 2006).

No teste qualitativo de presença de saponinas apenas *S. trifasciata* não apresentou formação de espuma em nenhuma das concentrações testadas. As demais espécies apresentaram coluna persistente de espuma até a menor concentração (Tabela 2; Figura 10).

Tabela 2 – Teste qualitativo de presença de saponinas para cinco espécies vegetais em seis concentrações. Pelotas, RS, mar-abr/2015.

Espécies	Massa (g) de material vegetal em 10 mL de água destilada					
	1,0	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
<i>A. angustifolia</i>	+	+	+	+	+	+
<i>S. trifasciata</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Q. brasiliensis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>S. cumini</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Y. schidigera</i>	+	+	+	+	+	+

+ reação positiva; - reação negativa.

A não detecção de saponina em *S. trifasciata* pode estar relacionada com a estrutura química específica da saponina na espécie (MOGHIMIPOUR; HANDALI, 2015) e o poder extrator do solvente (PHILIP et al., 2014).

Contudo, o teor e composição de saponina nas plantas, e com isso sua própria bioatividade, é afetada tanto pela sua origem botânica (MERT-TÜRK, 2006; BÖTTCHER; DRUSCH, 2016), quanto pelos fatores bióticos e abióticos envolvidos, como herbivoria, estágio de desenvolvimento, técnicas de cultivo e variáveis ambientais (SZAKIEL; PAÇZKOWSKI; HENRY, 2011; COSTA et al., 2013).



Figura 10 – Resultados obtidos na análise qualitativa do teor de espuma para as espécies *Yucca schidigera* (à esquerda) e *Agave angustifolia* (à direita). Pelotas, RS, 2014.

4.2 Determinação do índice de espuma e tensão superficial

Na determinação do índice de espuma foram avaliadas a *Quillaja brasiliensis* e *Agave angustifolia* as quais apresentaram espuma persistente na avaliação anterior, sob três formas de preparo e dez concentrações. Os resultados obtidos para a altura de coluna de espuma evidenciaram diferença estatística entre as espécies, as formas de preparo e as concentrações, bem como dentro de cada espécie quanto ao preparo e concentrações (Tabela 3).

Tabela 3. Teste de hipótese (X_2^2) para a altura da coluna de espuma entre diferentes espécies, formas de preparo e concentrações, na decoção integral não diluída.

Fatores	Geral			Espécie						
	GL	X_2^2	$p < 0.05$	<i>Quillaja brasiliensis</i>			<i>Agave angustifolia</i>			
				GL	X_2^2	$p < 0.05$	GL	X_2^2	$p < 0.05$	
Espécie	1	55,66	$8,61 e^{-14}$							
Preparo	2	67,44	$2,26 e^{-15}$	2	43,90	$2,92 e^{-10}$	2	57,45	$3,34 e^{-13}$	
Concentração	9	41,29	$4,43 e^{-6}$	9	38,64	$1,34 e^{-5}$	9	19,93	0,0183*	

* Diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis, método de Simes-Hochberg ($p < 0.05$).

A secagem e pulverização do material vegetal foi o método de preparo que resultou nos maiores valores de coluna de espuma em ambas as espécies. Não houve diferença entre o uso do material fresco in natura ou após congelamento, sendo os valores atingidos inferiores à 50% aos observados no procedimento de secagem e trituração (Figura 11).

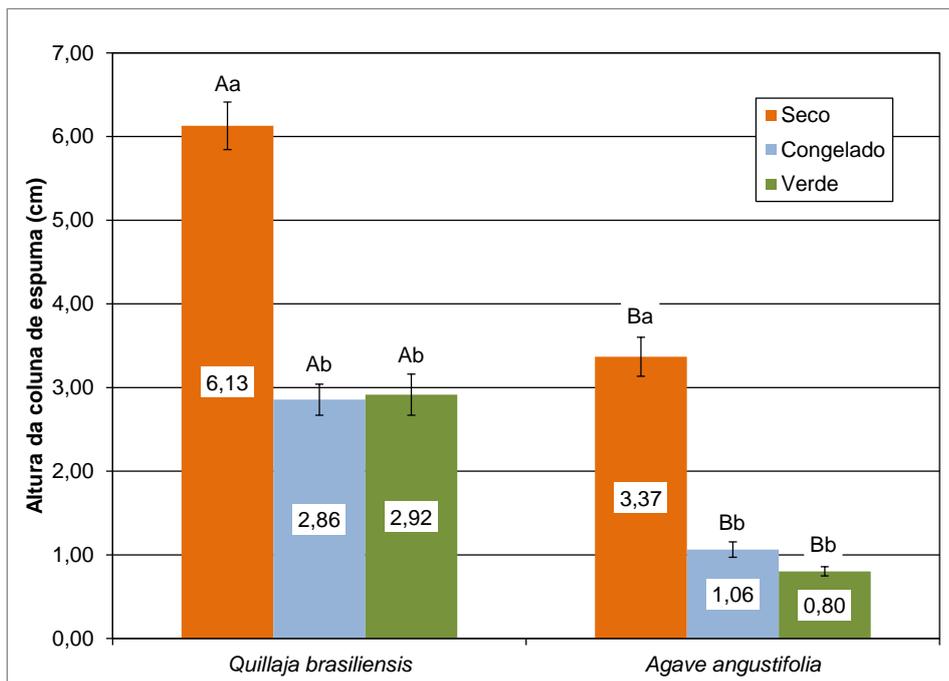


Figura 11 – Valores médios da altura da coluna de espuma (cm) formada por amostras de *Quillaja brasiliensis* e *Agave angustifolia* a partir de diferentes métodos de preparo em todas as concentrações, considerando o decocto integral não diluído. Letras maiúsculas diferentes identificam diferença significativa entre as espécies para a mesma forma de preparo e letras minúsculas diferentes identificam diferença significativa entre as formas de preparo dentro da mesma espécie, pelo teste de Kruskal-Wallis, método de Simes-Hochberg ($p < 0.05$). As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.

A secagem, ou ainda a liofilização do material vegetal, e seu fracionamento a pó, com algumas exceções, é o método de preparo mais comum utilizado na extração de saponinas (CHEOK; SALMAN; SULAIMAN, 2014) e o preconizado pela Farmacopéia Brasileira para a determinação do IE (BRASIL, 2010a). Esse fato está associado possivelmente a maior concentração de saponinas no material após sua secagem, melhorando o resultado do teste qualitativo (AGUSTINI et al., 2015). Contudo, em situação de campo, não se pode desconsiderar a utilização do material fresco pelos agricultores, se a massa vegetal for compensada em três a cinco vezes, aproximadamente.

Entre as espécies, *Q. brasiliensis* apresentou valores de altura de coluna de espuma superiores aos observados com *A. angustifolia* nos três métodos de preparo do material vegetal, indicando um maior teor de saponinas (Figura 12). Contudo, é importante considerar que o tempo necessário de secagem de *A. angustifolia* foi superior ao de *Q. brasiliensis*, e isso pode ter influência sobre a magnitude da diferença. A secagem de folhas de *Moringa oleifera* em estufa, à sombra e ao sol não afetou o teor de saponinas (ADEYEMI; OGUNDELE; ANIMASAUN, 2014), porém, raízes de *Chlorophytum borivilianum* expostas à secagem com temperaturas mais altas e ventilação forçada mais intensa apresentaram percentual de saponinas inferior quando comparados com a secagem à sombra e ao sol (AGRAWAL; UPADHYAY; NAYAK, 2013). No caso do gênero *Agave*, o teor de saponinas ainda é afetado pelo estágio fenológico e pela estrutura química da sapogenina envolvida (LEAL-DÍAZ et al., 2015), e, dentre as espécies, *A. angustifolia* pode ser considerada como de baixo conteúdo de saponinas (AHUMADA-SANTOS et al., 2013).

