

O Brasil se destaca no mercado internacional por estar entre os cinco maiores produtores de cerveja. Como matéria prima necessária para a elaboração da cerveja, são necessários quatro ingredientes básicos: água, malte, levedura e lúpulo. Sendo esse último ingrediente importado em 100% de seu volume necessário para atender a indústria cervejeira nacional, visto que no Brasil ainda é insipiente na produção de lúpulo em escala comercial. A variabilidade geográfica de onde o lúpulo é cultivado faz com que a escolha das cultivares a serem utilizadas pelos produtores se torne um dos principais parâmetros de sucesso. O objetivo da pesquisa científica foi identificar cultivares que sejam adaptadas para o cultivo do lúpulo e que possam expressar elevada produção com qualidade cervejeira.

Orientador: Prof. Dr. Leo Rufato

Lages, 2020

ANO  
2020

MARIANA MENDES FAGHERAZZI | ADAPTABILIDADE DE CULTIVARES DE LÚPULO NA REGIÃO  
DO PLANALTO SUL CATARINENSE



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL - PPGPV

TESE DE DOUTORADO

## ADAPTABILIDADE DE CULTIVARES DE LÚPULO NA REGIÃO DO PLANALTO SUL CATARINENSE

MARIANA MENDES FAGHERAZZI

LAGES, 2020



**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Fagherazzi, Mariana Mendes

Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do  
Planalto Sul Catarinense / Mariana Mendes Fagherazzi. --  
2020.

116 p.

Orientador: Leo Rufato

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2020.

1. Humulus lupulus L. . 2. Alfa-ácidos. 3. Óleos  
essenciais. 4. Oídio. 5. Produtividade. I. Rufato, Leo . II.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal. III. Título.




**MARIANA MENDES FAGHERAZZI**

**ADAPTABILIDADE DE CULTIVARES DE LÚPULO NA REGIÃO DO  
PLANALTO SUL CATARINENSE**


Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.

**Banca examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_

  
Professor Doutor Leo Rufato  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro interno: \_\_\_\_\_

  
Professor Doutor Marcelo Alves Moreira  
Universidade do Estado de Santa Catarina

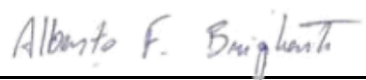
Membro interno: \_\_\_\_\_

  
Professora Doutora Francine Regianini Nerbass  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro externo: \_\_\_\_\_

  
Professora Doutora Valéria Rodrigues Sarnighausen  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Membro externo: \_\_\_\_\_

  
Professor Doutor Alberto Fontanella Brighenti  
Universidade Federal de Santa Catarina



Dedico à minha filha, Luisa



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de uma força maior e fé.

Aos meus pais por me incentivarem a sempre buscar algo a mais e acreditar que a educação muda o mundo e as pessoas!

Ao meu irmão, Rafael Mendes, idealizador de toda essa pesquisa.

Ao meu marido, Antonio, o qual foi decisivo nessa caminhada do doutorado, a pessoa que me incentivou e apoiou em dar continuidade na jornada da pós-graduação.

À minha filha Luisa, minha fonte de inspiração. Agradeço por toda sua generosidade e paciência!

Ao meu professor e orientador Leo Rufato, pois acreditou no “projeto lúpulo”. Grata também aos ensinamentos e exemplos dados ao longo desses anos de grupo, de ‘Fruticultura Total’.

Agradeço a oportunidade por ter compartilhado de muitos momentos de trabalho na construção da ‘Fruticultura Total’, não somente a esses, mas de todos os quais vivi aqui. Aos exemplos que me deram nesses anos; Beto, Formolo, Cury, Carol, Zé e Titi.

Aos companheiros de grupo, pós-graduandos, bolsistas e voluntários, meus agradecimentos. Em especial aos colegas Marllon dos Santos, Katiana Vanussa, Anne, Henrique, Hyan e Vinícius Sommer pela parceria, sou grata!

A instituição UDESC, pelo ensino público e de qualidade. Realizar pesquisa com uma cultura pouco conhecida, e com uma demanda financeira alta de implantação, não são para todas as Universidades. Obrigada!

Aos professores Francine e Antonio, por sempre estarem de ‘portas abertas’ em me escutar e trocar ideias sobre o projeto. Tenho certeza que de todas essas conversas e orientações surgiram resultados.

Meus agradecimentos ao professor Marcelo Moreira, pela dedicação e paciência a qual teve em me orientar em todas as análises químicas, obrigada!

Agradeço também aos grupos de pesquisa de Fitopatologia e Fisiologia Pós-colheita, pela interação entre laboratórios, a fim de um objetivo, a ciência!

A cooperativa agrícola de São Joaquim, SANJO, por cederem às mudas do experimento instalado no CAV, e por nos deixarem realizar as avaliações de pesquisa em sua área experimental.

À família Vargas (VG Hoppery), parceira do projeto, obrigada por sempre nos receberem com tanta hospitalidade, desejo o melhor para todos!

Meus agradecimentos ao grupo de pesquisa LUPAM, aos professores Valéria, Sérgio e Alexandre, por conduzirem tudo com muita competência e profissionalismo, que a parceria CAV-UNESP possa colher muitos cones!

Sou grata por tudo e todos!

“Seja quem você for, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.” (**Ayrton Senna**)



## RESUMO

O Brasil se destaca no mercado internacional por estar entre os cinco maiores produtores de cerveja, sendo produzidos e comercializados cerca de 13 bilhões de litros. Como matéria prima necessária para a elaboração da cerveja, são necessários quatro ingredientes básicos: água, malte, levedura e lúpulo. Sendo esse último ingrediente importado em 100% de seu volume necessário para atender a indústria cervejeira nacional, visto que no Brasil ainda é insipiente na produção de lúpulo em escala comercial. A variabilidade geográfica de onde o lúpulo é cultivado faz com que a escolha das cultivares a serem utilizadas pelos produtores se torne um dos principais parâmetros de sucesso. Desta forma, foi realizada a avaliação de adaptabilidade de quatro cultivares de lúpulo, Cascade, Chinook, Columbus e Yakima Gold, na Região do Planalto Sul Catarinense sendo nos municípios Lages, São Joaquim e Palmeira. O objetivo da pesquisa científica foi identificar cultivares que sejam adaptadas para o cultivo do lúpulo e que possam expressar elevada produção com qualidade cervejeira. A partir dos estudos realizados foi verificado potencial de cultivo de quatro cultivares de lúpulo, sendo a Yakima Gold a que atingiu a maior concentração de alfa-ácidos. No município de São Joaquim destaca-se a 'Columbus' com produção por planta de 1,86 quilos de cone. E para o teor de óleos essenciais 'Cascade' produziu 0,89 ml/100g no município de Palmeira. Com esse estudo observa-se que o ambiente influencia na qualidade e na quantidade dos lúpulos avaliados, sendo ainda decisivo quanto ao fenótipo da planta.

**Palavras-chave:** *Humulus lupulus* L.. Alfa-ácidos. Óleos essenciais. Oídio. Produtividade.



## ABSTRACT

Brazil stands out in the international market for being among the five largest beer producers, with around 13 billion liters being produced and sold. As a necessary raw material for the preparation of beer, four basic ingredients are needed: water, malt, yeast and hops. This last ingredient is imported in 100% of its volume necessary to serve the national brewing industry, since in Brazil it is still insipient in the production of hops on a commercial scale. The geographical variability of where the hops are grown makes the choice of cultivars to be used by producers become one of the main parameters of success. Thus, the adaptability evaluation of four hop cultivars, Cascade, Chinook, Columbus and Yakima Gold, in the Planalto Sul Catarinense Region, in the cities of Lages, São Joaquim and Palmeira, was carried out. The objective of scientific research was to identify cultivars that are adapted for the cultivation of hops and that can express high production with beer quality. From the studies carried out, the cultivation potential of four hop cultivars was verified, with Yakima Gold being the one that reached the highest concentration of alpha acids. In the city of São Joaquim, 'Columbus' stands out with production per plant of 1.86 kg of cone. And for the content of essential oils 'Cascade' it produced 0.89 ml /100g in the city of Palmeira. With this study it is observed that the environment influences the quality and quantity of the hops evaluated, being still decisive as to the phenotype of the plant.

**Keywords:** *Humulus lupulus* L. Alpha acids. Essencial oils. Powdery mildew. Productivity.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Morfologia dos cones de lúpulo e glândulas de lupulina: (A) Cones, (B) Corte longitudinal com presença de lupulina na base das brácteas, (C) Imagem microscópica das glândulas de lupulina- 500 µm e (D) escâner eletrônico de uma glândula de lupulina madura. ....	25
Figura 2- Localização geográfica dos principais polos de produção de lúpulo no Brasil. CAV/UDESC, Lages (SC), 2019. ....	26
Figura 3- Rotação do sentido horário e tricomas que auxiliam a fixar os ramos para subir. CAV/UDESC, Lages (SC), 2020.....	34
Figura 4- Inflorescência feminina e masculina de planta de lúpulo. CAV/UDESC, Lages (SC), 2020. ....	35
Figura 5 - Sintoma de oídio ( <i>Podosphaera macularis</i> ) em folhas (a) e cones (b) de lúpulo. Palmeira, SC, 2020.....	42
Figura 6 - Cones da planta cultivar Cascade. Lages, CAV/UDESC, 2020. ....	43
Figura 7 - Planta da cultivar Columbus. Lages, CAV/UDESC, 2020 .....	44
Figura 8 - Planta da cultivar Chinook. Lages, CAV/UDESC, 2020 .....	44
Figura 9 - Cones da planta da cultivar Yakima Gold. Lages, CAV/UDESC, 2020.....	45
Figura 10 - Área experimental da UDESC/CAV, Lages, SC, 2019.....	49
Figura 11 - Área experimental localizada em São Joaquim, SC, 2019. ....	50
Figura 12 - Área experimental localizada no município de Palmeira, SC, 2019.....	51
Figura 13 - Estádios fenológicos do lúpulo. BBCH, 1995.....	52
Figura 14 - Fenologia de diferentes cultivares de lúpulo no município de Lages, SC durante o ciclo de cultivo 2018/2019. Lages, SC, 2019. ....	58
Figura 15 - Necrose da ponta das brácteas do cone de lúpulo causado pelo patógeno <i>Alternaria</i> ( <i>Alternaria sp</i> ).....	93
Figura 16 - Dia de campo da cultura do lúpulo na área experimental do CAV/UDESC realizado em março de 2019. Lages, SC, 2020. ....	94



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -.Total das importações de 2008 a 2018 em toneladas e dólares. CAV/UDESC, Lages (SC), 2020. ....	36
Gráfico 2 - Total das importações de lúpulo em comparação com o total importado pela Alemanha e Estados Unidos, de 2008 a 2018. CAV/UDESC, Lages (SC), 2020. ....	37
Gráfico 3 - Fotoperíodo (n-horas) para os município de Lages, São Joaquim e Palmeira SC. Lages, SC, 2020.....	59
Gráfico 4- Altura total de plantas em Lages, Palmeira e São Joaquim -SC. Lages, SC, 2020.Lages, SC, 2020.....	63
Gráfico 5 - Altura de inserção do primeiro ramo lateral com cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	65
Gráfico 6- Índice de cone, número de cone por centímetro de ramo lateral em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	66
Gráfico 7- Produção de cones de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	68
Gráfico 8- Produtividade de cones de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	70
Gráfico 9- Massa fresca de dez cones de lúpulo em Lages, Palmeira e São Joaquim -SC. Lages, SC, 2020. ....	71
Gráfico 10- Massa fresca de plantas de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	73
Gráfico 11 - Número de cones de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	74
Gráfico 12- Comprimento médio de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020. ....	75
Gráfico 13- Largura de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	77
Gráfico 14- Número de brácteas de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.....	77
Gráfico 15- Comprimento de ráquis de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020. ....	78

Gráfico 16- Teor de óleos essenciais de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020. ....81

Gráfico 17- Análise dos componentes principais (PCA) para altura de plantas (AP); altura de inserção do ramo lateral (ARL), índice de cone (IC); produtividade (Prod); massa de cone (MC); número de cone por planta (CP); massa fresca de planta (MP); comprimento de cone (CC); largura de cone (LC); número de brácteas (NB); comprimento de ráquis (CR); alfa ácido (AA); beta ácido (BA); óleo essencial (OE) para as cultivares de lúpulo avaliadas em Lages, durante os ciclos agrícolas de 2018 e 2019. ....89

Gráfico 18- Análise dos componentes principais (PCA) para altura de plantas (AP); altura de inserção do ramo lateral (ARL), índice de cone (IC); produtividade (Prod); massa de cone (MC); número de cone por planta (CP); massa fresca de planta (MP); comprimento de cone (CC); largura de cone (LC); número de brácteas (NB); comprimento de ráquis (CR); alfa ácido (AA); beta ácido (BA); óleo essencial (OE) para as cultivares avaliadas em São Joaquim-SC durante o ciclo o ciclo agrícola de 2019. ....90

Gráfico 19 - Análise dos componentes principais (PCA) para altura de plantas (AP); altura de inserção do ramo lateral (ARL), índice de cone (IC); produtividade (Prod); massa de cone (MC); número de cone por planta (CP); massa fresca de planta (MP); comprimento de cone (CC); largura de cone (LC); número de brácteas (NB); comprimento de ráquis (CR); alfa ácido (AA); beta ácido (BA); óleo essencial (OE) para as cultivares avaliadas em Palmeira-SC, durante o ciclo agrícola 2018/2019. .92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais países produtores de lúpulo, superfície cultivada e produção total de lúpulo seco. CAV/UDESC, Lages (SC), 2019.....	24
Tabela 2 - Custos totais para implantação e condução de 1 ha de lúpulo no Planalto Sul Catarinense. CAV/UDESC, Lages (SC), 2020. ....	37
Tabela 3 – Quantidade de horas de brilho solar (BS) médio, máximo e mínimo para a safra de 2018/2019, em São Joaquim e Lages-SC. Lages, SC, 2020. ....	60
Tabela 4– Caracterização da quantidade de brilho solar diário acumulado por cada cultivar de lúpulo tomando por base a duração do ciclo produtivo 2018/2019, para os municípios de Lages e São Joaquim.....	61
Tabela 5– Produtividade de cones (massa) e brilho solar médio no período de cultivo 2018/2019. ....	61
Tabela 6 - Teor de alfa e beta ácido e óleo essencial total de cones de lúpulo em Lages-SC, durante o ciclo agrícola de 2019.....	84
Tabela 7. Perfil de compostos voláteis identificados nas cultivares de lúpulo.....	87



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>23</b>
<b>2 HIPÓTESES .....</b>	<b>29</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>31</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>33</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS.....	33
4.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	36
4.3 ATRIBUTOS E USOS DA PLANTA DE LÚPULO.....	38
4.4 EXIGÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICA .....	38
<b>4.4.1 Temperatura.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4.2 Precipitação .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4.3 Luminosidade .....</b>	<b>40</b>
4.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CONES .....	40
4.6 PRINCIPAIS DOENÇAS.....	41
<b>4.6.1 Podosphaera macularis .....</b>	<b>41</b>
4.7 CULTIVARES AVALIADAS .....	42
<b>4.7.1 Cascade.....</b>	<b>43</b>
<b>4.7.2 Columbus .....</b>	<b>43</b>
<b>4.7.3 Chinook .....</b>	<b>44</b>
<b>4.7.4 Yakima Gold .....</b>	<b>44</b>
<b>5 AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E QUÍMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO NO PLANALTO SUL CATARINSE .....</b>	<b>47</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	47
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	48
<b>5.2.1 Descrição dos locais .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.2 Delineamento experimental utilizado nos experimentos .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2.3 Variáveis Avaliadas .....</b>	<b>51</b>

5.2.3.1 Fenologia .....	51
5.2.3.2 Avaliações vegetativas e produtivas .....	52
5.2.3.3 Avaliações Climáticas .....	53
5.2.3.4 Avaliações química dos cones de lúpulo no momento da colheita...	54
<b>5.2.4 Análise estatística .....</b>	<b>56</b>
<b>5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>5.3.1 Fenologia.....</b>	<b>57</b>
<b>5.3.2 Altura de plantas .....</b>	<b>62</b>
<b>5.3.3 Altura de inserção de ramo lateral .....</b>	<b>64</b>
<b>5.3.4 Índice de cone.....</b>	<b>65</b>
<b>5.3.5 Produção por planta.....</b>	<b>66</b>
<b>5.3.6 Produtividade.....</b>	<b>69</b>
<b>5.3.7 Massa fresca de dez cones.....</b>	<b>70</b>
<b>5.3.8 Massa fresca de planta .....</b>	<b>72</b>
<b>5.3.9 Número de Cones/Planta .....</b>	<b>73</b>
<b>5.3.10 Comprimento e largura de cones.....</b>	<b>75</b>
<b>5.3.11 Número de brácteas .....</b>	<b>77</b>
<b>5.3.12 Comprimento de ráquis .....</b>	<b>78</b>
<b>5.3.13 Teor de óleos essenciais .....</b>	<b>79</b>
<b>5.3.14 Alfa e Beta ácidos.....</b>	<b>81</b>
<b>5.3.15 Perfil aromático .....</b>	<b>84</b>
<b>5.3.15 Análise Multivariada .....</b>	<b>88</b>
<b>5.3.16 Outras observações .....</b>	<b>93</b>
<b>5.4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>94</b>
<b>6. FIRST REPORT OF <i>PODOSPHAERA MACULARIS</i> CAUSED POWDERY MILDEW OF HOP PLANTS IN BRAZIL.....</b>	<b>97</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>99</b>
<b>10. APÊNDICE .....</b>	<b>111</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do lúpulo provavelmente teve início na Europa Oriental em torno da Boêmia, Eslovênia e Baviera antes do século VIII, e de lá se espalhou para os demais países da Europa (Neve, 1991). As primeiras evidências do uso do lúpulo na cerveja foram registradas na Idade Média, quando a monja alemã Hildegard Von Bingen escreveu o livro 'Physica Sacra' citando a planta como conservadora da cerveja, devido às propriedades antimicrobianas presentes na lupulina. A monja assim descreveu o lúpulo: “como resultado do seu amargor ele detêm alguma putrefação das bebidas, pelo qual ele deve ser adicionado, assim elas duram muito mais tempo” (RICHARD et al., 1999; CORNELL, 2001).

Em 1629, através da colonização inglesa, o cultivo do lúpulo foi introduzido nos Estados Unidos (CARTER et al., 2000; DENOMA, 2000; ROCHA, 2005). E após alguns anos a cultura foi implantada nos estados de Washington, Oregon e Idaho, tornando-se uma das maiores regiões produtoras de lúpulo do mundo (Carter et al., 2000).

Atualmente os países localizados no hemisfério norte são os maiores produtores de lúpulo do mundo (Tabela 1), segundo a comissão econômica do Internacional Hop Growers Convention (IHGC), sendo que os Estados Unidos e Alemanha representam mais de 60% da produção mundial, seguidos de República Checa e China (IHGC, 2017). A produção de lúpulo em 2017, com base em relatórios de seus membros, foi de 113.453 toneladas produzidos em aproximadamente 60 mil hectares cultivados.

Tabela 1- Principais países produtores de lúpulo, superfície cultivada e produção total de lúpulo seco. CAV/UDESC, Lages (SC), 2019.

	País	Superfície cultivada (ha)	Produção total x1000 kg
1	Estados Unidos	24.390	49.446
2	Alemanha	20.300	45.000
3	República Tcheca	5.050	6.300
4	Polônia	1.662	2.600
5	Eslovênia	1.637	2.500
6	Inglaterra	935,0	1.377
7	Austrália	707,0	1.760
8	Nova Zelândia	700,0	1.000
9	Espanha	540,0	956
10	França	497,0	830
11	România	280,0	275
12	Rússia	254,0	350
13	Áustria	253,0	455
14	Bélgica	182,0	254
15	Argentina	160,0	200
16	Eslováquia	137,0	150
<b>TOTAL</b>		<b>57.684</b>	<b>113.453</b>

Fonte: USAhops, 2018. Autoria: Mariana Mendes Fagherazzi

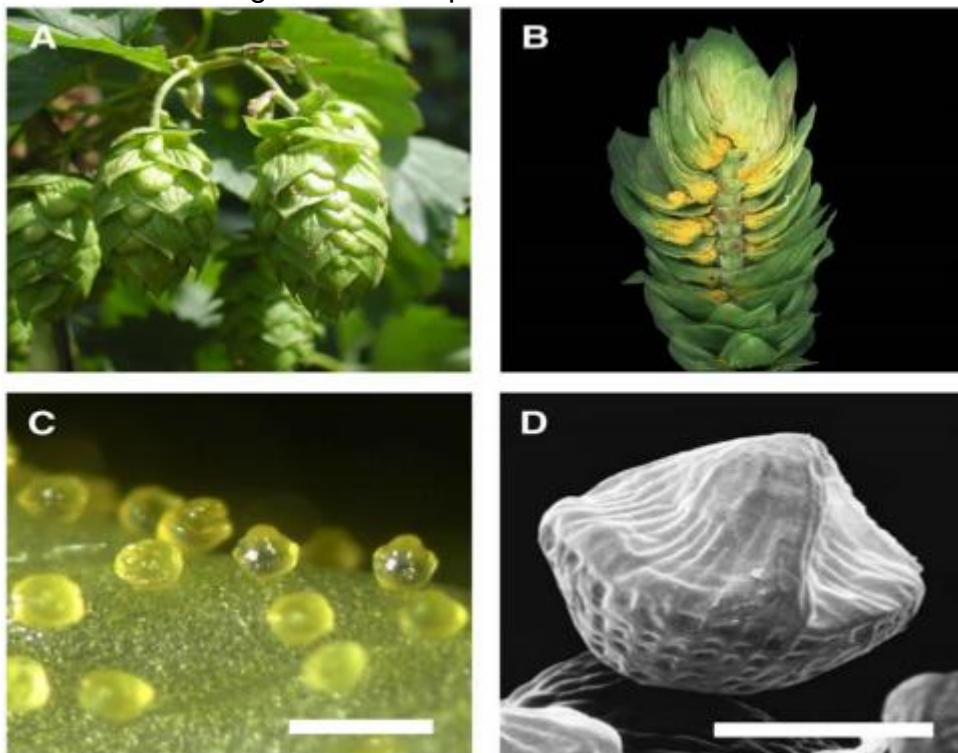
Também existem outros países que estão ganhando destaque na produção mundial de lúpulo, como a África do Sul, Austrália e Nova Zelândia, por exemplo. Na América do Sul, o único país com destaque na produção de lúpulo é a Argentina, com 160 hectares cultivados nas regiões do Alto Vale do Rio Negro e El Bolson, produzindo em média 200 toneladas de lúpulo por ano (MENDES FAGHERAZZI; RUFATO, 2017).

Botanicamente o lúpulo é uma planta dioica, ou seja, as inflorescências se encontram separadas em plantas masculinas e femininas. Na elaboração de cerveja, somente são utilizadas as flores femininas do lúpulo, pois nas plantas masculinas os cones possuem apenas 10 a 15 glândulas secretoras de lupulina, enquanto que os cones das plantas fêmeas podem possuir 10.000 ou mais glândulas (KNEEN 2003). As glândulas secretoras de lupulina (Figura 1) são capazes de sintetizar e armazenar resinas e óleos essenciais ricos em terpenos fenólicos e polifenóis (FARAG; WESSJOHANN, 2012).