Ao comparar apenas as amostras submetidas à secagem, verifica-se que os decoctos de *Q. brasiliensis* foram superiores aos de *A. angustifolia* nas duas concentrações avaliadas (Figura 13).

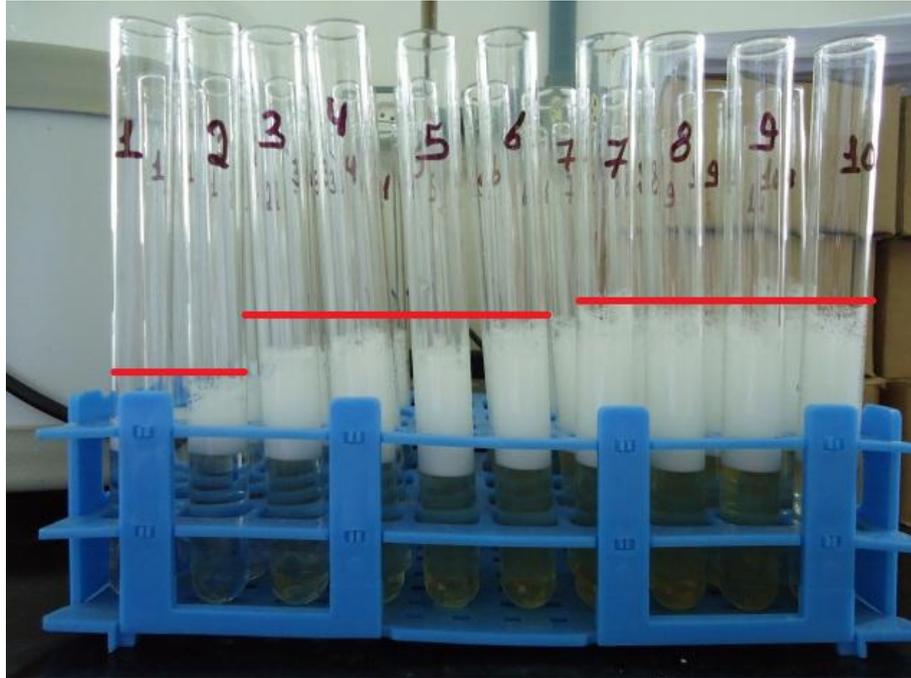


Figura 12 – Resultados para o índice de espuma em volumes crescentes da solução de *Quillaja brasiliensis* da maior diluição (1 mL) até a solução integral (10 mL). Pelotas, RS, 2015.

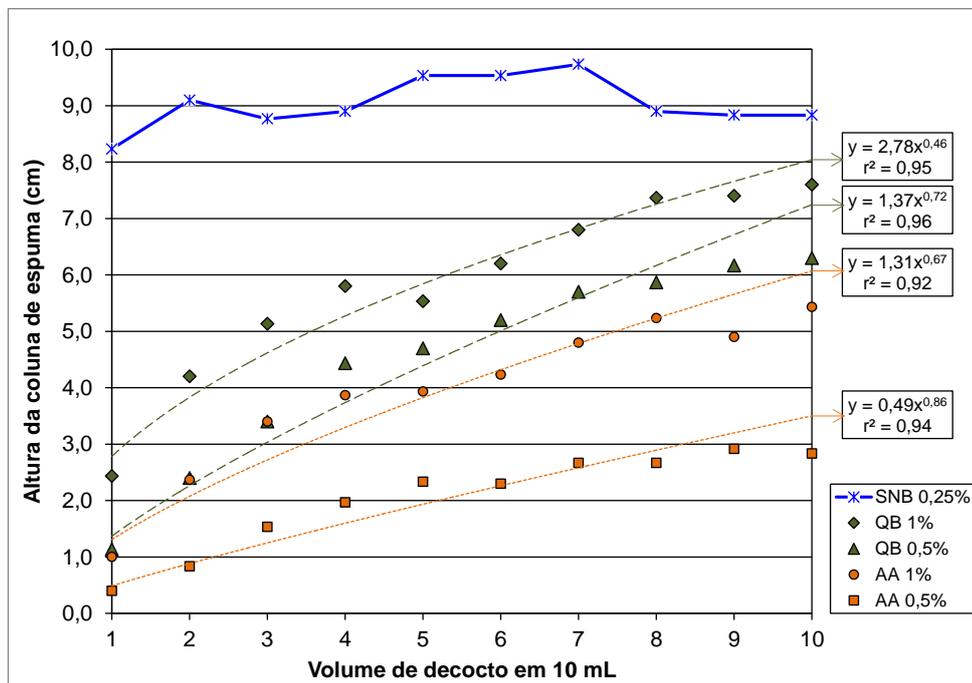


Figura 13. Valores médios da altura da coluna de espuma (cm) formada por amostras de pó de *Quillaja brasiliensis* (QB) e *Agave angustifolia* (AA), em diferentes concentrações e volumes de decocto, e respectivas curvas de regressão, comparadas com sabão neutro em barra (SNB). Pelotas, RS, 2015.

Fatores bióticos e abióticos, tais como ação de insetos e patógenos, luminosidade, umidade e fertilidade do solo, também interferem na produção de saponinas (SZAKIEL; PACZKOWSKI; HENRY, 2011; COSTA et al., 2013). Os locais de coleta de cada espécime amostrada eram diferentes assim como, possivelmente, as condições de estresse a que estavam submetidas, o que implica considerar que, pelo menos, uma parte da diferença entre as espécies seja atribuída aos fatores exógenos às plantas.

Por sua vez, o sabão neutro em barra (SNB) à 0,25%, mesmo no volume de decocto 1, equivalente à concentração 0,025%, produziu uma coluna de espuma média acima de 8 cm de altura, superior à verificada no melhor tratamento, *Q. brasiliensis* à 1% no volume de decocto 10.

O Índice de Espuma (IE) foi determinado por meio de uma função potência baseada na relação entre o volume da solução preparada (200 mL), na massa do material vegetal adicionado à solução (g) e no fator de concentração avaliado, que varia de 10 (a solução mais concentrada) até 1 (a menos concentrada, cerca de 10% da solução original), variando em intervalos de 1 em 1.

O IE de *Q. brasiliensis*, seca e triturada, foi de 2756 enquanto o de *A. angustifolia* foi de apenas 1017. Esses valores podem ser considerados elevados, uma vez que nas monografias da Farmacopéia Brasileira o valor de referência para o pó de *Quillaja saponaria* é no mínimo 1000 (BRASIL, 2010b).

Com a identificação da espécie vegetal e do método de preparo de maior potencial na formação de espuma e IE, as avaliações seguintes foram realizadas apenas para as amostras de *Q. brasiliensis*, preparadas por secagem e trituração. A altura da coluna de espuma demonstrou elevada correlação com o IE e a concentração da solução, o que permitiu a construção de curvas de regressão de potência, com coeficiente de determinação (r^2) de 0,9249 (Figura 14).