São esses compostos que irão fornecer, na fabricação da cerveja, características de amargor, sabor e aroma. Compostos terpenóides, incluindo alfa-

ácidos, também conhecidos como humulonas, servem como fonte de sabores e aromas, enquanto os beta-ácidos, ou lupulonas, produzem a bioestasia do mosto cervejeiro (Keukeliere, 2000).

Figura 1 - Morfologia dos cones de lúpulo e glândulas de lupulina: (A) Cones, (B) Corte longitudinal com presença de lupulina na base das brácteas, (C) Imagem microscópica das glândulas de lupulina- 500  $\mu\text{m}$  e (D) escâner eletrônico de uma glândula de lupulina madura.



Fonte: Nagel, L. et al., 2008.

De acordo com o Art.36 do Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas, a cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo (Brasil, 2009).

Na fabricação da cerveja o lúpulo é o componente utilizado em menor quantidade e de custo mais elevado, sendo essencial para fornecer aromas característicos, além de ser considerado o principal componente responsável pelo amargor, estabilidade microbiológica e físico-química da cerveja (GONÇALVES et al., 2014; ROSA; AFONSO, 2015; FILHO; GASTONI, 2010; KRAMER et al., 2015).

A lupulicultura brasileira teve início com os imigrantes alemães e poloneses que se instalaram na região da serra gaúcha no Rio Grande do Sul há mais de 60 anos, entretanto a cultura não permaneceu por muito tempo dando lugar a outras atividades econômicas naquela região. E há menos de 10 anos a lupulicultura voltou a ser assunto devido ao crescente número de microcervejarias registradas nos últimos anos no Brasil. Atualmente há relatos de produção de lúpulo em diversos estados brasileiros, do Sul ao Norte do país, como pode ser visualizado na Figura 2. Segundo relatos, Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os estados brasileiros com a maior concentração de produtores e de área cultivada, entretanto, até o momento não são estimadas informações sobre a produção, produtividade brasileira de lúpulo e características qualitativas dos cones produzidos.

Figura 2- Localização geográfica dos principais polos de produção de lúpulo no Brasil. CAV/UDESC, Lages (SC), 2019.



Fonte: produção próprio autor.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja indica que a produção anual de cerveja entre 2011 a 2014 foi de 14,1 bilhões de litros. O número

de cervejarias registradas no Brasil, segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, cresceu 91% nos últimos três anos, passando de 356 estabelecimentos em 2014 para 679 em 2017 (ABRACERVA, 2018). O aumento do número de cervejarias impactou diretamente na quantidade de lúpulo importado. Em 2018, mais de 3 mil toneladas foram importadas, principalmente dos Estados Unidos e Alemanha, gerando um comércio que gira em torno de U\$50 milhões (MENDES FAGHERAZZI et al. 2019; COMEX STAT, 2019).

Esta tese tem por objetivo a caracterização vegeto-produtiva e qualitativa de diferentes cultivares de lúpulo, submetidas a diferentes condições microclimáticas sendo fundamental para atender as necessidades de definições técnicas quanto a aptidão regional da cultura, dando aos produtores subsídios para adoção em escala comercial.



## 2 HIPÓTESES

- A avaliação, dentre as quatro cultivares de lúpulo analisadas, possibilitará a seleção das mais promissoras em relação às condições edafoclimáticas da região Sul do Brasil;
- Cultivares de lúpulo adaptadas a cada micro-região pode expressar o máximo potencial de rendimento e qualidade;
- A determinação do desempenho agrônômico de diferentes cultivares de lúpulo possibilitará disponibilizar cones com composição químicas de alfa e beta ácidos, aromas e óleos essenciais dentro dos padrões da indústria cervejeira;
- A micro-região em estudo influencia nas características químicas dos cones;
- A validação do cultivo do lúpulo na região do Planalto Sul Catarinense possibilitará dar subsídios aos produtores para adotar comercialmente a cultura, ofertando matéria prima dentro dos padrões necessários para cervejarias instaladas no estado, reduzindo a importação de lúpulo de outros países.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Caracterizar a adaptação vegeto-produtivas e qualitativas de quatro cultivares de lúpulo em diferentes microrregiões do Planalto Sul Catarinense, e definir práticas de manejo que viabilizem o cultivo comercial.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o desempenho agrônômico de quatro cultivares de lúpulo e selecionar as que se adaptam as condições edafoclimáticas do Planalto Sul Catarinense;
- Contribuir para o fomento da produção de lúpulo na região Sul do Brasil através de Treinamentos técnicos, Dia de Campo dentre outros;
- Caracterizar a fenologia de quatro cultivares no município de Lages;
- Quantificar a qualidade de cones quanto a composição química de alfa e beta ácidos, aromas e óleos essenciais nas diferentes cultivares de lúpulo;
- Identificar as principais doenças que ocorrem na cultura.



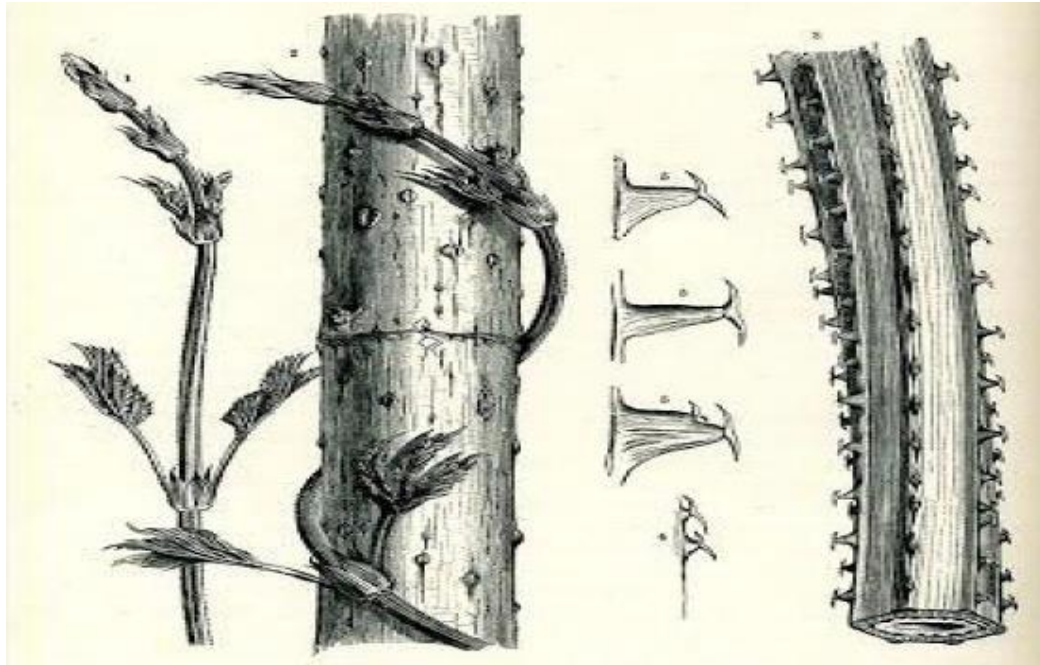
## 4. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS

O gênero *Humulus* consiste de três espécies, *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. O *H. japonicus* é difundido em grande parte da China e do Japão. Essa espécie não apresenta glândulas de lupulina, sendo mais utilizada para fins ornamentais (ALMAGUER *et al.*, 2014; FARAGÓ; PŠENÁKOVÁ; FARAGOVÁ, 2009). O *H. yunnanensis* está presente em áreas de elevadas altitudes na província de Yunnan no Sul da China e somente em 1978 essa espécie passou a ser difundida (SMALL, 1978). Apenas o *H. lupulus* possui valor para a indústria cervejeira por apresentar elevados teores de lupulina presente na flor do lúpulo.

A parte subterrânea do *Humulus lupulus* é constituída por uma estrutura perene, composta de raízes que podem atingir 1,5 a 2,0 metros, são raízes especializadas na acumulação de reservas e raízes anuais emitidas a partir da estrutura perene ou da base dos sarmentos. Na primavera, a partir do rizoma, surgem brotos que se transformam em guias trepadoras, que crescem até 8 m de altura em menos de três meses. Na fase inicial esses guias são de consistência herbácea, volúvel de forma tendencialmente hexagonal e se enrolam nos tutores no sentido horário, devido a presença dos tricomas (LESKOVAR, 1978) (Figura 3).

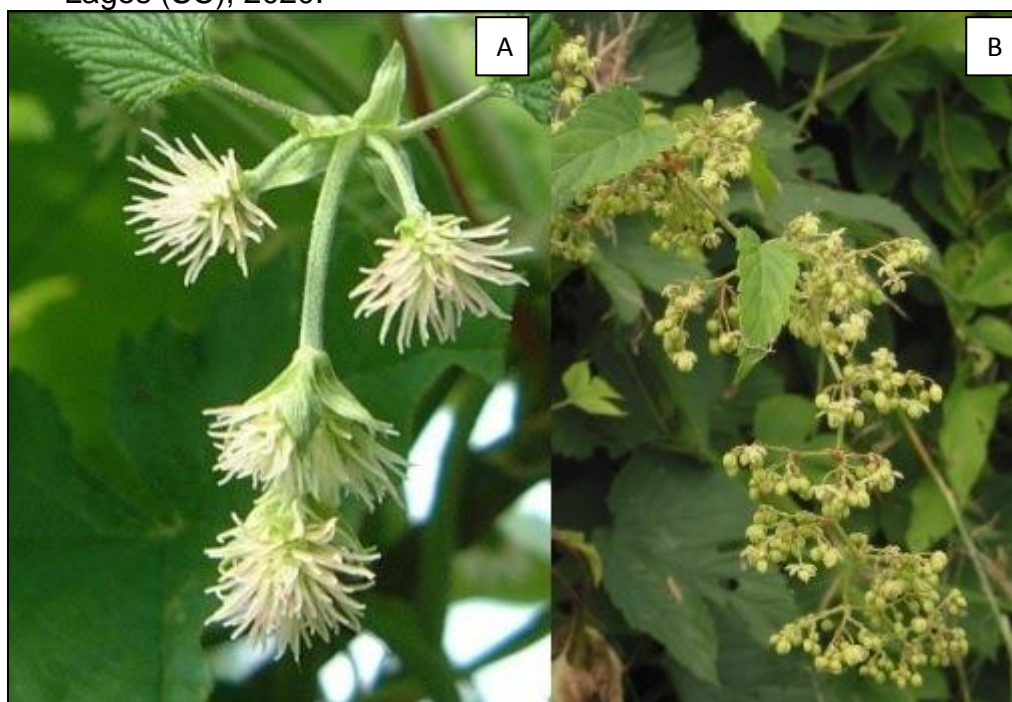
Figura 3- Rotação do sentido horário e tricomas que auxiliam a fixar os ramos para subir. CAV/UEDESC, Lages (SC), 2020.



Fonte: (von Marilaun 1895).

As folhas surgem de forma oposta aos nós, pecioladas, cordiformes, palmatilobuladas, com três ou cinco lóbulos, ásperas com ápice em ponta e bordas serradas. O lúpulo é uma planta dioica e as inflorescências se encontram separadas em plantas femininas (A) e masculinas (B) (Figura 4).

Figura 4- Inflorescência feminina e masculina de planta de lúpulo. CAV/UEDESC, Lages (SC), 2020.



Fonte: Rocha, 2005.

As flores da planta masculina se agrupam em panículas, com um perianto formado por cinco sépalas de cor verde amarelado e cinco anteras de filamentos curtos. As anteras possuem um sulco onde as glândulas de resinas estão armazenadas (MARCOS et al., 2011). Já as flores da planta feminina são espigas curtas que apresentam uma ráquis central e brácteas e bractéolas que protegem a flor (RODRIGUES et al., 2015).

Quando a inflorescência feminina madurece, o eixo central se engrossa, as brácteas e bractéolas ampliam e produz-se o estróbilo, que popularmente é conhecido como “cone”, sendo esta a parte que é comercializada da planta. O valor comercial das flores de lúpulo é referido principalmente pela quantidade de glândulas de lupulina presentes nos cones (MARCOS et al., 2011).

Para a produção de cerveja, somente são utilizadas as flores femininas, porque as flores da planta macho têm apenas 10 a 15 glândulas secretoras de lupulina, enquanto as plantas fêmeas possuem 10 mil ou mais glândulas (KNEEN 2003). Esse pesquisador relata que a principal função das flores masculinas é atuar no melhoramento genético de plantas, pois é necessária uma planta macho para

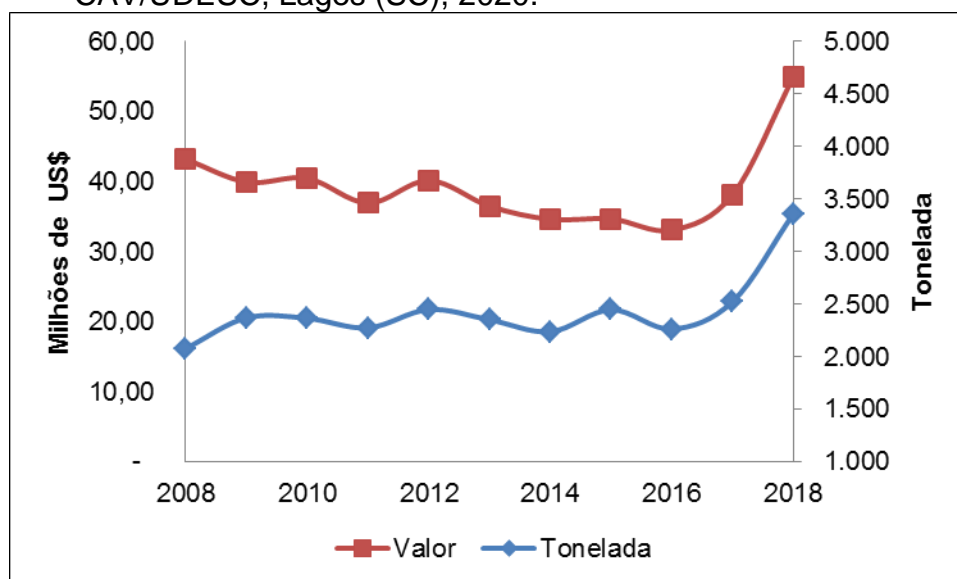
cada 100 plantas fêmeas. Sementes em cones geralmente apresentam altos níveis de ácidos graxos que afetam negativamente a estabilidade do sabor da cerveja (BEINDL et al., 2014).

As glândulas secretoras de lupulina são capazes de sintetizar e armazenar resinas e óleos essenciais ricos em terpenos fenólicos e polifenóis (FARAG; WESSJOHANN, 2012). São esses compostos que irão fornecer na fabricação da cerveja característica de amargor, sabor e aroma.

#### 4.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Segundo estudo realizado por Mendes Fagherazzi et al (2019) o valor pago pela tonelada de lúpulo nos últimos dez anos manteve a média de 16 mil dólares, como pode ser visualizado no Gráfico 1. No último ano, foi pago aproximadamente 55 milhões de dólares, num total de 3.362 toneladas para suprir toda demanda de lúpulo.

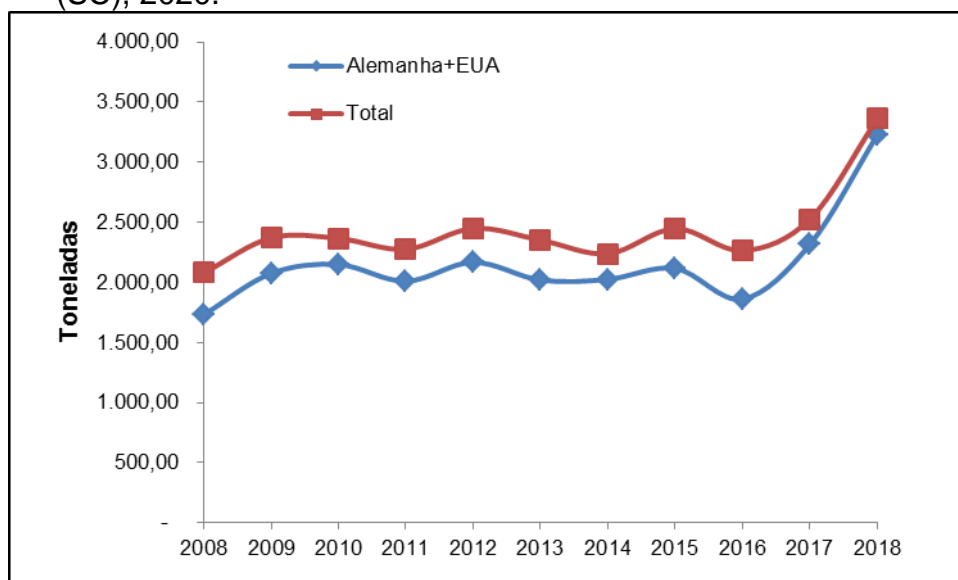
Gráfico 1 -.Total das importações de 2008 a 2018 em toneladas e dólares. CAV/UDESC, Lages (SC), 2020.



Fonte: produção próprio autor.

Do total das importações brasileiras, 1.455 toneladas foram originárias dos Estados Unidos e 1.771 toneladas da Alemanha (Gráfico 2). Esses países sempre foram os maiores fornecedores de lúpulo para o Brasil (Mendes Fagherazzi et al., 2019).

Gráfico 2 - Total das importações de lúpulo em comparação com o total importado pela Alemanha e Estados Unidos, de 2008 a 2018. CAV/UEDESC, Lages (SC), 2020.



Fonte: produção próprio autor.

Os custos totais para implantação e condução de 1,0 hectare de lúpulo no Planalto Sul Catarinense está exposto na Tabela 2. Observa-se que o custo de implantação de lúpulo na região Sul do Brasil é de aproximadamente R\$160.000,00 por hectare, (MENDES FAGHERAZZI et al. 2018). Esse montante é mais elevado quando comparado com algumas frutíferas, como a ameixa (*Prunus salicina*) com custo de R\$ 14.851,00 (KOLLING et al. 2010), a uva que varia de R\$ 20.000,00 a 70.000,00 por hectare (NACHTIGAL, 2009), e o fisalis, que segundo Muniz J. (2011), para implantar um hectare o custo pode chegar a R\$55.000,00 incluindo o valor da terra.

Tabela 2 - Custos totais para implantação e condução de 1 ha de lúpulo no Planalto Sul Catarinense. CAV/UEDESC, Lages (SC), 2020.

Discriminação	Valor (R\$)	Participação
Custo de operações mecanizadas	1.060,00	0,66%
Custo de operações manuais	10.500,00	6,55%
Custo de insumos	148.809,30	92,77%
Custo de outros insumos	40,00	0,03%
<b>Total</b>	<b>160.409,30</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: produção próprio autor.

### 4.3 ATRIBUTOS E USOS DA PLANTA DE LÚPULO

Cerca de 97% do lúpulo cultivado mundialmente destina-se à utilização na indústria cervejeira (VASCONCELOS, 2017). Também tem aplicabilidade como planta medicinal, sendo incorporado em medicamentos recomendados para insônia, estresse e ansiedade (BOWN, 1995). Graças a essas propriedades, o lúpulo foi identificado como uma planta medicinal pela Fundação Europeia para Fitoterapia e Sociedade Europeia de Psicologia Cognitiva, considerando o uso do lúpulo no tratamento de distúrbios mentais. Sendo identificados as chalcona prenilada e xanthohumol, que possuem efeitos positivos nesses tratamentos e muitos estudos estão sendo feitos sobre esses compostos (ABRAM et al., 2015; KARABIN et al., 2015).

Outras substâncias e compostos bioativos do lúpulo estão sendo estudados para aplicações medicinais, inclusive como anti-inflamatórios e agentes de combate ao câncer, melhorando a função das vias de sinalização da insulina, para redução da obesidade e alívio dos sintomas da menopausa (BEDINI, FLAMINI, GIRARDI, COSCI e CONTI, 2015; BLAND et al., 2015; CHADWICK, PAULI e FARNSWORTH, 2006).

As flores secas também podem ser utilizadas para encher almofadões e almofadas para combater a insônia (QUER, 1995). Na Alemanha existem mais de 100 produtos fitoterápicos sendo comercializados na categoria de calmantes, e com eficiência comprovada (BIENDL; PINZII, 2008). As brotações novas são utilizadas na culinária, servidos como aspargos (BOWN, 1995). As folhas jovens, as pontas dos rebentos e as flores masculinas constituem uma boa adição em saladas e sopas (CLEVELY; RICHMOND, 1997). Os cones femininos, depois de secos, são utilizados em decoração, como são semelhantes a pinhas, ficam muito bem em arranjos de flores secas e grinaldas (BREMNESS, 1993).

### 4.4 EXIGÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICA

#### 4.4.1 Temperatura

A faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento do lúpulo está entre 16° a 18 °C, as quais estimulam seu desenvolvimento. Em temperaturas abaixo de 5°C e acima de 35°C a planta tem seu crescimento paralisado (RYBACEK, 1991). A temperatura média deve aumentar gradualmente à medida que a estação avança, aproximadamente 10° C em meados de abril, quando o lúpulo inicia a sua atividade vegetativa, uma média máxima de 15,5 a 18,3°C em julho e agosto, com uma ligeira queda em setembro, no período em que os cones finalizam o amadurecimento no hemisfério norte (BURGUES, 1964).

As temperaturas de julho (hemisfério norte) afetam no número de flores e, as de agosto, interferem na qualidade dos cones. Segundo Leskovar (1978) Wagner (1975) quando existem diferenças pronunciadas entre as temperaturas diurnas e noturnas entre o período de floração e colheita, diminui a produção e o conteúdo de alfa ácido.

O lúpulo responde a soma das temperaturas efetivas do ar, desde a brotação até maturidade dos cones. A soma das temperaturas efetivas varia entre 1751 a 2900°C dependendo da cultivar (MAROVT, 2007). Segundo Wagner (1968) a quantidade de humulona também é influenciada pelo somatório das temperaturas, onde segundo o autor deve superar 800°C entre a floração e a colheita.

#### **4.4.2 Precipitação**

O somatório de precipitação incidida durante o ciclo produtivo não é determinante para boa produtividade de lúpulo, mas sim a distribuição dessa. Para que a planta de lúpulo cresça com sucesso sem irrigação, a precipitação durante o período de crescimento não deve ser inferior a 300 mm e deve ser bem distribuído (BURGUESS, 1964; DUQUE, 1983; LINKE, 1958).

Aproximadamente 75% do lúpulo dos Estados Unidos são produzidos no estado de Washington (USDA, 2015) e quase todo o lúpulo está concentrado no Vale de Yakima. O manejo comum entre os produtores é utilizar cerca de 610 a 712 mm de água por ano durante estação de crescimento (GEORGE, 2001; EVANS, 2003).

Segundo Burgess (1964) um inverno chuvoso não é problema se o solo tiver boa capacidade de drenagem, caso não tenha essas condições o excesso hídrico

poderá vir a prejudicar a parte subterrânea da planta, tendo assim que adotar outras medidas preventivas como o uso de camalhão.

#### 4.4.3 Luminosidade

Para várias espécies a floração é dependente do comprimento relativo do dia e da noite, fenômeno este conhecido como fotoperíodo. Este mecanismo quantifica intervalos de escuro com intervalos de luz a que as plantas ficam expostas (BARUZZI, 2005).

O lúpulo é uma planta exigente em luz, e esse fator deve ser levado em conta na localização do plantio do lupulal. Segundo Rybacek (1991), os lúpulos de qualidade cultivados geralmente requerem de 1800 a 2000 horas de radiação solar por ano. Sendo que dentro deste intervalo, 1300-1500 horas devem ocorrer no período vegetativo, onde a planta necessita de mais energia para formação de biomassa. Considerando que o período vegetativo do lúpulo dura entre 122 e 127 dias (RYBACEK, 1991), a planta necessita em média de 11,2 horas de sol por dia na primavera. A duração do dia afeta principalmente o início da floração.

Thomas e Schwabe, (1969) também relatam que para algumas cultivares há um número para mínimo de 'nós' para iniciar o florescimento como para Fuggle, CC 31 e New York, esses números são aproximadamente 23, 12 e 20 nós visíveis.

#### 4.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CONES

Existe mais de 260 cultivares de lúpulo catalogadas, cada uma com diferentes características apreciadas pela indústria cervejeira com relação a amargor, aroma e sabor (HEALEY, 2016). Essas características distinguem-se entre a composição química: água (8-14%); proteínas (12-24%); resinas totais (12-21%); ácidos alfa (3-20%); ácidos beta (3-6%); taninos (2-6%); celulose (10-17%); cinzas (7-10%); e óleos essenciais (0,5-2%) (HIERONYMUS, 2012).

Os alfa ácidos contribuem para o amargor da cerveja e atuam como agentes bacteriostáticos favorecendo a ação das leveduras e inibindo a ação de algumas bactérias. Esses ácidos são insolúveis em água, porém, quando fervidos sofrem uma reação química chamada de isomerização que altera sua estrutura molecular

formando o iso-alfa-ácido, tornando-se, assim, solúveis (CANBAŞ; ERTEN; ÖZŞAHİN, 2001).

Os beta-ácidos, não isomerizados por fervura, contribuem mais para o aroma do que para o sabor. São extremamente oxidáveis e responsáveis por alguns aromas desagradáveis (HIERONYMUS, 2012). Segundo De Keukeleire et al., 2007, os alfa e beta ácidos começam a acumular-se desde o início do estágio de floração.

Os óleos essenciais são o grupo de compostos químicos responsáveis pelo componente aromático das várias cultivares e, portanto, aqueles que vão conferir à cerveja o seu perfil aromático (RODRIGUES et al, 2015). Os grupos a que pertencem estes compostos são o grupo dos monoterpenos, os sesquiterpenos e os álcoois terpênicos. Do grupo dos monoterpenos aparecem como compostos majoritários o mirceno, limoneno e o alfa-pineno. Do grupo dos sesquiterpenos aparecem como compostos majoritários o farneseno, humuleno e o beta-cariofileno. Do grupo dos álcoois terpênicos apenas aparece um composto que é o linalol (LESKOVAR, 1978).

A composição química dos cones de lúpulo depende de fatores genéticos que distinguem as diversas cultivares de lúpulo, ponto de colheita, condições climáticas e geográficas e processamento pós-colheita. As características como aroma e amargor de uma cerveja estão também relacionadas à quantidade e qualidade da dosagem de lúpulo e tempo de adição de lúpulo, bem como a tecnologia geral de fabricação de cerveja aplicada (RETTBERG; BIENDL; GARBE; 2018).

#### 4.6 PRINCIPAIS DOENÇAS

Plantas de lúpulo são susceptíveis a patógenos e pragas. Os principais patógenos relatados na cultura do lúpulo são *Podosphaera macularis* (Braun) syn. *Sphaerotheca macularis* (Wallr.:Fr) Lind. (synonym *S. humuli* (DC.) Burrill) agente causal do oídio, *Pseudoperonospora humuli* (Miabe and Takah.), agente causal do míldio, *Fusarium sambucinum* (Fuckel) agente causal da fusariose e *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Agente causal da Alternária alternata.

##### 4.6.1 *Podosphaera macularis*

Oídio, causado pelo patógeno *Podosphaera macularis*, é uma das doenças mais importantes do lúpulo no mundo. A doença pode causar danos severos à colheita e a qualidade do cone (GENT et al., 2015). Sendo um fungo biotrófico, ou seja, sobrevive em tecidos vivos, como rizomas infectados, os esporos são disseminados pelo vento, e a sua reprodução continua em ciclos seguintes. Como sintomas pode ser verificado na Figura 5 os conídios se multiplicando e formando um micélio aglomerado de coloração esbranquiçada sobre a superfície dos órgãos infectados.

O manejo integrado para o controle da doença envolve a aquisição de material vegetal com procedência sanitária, utilizar podas de limpeza dos brotos infectados e fazer aplicações de fungicidas recomendado para a doença.

Figura 5 - Sintoma de oídio (*Podosphaera macularis*) em folhas (a) e cones (b) de lúpulo. Palmeira, SC, 2020.



Fonte: Mariana Mendes Fagherazzi

#### 4.7 CULTIVARES AVALIADAS

As cultivares de lúpulo podem ser caracterizadas quanto a sua composição química em três tipos, amargas, aromáticas e mistas, diferindo entre si pela quantidade de alfa, beta ácidos e óleos essenciais (KARABÍN et al., 2016).

A maior área cultivada com lúpulo nos EUA apresenta as variedades Cascade, Centennial e Simcoe® (IHCG, 2017). Atualmente para definição de plantio de lúpulo, os produtores utilizam os parâmetros de quantidade de alfa ácido, óleos essenciais a resistência a fungos fitopatogênicos, como *Podosphaera macularis* e/ou *Peronospora humili*, por exemplo. As cultivares utilizadas neste estudo foram

Cascade, Chinook, Columbus e Yakima Gold, cuja escolha foi com base a disponibilidade de mudas para o plantio.

#### 4.7.1 Cascade

Originária através do cruzamento entre as cultivares Fuggle e Serebrianka (Figura 6), em que o objetivo era criar uma cultivar resistente/tolerante a três principais patógenos: oídio (*Podosphaera macularis*), míldio (*Pseudoperonospora humuli*) e a murcha do Verticillium (*Verticillium albo-atrum*). Contém de 4,5 a 7,0% de alfa ácidos, 4,5 a 7,0% de beta ácidos, 0,7 a 1,5 ml/100g de óleos essenciais, e possui potencial produtivo de 1.600-2.200 kg/ha de cones secos (WOODSKE, 2012).

Figura 6 - Cones da planta cultivar Cascade. Lages, CAV/UDESC, 2020.



Fonte: Hopsteiner, 2020.

#### 4.7.2 Columbus

Originalmente selecionado por Charles Zimmermam. Columbus é um descendente da cultivar Nugget (Figura 7). É uma cultivar de altos teores de alfa ácidos e é usada principalmente para dar amargor à cerveja. Columbus é muitas vezes referenciado como CTZ, um trio de lúpulo semelhante, incluindo Tomahawk<sup>®</sup> e Zeus. Contém de 15,0 a 17,0% de alfa ácido e 4,5 a 5,0% de beta ácidos, 1,5 a 2,0 ml/100g de óleos essenciais e potencial produtivo 2.900-3.000 kg/ha de cones secos (WOODSKE, 2012).

Figura 7 - Planta da cultivar Columbus. Lages, CAV/UDESC, 2020



Fonte: Hopsteiner, 2020.

#### 4.7.3 Chinook

Criada a partir de um cruzamento entre Petham Golding e uma planta macho selecionado pelo USDA (Figura 8). Possui elevados teores de alfa ácido e boas propriedades de armazenamento. Foi desenvolvido pela USDA no programa de melhoramento genético executado no estado de Washington e lançado em 1985. Contém 10,0 a 14,0% de alfa ácidos e 3,5 a 4,5% de beta ácidos. Potencial produtivo 1.600 a 2.000 kg/ha e 1,5 a 2,7 ml/100g de óleos essenciais. Possui ciclo produtivo precoce a mediano, e é tolerante a murcha do *Verticillium* e susceptível ao míldio *Pseudoperonospora humuli* (WOODSKE, 2012).

Figura 8 - Planta da cultivar Chinook. Lages, CAV/UDESC, 2020



Fonte: Hopsteiner, 2020.

#### 4.7.4 Yakima Gold

Desenvolvido pela Universidade Estadual de Washington e lançado em 2013, (Figura 9) esta cultivar possui excelentes propriedades de amargor, alfa ácido (8,8 a 10,5%), beta-ácido (4,3 a 5,0%) e 1,9 a 2,3ml/100g de óleos essenciais. Aroma

suave que pode contribuir para a dupla utilização. Potencial produtivo 1.800-2.000 kg/ha (WOODSKE, 2012).

Figura 9 - Cones da planta da cultivar Yakima Gold. Lages, CAV/UEDESC, 2020.



Fonte: Hopsteiner, 2020.



## 5 AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E QUÍMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO NO PLANALTO SUL CATARINENSE

### 5.1 INTRODUÇÃO

Planta aromática que é cultivada para fins industriais, o lúpulo é uma das matérias primas indispensáveis para elaboração de cerveja. Os estróbilos (também denominados de cones), parte reprodutiva das plantas femininas conferem a cerveja o amargor característico, proporcionam sabor, e com suas propriedades antissépticas interferem na conservação dessa bebida.

As glândulas de lupulina no cone feminino produzem os alfa e beta ácidos, e os óleos essenciais. Embora os beta ácidos adicionem um pouco de amargor a cerveja, são os alfa ácidos que transmitem a maior parte do amargor (SCHÖNBERGER e KOSTELECKY, 2011; SHELLHAMMER, 2009). Já os óleos essenciais são responsáveis pelo aroma da cerveja (SCHONBERGER e KOSTELECKY, 2011). As concentrações desses ácidos são amplamente dependentes da idade da planta, da cultivar e das condições ambientais associadas ao local de produção (BARTH et al., 1994).

No Brasil o cultivo do lúpulo foi intensificado há menos de uma década, impulsionado principalmente pelo aumento das novas microcervejarias e pelo potencial de consumo, visto que o Brasil importa de modo integral o que é utilizado desse insumo cervejeiro para a produção de cervejas. De tal modo, a avaliação de cultivares em diferentes regiões com potencial de cultivo é necessário para iniciar um processo de zoneamento agrícola, pois os componentes químicos podem ser modificados com a mudança do ambiente, ou seja, a identidade de cultivo, denominado como *terroir* que envolve vários fatores bióticos e abióticos, estritamente relacionados a um território definido (FORONI 2017).

As características quantitativas, como os componentes de produção da planta, que respondem pela produtividade são diretamente influenciados pelos fatores de manejo da área agrícola, definidos pelo agricultor como um conjunto de fatores aplicados nas áreas de produção, objetivando melhor rendimento econômico da cultura. (REZENDE E CARVALHO, 2007). Portanto, ensaios de campo

regionalizados são importantes para conhecer as características fenológicas e o desempenho agrônomo das cultivares.

Diante do exposto, este estudo teve por objetivo avaliar os aspectos agrônomo e as características químicas de quatro cultivares de lúpulo nas condições edafoclimáticas da Região do Planalto Sul Catarinense.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Descrição dos locais

O experimento foi desenvolvido em duas safras agrícolas, 2017/18 e 2018/19 em três municípios do Estado de Santa Catarina com diferentes microclimas: Lages, São Joaquim e Palmeira, compreendendo-se três áreas experimentais.

Experimento I: Conduzido no município Lages-SC em uma área experimental do Centro de ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (Figura 10), localizado coordenadas a 27°48'S e 50°19'O, e a 922 metros de altitude em relação ao nível do mar, com classificação de Koeppen, com clima do tipo Cfb (Clima temperado com verão fresco) e temperatura média anual de 14,3°C, com precipitação pluvial média de 1479,4 mm ao ano (CARDOSO et al., 2003). O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico alumínico. As cultivares avaliadas foram, Cascade, Columbus, Chinook e Yakima Gold. O sistema de condução utilizado é o tipo vertical, com sistema de tutoramento em "V" na linha e altura de postes de 4,30 metros de altura. O arranjo de plantas é de 1,00 m entre plantas e 3,5 m entre linhas, totalizando uma densidade de 2857 plantas por hectare, sendo que o plantio das mudas ocorreu em outubro de 2017.

Figura 10 - Área experimental da UDESC/CAV, Lages, SC, 2019.



Fonte: Mariana Mendes Fagherazzi

Experimento II: Conduzido no município de São Joaquim – SC, sendo a área experimental situada em uma área comercial da Cooperativa Agrícola de São Joaquim (SANJO) (Figura 11) a 28° 17'S, 49° 56' W, a uma altitude de 1.280 metros em relação ao nível do mar, em um solo classificado em Neossolo Litólico. O clima na região é caracterizado como subtropical úmido, Cfb segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 13,5°C, e a precipitação média anual de 1.561 mm (EMBRAPA, 2004). As cultivares avaliadas foram Cascade, Columbus e Chinook. O sistema de condução utilizado é o tipo vertical, com sistema de tutoramento em “V” aberto e altura de postes de 5,0 metros de altura. O arranjo de plantas é de 1,00 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando uma densidade de 3333 plantas por hectare, sendo o plantio das mudas realizado em janeiro de 2018.

Figura 11 - Área experimental localizada em São Joaquim, SC, 2019.



Fonte: Mariana Mendes Fagherazzi

Experimento III: Conduzido no município de Palmeira – SC, sendo a área experimental localizada em uma propriedade rural pertencente à família Vargas (Figura 12), a 27°34'S, 50°09' W, e altitude de 886 metros em relação ao nível do mar, num Cambissolo húmico. O clima na região é caracterizado como subtropical úmido, Cfb segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 13,5°C, e a precipitação média anual de 1.561 mm (EMBRAPA, 2004). As cultivares avaliadas foram Cascade, Columbus e Chinook. O sistema de condução utilizado é o tipo vertical, com sistema de tutoramento em “V” aberto e altura de postes de 5,0 metros de altura. O arranjo de plantas é de 1,00 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando uma densidade de 3333 plantas por hectare, sendo o plantio das mudas realizado em setembro de 2018.

Figura 12 - Área experimental localizada no município de Palmeira, SC, 2019.



Fonte: Mariana Mendes Fagherazzi

### **5.2.2 Delineamento experimental utilizado nos experimentos**

Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares avaliadas. No município de Lages foram quatro cultivares (Cascade, Chinook, Columbus e Yakima Gold) e nos municípios de São Joaquim e Palmeira três cultivares (Cascade, Columbus e Chinook) em delineamento experimental de quatro blocos ao acaso, com seis plantas por tratamento.

### **5.2.3 Variáveis Avaliadas**

#### **5.2.3.1 Fenologia**

Foram marcadas seis plantas por bloco. Semanalmente foi avaliado o início da brotação, a emissão de ramos laterais, início da florada, formação dos cones e início da colheita, seguindo escala fenológica proposta pela BBCH (ROSSBAUER, 1995).

Figura 13 - Estádios fenológicos do lúpulo. BBCH, 1995.

Estádio 0: Brotação;

Estádio 1: Desenvolvimento foliar;

Estádio 2: Formação dos ramos laterais;

Estádio 3: Alongamento do ramo principal;

Estádio 5: Emergência das inflorescência;

Estádio 6: Floração;

Estádio 7: Desenvolvimento dos cones;

Estádio 8: Maturidade dos cones;

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

#### 5.2.3.2 Avaliações vegetativas e produtivas

- a) Altura de plantas (m): mensurado com o auxílio de uma fita métrica, abrangendo a extensão da base da planta até a inserção da última folha produzida;
- b) Altura de inserção do primeiro ramo lateral contendo produção de cones (m): mensurado com auxílio de uma trena métrica, abrangendo da base da planta até a primeira inserção de ramo lateral contendo produção de cones;
- c) Índice de cone (cone.cm<sup>-1</sup>): contando o número de cones de um ramo lateral, dividido pelo comprimento do ramo lateral, com auxílio de trena métrica;
- d) Massa fresca de dez cones (g): utilizando uma balança digital de precisão;
- e) Número de cones por planta: expresso em unidades de cones colhidos por planta (un planta<sup>-1</sup>), contabilizado a partir da contagem e pesagem de 100 cones;
- f) Produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>): expressa em kilogramas de cones colhidos por planta;

- g) Produtividade estimada ( $\text{Kg. ha}^{-1}$ ): a produção obtida por planta será estimada para um hectare, em função da densidade de plantio;

Os componentes de rendimento do lúpulo foram determinados como sendo altura de ramo lateral com cone, índice de cone (IC), ou seja, número de cones por centímetro de ramo lateral, número de cones por planta, e o número de plantas por metro quadrado.

- h) Massa fresca da planta pesada no momento da colheita com cones utilizando uma balança de bancada expresso em (kg);
- i) Comprimento e largura do cone com auxílio de um paquímetro digital. Essa variável foi comparada com a metodologia de classificação de tamanho de cones proposta pela ASBC Hops-3, onde: Grande (5,7-7,6 cm), médio (3,2-5,1 cm) e pequeno (1,9-2,5 cm);
- j) Comprimento do ráquis do cone, com auxílio de um paquímetro digital (mm);
- k) Número de brácteas por cone (unidade por cone).

#### 5.2.3.3 Avaliações Climáticas

- a) Somatório das temperaturas efetivas calculadas com auxílio da

fórmula 
$$\left[ \sum \left( \frac{\text{min. temp.} + \text{max. temp.}}{2} - 5^{\circ}\text{C} \right) \right]$$
 (SRECEC, 2008);

- b) Horas de fotoperíodo: Calculado por meio do ângulo horário local (que seria o tempo que se passou desde o momento em que o Sol cruzou o meridiano local). O Ângulo horário, por sua vez, depende de uma relação matemática que considera o ângulo zenital (Z), a latitude do local e a declinação solar (graus e décimos). A Fórmula para o cálculo do fotoperíodo é dada por:  **$N = (2 \text{ hn} / 15^{\circ})$** . Em que N é o fotoperíodo dado em horas e hn o ângulo horário para o nascer do Sol (em horas; 1 hora =  $15^{\circ}$ , referente aos  $360^{\circ}$  do globo terrestre dividido pelas 24 horas diárias), sendo este dependente das variáveis citadas anteriormente (VAREJÃO, 2007). Ângulo zenital é o ângulo formado entre o raio solar e a vertical local. No nascer do Sol, o ângulo zenital é de  $90^{\circ}$ ,

cosseno  $90^\circ = 0$ ; Utilizando a relação trigonométrica entre ângulo zenital (Z), latitude, declinação solar e ângulo horário (h):

$$\cos Zh = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos h$$

$\phi$  é a latitude do local (graus e décimos)

$\delta$  é a declinação do sol (graus e décimos)

E substituindo o valor do cosseno do ângulo no nascer do Sol, tem-se que o ângulo horário para o nascer do Sol é:  $h_n = \arccos [-\text{tg}(\text{latitude}) \cdot \text{tg}(\delta)]$ . Utilizando, portanto a relação  **$N = (2 h_n / 15^\circ)$** , tem-se o valor do fotoperíodo local. Como a declividade solar varia ao longo do ano, o ângulo horário também varia, o que causa também a variação do fotoperíodo (VAREJÃO, 2007);

- c) Brilho solar: Obtido das estações meteorológicas de Lages e São Joaquim, representado pela unidade horas por dia.

#### 5.2.3.4 Avaliações química dos cones de lúpulo no momento da colheita

Alguns pesquisadores como Leskovar (1978), Neve (1991) e Madden and Darby (2012), recomendam secar os cones até um percentual de 8-13% de umidade, e que após o processo de peletização os cones irão a um percentual de 6-7% de umidade. Sendo assim essa quantidade de umidade presente nos cones de lúpulo garante a qualidade química por certo período de tempo com temperaturas controladas. Cones acima de 13% de umidade irão rapidamente perder a qualidade química devido à degradação microbiana, e os cones abaixo desta umidade irão também perder a qualidade devido à oxidação e volatilização dos óleos essenciais.

As amostras obtidas no estudo foram secas até umidade de 12-13%, posteriormente foram armazenadas a vácuo e congeladas, para então iniciar as avaliações químicas, garantindo assim as mesmas condições de análises para todas as amostras avaliadas.

- a) Óleos essenciais totais: A obtenção dos óleos essenciais foi realizada através da técnica de hidrodestilação utilizando o aparelho clewenger. Foram pesadas, aproximadamente 30 gramas de amostra seca, trituradas e colocadas em um balão de fundo redondo de 500 mL, completando-se com

água destilada até o nível da manta térmica. O tempo de extração foi de 4 horas, após a extração foi realizada a leitura na coluna de retenção e realizado o cálculo para a concentração de mL/100g, conforme metodologia proposta por ASBC Hops-13;

- b) Perfil dos compostos voláteis: para a determinação desses constituintes foi utilizada a metodologia proposta por Liu et al. (2018) com adaptações. As amostras de lúpulo foram maceradas com nitrogênio líquido (1,0 g), fora adicionado 5 ml de água deionizada e colocadas em vials para headspace de 20 mL, rosqueadas contendo septo e colocadas no banho maria a 35°C. A fibra de SPME (DVB/CAR/PDMS) foi colocada no modo headspace imediatamente após a perfuração do septo do frasco. Após a extração, a fibra foi extraída novamente e dessorvida na porta de injeção do cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas

Os voláteis após dessorvidos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (GC-MS) QP-PLUS-2010 (*Shimadzu*). A temperatura do injetor foi de 220 °C e do detector de 300 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 50 °C, sendo programada para ter acréscimos de 10 °C a cada minuto, até atingir a temperatura de 100°C, acrescido de 5° a cada minuto até a temperatura máxima de 240 °C. Para determinar os constituintes químicos dos voláteis dos lúpulos, os espectros de massas obtidos foram comparados com os da biblioteca do aparelho disponível na Biblioteca do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST).

- c) Para a determinação  $\alpha$  e  $\beta$ -ácidos em amostras de lúpulos foi utilizada a metodologia desenvolvida por Danenhowe et al. (2008), com adaptações. A extração dos referidos ácidos foi realizada utilizando uma mistura de: 85% de metanol (grau HPLC da Sigma Aldrich): 17% de água MilliQ acidificada com 0,025% de ácido fórmico. Uma quantidade de 1,00g de lúpulo foi medida, em triplicata, sendo adicionados 30 mL da solução extratora nesse material. A mistura foi agitada por meia hora em temperatura ambiente. Em seguida, foi feita uma filtração, sendo o filtrado obtido transferido para um balão volumétrico de 50 mL e o volume completado com a solução extratora. Uma alíquota desse extrato foi filtrada em membrana Millipore de 0,45  $\mu$ m e injetada diretamente no cromatógrafo.

As análises foram feitas por cromatografia líquida de alta eficiência, em um cromatógrafo da marca Shimadzu (modelo M10AVP), com coluna de fase reversa C-18 Shimadzu (250 mm de comprimento x 4 mm DI). O sistema encontrava-se acoplado a um detector espectrofotométrico UV/visível Shimadzu (modelo SPD-10A), conectado por interface (CBM-101) a um microcomputador para processamento de dados. As condições de análise utilizadas foram: fluxo de 1,2 mL/min; fase móvel: 85% de metanol (grau HPLC da Sigma Aldrich): 15% de água MilliQ; temperatura ambiente e comprimento de onda de 314 nm (DANENHOWER et al., 2008 com adaptações). O padrão ICE-4 (International Calibration Extract 4) foi comprado da empresa americana ASBC nos Estados Unidos.

#### **5.2.4 Análise estatística**

Os valores médios dos ciclos avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F, e quando significativo, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro com auxílio do programa estatístico SISVAR 4.2 (FERREIRA, 2003). Posteriormente foram analisadas as correlações existentes entre as variáveis avaliadas através do coeficiente de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ). Os valores expressos em número de contagem (número de cones) foram transformados para raiz quadrada do valor expresso em unidade, somado a 1 ( $\sqrt{x+1}$ ).