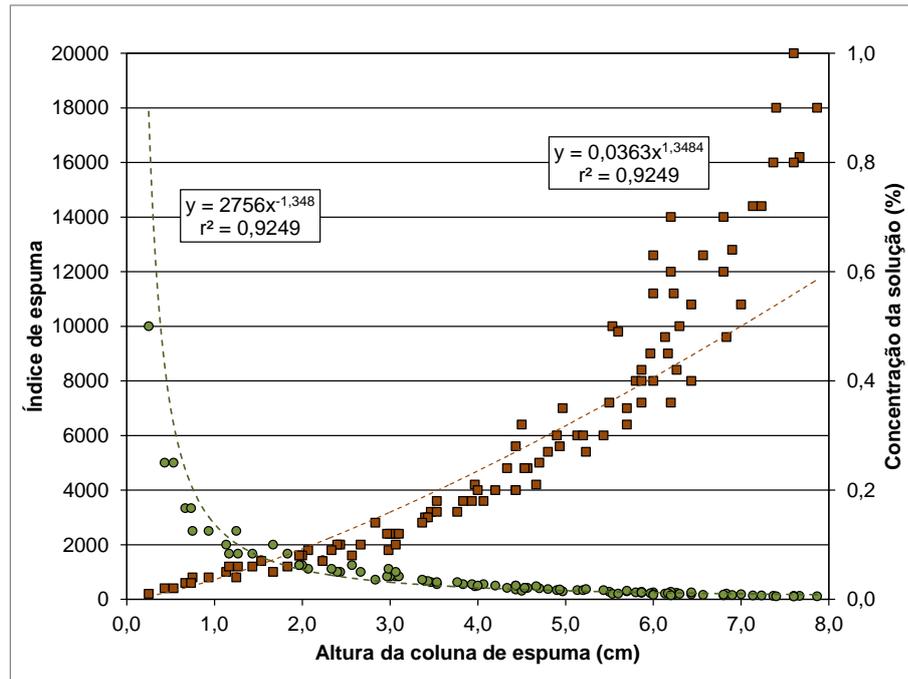


Figura 14. Equações de correlação entre a altura da coluna de espuma (cm) e índice de espuma e concentração da solução (%) de amostra de pó de *Quillaja brasiliensis*, considerando todas as diluições. Pelotas, RS, 2015.

Em termos práticos, devido à alta correlação entre as variáveis, a definição dessas curvas permite determinar o IE ou a concentração de uma solução surfactante produzida a partir de *Q. brasiliensis*, usando como base a medida da coluna de espuma, obtida entre valores de 0 e 8 cm em tubos de ensaio de 16 mm de diâmetro.

A tensão superficial dos decocto de *Q. brasiliensis* nas diferentes concentrações e de sabão neutro em barra (SNB), em todos os fatores de diluição, apresentaram a mesma tendência decrescente com o aumento da concentração e com coeficientes de determinação (r^2) acima de 0,90, exceto na concentração 0,25% de *Q. brasiliensis* (Figura 15).

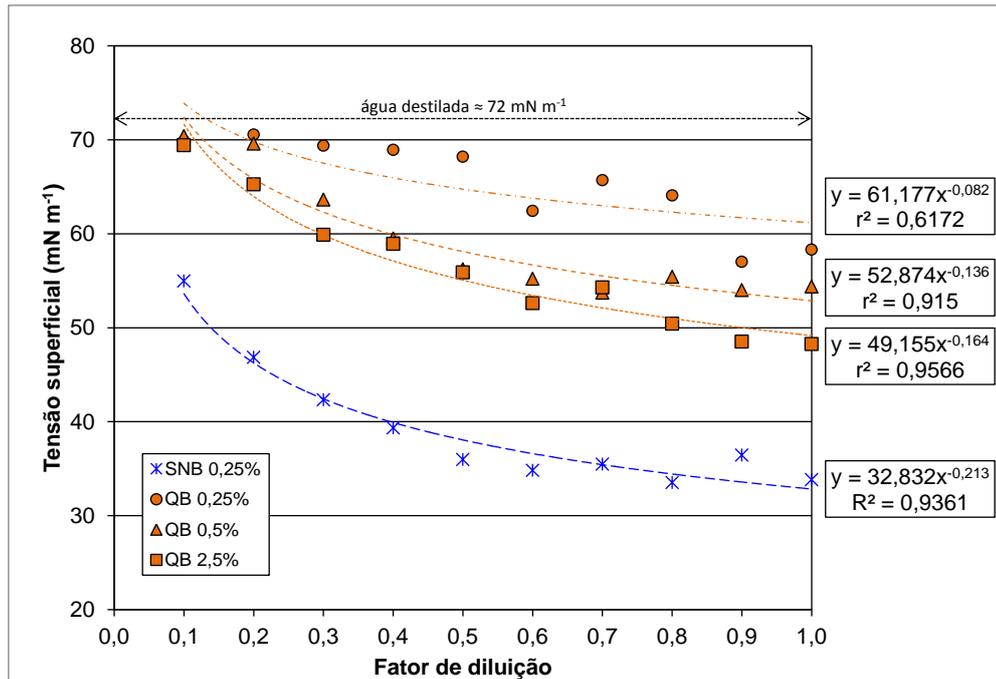


Figura 15. Curvas de regressão entre as concentrações em cada fator de diluição e a tensão superficial (mN m^{-1}) de pó de *Quillaja brasiliensis* (QB), comparada com sabão neutro em barra (SNB). Pelotas, RS, 2015.

É possível notar que o SNB foi muito mais efetivo em reduzir a tensão superficial do que *Q. brasiliensis*. No menor fator de diluição a diferença entre *Q. brasiliensis* 2,5% e o SNB foi ao redor de 25% e no decocto integral não diluído foi de 41%. Considera-se um bom surfactante aquele com potencial de reduzir a tensão superficial da água de 72 até 35 mN m^{-1} (MULLIGAN, 2005; SANTOS et al., 2016). As tensões superficiais obtidas nos decoctos integrais não diluídos de *Q. brasiliensis* 2,5% e 0,5%, entre 50 e 52 mN m^{-1} , equivalem ao efeito produzido por óleos minerais nas concentrações de 0,10% e 0,75% (v/v) e por óleos vegetais entre 0,025% e 0,10% (v/v), enquanto com SNB 0,25% a tensão superficial, reduzida à 32 mN m^{-1} , equivale, de forma geral, à concentrações de 0,50% desses mesmos óleos (MENDONÇA; RAETANO; MENDONÇA, 2007).

Apesar da *Q. brasiliensis* ser pouco eficiente na redução da tensão superficial quando comparada ao SNB, os resultados são similares aos verificados com extrato aquoso de frutos de *Sapindus mukurossi* (51 mN m^{-1} à 0,4%) (MUNTAHA; KHAN, 2015), mas inferiores aos reportados para *Sapindus mukurossi*, *Verbascum densiflorum*, *Equisetum arvense*, *Betula pendula* e *Bellis perennis*, 41,8 mN m^{-1} , 41,5 mN m^{-1} , 37,9 mN m^{-1} , 45,7 mN m^{-1} e 36,8 mN m^{-1} , respectivamente, obtidos por

maceração de 6 horas em metanol e rotaevaporação (TMÁKOVÁ; SEKRETÁR; SCHMIDT, 2016). Nesse sentido, o processo de extração de saponinas, os métodos analíticos e as condições experimentais também são fatores que devem ser considerados na comparação entre diferentes estudos (ZDZIENNICKA et al., 2012; BASU et al., 2015).

Apesar disso, também é importante ressaltar que o benefício da *Q. brasiliensis* não se resume apenas à redução da tensão superficial, uma vez que diversos estudos têm comprovado seu potencial efeito sobre microrganismos e insetos (DE GEYTER et al., 2007; GOLAWSKA, 2007; FISCHER et al., 2011).