Para a melhor compreensão da relação existente entre as variáveis analisadas em relação aos genótipos, as médias das características de altura de plantas, altura de inserção do ramo lateral, índice de cone, produtividade, massa de cone, número de cone por planta, massa fresca de planta, comprimento de cone, largura de cone, número de brácteas, comprimento de ráquis, alfa ácido, beta ácido e óleo essencial foram submetidas à análise de multivariada pelo teste dos componentes principais (PCA) objetivando verificar a maior afinidade entre as variáveis e os genótipos durante os anos de avaliação. Para tal análise, foi utilizado o programa estatístico FITOPAC versão 2.1 (SHEPHERD, 2011).

### **5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados meteorológicos (temperatura máxima, média, mínima e precipitação

pluviométrica) foram obtidos do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, em Lages (Apêndice 1, 2 e 3).

### 5.3.1 Fenologia

Na figura 14, encontram-se as datas dos principais estádios fenológicos das cultivares estudadas. As cultivares Cascade e Yakima Gold contem um curto período reprodutivo, ou seja, período compreendido entre a emergência das inflorescências e a colheita, quando comparado com as demais cultivares. São 37 dias para Cascade de 38 dias para Yakima Gold e aproximadamente 60 dias para as cultivares Chinook e Columbus. Entretanto 'Yakima Gold' é a cultivar que mais tarda em iniciar a brotação, 15 dias após a primeira cultivar. A 'Columbus' é a cultivar mais precoce para iniciar a brotação, porém a que teve o maior ciclo produtivo, aproximadamente 191 dias, dois dias a mais que Chinook (Figura 13).

As diferentes cultivares possuem distintas datas de ocorrência para os principais estádios fenológicos. Essa diferença ocorre devido à variedade, clima e posição geográfica (JONES, 1997; BRIGHENTI, 2008).

Estudando a fenologia de diferentes variedades de uvas na Serra Gaúcha, Mandelli (2003) explica que a classificação baseada na época de brotação é importante para os viticultores, pois permite a utilização variedades de brotação precoce em locais com baixo risco de ocorrência de geadas tardias, e variedades de brotação tardia em locais propensos a esse fenômeno. Esse mesmo raciocínio pode ser utilizado para as cultivares de lúpulo estudadas. As cultivares Chinook e Columbus, com as suas datas de brotação no mês de setembro, estão expostas ao risco de danos por geadas, de ocorrência comum nas regiões de elevada altitude durante esse período.

Figura 14 - Fenologia de diferentes cultivares de lúpulo no município de Lages, SC durante o ciclo de cultivo 2018/2019. Lages, SC, 2019.

Mês/Semana	Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Ciclo Dias
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Cascade																													180
Chinook																													189
Columbus																													191
Yakima Gold																													155

	Brotação
	Desenvolvimento foliar
	Formação ramos laterais
	Crescimento do ramo principal
	Emergência das inflorescências
	Floração
	Desenvolvimento dos cones
	Maturação dos cones

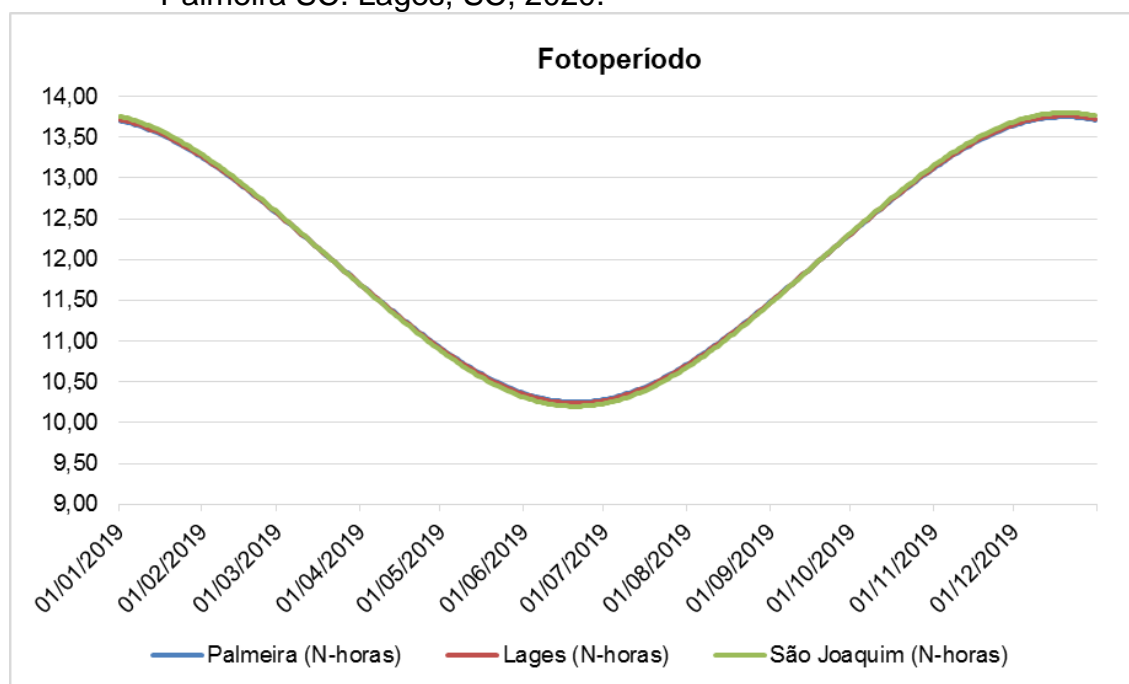
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

### 5.3.2 Fotoperíodo

O fotoperíodo, ou duração efetiva do dia em horas, é definido como o intervalo de tempo transcorrido entre o nascimento e o pôr do Sol, referente a um dado local e data. Essa variação está relacionada à posição relativa entre Sol e Terra e períodos de iluminação ao longo das estações do ano. Insolação e fotoperíodo se diferem pelo fato de que a primeira é definida como tempo total de exposição, de uma dada localidade, ao brilho solar, ou o mesmo que a disposição visível do disco solar a um observador na superfície do local analisado. Fotoperíodo não está relacionado ao tempo total de exposição ao Sol, mas sim ao período em que será possível ter situações de brilho solar (VAREJÃO, 2006). Dessa forma, insolação será menor ou igual ao fotoperíodo, que será o valor máximo possível para a insolação.

Devido à proximidade entre as cidades de Palmeira, São Joaquim e Lages, os valores de mínimo e máximo fotoperíodo são similares (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Fotoperíodo (n-horas) para os município de Lages, São Joaquim e Palmeira SC. Lages, SC, 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

Tem-se, portanto, que os valores de fotoperíodo para as três cidades analisadas variam de 10,2 a 13,8 horas, mínimo e máximo, respectivamente ao longo do ano, uma variação máxima de 3,6 horas entre o dia mais curto (solstício de inverno no hemisfério sul) e dia mais longo (solstício de verão no hemisfério sul). Porém vale ressaltar que esses valores são na realidade valores possíveis de brilho solar durante determinadas épocas do ano. O que de fato é importante saber é a quantidade de brilho solar, em horas, sendo portanto a quantidade de horas efetivas de brilho solar disponibilizada numa dada região.

Segundo dados obtidos pela Estação Meteorológica Automática da Epagri, para as localidades de São Joaquim e de Lages, da safra 2018/2019, pode-se observar o perfil anual de horas de brilho solar (n) caracterizado abaixo:

Tabela 3 – Quantidade de horas de brilho solar (BS) médio, máximo e mínimo para a safra de 2018/2019, em São Joaquim e Lages-SC. Lages, SC, 2020.

	<b>Brilho Solar médio</b> <b>(h dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>Brilho Solar</b> <b>máximo</b> <b>(h dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>Brilho Solar mínimo</b> <b>(h dia<sup>-1</sup>)</b>
<b>São Joaquim</b>	5,87	13,10*	0,0
<b>Lages</b>	5,53	13,33*	0,0

\*valores obtidos na data de 08/12/2018

Valores nulos de brilho solar são apresentados ao longo do ano devido à nebulosidade e presença de estações chuvosas (Tabela 3). Os máximos valores obtidos para o parâmetro coincide para as duas localidades, na mesma data do ano (08/12/2018), por se tratar de regiões próximas, em estação de verão, com baixa ou nenhuma nebulosidade, época em que, conforme análise de fotoperíodo, é possível obter os maiores valores para o brilho solar no ano.

Em termos de valores médios anuais, percebe-se que as duas localidades apresentam valores médios diários que ficam abaixo de 6 horas de brilho solar.

Considerando as localidades de Lages e São Joaquim, e suas respectivas áreas de cultivo de quatro cultivares diferentes de lúpulo, e com base em informações de horas de brilho solar (horas e décimos) fornecidos pela Estação Meteorológica Automática da Epagri, para todo o período de cultivo, tem-se as seguintes informações:

Tabela 4– Caracterização da quantidade de brilho solar diário acumulado por cada cultivar de lúpulo tomando por base a duração do ciclo produtivo 2018/2019, para os municípios de Lages e São Joaquim.

Localidade/ cultivar	Período de cultivo	Duração do ciclo de cultivo (dias)	Brilho solar total no período (h)	Brilho solar médio diário (h/dia)
<b>Lages</b>				
<b>Chinook</b>	10/09/2018 - 19/03/2019	189	1.107,97	5,86
<b>Columbus</b>	10/09/2018- 21/03/2019	191	1.122,73	5,81
<b>Yakima Gold</b>	25/09/2018 - 17/02/2019	143	885,66	6,19
<b>Cascade</b>	15/09/2018 - 14/03/2020	181	1.077,05	5,95
<b>São Joaquim</b>				
<b>Chinook</b>	13/09/2018 - 28/03/2019	196	1.156,93	5,87
<b>Columbus</b>	13/09/2018 - 28/03/2019	196	1.156,93	5,87
<b>Cascade</b>	13/09/2018 - 28/03/2019	196	1.156,93	5,87

Elaborado: pelo próprio autor.

Tabela 5– Produtividade de cones (massa) e brilho solar médio no período de cultivo 2018/2019.

Localidade/cultivar	Brilho solar médio diário (h/dia)	Produtividade estimada de massa fresca de cones (kg/hectare)
<b>Lages</b>		
<b>Chinook</b>	5,86	942,81
<b>Yakima Gold</b>	6,19	157,13
<b>Columbus</b>	5,81	3.365,54
<b>Cascade</b>	5,95	932,81
<b>São Joaquim</b>		
<b>Chinook</b>	5,87	5.613,02
<b>Columbus</b>	5,87	6.192,44
<b>Cascade</b>	5,87	4.983,21

Elaborado: pelo próprio autor.

Pavlovic et al., (2012) estudaram quatro parâmetros meteorológicos na

influência do alfa-ácido na cultivar Aurora durante 16 safras an Eslovênia. A média de brilho solar total para esses anos foram de 1139,2 horas. Nas condições de estudo a cultivar Yakima Gold completou o ciclo produtivo com menos de 1000 horas de brilho solar (Tabela 4) e para o município de São Joaquim as cultivares estudadas completaram o ciclo com mais horas de brilho solar quando comparado com as condições de estudo na Eslovênia.

Não há na literatura brasileira dados que relacionam quantidade de horas de brilho solar e produção de cones e ou desenvolvimento do lúpulo. Sendo assim, é necessário estabelecer inicialmente o potencial máximo de produção reconhecido por uma determinada variedade, analisar ao menos as condições climáticas da região e possíveis condições de nebulosidade, o que acarreta em quantidade de horas de brilho solar diferente do fotoperíodo, e então verificar a relação entre produção e horas efetivas de sol.

Smith (1974) estudando quatro cultivares em quatro safras agrícolas em diferentes países da Europa constatou que a média da horas de brilho solar variou de 4,4 horas e 8,8 horas no período considerado crítico, julho a agosto, para o hemisfério norte. Nas condições de estudo os valores médios de brilho solar diário variou entre 5,81 a 6,19 horas por dia (Tabela 5).

Mesmo com uma média de horas de brilho solar inferior aos valores de fotoperíodo estimado para o ano, que varia, de forma geral, de 10,2 a 13,8 horas por dia, a produtividade observada dos cultivares é condizente ao preconizado pela literatura, o que indica que a produção pode estar relacionada com a quantidade efetiva de horas de brilho solar e que ainda, mesmo com valores abaixo do fotoperíodo, a radiação difusa, pode ser tão importante quanto a radiação direta.

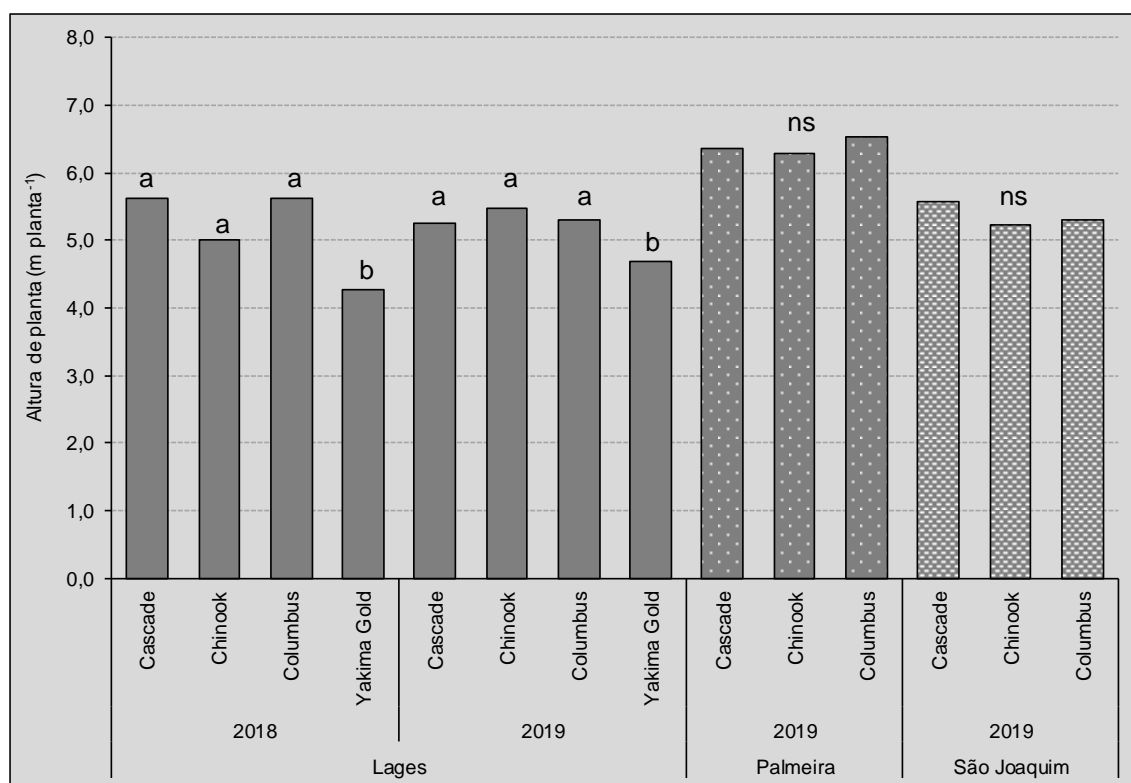
Em situações de nebulosidade, há aumento da fração de radiação difusa, o que pode ser útil para o melhor aproveitamento da radiação solar pelos vegetais. Aikman (1989) constatou que o aumento da radiação difusa promoveu maior uniformidade da radiação no interior do dossel, fazendo com que as folhas inferiores aumentassem a interceptação de radiação e o seu uso.

### **5.3.2 Altura de plantas**

As plantas (Gráfico 4) atingiram a altura máxima proposta do sistema de condução em todos os campos experimentais. Variações foram observadas para o

município de Lages, durante os dois anos de avaliação, sendo as maiores alturas de planta verificadas para as cultivares Cascade, Chinook e Columbus, sendo a média dos anos de 5,13 m e 5,18 m respectivamente. No presente trabalho foi observado correlação positiva entre altura de plantas e comprimento de ráquis ( $r>0,96$ ) (Apêndice 04). Para São Joaquim e Palmeira não houve diferença estatística entre as cultivares avaliadas para altura de plantas. Sendo negativa a correlação entre altura de plantas e largura de cone para São Joaquim (Tabela 9).

Gráfico 4- Altura total de plantas em Lages, Palmeira e São Joaquim -SC. Lages, SC, 2020. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). ns: não significativo ( $p>0,05$ ).

Segundo Rossini et al (2016) avaliando 20 cultivares de lúpulo na região central da Itália, também observaram diferença de crescimento entre as cultivares avaliadas e correlação positiva (0,557) entre altura de plantas e produtividade. Os mesmos autores relatam que a temperatura média na primavera acima de 15°C e precipitação média de 20 mm nessa mesma época, fez com que as plantas parassem seu crescimento e iniciassem o estágio reprodutivo no último ano de avaliação. Em ambos locais de experimento, (Apêndice 1, 2 e 3), observa-se que a

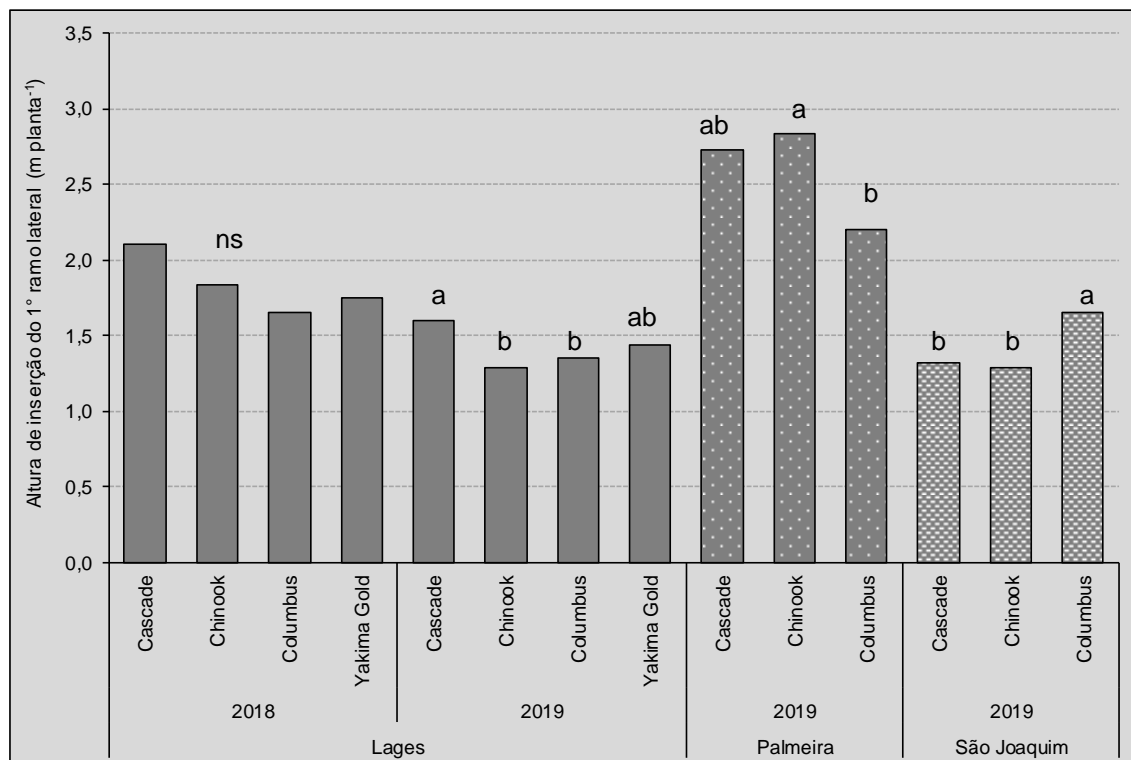
partir de setembro houve um aumento nas temperaturas médias mensais estendendo até o mês de janeiro.

Em experimento realizado por Dagostim (2019), avaliando o efeito da adubação nitrogenada na cultura do lúpulo, observou que as plantas de lúpulo tiveram três fases de crescimento, um primeiro momento com taxas de crescimento abaixo de  $0,3 \text{ cm.dia}^{-1}$ , seguido de um crescimento de  $1,90 \text{ cm.dia}^{-1}$  e após, uma linearização nas taxas de crescimento ficando estáveis em cerca de  $5 \text{ cm.dia}^{-1}$ .

### **5.3.3 Altura de inserção de ramo lateral**

A altura de inserção do primeiro ramo lateral com cone fornece um parâmetro de início de produção por planta e de forma da planta. A 'Yakima Gold' em ambos os anos não obteve ramos laterais, sendo avaliado neste caso o início de produção do ramo principal. No primeiro ano de experimento não foi observado diferença estatística entre as cultivares, para Lages (Gráfico 5). Entretanto, no segundo ano de avaliação, destacam-se as cultivares Chinook, Columbus e Yakima Gold que obtiveram a menor altura de inserção de ramo lateral com cone.

Gráfico 5 - Altura de inserção do primeiro ramo lateral com cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

No experimento de São Joaquim, 'Columbus' iniciou a inserção do primeiro ramo lateral com cone 36 cm a mais que 'Chinook' (Gráfico 5). Comportamento diferenciado entre as cultivares para o município de Palmeira, onde 'Columbus' iniciou a produzir ramos laterais com cone, cerca de 63 centímetros mais baixo que 'Chinook', ou seja, 'Columbus' teve distribuição homogênea de produção na planta. Diferentemente de Lages, nesses dois locais descritos a correlação entre altura de ramo lateral e produtividade foi positiva. (Apêndice 4, 5 e 6).

### 5.3.4 Índice de cone

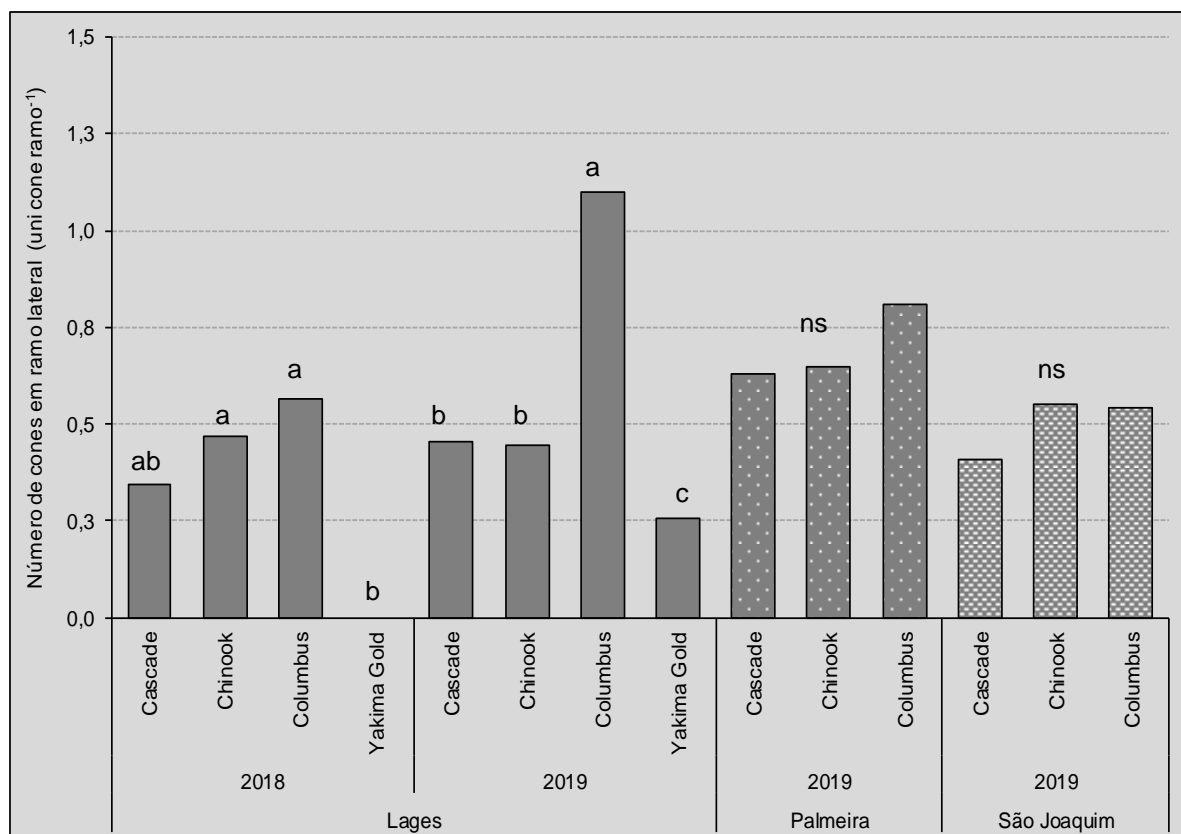
A variável índice de cone foi baseada nos componentes de produção das grandes culturas, como a soja. Nessas culturas são avaliados o número de plantas por área, vagens por planta, grãos por vagem e peso de mil grãos. Esses componentes diferem entre os cultivares, portanto, elas são consideradas indicadores fenotípicos em análises de desempenho de cultivares em uma determinada região (PELÚZIO et al., 2005).

O índice de cone, ou seja, o número de cone por centímetro de ramo lateral, no primeiro ano de avaliação em Lages as cultivares Columbus e Chinook, as quais diferiram de 'Yakima Gold' que obteve o menor índice nos dois anos de avaliação (Gráfico 6). Na avaliação de segundo ano a cultivar Columbus se diferenciou das demais cultivares avaliadas obtendo um índice de cones de 1,10. A análise de correlação foi positiva para índice de cone entre as variáveis largura de cone ( $r=0,97$ ) e número de brácteas ( $r=0,99$ ) (Tabela 7).

Não houve diferença estatística entre as cultivares, nos experimentos de São Joaquim e Palmeira, entretanto numericamente 'Chinook' e 'Columbus' obtiveram os maiores índices para São Joaquim e 'Columbus' para a Palmeira.

Essa caracterização fenotípica das cultivares de lúpulo é pioneira no Brasil, ressaltando a importância em avaliar diferentes cultivares em locais distintos.

Gráfico 6- Índice de cone, número de cone por centímetro de ramo lateral em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



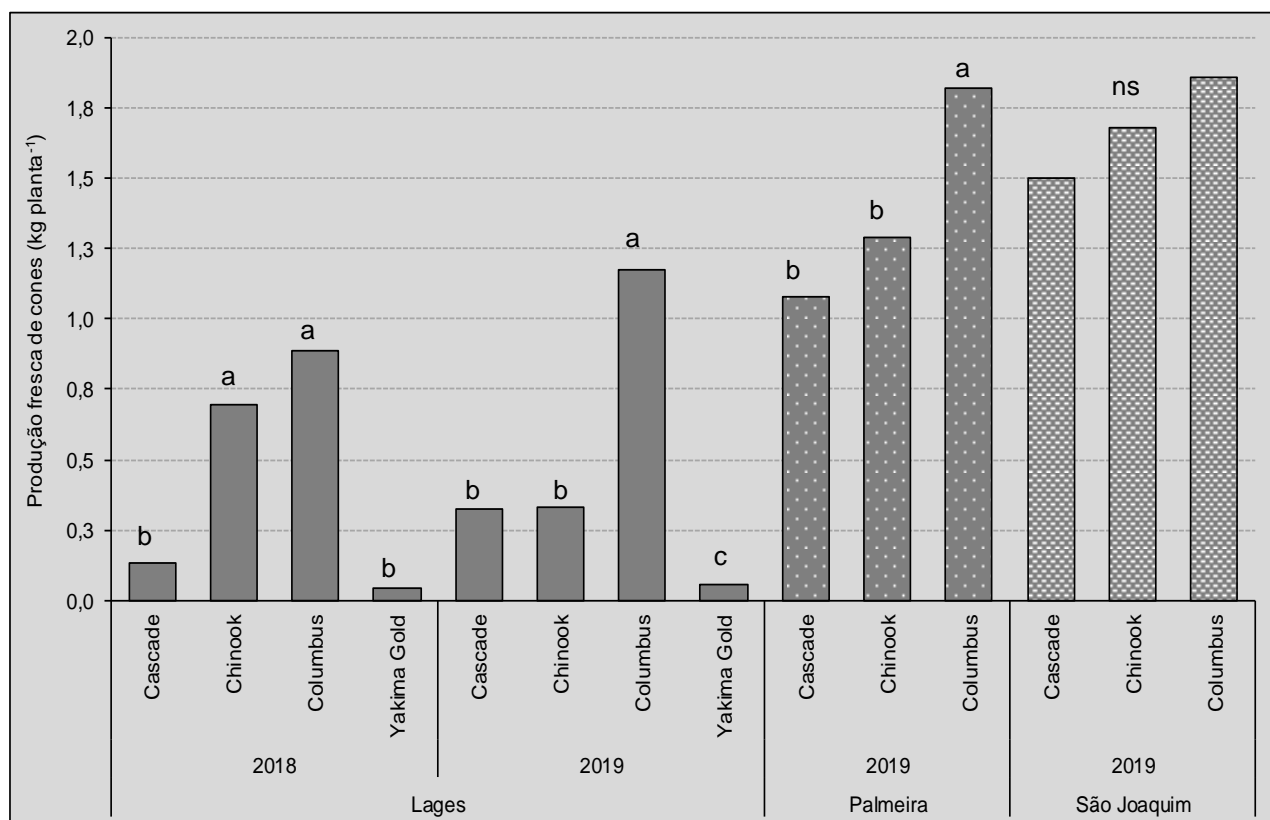
\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). ns: não significativo ( $p>0,05$ ).

### 5.3.5 Produção por planta

A colheita das plantas de lúpulo começa quando os cones de lúpulo alcançam a maturidade, ou seja, quando os cones tiverem o maior teor de alfa-ácido, e atinjam o tamanho máximo e peso máximo. Também o aroma típico dos óleos essenciais deve ser observado nessa fase. O lúpulo colhido antes da maturidade tecnológica tem qualidade reduzida, e contém umidade acima do determinado para colher. O prolongamento da colheita ultrapassando o estágio de maturidade tecnológica resulta em cones amarelos ou acastanhados, menor teor de alfa-ácido e também maiores perdas devido à dispersão e desintegração dos cones de lúpulo (ČEH E ZMRZLAK, 2006).

Houve diferença estatística entre as cultivares avaliadas para a variável produção por planta, nos dois anos de avaliação para o município de Lages, sendo que 'Chinook' e 'Columbus' foram as mais produtivas. No primeiro ano e no segundo ciclo 'Columbus' produziu 95% a mais que a 'Yakima Gold' (Gráfico 7), sendo a cultivar mais produtiva. Com os dados consecutivos das safras pode verificar o aumento de produção para Columbus e Cascade entre a primeira safra e a segunda. Isso pode indicar que, possivelmente como as plantas amadureceram e as coroas se estabeleceram, o crescimento e produção foram aumentando. A 'Chinook' no segundo ano reduziu a produtividade mais de 50% quando comparado com o primeiro ano um dos motivos dá-se pelo vigor da planta e a altura de sistema de condução utilizado no experimento, não permitindo que a planta expressasse todo seu potencial produtivo, visualmente foi observado um acúmulo de material vegetativo.

Gráfico 7- Produção de cones de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

O lúpulo é uma planta perene, que leva pelo menos dois anos para amadurecer e assim produzir uma colheita satisfatória (GREAT LAKES HOPS, 2013), segundo essa informação a tendência da produção é aumentar até o terceiro ano e depois estabilizar.

O experimento localizado em São Joaquim obteve média de produção de 1,68 Kg por planta destacando-se a 'Columbus' com produção de 1,86 kg/planta, porém não foi observada diferença significativa entre as cultivares avaliadas. No município de Palmeira, também se destaca a 'Columbus', onde produziu 800 gramas a mais que 'Cascade', aproximadamente.

Estudando a potencialidade de diferentes cultivares de lúpulo no Canadá, Saraff et al (2013) relataram que a cultivar Nugget foi a menos produtiva (427,5 g cone fresco/planta), enquanto 'Galena' obteve a maior produção (1321,7 g cone fresco/planta).

Judd (2018) estudando a produção de 13 cultivares de lúpulo no estado da Virgínia em duas estações de crescimento, observou a diferença de produção entre as cultivares destacando a 'Cascade' com maior rendimento geral, 945 g por planta de lúpulo fresco. Em contraste, a cultivar Mont. Hood teve uma média de 55 g por planta. O autor relata que a média de rendimento no Pacífico Noroeste para a 'Cascade' varia entre 1.779 -2.242 kilos por hectare (USAHOPS, 2018), ou 3-4 vezes mais dos valores coletados no experimento. No entanto, o estado da Virgínia tem um clima e condições de crescimento diferentes do Pacífico, e carece de conhecimento das práticas de produção comuns nas regiões tradicionais produtoras de lúpulo.

Resultados a baixo da média de produção foram obtidos em experimento localizado no estado da Flórida nos Estados Unidos em duas safras para as cultivares Amalia, Neo1, Chinook e Columbus, com os resultados, tendo uma tendência apenas para 'Neo1' ter condições de adaptabilidade para aquela região. Para os autores desse trabalho, a baixa produção se deu pela localização geográfica dos experimentos, não tendo as condições favoráveis de 16 horas de luz segundo proposto por Thomas e Schwabe (1969).

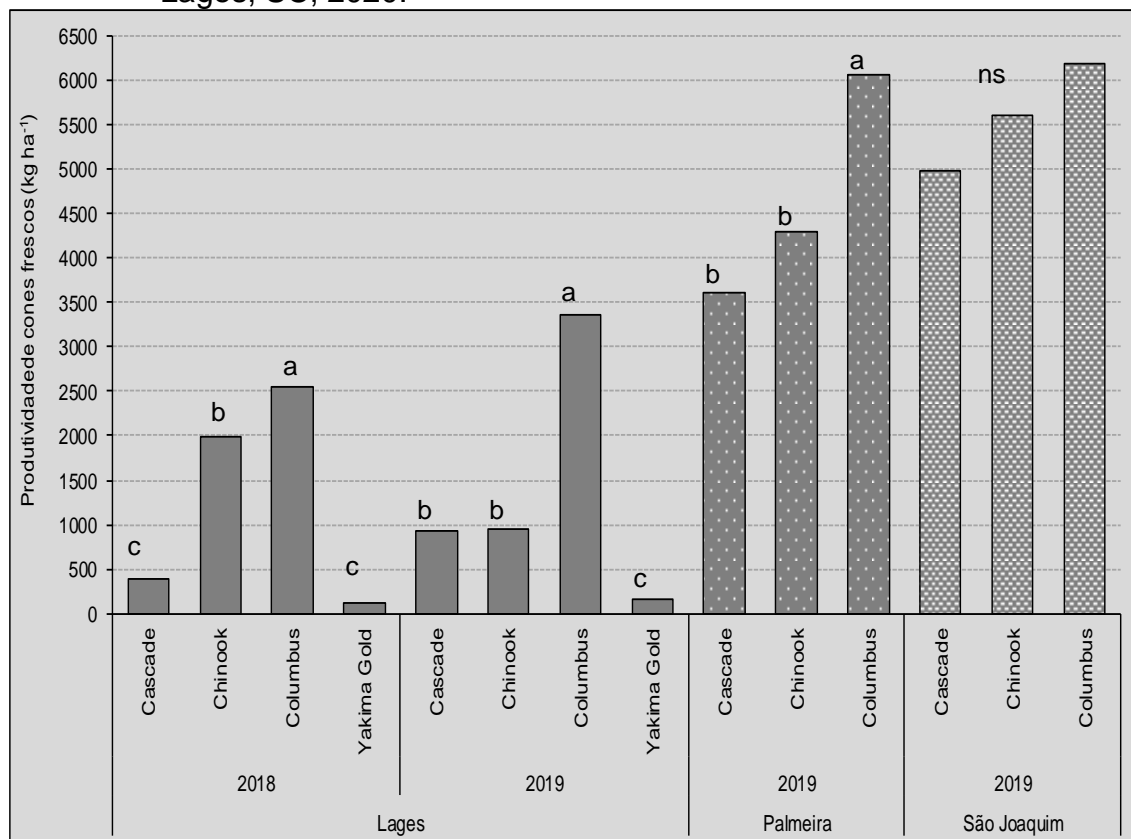
### **5.3.6 Produtividade**

No ciclo agrícola de 2018/2019 no experimento conduzido em Lages, na cultivar Columbus foi verificada uma produtividade de 2.400kg/ha, superior em relação a 'Yakima Gold', a cultivar com menos de 500 kg de cone fresco por hectare (Gráfico 8). Já para o ciclo de 2019 a diferença de produtividade para essas mesmas cultivares passou para 3.189,87 kg/ha, tornado-se assim, 'Columbus' a cultivar mais produtiva e Yakima Gold a menos produtiva, durante os dois ciclos de avaliação. A média de produtividade aumentou 92 gramas por planta entre a primeira safra e a segunda.

Mesmo não significativo para o local de São Joaquim (Gráfico 8) desca-se a produtividade de 'Columbus' com valores superiores a 6 mil kg/ha, essa cultivar produziu 1200 quilos por hectare a mais quando comparado a Cascade, os valores obtidos podem ser explicado, pois a Columbus produziu maior número de cones quando comparado com as demais cultivares. Ressalta-se que os cones de

‘Cascade’ pesaram aproximadamente um grama por cone, entretanto ‘Columbus’ produziu mais de 800 cones por planta comparado com Cascade.

Gráfico 8- Produtividade de cones de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

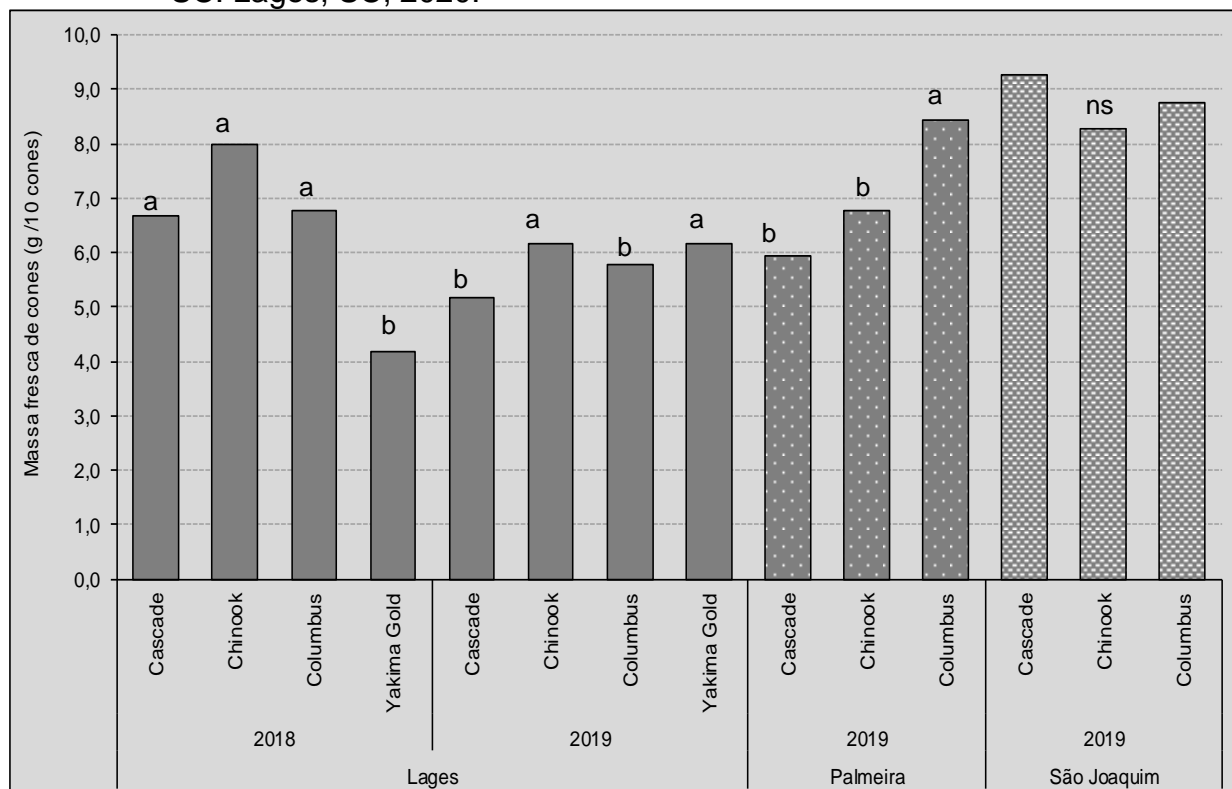
Assim como em São Joaquim, Columbus também foi a cultivar mais produtiva em Palmeira, produzindo mais de 2 mil quilos por hectare que Cascade. Houve correlação positiva entre produtividade e largura de cone (Apêndice 6). Nesse local foi observado a incidência de oídio (*Podosphaera macularis*) em folhas e cones, principalmente das cultivares Cascade e Chinook, o que pode explicar a baixa produtividade de ambas cultivares.

Observa-se no Gráfico 8 que São Joaquim propiciou melhor microclima para o desenvolvimento das três cultivares analisadas, e que no geral, a Columbus é a cultivar que mais se desenvolve nos três locais de estudo.

### 5.3.7 Massa fresca de dez cones

As cultivares Chinook, Columbus e Cascade diferiram de 'Yakima Gold' para a variável massa fresca de dez cones no primeiro ano do experimento de Lages (Gráfico 08) e no segundo ano, 'Chinook' e 'Yakima Gold' foram as cultivares com dez cones mais pesados (Gráfico 9). No experimento localizado em São Joaquim, a média da massa fresca foi de 8,77 gramas e não houve diferença significativa entre as cultivares avaliadas. No município da Palmeira, a 'Columbus' diferiu das demais cultivares e pesou mais de 2,51 gramas a mais que 'Cascade' para a variável massa fresca de 10 cones.

Gráfico 9- Massa fresca de dez cones de lúpulo em Lages, Palmeira e São Joaquim -SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

Ruth (2018) em trabalho de descrição de cultivares de lúpulo presentes no Instituto de Recursos Naturais da Finlândia coletou amostras de cones de duas partes da planta, a primeira da metade para baixo da planta e outra da metade da planta até o ápice, e observou que há um comportamento distinto entre as cultivares, sendo que algumas a massa de cone aumenta com o aumento da altura de amostragem e outras cultivares que diminuíram. Segundo Rybacek (1991) a massa média do cone depende do vigor de seu crescimento à medida que os cones

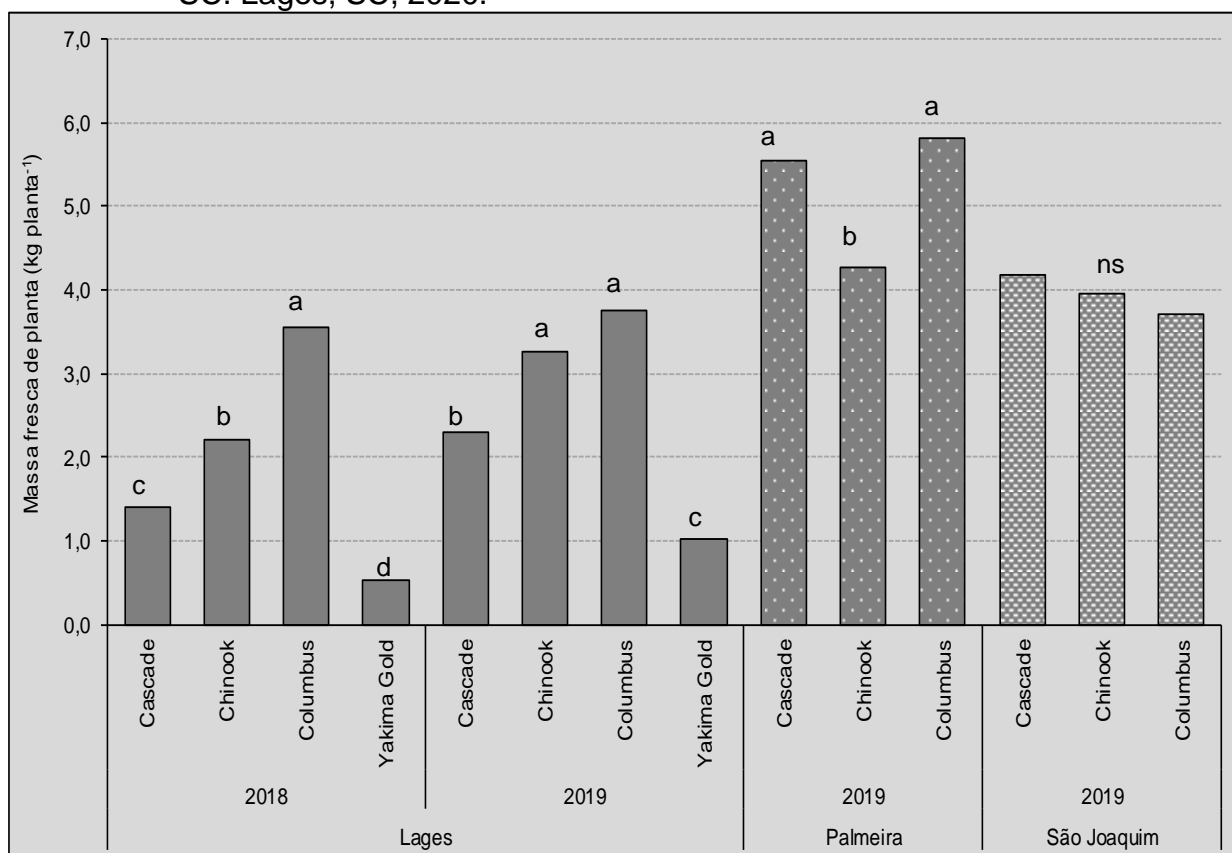
amadurecem.

De acordo com Marovt (2007), avaliando duas cultivares de lúpulo, Magnum e Aurora, aferiu-se a massa seca de 100 cones de 33 gramas e 9 gramas, respectivamente. Čeh et al. (2012) estudando o comportamento da cv. Savinjski Golding durante seis anos na Eslovênia, relataram que a massa de cem cones desidratados, varia conforme as condições climáticas de cada safra. Em anos de seca e temperaturas elevadas se registrou menor massa de cones. Em cinco anos a massa variou de 8,6 a 10 gramas. Esses autores relatam que o período de maior estresse para planta é o início do período reprodutivo até formação dos cones.

### **5.3.8 Massa fresca de planta**

Quando analisado massa fresca de planta, a cultivar Columbus obteve aproximadamente quatro quilos no primeiro ano. Esse valor praticamente se manteve no segundo ano de cultivo, entretanto a diferença no segundo ano foi menor entre as cultivares, sendo a cultivar Yakima Gold a menos pesada. Observa-se no município de Lages correlação positiva entre massa de planta com largura de cone ( $r= 1,00$ ) e número de brácteas ( $r=0,96$ ) e em Palmeira massa de planta e número de brácteas ( $r=0,99$ ).

Gráfico 10- Massa fresca de plantas de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

Segundo Grilk e Dabrowsk (1994) a cada quilograma de cone de lúpulo fresco produzido, gera pelo menos um quilo de material residual como folhas e ramos. No atual estudo essa relação foi maior de 1:1, em algumas cultivares chegando a passar a relação 1:2.