4.3 Determinação do potencial adesivo

Entre os métodos de manejo de aplicação utilizados na análise da massa retida por área foliar, o método por imersão demonstrou ser o mais adequado para a realização deste trabalho (Figura 16). Utilizando-se *Q. brasiliensis* a 5%, SNB a 0,1% e água destilada foram obtidas médias mais elevadas para o método de manejo de aplicação por imersão, onde também foi possível observar o baixo potencial adesivo apresentado pelo sabão neutro reforçando a hipótese de seu uso como redutor da tensão superficial (tensoativo) em aplicações fitossanitárias.

Existem diversas técnicas das mais simples como a avaliação visual no papel sensível à água as mais sofisticadas, como a fluorimetria, a fotomicrografia digital, a análise de imagem, a microscopia eletrônica de varredura e a micro análise de raios-x de energia dispersiva (HUNSCHE et al., 2011; SCHUTTE et al., 2012; VAN ZYL; FOURIE; SCHUTTE, 2013; VAN ZYL et al., 2010; 2014) utilizadas como protocolos de avaliação de deposição de calda nas pulverizações agrícolas. Também têm sido elaboradas novas metodologias como modelo de estudo para a variabilidade da retenção foliar resultantes da qualidade de pulverização, do volume de calda aplicado e do tamanho da planta, utilizando-se para isto a arquitetura de plantas em 3D (MASSINON et al., 2015).

Técnicas modernas como estas ainda são pouco acessíveis em muitos ambientes de pesquisas, o que torna o estudo mais aprofundado ainda muito limitado pela falta de recursos e estrutura adequada.

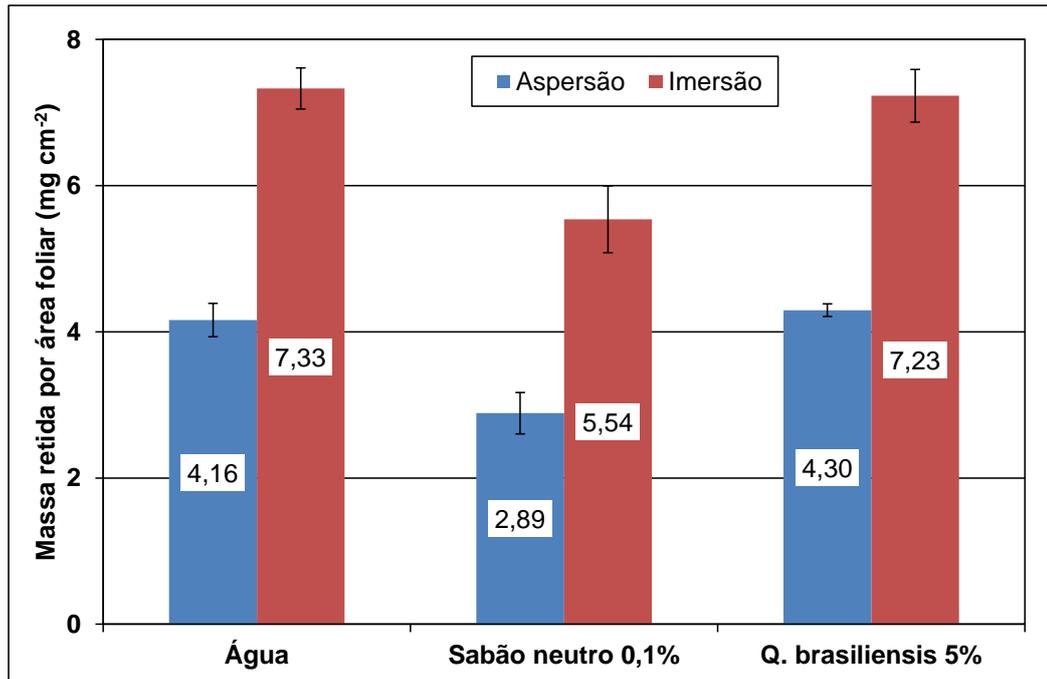


Figura 16 – Dados de massa retida por área foliar nos diferentes métodos de manejo de aplicação para os tensoativos avaliados. As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.

Na avaliação do potencial adesivo de duas variedades de chuchu (*Sechium edule*), em diferentes formas de preparo e concentração, as análises demonstraram (Tabela 4) que não houve diferença entre as variedades de chuchu verde claro (6,99) e chuchu creme (6,65). Mesmo quando utilizado em conjunto com o decocto de *Quillaja brasiliensis* a 5% e ao SNB a 0,1% os resultados obtidos foram semelhantes.

Quando comparados à água destilada (testemunha) os valores de massa retida por área foliar, obtidos nas diferentes concentrações e métodos de preparo de *S. edule* foram considerados baixos (Figura 17).

Estes valores demonstraram um baixo potencial quanto à justificativa de seu uso como adesivo, no entanto existem diversas classificações de acordo com o modo de ação dos adjuvantes que podem ser adicionados para formar emulsões, para aumentar a solubilidade, ou para de outra forma criar uma solução estável, ou simplesmente como espalhantes para aumentar a cobertura foliar (SYMONDS et al., 2016). Podendo assim ser considerada a possibilidade de seu uso com potencial para outro modo de ação dos adjuvantes, mediante novos estudos.

Tabela 4 – Níveis de significância obtidos na análise de variância para as duas variedades de *Sechium edule*, nas diferentes formas de preparo e suas interações.

Variável	Chuchu			Preparo			Chuchu:Preparo		
	GL	F	$p < 0.05$	GL	F	$p < 0.05$	GL	F	$p < 0.05$
Massa retida por área foliar	1	1,66	0,2041	6	2,65	0,0265	4	2,19	0,0837

Nível de significância de 5%.

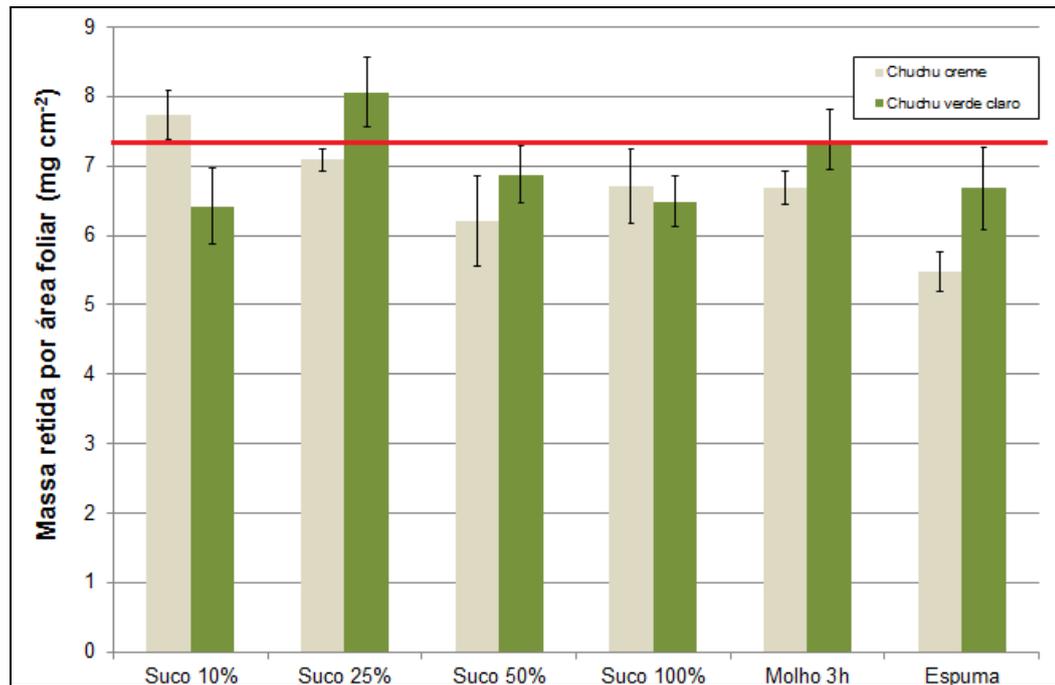


Figura 17 – Relação de massa retida por área foliar (mg cm^{-2}) nas diferentes concentrações e métodos de preparo de *Sechium edule* L. variedades creme e verde claro. A linha em vermelho representa o valor obtido com água destilada ($7,33 \text{ mg cm}^{-2}$). As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.

Quando avaliados o potencial adesivo das espécies *Aloe arborescens* e *Aloe vera* através da análise de variância percebemos que os resultados foram significativos para os dados observados entre as espécies e suas concentrações (Tabela 5). Entre estas duas espécies, a *Aloe vera* apresentou maior potencial adesivo com valores de massa retida por área foliar (mg cm^{-2}) superiores aos observados para a *Aloe arborescens*, bem como para a água destilada utilizada como testemunha neste experimento (Figura 18). Assim como foi discutida a possibilidade de uso da espécie *Sechium edule* como mecanismo para outro modo de ação dos adjuvantes a *Aloe arborescens* também pode ser considerada com

potencial para outro fim, havendo talvez a possibilidade de seu uso como um tensoativo, uma vez que os resultados observados de massa retida por área foliar foram menores aos obtidos pela testemunha. Portanto novos estudos se fazem necessários a fim de se verificar para qual uso esta espécie apresentaria melhor potencial e em quais concentrações, buscando-se assim novas alternativas para o manejo ecológico.

Tabela 5 – Resultados obtidos através da ANOVA para os dados de *Aloe arborescens* e *Aloe vera*, quanto às suas concentrações e interações.

Variável	Adesivo			Concentração			Adesivo:Concentração		
	GL	F	p < 0.05	GL	F	p < 0.05	GL	F	p < 0.05
	1	77,14	0,0000	9	7,05	0,0000	9	4,50	0,0001
Massa retida por área foliar (mg cm ⁻²)	Concentração – <i>A. vera</i>						Concentração – <i>A. arborescens</i>		
	GL	F	p < 0.05	GL	F	p < 0.05			
	9	18,02	7,47053E ⁻¹³	9	1,9298	0,068842708			

Dados transformados por BOX-COX. Nível de significância de 5%

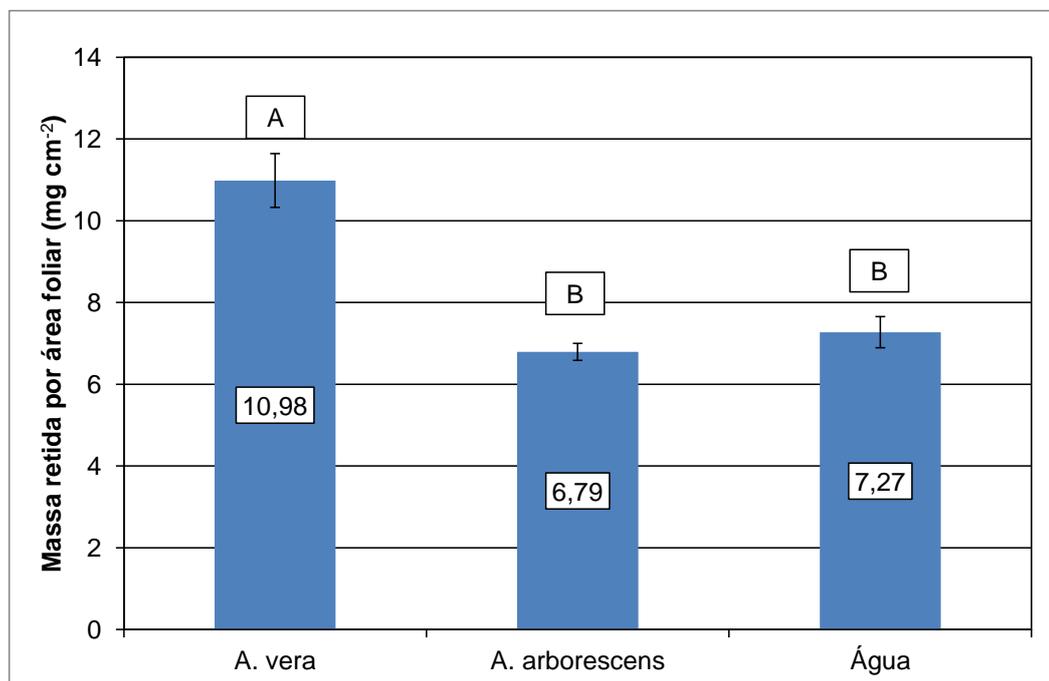


Figura 18 – Dados de retenção foliar de calda em folhas de citrus considerando a massa retida por área foliar em relação ao potencial adesivo das espécies *Aloe vera* e *Aloe arborescens* utilizando-se a água como testemunha. Letras diferentes identificam diferença significativa entre as espécies. As barras sobre as colunas indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.

Experimentando-se a utilização do suco da *Aloe vera* em conjunto com o decocto da *Quillaja brasiliensis* a 5% pode-se perceber que não houve perda do potencial adesivo da *A. vera* até o limite de concentração de 25%, a partir deste até a concentração máxima ocorreu uma redução de 35% da capacidade adesiva da mesma. Quando associada ao sabão neutro em barra 0,1% verificamos a redução de 55% do potencial adesivo da *Aloe vera* na maior concentração (100%), ou seja, podemos concluir que quando adicionado o SNB 0,1% junto à calda de aplicação ocorre à redução da retenção foliar (Figura 19). Matuo et al. (1989) também observaram que com a adição de tensoativos a calda de pulverização ocorreram reduções da retenção foliar após a pulverização efetuada até o escorrimento.

Com isso podemos considerar o uso de sabão neutro em barra como um tensoativo junto às caldas de aplicação, havendo ainda a necessidade de maiores investigações quanto às concentrações mais adequadas para cada manejo fitossanitário, bem como a análise da taxa de cobertura nas folhas para as soluções adesivas que apresentaram menor retenção foliar de calda uma vez que com uma melhor distribuição de calda nas folhas pode-se obter uma maior eficiência na aplicação.