As cultivares Cascade e Columbus diferiram estatisticamente de 'Chinook', no experimento localizado em Palmeira (Gráfico 10), sendo diferença média de 25% entre as duas cultivares para 'Chinook'. Observa-se correlação positiva entre essa variável e número de brácteas ( $r=0,99$ ).

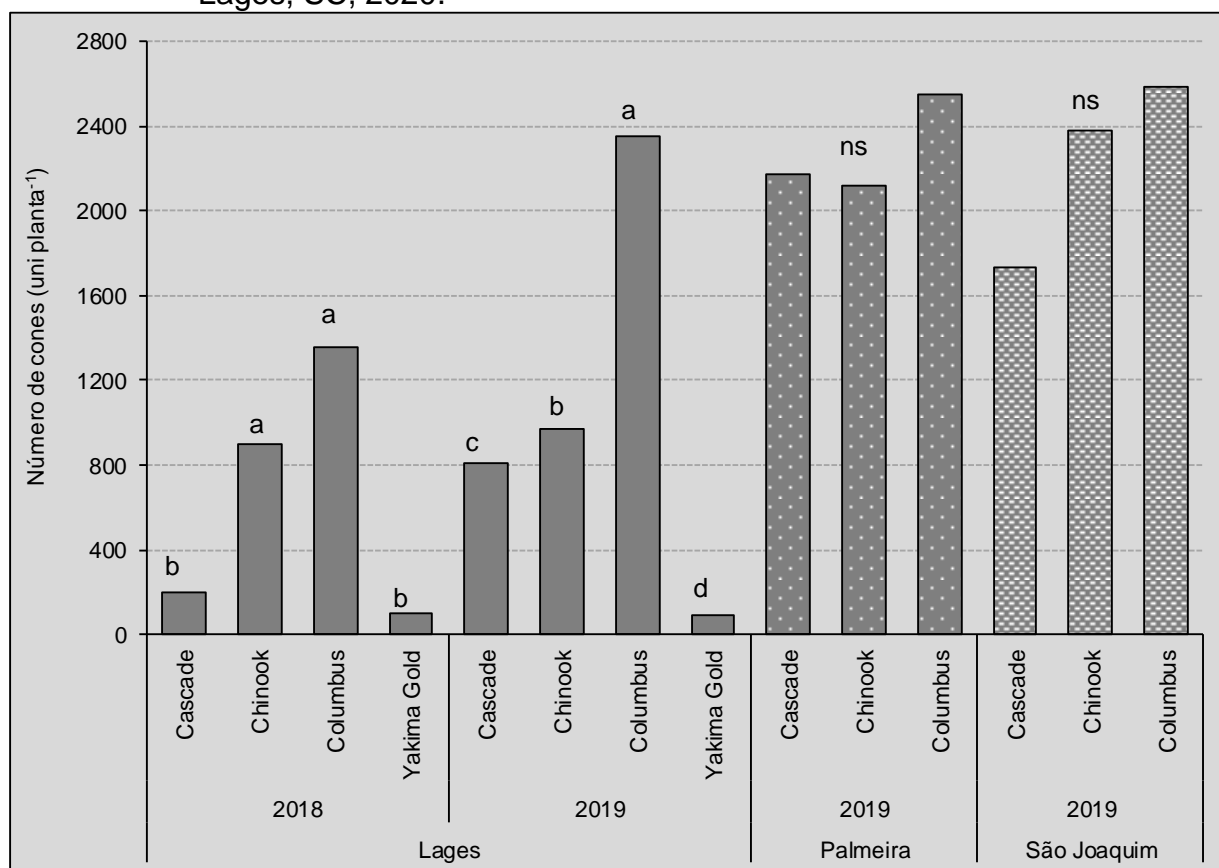
### 5.3.9 Número de Cones/Planta

As plantas de lúpulo femininas têm uma poderosa capacidade de produzir inflorescências e cones de lúpulo. O número potencial de botões de flores depende do número de botões terminais ser teoricamente capaz de ser transformado em

botões de flores (RYBACEK, 1991). O aumento de cones fixados induz à competição por assimilados entre drenos e leva a diminuição do peso individual de cones. Ou seja, o aumento no número de frutos na planta pode aumentar a fração de fotoassimilados alocado nos frutos às expensas do crescimento das partes vegetativas (ANDRIOLO e FALCÃO, 2000).

O número de cones por planta (Gráfico 11) no primeiro ano de avaliação no local de Lages foi superior para ‘Columbus’ e ‘Chinook’; 895,69 e 1360,93 respectivamente. Já para o segundo ano, ‘Columbus’ se diferenciou das demais cultivares avaliadas, produzindo 2 mil cones à mais, em relação a Yakima Gold. Neste ensaio foi observado correlação positiva de número de cones por planta com massa de planta ( $r=0,96$ ) e largura de cone ( $0,97$ ).

Gráfico 11 - Número de cones de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

Nos experimentos conduzidos em São Joaquim e Palmeira não foi observado diferença estatística, e a média do número de cones foi superior a 2000 cones por planta para ambos experimentos para cultivares Chinook e Columbus (Gráfico 11).

Ruth (2018) caracterizando os aspectos morfológicos de diferentes cultivares de lúpulo em duas cidades, verificou diferença superior a 700 cones por planta de uma mesma cultivar. Zattler; Chrometzka (1968) observaram que o ácido giberélico proporcionou maior número de cones por planta de lúpulo das cultivares Halertau, Saaz e Hfiller Anfang, porém houve diminuição do peso de mil cones.

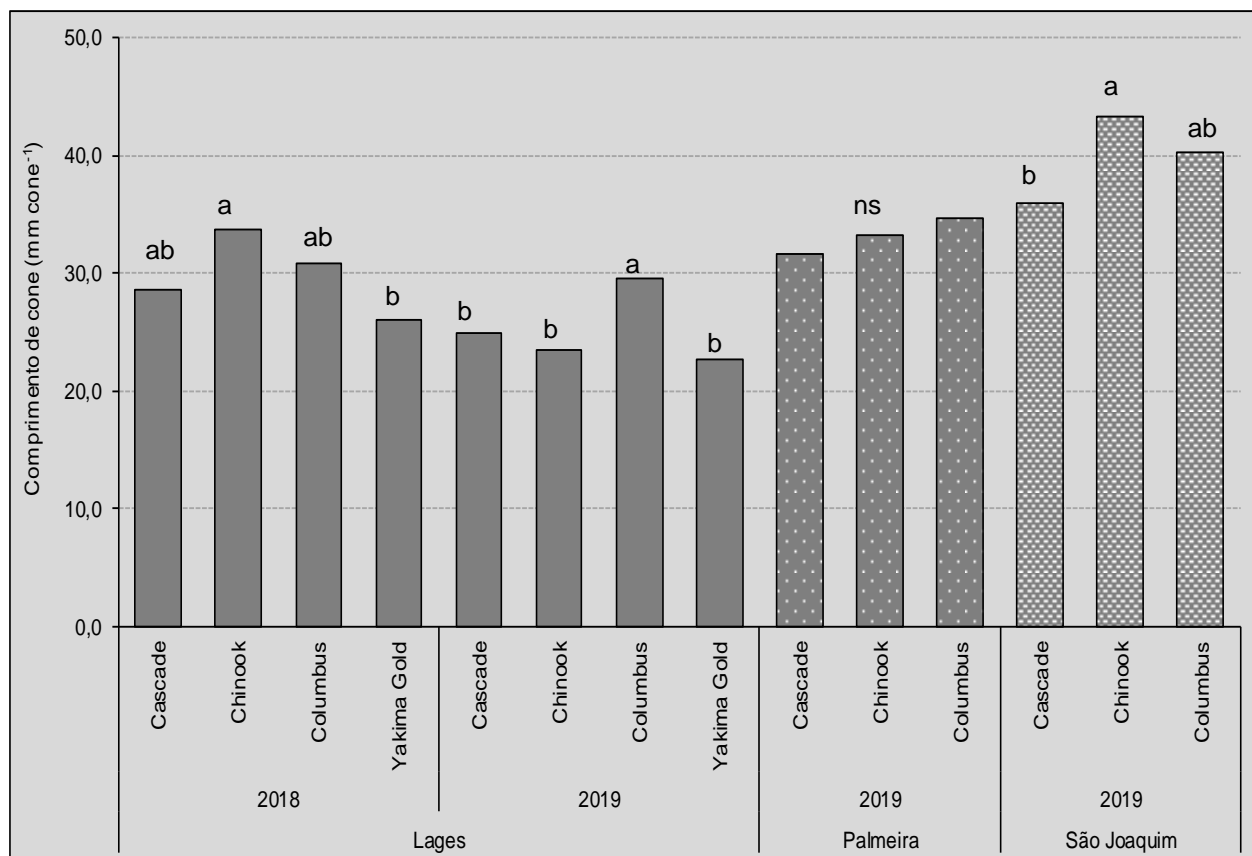
### **5.3.10 Comprimento e largura de cones**

As variáveis comprimento e largura de cone foram aferidos para ter um parâmetro de tamanho de cone, seguindo a metodologia da ASBC Hops-2. Estatisticamente no primeiro ano, 'Chinook' foi a cultivar com maior comprimento de cone diferindo de 'Yakima Gold,' enquadrando-se como "cone médio". Como há um intervalo de 7 mm entre classificação de tamanhos de cones segundo a metodologia proposta, no segundo ano todas as cultivares avaliadas enquadraram-se como "cones pequenos" e 'Columbus' se diferenciou das demais cultivares, com valor de 29,51 mm (Gráfico 12).

Nas cultivares avaliadas em São Joaquim, seguindo a classificação Hops-2, todas cultivares tem parâmetro de cones médios, e estatisticamente para comprimento de cone 'Chinook' e 'Columbus' resultaram em cones maiores, 43,35 mm e 40,28 mm, respectivamente. Entretanto 'Chinook' não diferenciou de 'Cascade' (Gráfico 12). Para o município de Palmeira não houve diferença estatística entre as cultivares. (Gráfico 12).

De acordo com VENT et al (1963) a média de comprimento de cone da cultivar Zatecky foi de 27,84 mm e de largura 18,51 mm, dando uma perfeita equilíbrio entre comprimento e largura (3:2). Čeh et al. (2012) aferiram diferentes comprimentos de cones para uma mesma cultivar de lúpulo em anos consecutivos, sendo o maior valor aferido no ano de 2007 (32-38 mm) e os menores valores entre 30-31mm em 2012.

Gráfico 12- Comprimento médio de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



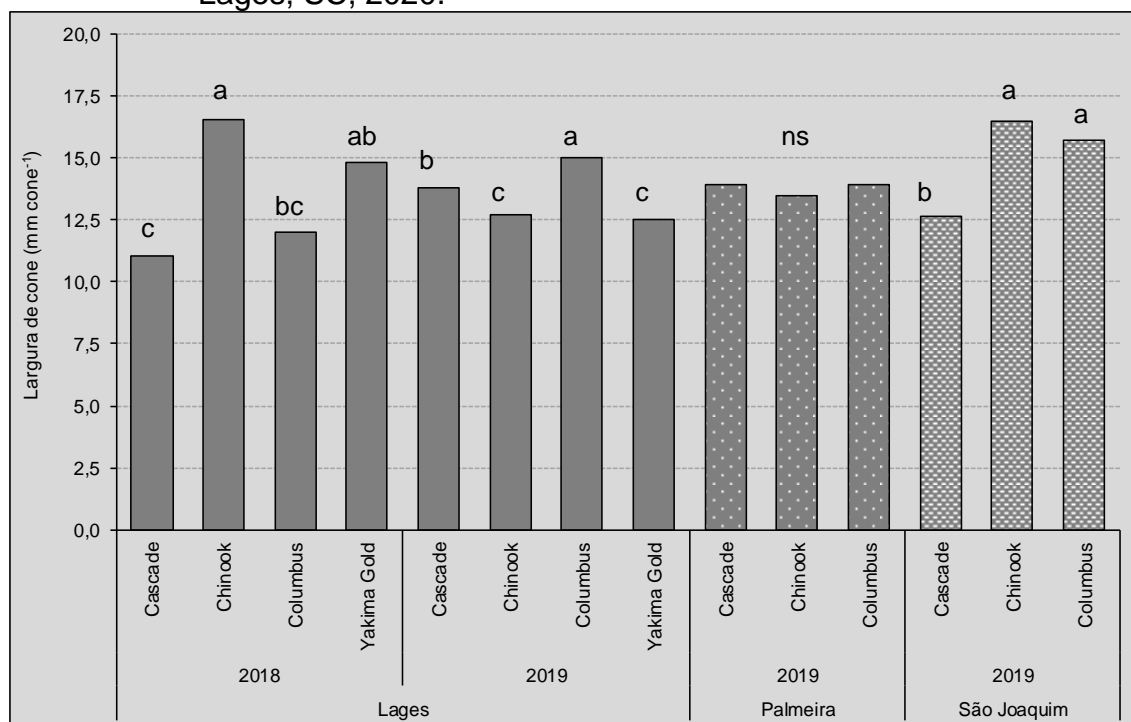
\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

Os dados presente na Gráfico 13, são da variável largura de cone, observa-se que 'Chinook' e 'Yakima Gold', 16,55mm e 14,84 mm, tiveram as maiores largura de cone entre as cultivares avaliadas no primeiro ano em Lages. Na safra de 2019, a cultivar Columbus se destacou das demais cultivares (15 mm). Segundo a análise de correção houve correlação positiva entre largura de cone e número de brácteas ( $r=0,97$ ) (Apêndice 4) (Tabela 6). Para o experimento conduzido em São Joaquim, as cultivares 'Chinook' e 'Columbus' obtiveram as maiores larguras. Foi negativa a correlação para essa variável e óleos essenciais ( $r= -1,0$ ). (Tabela 7). Já para o município de Palmeira não houve diferença significativa entre as cultivares avaliadas (Gráfico 13).

Corroborando com os dados, Mongelli (2015) avaliando 22 materiais de lúpulo italianos e H. Magnum, observou diferença na largura de cone, variando entre 2,5 cm (Et8) e 1,52 cm (Roggino 2). Para Kaoru (1956) o desenvolvimento do comprimento e largura dos cones finaliza 40 dias após a floração, o ráquis obtém o comprimento máximo 45 dias após a floração sendo que o número de nós do ráquis não sofre alterações. Segundo o mesmo autor, a elongação das brácteas finaliza o

crescimento 40 dias após a floração e os cones atingem o peso máximo 45 dias após a floração.

Gráfico 13- Largura de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



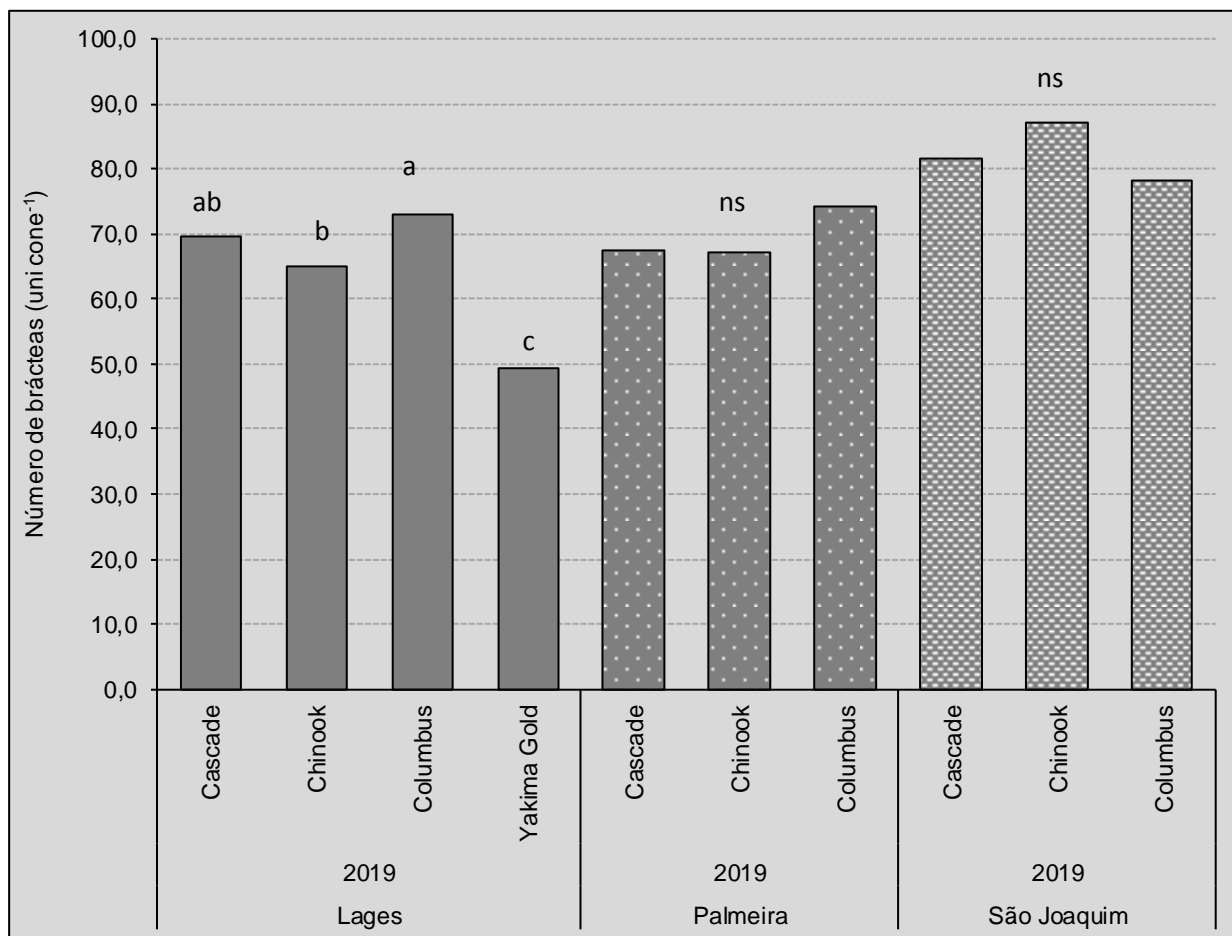
\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

### 5.3.11 Número de brácteas

As variáveis do Gráfico 13 foram aferidas apenas no ano de 2019. Número de brácteas para Lages foi superior para as cultivares Columbus e Cascade; 73,14 e 69,55 respectivamente. Entretanto Cascade não diferiu de Chinook (Gráfico 13). Para o experimento conduzido em São Joaquim e Palmeira não houve diferença estatística entre as cultivares avaliadas. A média do número de brácteas foi de 82,26 e 69,59, respectivamente. A análise de correlação (Apêndice 8) obteve correlação positiva para número de brácteas porcentagem de alfa-ácido, no experimento de São Joaquim.

Em estudo comparando a morfologia de *Humulus lupulus* e *H. japonicus*, Ehara (1956), a variedade “Shinshuwase” contém de 40 a 60 brácteas.

Gráfico 14- Número de brácteas de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.

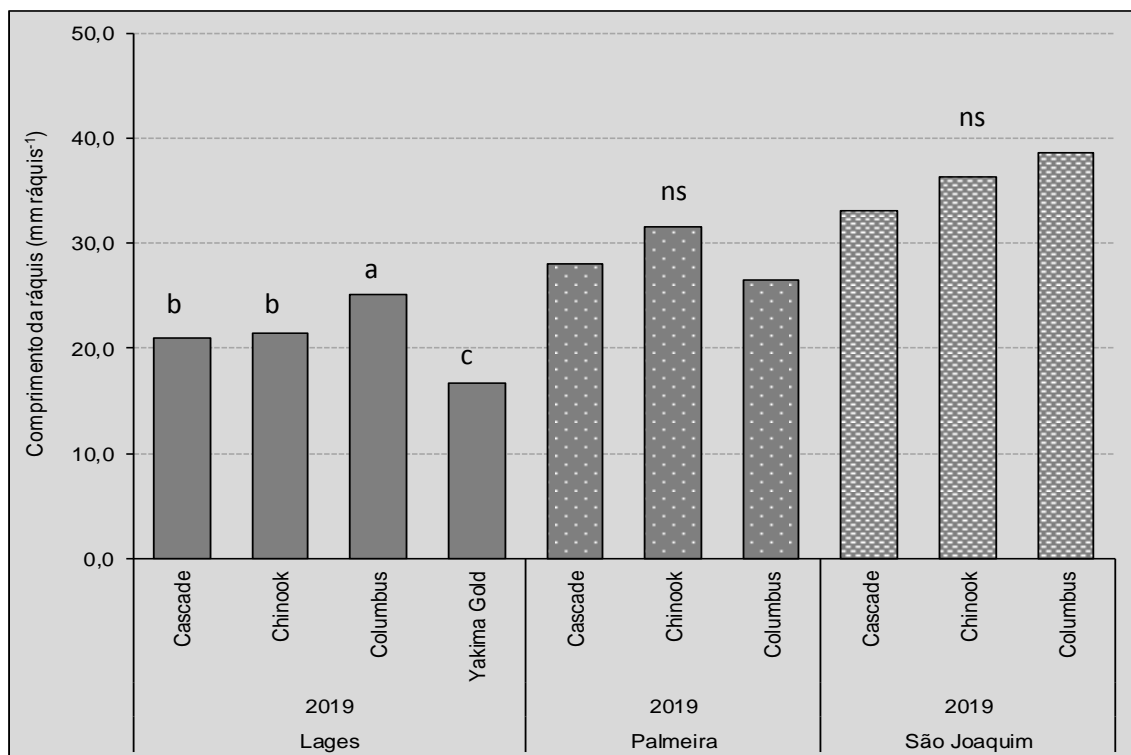


\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

### 5.3.12 Comprimento de ráquis

O maior comprimento de ráquis no município de Lages foi aferido na cultivar Columbus (25,19 mm) e o menor com a cultivar Yakima Gold (16,66 mm), (Gráfico 14), o qual teve correlação positiva ( $r = 0,96$ ) com altura de plantas e negativa com alfa-ácidos. (Apêndice 4). Para os experimentos de São Joaquim e Palmeira, não houve diferença estatística, e a média para essa variável foi de 36 mm e 35mm, respectivamente (Gráfico 14). O comprimento de ráquis obtido por Ehara (1956) para a cultivar japonesa foi 14,3 mm, aos 45 dias após a floração.

Gráfico 15- Comprimento de ráquis de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

### 5.3.13 Teor de óleos essenciais

Os óleos essenciais são metabólitos secundários definidos como misturas complexas de derivados de fenilpropanoides ou de terpenoides, os quais possuem valor agregado pelas suas aplicações em medicamentos, cosméticos, alimentos e agroquímicos (PINTO et al., 2002). O óleo essencial do lúpulo é encontrado na estrutura conhecida como lupulina. As glândulas de lupulina, com cerca de 0,15 mm de diâmetro, compõem cerca de 20% do peso do cone de lúpulo. O óleo na lupulina pode ser cerca de 7,5% do peso da lupulina Patzak (2015). E representa um aroma específico de cada cultivar.