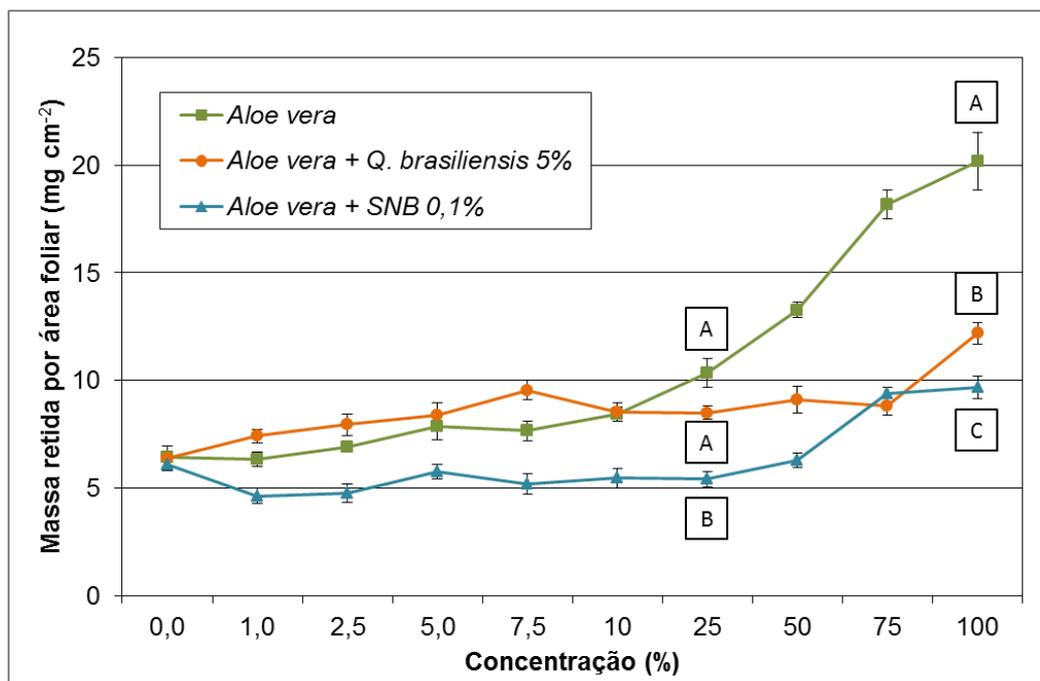


Figura 19 – Valores médios de massa retida por área foliar (mg cm⁻²) de *Aloe vera*, *Aloe vera* + *Quillaja brasiliensis* 5% e *Aloe vera* + SNB 0,1%, em diferentes concentrações. Letras diferentes identificam diferença significativa entre as soluções em concentrações distintas. As barras sobre as concentrações indicam o erro experimental. Pelotas, RS, 2015.

5 Conclusões

Ao final do experimento foi possível identificar espécies com saponinas em sua composição, segundo o referencial bibliográfico. Destacando-se a *Quillaja brasiliensis* que apresentou elevado potencial para formação de espuma através de sua matéria vegetal seca e triturada. A melhor forma de preparo para as análises foi através do material vegetal seco e triturado o que proporciona também a possibilidade de armazenamento para uso escalonado das espécies, além da possibilidade de se obter maior concentração de saponinas no mesmo.

Na determinação de um potencial tensoativo o sabão neutro em barra demonstrou ser mais efetivo na redução da tensão superficial do que as demais espécies analisadas, destacando-se que é possível obter bons resultados com baixas concentrações.

Já na determinação de um potencial adesivo a *Aloe vera* obteve destaque em seus resultados evidenciando a possibilidade de seu uso na forma de solução adesiva junto às caldas fitoprotetoras.

Ainda são necessários estudos mais aprofundados quanto aos níveis de concentração empregados, as associações com outros compostos de caldas fitoprotetoras e as possíveis reações dessas associações, a taxa de cobertura nas folhas e a eficiência da aplicação, bem como as tecnologias de aplicação utilizadas para a agricultura familiar.

Referências

- ADEYEMI, S. B.; OGUNDELE, K. O.; ANIMASAUN, M. A. Influence of drying methods on the proximate and phytochemical composition of *Moringa oleifera* Lam. **Global journal of medicinal plant research**, v. 2, n. 1, p. 1–5, 2014.
- AGRAWAL, R.; UPADHYAY, A.; NAYAK, P. S. Drying characteristics of safedmusli (*Chlorophytum borivillianum*) and its effect on colour and saponin content. **Journal of Pharmacology and Phytotherapy**, v. 5, n. 8, p. 142–147, 2013.
- AGUIAR JÚNIOR, H.O.; RAETANO, C. G.; PRADO, E. P.; DAL POGETTO, M. H. F. do A.; CHRISTOVAM, R. de S.; GIMENES, M. J. Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 103-109, 2011.
- AGUSTINI, T. W.; SUZERY, M.; SUTRISNANTO, D.; MA'RUF, W. F.; HADIYANTO. Comparative study of bioactive substances extracted from fresh and dried *Spirulina* sp. **Procedia Environmental Sciences**, v. 23, p. 282–289, 2015.
- AHUMADA-SANTOS, Y. P.; MONTES-AVILA, J.; URIBE-BELTRÁN, M. de J.; DÍAZ-CAMACHO, S. P.; LÓPEZ-ANGULO, G.; VEGA-AVIÑA, R.; LÓPEZ-VALENZUELA, J. Á.; HEREDIA, J. B.; DELGADO-VARGAS, F. Chemical characterization, antioxidant and antibacterial activities of six Agave species from Sinaloa, Mexico. **Industrial Crops and Products**, v. 49, p. 143–149, 2013.
- ALONZO, C. V. L.; VILLAVICENCIO, N. M.; SOTELO, M. B.; LEAL, R. P. Los compuestos esteroidales o saponinas em la palma del desierto (*Yucca schidigera*) y sus aplicaciones. **Synthesis**, Chihuahua, n. 55, jul.-set., 2010.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA; FASE, 1989. 240 p.
- ANDRADE, D. J. de; FERREIRA, M. da C.; SANTOS, N. C. dos. Efeito da adição de óleos ao acaricida Cyhexatin sobre o ácaro *Brevipalpus phoenicis* e na retenção de calda por folhas de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1055-1063, Dez., 2010.
- ASSIS, R. L. de; AREZZO, D. C. de; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H. Aspectos técnicos da agricultura orgânica fluminense. **Revista Universidade Rural – Série Ciências da Vida**, Seropédica, v. 20, n. 1/2, p. 1-16, 1998.

BARBOSA, G. F.; NAIS, J.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área e capacidade de retenção foliar de calda em citros. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1226-1231, Sept./Oct. 2013.

BASU, A.; BASU, S.; BANDYOPADHYAY, S.; CHOWDHURY, R. Optimization of evaporative extraction of natural emulsifier cum surfactant from *Sapindus mukorossi*: characterization and cost analysis. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 920–931, 2015.

BEHRING, J. L.; LUCAS, M.; MACHADO, C.; BARCELLOS, I. O. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da cmc de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**, v. 27, n. 3, 492-495, 2004.

BLAVATTI, M. W.; LEITE, S. N. **Práticas de farmacognosia**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 145 p., 2005.

BÖTTCHER, S.; DRUSCH, S. Interfacial properties of saponin extracts and their impact on foam characteristics. **Food Biophysics**, v. 11, n. 1, p. 91–100, 2016.

BRASIL. **Farmacopeia brasileira**. Brasília: Anvisa, v. 1, 2010a.

BRASIL. **Farmacopeia brasileira - monografias**. Brasília: Anvisa, v. 2, 852 p., 2010b.

BUENO, B. S.; CHIERICE, G. O. Extração e identificação de saponinas/sapogeninas presentes nas sementes de *Syzygium cumini* (jambolão). Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=1443&numeroEdicao=15>>. Acesso em: 07 ago. 2014.

CADENA-IÑIGUEZ, J.; ARÉVALO-GALARZA, L.; AVENDAÑO-ARRAZATE, C. H.; SOTO-HERNÁNDEZ, M.; RUIZ-POSADAS, L. Del M.; SANTIAGO-OSORIO, E.; ACOSTA-RAMOS, M.; CISNEROS-SOLANO, V. M.; AGUIRRE-MEDINA, J. F.; OCHOA-MARTÍNEZ, D. Production, genetics, postharvest management and pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. **Global Science Books/Fresh Produce**, v. 1, n. 1, p. 41-53, 2007.

CÂMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M da C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa

expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 740-749, out./dez. 2008.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 69-101, 2001.

CASTEJON, F.V. **Taninos e saponinas**. Universidade Federal de Goiás Escola de Veterinária e Zootecnia Programa de pós-graduação em ciência animal, 2011.

CHAPAGAIN, B. P.; WIESMAN, Z. Phyto-saponins as a natural adjuvant for delivery of agromaterials through plant cuticle membranes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 17, p. 6277–6285, 2006.

CHEOK, C. Y.; SALMAN, H. A. K.; SULAIMAN, R. Extraction and quantification of saponins: a review. **Food Research International**, v. 59, p. 16–40, 2014.

COSTA, E. A. D. **Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial de soluções de rodeo**. Botucatu, 1997. 72 p. Dissertação (mestrado em Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

COSTA, F. de; YENDO, A. C. A.; FLECK, J. D.; GOSMANN, G.; FETT-NETO, A. G. Accumulation of a bioactive triterpeno saponin fraction of *Quillaja brasiliensis* leaves is associated with abiotic and biotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 66, p. 56–62, 2013.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

DE GEYTER, E.; LAMBERT, E.; GEELLEN, D.; SMAGGHE, G. Novel advances with plant saponins as natural insecticides to control pest insects. **Pest Technology**, v. 1, n. 2, p. 96–105, 2007.

DIAS, J. E. A importância do uso de plantas medicinais em comunidades de periferia e sua produção através da agricultura urbana. **Acta Hort.**, v. 569, p. 79-85, 2002.

DUARTE, R. T. Determinação da retenção de calda fitossanitária na superfície foliar de couve com diferentes adjuvantes. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE**, 2, 2013, Jaboticabal - SP, UNESP, p. 662-665, 2013.

DURIGAN, J. C. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42p.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, maio/ago. 2007.

FERREIRA, M. da C.; ALANDIA, R. A.; CARVALHO, G. F. G. de; BAGGIO, M. V. Determinação de área foliar e retenção de líquido por folhas de café em pulverização a alto volume. **Nucleus**, v. 7, n. 1, abr. 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 421, 2007.

FISCHER, M. J. C.; PENSEC, F.; DEMANGEAT, G.; FARINE, S.; CHONG, J.; RAMÍREZ-SUERO, M.; MAZET, F.; BERTSCH, C. Impact of *Quillaja saponaria* saponins on grapevine ecosystem organisms. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 100, n. 2, p. 197–206, 2011.

FLAOYEN, A.; WILKINS, A.; SANDVIK, M. Ruminal metabolism in sheep of saponins from *Yucca Schidigera*. **Veterinary Research Communications**, v. 26, n. 2, p. 159-169, 2002.

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 herpes virus type 1 in mice. **Vaccine**, v. 24, n. 49-50, p. 7129-7134, 2006.

FONSECA, M. F. de A. C. **A construção social do mercado de alimentos orgânicos:** estratégias dos diferentes atores da rede de produção e comercialização de frutas, legumes e verduras (FLV) in natura no Estado do Rio de Janeiro. 2000. 235 p. Tese (Mestrado em Desenvolvimento e Agricultura) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FREITAS, V. S.; RODRIGUES, R. A. F.; GASPI, F. O. G. Propriedades farmacológicas da *Aloe vera* (L.) Burm. f. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 299-307, 2014.

GIORDANI, C.; SANTIN, R.; CLEFF, M. B. **Plantas medicinais e tóxicas em Pelotas, RS: usos e cuidados**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 138 p, 2012.

GOLAWSKA, S. Deterrence and toxicity of plant saponins for the pea aphid *Acyrtosiphonpisum* Harris. **Journal of Chemical Ecology**, v. 33, n. 8, p. 1598–1606, 2007.

GONZÁLEZ, A. G.; FREIRE, R.; GARCÍA-ESTRADA, M. G.; SALAZAR, J. A.; SUÁREZ, E. Nuevas fuentes naturales de saponinas esteroidales XVI. Abamagenina, una nueva saponina espiroestánica de la *Sansevieria trifasciata* Prain. **Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química**, v. 68, n. 1, p. 103, 1972.

HAMMAN, J. H. Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. **Molecules**, v. 13, p. 1599-1616, 2008.

HARAGUCHI, L. M. M.; CARVALHO, O. B. **Plantas Mediciniais: do curso de plantas medicinais**. 248p., 2010.

HERNÁNDEZ, S. R.; LUGO C. E. C.; DÍAZ J. L.; VILLANUEVA, S. Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de agave lechuguillaTorrey. **e-Gnosis**, vol. 3, 2005.

HUNSCHE, M.; ALEXEENKO, A.; DAMEROW, L.; NOGA, G. Rain-induced removal of copper from apple leaves: Influence of rain properties and tank-mix adjuvants on deposit characteristics at the micro scale. **Crop Protection**. v. 30, p. 495-501, 2011.

IKEWUCHI, C.; IKEWUCHI, C.; AYALOGU, O.; ONYEIKE, N. Proximate and phytochemical profile of *Sansevieria liberica* Gérôme and Labroy. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 14, n. 2, p. 103–106, 2010.

JESUS, E. L. de. Da agricultura alternativa à agroecologia: para além das disputas conceituais. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 3, p. 3-27, 1996.

JOHNSTONE, D. R. Spreading and retention of agricultural sprays on foliage. In: VAN VALKENBURG, W. (ed.). **Pesticide formulations**. N. York, Marcel Dekker, p. 481, 1973.

KAUFFMANN, C.; MACHADO, A. M.; FLECK, J. D.; PROVENSI, 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.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77, 1997.

KRAY, J. G./Flora Digital. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/open_sp.php?img=318>. Acesso em: 24 set. 2016.

LEAL-DÍAZ, A. M.; SANTOS-ZEA, L.; MARTÍNEZ-ESCOBEDO, H. C.; GUAJARDO-FLORES, D.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Effect of *Agave americana* and *Agave salmiana* ripeness on saponin content from aguamiel (Agave Sap). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 15, p. 3924–3930, 2015.

LEE, B-B.; RAVINDRA, P.; CHAN, E-S. New drop weight analysis for surface tension determination of liquids. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. v. 332, p. 112-120, 2008.

LOGUERCIO, A. P.; BATTISTIN, A.; VARGAS, A. C. de; HENZEL, A.; WITT, N. M. Atividade antibacteriana de extrato hidro-alcoólico de folhas de jambolão (*Syzygium cumini* (L.) Skells). **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 371–376, 2005.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

MARTINS, D.; TERRA, M. A.; CARBONARI, C. A.; NEGRISOLI, E.; CARDOSO, L. R.; TOFOLI, G. R. Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de *Pistia stratiotes*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 343-348, 2005.

MASSINON, M.; DUMONT, B.; DE COCK, N. Study of retention variability on an early growth stage herbaceous plant using a 3D virtual spraying model. **Crop Protection**. v. 78, p. 63-71, 2015.

MATUO, T.; HAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeitos de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathologica**, v. 15, p. 163-173, 1989.

MEDPLANTS. Medicinal Plants. Disponível em: <<http://medplants.blogspot.com.br/2012/03/syzygium-cumini-neredu-jamun-nagapazham.html>>. Acesso em: 24 set. 2016.

MELO, A. M. T.; FILHO, J. A. de A.; TRANI, P. E. Chuchu *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. In: AGUIAR, A. T. da E. et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 132-137, 2014.

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 16-23, jan. 2007.

MENDONÇA, C. G.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C. G. Efeito de surfactantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de ghyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v. 17, p. 355-65, 1999.

MERT-TÜRK, F. Saponins versus plant fungal pathogens. **Journal of Cell and Molecular Biology**, n. 5, p. 13–17, 2006.