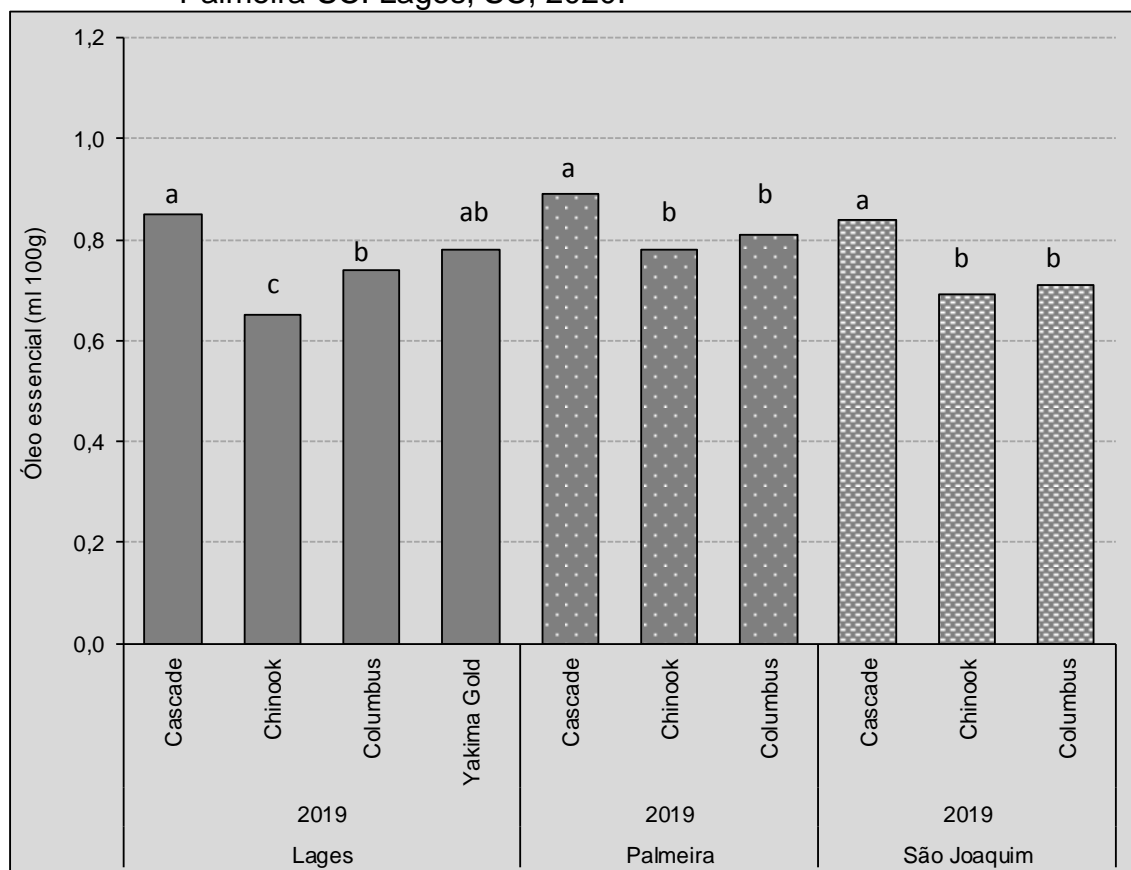
Segundo o Gráfico 16, os maiores teores de óleos essenciais para o município de Lages foram obtidos com a cultivar Cascade e Yakima Gold, 0,85 ml/100g e 0,78 ml/100g, respectivamente e com um teor de 0,74ml/100g Columbus não se diferenciou de Yakima Gold. No experimento conduzido em São Joaquim e Palmeira, Cascade foi a cultivar com os maior teor de óleo essencial (Gráfico 15), com 0,84 ml/100g e 0,89 ml/100g, respectivamente. Segundo a análise de correlação, com o aumento do teores de beta-ácidos aumentou o teor de óleo essencial. (Apêndice 5 e 6).

Capper e Darby estudaram o *terroir* britânico para algumas variedades de lúpulo inglês. Nesse estudo, foi considerada a importância do país de origem do lúpulo e demonstrou-se que as variedades de lúpulo inglês cultivadas na Inglaterra produziam grandes quantidades de óleos, se comparadas com o inglês cultivado em outros países. Segundo os dados obtidos no atual experimento (Gráfico 15) as cultivares avaliadas não atingiram o nível de óleo essencial descrito por Woodske em 2012.

Além disso, foi demonstrado que as condições pré-colheita, pós-colheita fatores de processamento e varietais influenciam também a composição da fração do óleo essencial como teor de ácido alfa ácido.

Segundo Sharp et al. (2014) avaliando a qualidade do lúpulo colhida em diferentes períodos de maturação, observaram que colheita realizadas precocemente, os teor de óleos essenciais foram 1,21ml/100 g e 0,70 ml/100g para as cultivares Cascade e Willamette, respectivamente. Observa-se um aumento do teor conforme a época de colheita se aproxima; 2,13 ml/100g e 1,65 ml/100g, respectivamente. E colheitas realizadas tardiamente o teor de óleos essenciais de 'Cascade' diminuiu em 1,98 ml/100g e para 'Willamette' teve um acréscimo de 0,20 ml/100g.

Gráfico 16- Teor de óleos essenciais de cone de lúpulo em Lages, São Joaquim e Palmeira-SC. Lages, SC, 2020.



\*Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada ano e local não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

#### 5.3.14 Alfa e Beta ácidos

Na Tabela 6 estão descritos os resultados de cohumulona, n+adhumulona, colupulona, n+adlupulona, alfa e beta-ácidos das cultivares de lúpulo, da safra 2018/2019 em Lages, Palmeira e São Joaquim. Segundo os resultados encontrados, diferentes cultivares de lúpulo contém diferentes concentrações de alfa e beta ácidos. Segundo Bertelli et al.,(2018) a diferença entre cultivares é devido a muitos parâmetros, tais como o seu local de origem, clima, crescimento, pós-colheita e condições de armazenamento, entre outros. Os teores para o município de Lages, para as variáveis alfa e beta ácidos estão abaixo dos referenciado para as cultivares Cascade, Chinook e Columbus, as três cultivares obtiveram na média 2,66% para alfa e aproximadamente 3,00% para beta ácidos. Na cultivar 'Yakima Gold', os teores se aproximaram do esperado, de 8,8% de alfa e 4,1% para beta-ácido e os valores encontrados foram 6,61% e 2,40% de alfa e beta, respectivamente (Tabela

6).

No município da Palmeira os teores médios de alfa e beta ácidos ficaram entre 2,65% e 2,36%, respectivamente. Não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 6). A incidência de oídio (*Podosphaera macularis*) foi diagnosticada em todas as cultivares do experimento, podendo ser a causa dos baixos teores de alfa ácido. Segundo Gent et al. (2014) para cada aumento de 1% de incidência de oídio nos cones, a concentração de alfa ácido diminuiu 0,33%.

Em São Joaquim, as cultivares Chinook e Columbus obtiveram valores de 3,69 e 3,77 para alfa-ácido e 3,30 e 3,37 para beta-ácido, respectivamente, diferenciando de Cascade. Pinto (2018) avaliando a concentração de alfa ácido do lúpulo Cascade cultivado no Brasil, detectou teor de 5,0% para alfa-ácido e 3,0% de beta-ácido.

Avaliando as mudanças químicas da cultivar Cascade produzidos em diferentes partes do mundo, Rodolfi et al., (2019) concluíram que Cascade esloveno e alemã foram caracterizadas por um maior teor de beta-ácidos em comparação com o amostra de referência USA1. Isto segundo os autores pode dever-se à maior precipitação média mensal registrada na Alemanha e Eslovênia em comparação com a amostra USA1. Esses dados confirmam a influência das precipitações na produção de alfa- ácidos. Nos atuais experimentos, segundo os apêndices 1, 2 e 3 as médias das precipitações pluviométricas foram maiores para o município de Lages, entretanto avaliando numericamente os teores de beta ácidos ( $r=0,97$ ), não foi observado esse aumento de teor relacionado a precipitação. Apenas houve correlação positiva da variável alfa-ácido com beta-ácido no município de Lages (Apêndice 4).

Contudo, a acumulação de polifenóis de lúpulo, xanthohmol (CEH et al. 2007) e finalmente humulona ou a-ácidos (CEH et al. 2007et al. 2008, MOZNY et al. 2009, KucERA e KROFTA 2009) depende do suprimento de água e das temperaturas do ar durante o estágio vegetativo do lúpulo e particularmente durante a maturidade tecnológica de cones de lúpulo (SRECEC et al 2011). Os ácidos alfa e beta começam a acumular-se desde o início do estágio de floração (De Keukeleire et al., 2007). Altas temperaturas inibem o acúmulo de ácidos alfa e beta em lúpulo (De KEUKELEIRE et al., 2007; MOZNY et al., 2009).

Em experimento realizado por Silva (2019) avaliando teores de alfa e beta ácidos de diferentes cultivares de lúpulo produzidos no Brasil, constatou que para

todas as cultivares avaliadas os teores foram abaixo do esperado. Nos resultados obtidos por aquela pesquisa, os teores para cohumulona, N+adhumulona, colupulona e n+adlupulona da cultivar Cascade foram, 0,56; 1,27; 0,68; 0,57, respectivamente. No atual experimento, nos três locais de estudo observa-se valores similares para 'cohumulona', diferindo para as outras variáveis avaliadas. Contudo, a proporção de humulonas e cohumulonas são dependentes diretamente da variedade de lúpulo (HARDWICK, 1994; VERZELE, 1986). Entretanto em publicações mais recentes De Keukeleire et al., (2007) e Mozny et al., (2009) relataram que variações nas concentrações desses teores em uma cultivar específica são devido às condições meteorológicas e disponibilidade de água durante a estação de crescimento.

Segundo Hardwick (1994) e PINTO (2018), dois parâmetros importantes para a avaliação da qualidade de um lúpulo são a relação de cohumulona e a relação entre os alfa e beta-ácidos. Os valor de relação entre alfa e beta-ácido varia entre 1 e 4 e aumenta de acordo com o crescimento da planta, sendo que os lúpulos denominados de maior qualidade possuem quantidades iguais desses compostos (DE KEUKELEIRC, 2000; BOULTON, 2013; PINTO 2018). Observa-se que a relação entre alfa e beta ácidos para as três cultivares em comum municípios obtiveram valores médios de situados entre 1,5 e apenas a cultivar Yakima Gold a relação foi acima de 2,0 (Tabela 6).

As cohumulonas são a fração mais relevante na escolha de uma variedade de lúpulo pelos cervejeiros, já que ela é associada a uma baixa qualidade de amargor, com um amargor mais áspero em comparação com os outros homólogos. Portanto, uma medida utilizada para avaliação de qualidade no lúpulo é a taxa de cohumulona: %cohumulona/ % alfa-ácido ( PINTO, 2018; DE KEUKELEIRC, 2000; HARDWICK, 1994; VERZELE, 1986). Segundo Nesvadba e Krofta (2007) degustando cerveja com vários conteúdos de cohumulona mostraram que cervejas fabricadas com lúpulos com menor proporção de cohumulona (15-20%) apresentaram amargura neutra não distintiva. E cervejas feitas com lúpulo com proporção média de cohumulona (20-30%) a amargura mais agradável é geralmente alcançada. O amargor sensorial mais alto é típico para cervejas feitas de lúpulo com relação de cohumulona entre 30-40%. A amargura áspera e desagradável é característica das cervejas preparadas de lúpulos com razão cohumulona acima de

40%.

No experimento de Lages a relação de cohumulona obteve valores entre 19,36% (Yakima Gold) e 24,19% (Columbus) para o município de Lages.

Esses resultados podem ser relacionados a identidade de cultivo, denominado como *terroir* que envolve vários fatores bióticos e abióticos, estritamente relacionados a um território definido. O *terroir* pode ser determinado por uma estrutura distinta do solo, composição, altitude, posição e pelo regime de precipitação; todos esses aspectos, típicos de uma determinada zona de cultivo, inevitavelmente afeta as propriedades dos produtos finais (FORONI 2017).

Tabela 6 - Teor de alfa e beta ácido e óleo essencial total de cones de lúpulo em Lages-SC, durante o ciclo agrícola de 2019.

Cultivar	Cohumulona		N+adhumulona		Colupulona		N+adlupulona		a-ácido		b-ácido	
	%		%		%		%		%		%	
Lages-SC												
Chinook	0,56	b	1,79	B	1,20	ab	0,90	b	2,35	b	2,10	ab
Columbus	0,68	b	2,13	B	1,29	a	1,00	b	2,81	b	2,28	ab
Cascade	0,61	b	2,23	B	0,99	b	0,79	b	2,84	b	1,78	b
Yakima Gold	1,28	a	5,32	A	0,99	ab	1,41	a	6,61	a	2,40	a
C.V %	14,76		14,36		12,72		13,61		14,29		12,89	
Média Geral	0,78		2,86		1,11		1,02		3,65		2,14	
Palmeira-SC												
Chinook	0,73	ns	2,02	ns	1,37	ns	0,94	b	2,76	ns	2,31	ns
Columbus	0,65		1,79		1,33		0,89	b	2,43		2,22	
Cascade	0,67		2,09		1,43		1,12	a	2,76		2,55	
C.V%	10,49		9,26		1,12		8,07		9,53		9,19	
Média Geral	0,68		1,96		1,37		0,98		2,65		2,36	
São Joaquim-SC												
Chinook	0,90	a	2,79	A	1,85	a	1,45	a	3,69	a	3,30	a
Columbus	0,89	a	2,88	A	1,86	a	1,51	a	3,77	a	3,37	a
Cascade	0,48	b	1,66	B	1,18	b	0,97	b	2,14	b	2,15	b
C.V%	16,41		16,25		17,58		16,84		16,28		17,24	
Média Geral	0,75		2,44		1,63		1,31		3,20		2,94	

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $<0,05$ ). ns: não significativo ( $p>0,05$ ).

### 5.3.15 Perfil aromático

A análise do perfil aromático foi realizada com os cones de primeiro ano da safra colhida no município de Lages-SC.

Dezoito compostos voláteis foram encontrados usando HS-SPME-CG/MS (Tabela 7), sendo os terpenos os compostos majoritários encontrados, correspondendo a 95,10% para Columbus, 94,90% para Yakima Gold, 96,40% para Cascade e 95,51 para Chinook. Quatro voláteis foram comuns entre as quatro cultivares,  $\beta$ -Thujene,  $\alpha$ -chamigrene, propionato de linalila e 1-fenil-5-metil-1-hexanona (Tabela 7). Dois compostos foram encontrados apenas na cultivar Yakima Gold, e os compostos  $\alpha$ -Phellandrene e  $\beta$ -Farneseno identificados nas cultivares Columbus e Chinook. Os compostos cariofileno e humuleno não foram identificados nas cultivares avaliadas.

A cultivar Columbus, mostrou-se uma maior quantidade de mirceno com área de 83,36%,  $\beta$ -tujene 3,98%, e identificou-se uma pequena quantidade de  $\beta$ -farneseno de 1,63% que não foi descrita na literatura (HEALEY, 2016). Silva (2019) estudando o perfil de compostos voláteis do lúpulo brasileiro, também identificou 0,95% de farneseno na cultivar Columbus. Segundo Krofta (2003) e Liu et al. (2018) o  $\beta$ -farneseno é considerado um composto de aromático de lúpulos de boa qualidade. A descrição dos aromas para essa cultivar seguindo os compostos majoritários encontrados nas análises são, resinoso forte, herbáceo, com notas de hortelã.

Lúpulos colhidos em diferentes estações do ano proporcionam perfil de compostos voláteis diferentes mesmo para a mesma cultivar, segundo estudo do Silva (2019), foi o que constatou para a cultivar Cascade, a concentração de mirceno no inverno obteve valores de 94,6% e no verão 42,8%. O mirceno contribui significativamente para o aroma de lúpulo fresco e sua concentração diminui drasticamente durante o armazenamento aeróbico dos cones e, mais importante, durante a elaboração de cerveja (Nance, 2011; Rettberg 2018).

Nos resultados obtidos em Lages, segundo a tabela 7 os voláteis detectados por HS-SPME/GC-MS para a cultivar Cascade,  $\beta$ -mirceno, tujeno, (E)- $\beta$ -Farneseno foi de 85,58%, 4,00%, 1,66%, respectivamente. Também foram detectados dois álcoois, ocimenol e álcool benzílico, p,  $\alpha$ -dimetil. Segundo a descrição dos aromas refere-se a notas de citros, floral com nuances de maçã verde.

A cultivar Chinook (Tabela 7), mostrou-se porcentagem dos terpenos de 77,92%, 3,02%, 10,93%, para  $\beta$ -Mirceno,  $\beta$ -Thujene e  $\beta$ -Farneseno, respectivamente e 0,95% para o álcool Ocimenol e composto classificado como

“outros” de 0,57% de Propionato de linalila. Segundo a descrição dos aromas refere-se a notas de pinho, frutas vermelhas, citrus e especiarias.

A cultivar Yakima Gold (Tabela 7), de acordo Variety manual hop growers of américa (2018), apresenta mirceno na faixa de 45-50%, humuleno 21-25% e cariofileno 6-8% e farneseno 9-10%. Contudo, nas análises feitas com essa cultivar (Tabela 10), mostrou-se uma maior quantidade de  $\beta$ -Terpineno com área de 78,42 %,  $\beta$ -tujene 3,98%, e  $\beta$ -(E)-bergamoteno 0,12% juntamente com uma pequena quantidade de farneseno de 1,63%, esses dois últimos compostos segundo Krofta (2003) são classificados como compostos encontrados em lúpulos com qualidade química. A descrição dos aromas se enquadra com o relatado na literatura, com notas de citrus e maracujá.

Essas diferenças na composição dos voláteis podem ser causadas por vários fatores, como genética, tempo de maturação, geografia, fatores ambientais, métodos de extração usados para obter os voláteis; estação do ano em que o lúpulo foi colhido, procedimentos pós-colheita, como amadurecimento, processamento de lúpulo e método de armazenamento (RETTBERG et al 2018; SILVA 2019).

Tabela 7. Perfil de compostos voláteis identificados nas cultivares de lúpulo.

Nº	Composto	RT <sup>a</sup>	Area %				Descritor de aroma <sup>b</sup>
			Columbus	Yakima Gold	Cascade	Chinook	
Terpenos							
1	α-Phellandrene	4.09	0,44 ± 0,27				
2	α-Sabineno	4.09/14.2	0,10 ± 0,12	0,11 ± 0,26	0,29 ± 0,18		terebintina, hortelã e especiaria
3	β-Mirceno	5.25	83,86 ± 8,10		85,58 ± 6,96	77,92 ± 8,37	pimenta, terebintina, madeira
4	β-Terpineno	5.26		78,42 ± 6,37			madeira, verde, erva
5	β-Thujene	5.81	3,98 ± 2,40	3,83 ± 2,13	4,00 ± 0,60	3,02 ± 0,51	madeira, citrus
6	α-Thujene	5.99	0,89 ± 0,14				madeira, verde, erva
7	Mirceno	5.99		0,60 ± 1,28	2,42 ± 0,82	0,51 ± 0,10	balsâmico, especiaria
8	(E)-β-Farneseno	6.98/14.2	0,14 ± 0,02		1,66 ± 1,09	1,14 ± 1,00	cítrico, herbácio, maçã verde
9	β-(E)-bergamoteno	14.2		0,12 ± 0,05			madeira, chá
10	β-Farneseno	14.48/15.14	1,63 ± 0,55			10,93 ± 4,08	madeira, citrus, doce
11	(Z)-β-Farneseno	15.14		tr	0,81 ± 1,70		madeira, citrus, doce
12	α-Chamigrene	16.42	4,06 ± 0,76	11,81 ± 6,75	1,64 ± 1,34	1,60 ± 0,98	
Alcoóis							
13	Ocimenol	6.98		0,14 ± 0,07	0,12 ± 0,08	0,95 ± 0,28	citrus fresco, flor
14	Alcool benzílico, p, α-dimetil	14.48		0,99 ± 0,27	2,26 ± 1,12		
Outros							
15	2-etil-6-metilpiridina	14.48				0,84 ± 0,12	
16	Propionato de linalila	15.81	0,65 ± 0,64	0,54 ± 0,27	0,12 ± 0,84	0,57 ± 0,71	floral
17	1-fenil-5-metil-1-hexanona	16.70	4,25 ± 0,84	3,42 ± 1,05	1,10 ± 1,06	2,13 ± 1,03	

bACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2004. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: junho. 2019.

a NIST. National Institute of Standards and Technology. Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, version 2.0. 2014.

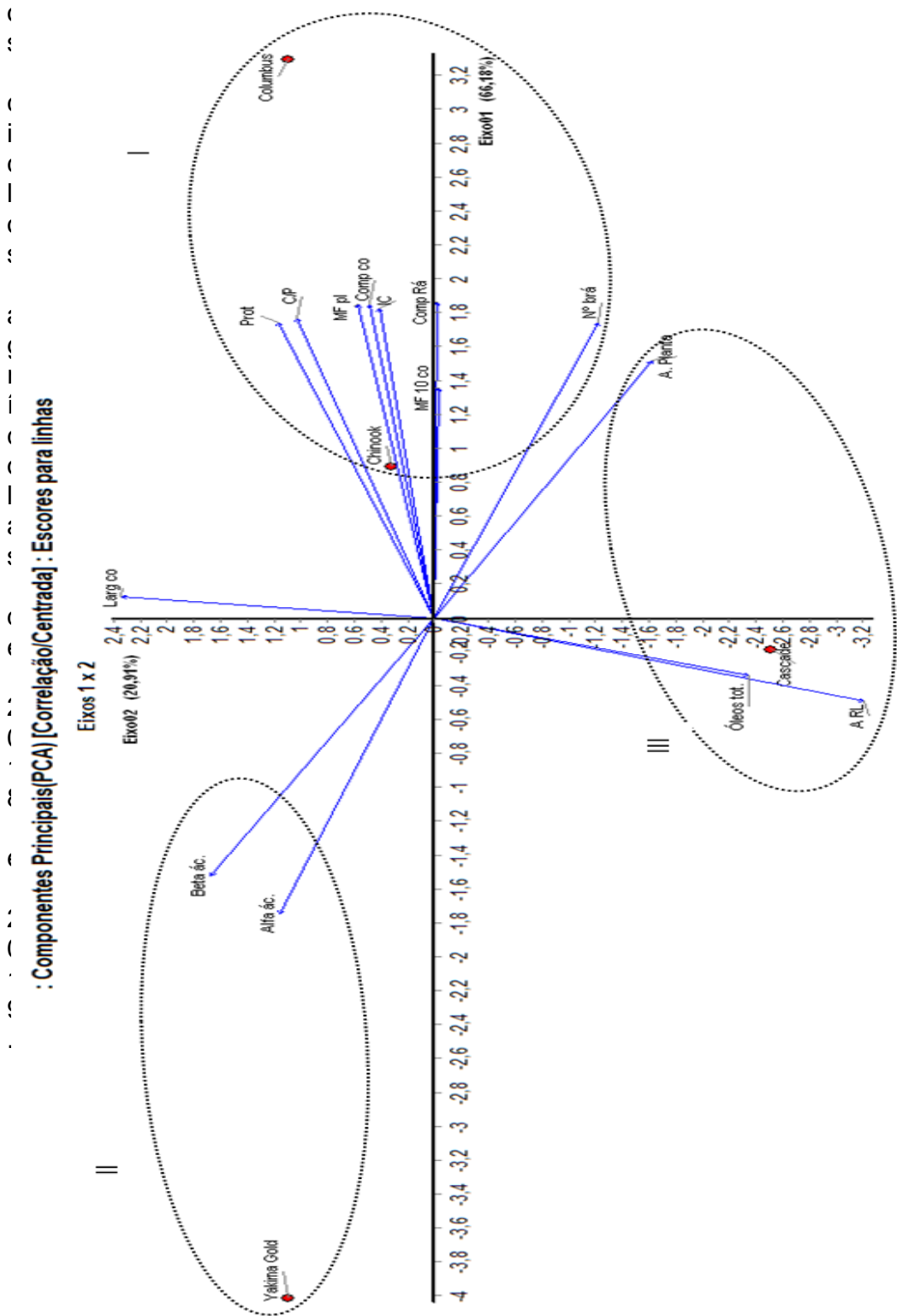
### 5.3.15 Análise Multivariada

Através da análise dos componentes principais foi realizada a análise multivariada para compreender quais as variáveis que melhor discriminaram as cultivares avaliadas para o município de Lages. Os componentes principais (CP1 e CP2) conseguem explicar 87,1% da variação total das cultivares em relação às variáveis altura de plantas, altura de inserção do ramo lateral, índice de cone, produtividade, massa de cone, número de cone por planta, massa fresca de planta, comprimento de cone, largura de cone, número de brácteas, comprimento de ráquis, alfa ácido, beta ácido, óleo essencial (Gráfico 17).