MIMAKI, Y.; INOUE, T.; KURODA, M.; SASHIDA, Y. Steroidal saponins from *Sansevieria trifasciata*. **Phytochemistry**, v. 43, n. 6, p. 1325-1331, 1996.

MOGHIMIPOUR, E.; HANDALI, S. Saponin: properties, methods of evaluation and applications. **Annual Research & Review in Biology**, v. 5, n. 3, p. 207–220, 2015.

MULLIGAN, C. N. Environmental applications for biosurfactants. **Environmental Pollution**, v. 133, n. 2, p. 183–198, 2005.

MUNTAHA, S.-T.; KHAN, M. N. Natural surfactant extracted from *Sapindus mukurossi* as an eco-friendly alternate to synthetic surfactant – a dye surfactant interaction study. **Journal of Cleaner Production**, v. 93, p. 145–150, 2015.

NAVA-CRUZ, N. Y.; MEDINA-MORALES, M. A.; MARTINEZ, J. L.; RODRIGUEZ, R.; AGUILAR, C. N. Agave biotechnology: an overview. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 8551, p. 1–14, 2014.

ORMOND, J. G. P.; DE PAULA, S. R. L.; FILHO, P. F.; DA ROCHA, L. T. M. **Agricultura Orgânica**: Quando o Passado é Futuro. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, mar. 2002.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica**: normas e técnicas de cultivo. Campinas: Editora Grafimagem, 2000. 110 p.

PHILIP, D.; KALEENA, P. K.; VALIVITTAN, K.; KUMAR, C. P. G. Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Sansevieria roxburghiana* Schult. and Schult. F. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 6, n. 1, p. 1–4, 2014.

PLANTEI. Disponível em: <<https://blog.plantei.com.br/2015/07/30/como-plantar-e-cultivar-espada-de-sao-jorge/>>. Acesso em: 24 set. 2016.

REITZ, R. (Ed.). Flora Ilustrada Catarinense – Rosaceas. Itajaí, Santa Catarina, p. 113-116, 1996.

RIBEIRO, B. D.; ALVIANO, D. S.; BARRETO, D. W.; COELHO, M. A. Z. Functional properties of saponins from sisal (*Agave sisalana*) and juá (*Ziziphus joazeiro*): critical micellar concentration, antioxidant and antimicrobial activities. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 436, p. 736–743, 2013.

SANTOS, D.; RUFINO, R.; LUNA, J.; SANTOS, V.; SARUBBO, L. Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 3, p. 401, 2016.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, p. 711-739, 2010.

SCHIEDECK G. **Aproveitamento de plantas bioativas**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-aproveitamento-de-plantas-bioativas>>. Acesso em: 24 set. 2016.

SCHIEDECK, G. (ed.). **5ª Reunião Técnica Estadual Sobre Plantas Bioativas: relatos de experiências**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 70p.

SCHWENGBER, J. E.; SCHIEDECK, G.; GONCALVES, M. M. **Preparo e utilização de caldas nutricionais e protetoras de plantas**. 1 ed. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2007.

SILVA JÚNIOR, A. A. “**Essentia herba - Plantas bioativas**”. Volume 1. Florianópolis: EPAGRI, 2003. 441p.

SINGH, M.; MACK, R. E. Effect of organo silicone-based adjuvante son herbicide efficacy. **Pesticide Science**, v. 38, n. 2 e 3, p. 219-25, 1993.

SNOWBIRDPIX. Plants of the American Sonoran Desert. Disponível em: <http://snowbirdpix.com/sonoran_desert_plant_page.php?id=2150>. Acesso em: 24 set. 2016.

SOARES, A. M. L.; ALMEIDA, F. da S.; FERREIRA, M. da C.; LASMAR, O. Determinação da retenção de líquido, tensão superficial e ângulo de contato de gotas a partir de caldas com oxiclureto de cobre sobre folhas de laranja. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE**, 2., 2013, Jaboticabal - SP, UNESP, p. 649-652, 2013.

STEVENS, P. J. G.; KIMBERLEY, M. O.; MURPHY, D. S.; POLICELLO, G. A. Adhesion of spray droplets to foliage: the role of dynamic surface tension and advantages of organosilicone surfactants. **Pestic. Sci.**, v. 38, n. 2&3, p. 237-245, 1993.

STICKLER, W. E. The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry. In: FOY, C. L. (Ed.). **Adjuvants for Agrochemicals**. New York: Marcell Dekker, cap. 22, p. 247-249, 1992.

SCHUTTE, G. C.; KOTZE, C.; VAN ZYL, J. G.; FOURIE, P. H. Assessment of retention and persistence of copper fungicides on orange fruit and leaves using fluorometry and copper residue analyses. **Crop Protection**. v. 42, p. 1-9, 2012.

SYMONDS, B. L.; THOMSON, N. R.; LINDSAY, C. I.; KHUTORANSKIY, V. V. Rainfastness of poly(vinyl alcohol) deposits on *Vicia faba* leaf surfaces: from laboratory-scale washing to simulated rain. **ACS Applied Materials & Interfaces**. v. 8, p. 14220–14230, 2016.

SZAKIEL, A.; PAÇZKOWSKI, C.; HENRY, M. Influence of environmental biotic factors on the content of saponins in plants. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, n. 4, p. 493–502, 2011.

TMÁKOVÁ, L.; SEKRETÁR, S.; SCHMIDT, Š. Plant-derived surfactants as an alternative to synthetic surfactants: surface and antioxidant activities. **Chemical Papers**, v. 70, n. 2, p. 188–196, 2016.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (UDESC), Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Departamento de Química (DQM), Físico-Química Experimental. **Tensão Superficial**. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carlad/materiais/07_08_TensaoSuperficial.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Relatório e recomendações sobre agricultura orgânica**. Brasília: CNPQ, 1984. 128 p.

VAN ZYL, S. A.; BRINK, J-C.; CALITZ, F. J.; FOURIE, P. H. Effects of adjuvants on deposition efficiency of fenhexamid sprays applied to Chardonnay grapevine foliage. **Crop Protection**. v. 29, p. 843-852, 2010.

VAN ZYL, J. G.; FOURIE, P. H.; SCHUTTE, G. C. Spray deposition assessment and benchmarks for control of *Alternaria* brown spot on mandarin leaves with copper oxychloride. **Crop Protection**. v. 46, p. 80-87, 2013.

VAN ZYL, J. G.; SIEVERDING, E. G.; VILJOEN, D. J.; FOURIE, P. H. Evaluation of two organosilicone adjuvants at reduced foliar spray volumes in South African citrus orchards of different canopy densities. **Crop Protection**. v. 64, p. 198-206, 2014.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. html. (Embrapa Trigo. **Documentos Online**, 56). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.htm>. Acesso em: 07 ago. 2014.

VELINI, E. D., GAVLAK, R., RIBEIRO, O. C. Avaliação da tensão superficial de soluções do espalhante adesivo alquil fenol poliglicoléter, isolado ou em misturas com o herbicida glifosate. In.. **CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS**, 19, 1993, Londrina. Resumos... Londrina: Sociedade Brasileira de Herbicidas e Plantas Daninhas, p. 264, 1993.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; BAGLEY, W. E.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, v. 53, n. 1, p. 13-20, 2010.

ZDIENNICKA, A.; SZYMCZYK, K.; KRAWCZYK, J.; JAŃCZUK, B. Critical micelle concentration of some surfactants and thermodynamic parameters of their micellization. **Fluid Phase Equilibria**, v. 322-323, p. 126–134, 2012.