A contribuição do CP1 para a variação total foi de 66,18%, e este foi o componente que melhor discriminou as cultivares avaliadas. De tal modo com a CP1 foi possível discriminar dois grupos de cultivares. Observa-se que as cultivares Columbus e Chinook possuem maior relação com as variáveis massa fresca de dez cones, comprimento de ráquis, índice de cone, comprimento de cone, massa fresca de planta, cone por planta e produtividade estimada. Por outro lado, se verifica que a cultivar Yakima Gold possui maior relação com as variáveis alfa e beta ácido.

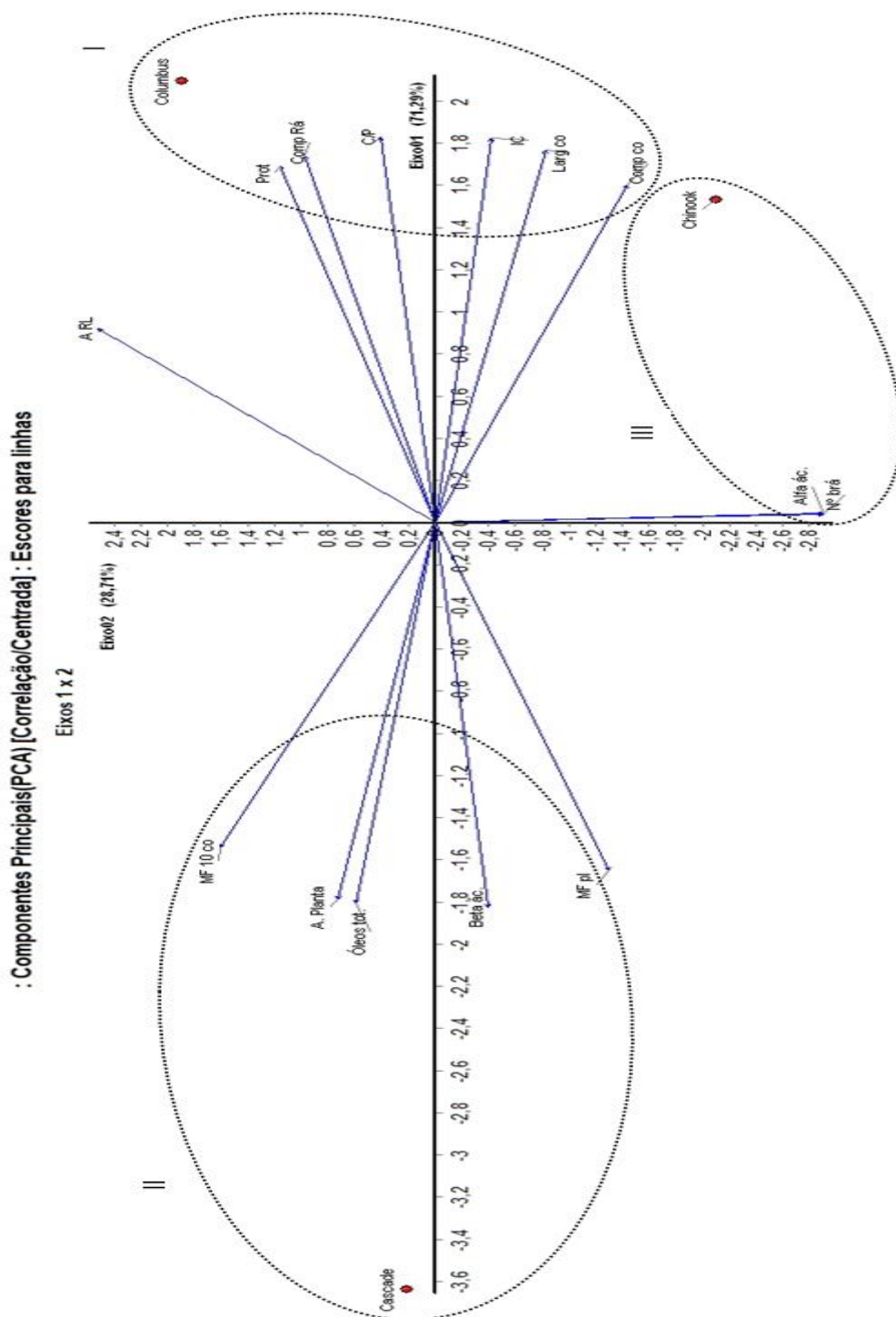
Posteriormente com o grupo que se relaciona com o eixo 2, onde constata-se uma contribuição de 20,91 % para a variação total, verifica-se que a cultivar Cascade possui maior relação com as variáveis óleos totais, altura do ramo lateral e altura de planta.

Gráfico 17- Análise dos componentes principais (PCA) para altura de plantas (AP); altura de inserção do ramo lateral (ARL), índice de cone (IC); produtividade (Prod); massa de cone (MC); número de cone por planta (CP); massa fresca de planta (MP); comprimento de cone (CC); largura de cone (LC); número de brácteas (NB); comprimento de ráquis (CR); alfa ácido (AA); beta ácido (BA); óleo essencial (OE) para as cultivares de lúpulo avaliadas em Lages, durante



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

Gráfico 18- Análise dos componentes principais (PCA) para altura de plantas (AP); altura de inserção do ramo lateral (ARL), índice de cone (IC); produtividade (Prod); massa de cone (MC); número de cone por planta (CP); massa fresca de planta (MP); comprimento de cone (CC); largura de cone (LC); número de brácteas (NB); comprimento de ráquis (CR); alfa ácido (AA); beta ácido (BA); óleo essencial (OE) para as cultivares avaliadas em São Joaquim-SC durante o ciclo agrícola de 2019.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

Para o município de São Joaquim as componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 100,00% da variação total das cultivares em relação às variáveis altura de plantas, altura de inserção do ramo lateral, índice de cone, produtividade, massa de cone, número de cone por planta, massa fresca de planta, comprimento de cone, largura de cone, número de brácteas, comprimento de ráquis, alfa ácido, beta ácido, óleo essencial (Gráfico 18).

De tal modo foi possível a caracterização de dois grupos de cultivares. Observa-se que 'Columbus', possui maior relação positiva com as variáveis produtividade, comprimento de raquis, cone por planta, índice de cone, largura e comprimento de cone e negativa com as demais. Por outro lado, verifica-se que a cultivar Cascade possui relação positiva com as variáveis, altura de planta, massa fresca de cone e de planta, óleos essenciais totais e beta ácidos e negativa com as demais.

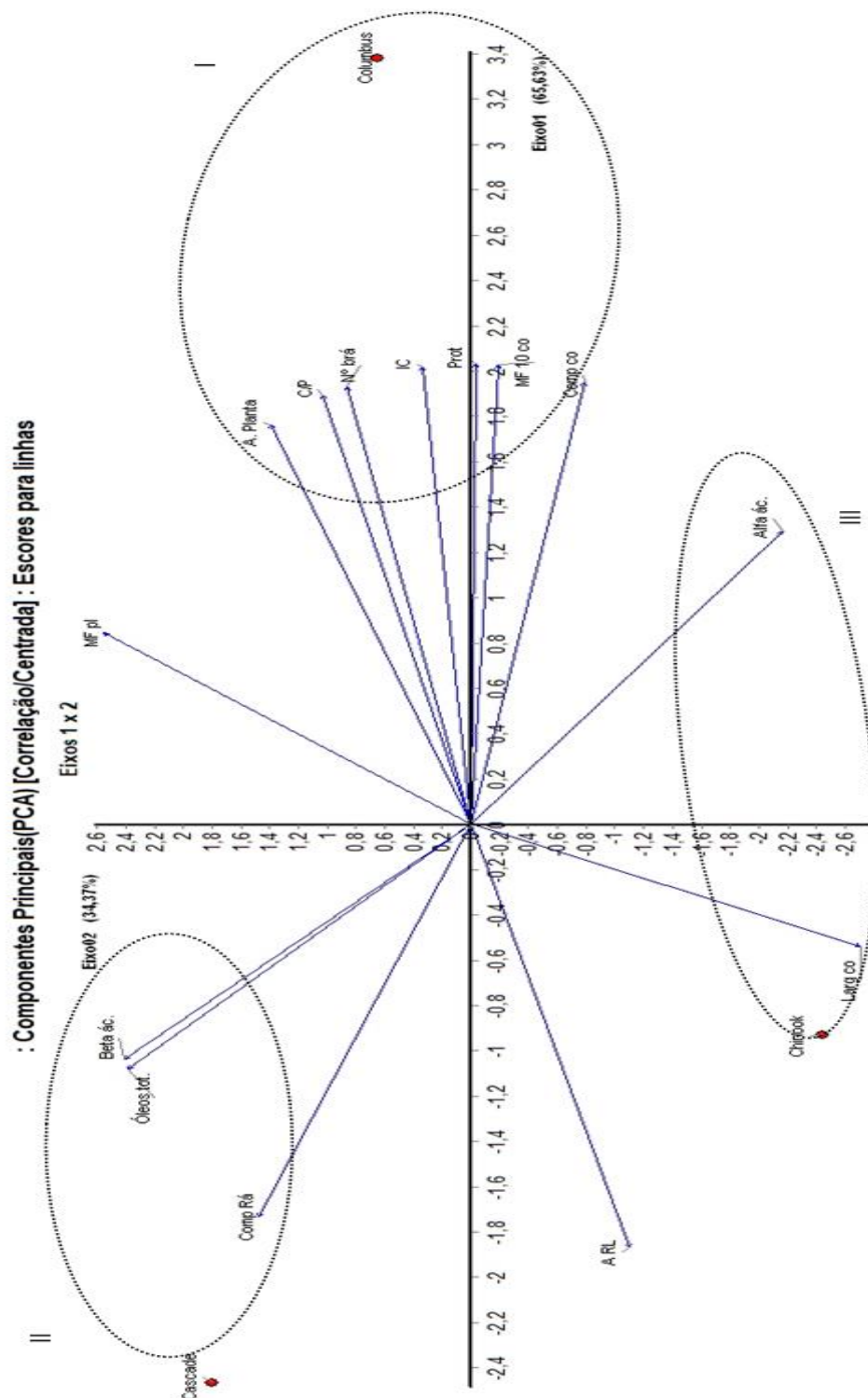
Verifica-se que a Chinook possui relação positiva com as variáveis alfa ácido e número de brácteas. A principal característica dessa cultivares são para alfa e número de bracteas, porém assemelha-se a Columbus.

Os componentes principais da área experimental de Palmeira (Gráfico 19) explicam 100,00 % da variação total das cultivares em relação às variáveis altura de plantas, altura de inserção do ramo lateral, índice de cone, produtividade, massa de cone, número de cone por planta, massa fresca de planta, comprimento de cone, largura de cone, número de brácteas, comprimento de ráquis, alfa ácido, beta ácido, óleo essencial.

A contribuição do CP1 para a variação total foi de 65,63 %, e este foi o componente que melhor discriminou as cultivares avaliadas. De tal modo com a CP1 foi possível de discriminar dois grupos de cultivares. Observa-se que a Columbus, possui maior relação com as variáveis: altura de planta, número de cones por planta, número de brácteas, índice de cone, produtividade, massa fresca de planta e de dez cones, comprimento de cone. Por outro lado, verifica-se que a cultivar Cascade possui maior relação com as variáveis beta ácidos, comprimento de ráquis e óleos totais.

Posteriormente com o grupo que se relaciona com o eixo 2, onde constata-se uma contribuição de 34,37% para a variação total, verifica-se que a 'Chinook' possui maior relação com as variáveis altura de ramo lateral e largura de cone.

Gráfico 19 - Análise dos componentes principais (PCA) para altura de plantas (AP); altura de inserção do ramo lateral (ARL), índice de cone (IC); produtividade (Prod); massa de cone (MC); número de cone por planta (CP); massa fresca de planta (MP); comprimento de cone (CC); largura de cone (LC); número de brácteas (NB); comprimento de ráquis (CR); alfa ácido (AA); beta ácido (BA); óleo essencial (OE) para as cultivares avaliadas em Palmeira-SC, durante o ciclo agrícola 2018/2019.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

### 5.3.16 Outras observações

Na safra de 2018-2019 na área experimental de Lages, foram observadas o sintoma de escurecimento na ponta das brácteas dos cones (Figura 15). No laboratório de fitopatologia da UDESC/CAV foram identificados que esses sintomas são causados pelo patógeno Alternária (*Alternaria alternata*). Fungo necrotrófico que sobrevive em restos culturais, sendo medidas de controle preventivo evitar a colheita tardia dos cones, pois quanto mais tempo se deixar os cones em um ambiente susceptível à incidência do fungo mais rápido será a degradação da qualidade química dos mesmos.

Figura 15 - Necrose da ponta das brácteas do cone de lúpulo causado pelo patógeno Alternaria (*Alternaria sp*).



Fonte: Mariana Mendes Fagherazzi

### 5.3.17 Atividades desenvolvidas para difusão técnico-científicas.

Durante o período de 2017 a 2019 foram realizadas atividades para difusão da cultura do lúpulo: Curso de elaboração de cerveja utilizando lúpulo em flor, formação da Associação Brasileira dos Produtores de Lúpulo, Dia de campo da cultura do lúpulo e o Treinamento técnico da cultura do lúpulo para os técnicos da Epagri.

Figura 16 - Dia de campo da cultura do lúpulo na área experimental do CAV/UDESC realizado em março de 2019. Lages, SC, 2020.



Fonte: Mariana Mendes Fagherazzi

## 5.4 CONCLUSÃO

Diferentes cultivares de *Humulus lupulus* L. se diferenciaram nos caracteres agrônômicos e químicos avaliados entre as safras 2017/2018 e 2018/2019 nos três diferentes locais.

Os resultados observados, para as condições de estudo, demonstram que o lúpulo se desenvolve nas condições avaliadas, e que houve produção de cones desde a primeira safra agrícola.

A quantidade de cones emitidos pelas plantas de lúpulo determina a produção.

Cultivares vigorosas necessitam de sistema de condução maior que 4,5 metros de altura.

A cultivar Columbus é indicada para as três micro-regiões de estudo por apresentar elevada produtividade quando comparado entre as demais.

As concentrações de alfa e beta-ácido dos cones de 'Columbus', 'Chinook' e 'Cascade' estavam abaixo dos valores relatados para todas as cultivares.

O rendimento de cones aumentou entre a primeira safra e a segunda para 'Cascade' 'Columbus' e 'Yakima Gold' no município de Lages.

Através dos resultados obtidos se confirma que o cultivo do lúpulo se torna uma alternativa promissora para os agricultores do Planalto Sul Catarinense.



## 6. FIRST REPORT OF *PODOSPHAERA MACULARIS* CAUSED POWDERY MILDEW OF HOP PLANTS IN BRAZIL

Hops (*Humulus lupulus* L.) is a dioecious perennial climbing plant and imported from traditional hop-producing countries. The world's hop production is concentrated in the Northern Hemisphere. In the Southern Hemisphere, some of the leading hop-producing countries include South Africa, Australia, and New Zealand. Brazil started producing hops less than 5 years ago.

Hop cultivation in Brazil is concentrated in an area of 18 hectares with most of the production fields located in the southern states of Brazil between latitudes 23° and 33°. In January 2019, amphigenous white powdery circular fungal colonies were observed on the leaves and stems in a cultivar Chinook hop yard of 900 m<sup>2</sup> in Lages city, Santa Catarina state.

No chasmothecia was observed. The fungal infestation was present in 100 plants. Diseased foliage was collected to identify the pathogen and to inoculate healthy plants. Mycelia were hyaline and septate and 100 conidia were measured. Conidia were hyaline, barrel-shaped, 25–27 × 13–18 µm, with fibrosin bodies, and borne in chains. Conidiophores were erect with cylindrical foot cells and the morphological characters matched the description of *Podosphaera macularis* (BRAUN 1987; MAHAFFEE et al., 2009). A conidial suspension using 200 ml of distilled water and one drop of polyoxyethylene sorbitol ester was prepared to conduct a pathogenicity test. With the prepared suspension,  $1.4 \times 10^5$  spores ml<sup>-1</sup> was quantified using a hemocytometer. The plants used in the pathogenicity test were nine months old. Ten (10) plants were each inoculated with 5 ml of the suspension, using a spray, and 10 plants were used as a control, only sprayed with water. After the inoculation, plants were maintained at 22°C ± 1°C with a 12-hour photoperiod and 65% ± 10% relative humidity. After 10 days, the plants were inspected, and the results showed that the inoculated plants presented the same symptoms that were observed in the affected yield plants. With 100% inoculated plants, severity ranged between 2% and 5%.

The researchers first observed the powdery symptoms in the younger leaves as circular white fungal colonies, whereas the control plants did not develop powdery mildew. Microscopic observation confirmed the presence of hyaline, barrel-shaped conidia matching the description of *P. macularis*. DNA was extracted from the fresh

conidia collected with sterile brushes from the infected tissues using a Wizard Genomic DNA Purification kit to confirm this identification (Promega, USA). The polymerase chain reaction using primers ITS1/ITS4 (White et al. 1990) and Sanger sequencing (ACTGene) were performed. The resulting 522-bp sequence was deposited into GenBank (accession no. MN630490). The search tool BLASTn showed a 99.81% sequence identity with the CT1 isolate of *P. macularis* from *H. lupulus* (MH687414).

Currently, there is no other report of this disease in Brazil. In this context, this work could help producers, technicians, and researchers to be alert and identify the causal agent by the symptoms in diseased tissues in the field. Research related to the knowledge of the pathogen-host relationship cycle, epidemiology and control strategies for the integrated management of a disease that might be frequent and significant for hop culture should be conducted, as there are no registered products in Brazil.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao longo desses dois anos e meio de pesquisa com o lúpulo, nos tornamos um centro de referência em pesquisa e práticas de manejos fitotécnicos com a cultura do lúpulo. Os resultados obtidos nesse estudo são de grande valia para a comunidade científica, assim como para os produtores que desejam iniciar o cultivo de lúpulo no Planalto Sul Catarinense.

As tendências recentes na comercialização de produtos agrícolas produzidos localmente podem resultar em maior apelo às cervejarias artesanais utilizarem o lúpulo brasileiro do que importar essa matéria prima cervejeira.

A identificação do oídio do lúpulo e alternária abre portas para futuras pesquisas relacionadas ao manejo da doença e registro de produtos fitossanitários.

Todavia, há muita pesquisa a ser realizada para que a cultura se desenvolva de forma eficaz, como diferentes sistemas de condução, densidade de plantio, ramos tutorados por sisal dentre outras variáveis que podem ser estudadas. Serão alguns anos de aprendizado e aperfeiçoamento de técnica para quem sabe chegarmos a suprir nossa demanda interna e um passo mais longo sermos fornecedores do lúpulo para outros países.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAM, V.; CEH, B.; VIDMAR, M.; HERCEZI, M.; LAZIC, N.; BUCIK, V.; MOZINA, S. S.; KOSIR, I. J.; KAC, M.; DEMSAR, L.; ULRICH, N. P. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial crops and products*. V. 64, p. 124-134, 2015.

ALMAGUER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E. K.; BECKER, T. Comparative study of the contribution of hop (*Humulus lupulus* L.) hard resins extracted from different hop varieties to beer quality parameters. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. V. 73, n. 2, p. 115-123, 2015.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. METHODS OF ANALYSIS, online. Hops -1 Sampling, -4C Moisture, -6  $\alpha$ - and  $\beta$ - acids in hops and hop pellets, -12 Hop storage index, -13 Total essential oil in hops and hop pellets by steam distillation, -14  $\alpha$ - and  $\beta$ - acids in hops and hop extracts by HPLC, -17 Hop essential oils by capillary gas-chromatography-flame ionization detection. The Society, St. Paul, MN, 2012.

ANDRIOLO JL; FALCÃO LL. 2000. Efeito da poda de folhas sobre a acumulação de matéria seca e sua repartição para os frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8: 75-83.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. Dados do setor, 2015. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/dados-do-setor/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/) Acesso em: setembro, 2017.

BARTH, H.J., C. KLINKE, AND C. SCHMIDT. The hop atlas: The history and geography of the cultivated plant., Nuremberg, Germany.1994.

BENITEZ, J. L., FORSTER, A., DE KEUKELEIRE, D., MOIR, M., SHARPE, F. R., VERHAGEN, L. C., et al.EBC-Manual of good practice: Hops and Hop Products. Hans Carl-Verlag, Nürnberg. 1997.

BRASIL. Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, v. 134, n. 248, 04 jun. 2009. Seção 1, p. 27834-2784.

BOWN, D. (1995) Encyclopedia of Herbs and Their Uses. Dorling Kindersley, London.p. 424

BURGESS, A.H., Hops, botany, cultivation and utilization. ed. Polunin, N. Interscience Publishers, New York ,1964.

CANBAŞ, A.; ERTEN, H.; ÖZŞAHİN, F. The effects of storage temperature on the chemical composition of hop pellets. Adana: Elsevier, 2001.

CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; EBERHARDT, E.L. Balanço hídrico agroclimático para Lages, SC. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 2, n. 2, p. 118-130, 2003.

CARTER, P.R., et al. Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin-Madison 2002. Disponível em: <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/atcm/Hop.html>. Acesso em 01 de março de 2018.

CASTRO, P.R.C. Ação do cep a  $\epsilon$  do ácido giberélico na frutificação da videira 'niagara rosada'. Volume xxxii 1975 p 99 113 Anais de E.S.A Luiz de Queiróz.

CAPPER A, DARBY P. What makes British Hops Unique in the world of Hop Growing? British Hop Association. IBD Asia Pacific Convention, 24th March 2014.

CEH, B., KA<sup>^</sup>, M., KO[IR, I. J., ABRAM, V., 2007: Relationship between xanthohumol and polyphenol content in hop leaves and hop cones with regard to water supply and cultivar. International Journal of Molecular Sciences 8, 989–1000.

ČEH B., ZMRZLAK M. Tehnološka zrelost hmelja / Technological maturity of hop. Kmeč. glas, 23. avg. 2006. 2006; 63(34): 9.

CLEVELY, A. E RICHMOND, K., (1997). Guía de las Hierbas. Editorial Ágata, Madrid, Espanha.

CORNELL, M. Hist-brewing: Hops-was “Ageing mead”. 2011. Disponível em: <http://www.pbm.com/pipermail/hist-brewing/2001/003188.html>. Acesso em: 02 de novembro de 2017.

DE KEUKELEIRE, J. et al. Relevance of organic farming and effect of climatological conditions on the formation of  $\alpha$ -Acids,  $\beta$ -Acids, Desmethyloxanthohumol, and Xanthohumol in Hop (*Humulus lupulus* L.). *J. Agric. Food Chem.* 55, 61–66. 2007.

DENOMA, J.S., (2000). *Humulus Genetic Resources*. Hop. USDA ARS National Clonal Germplasm Repository, Corvallis, Oregon.  
<http://www.arsgrin.gov/ars/PacWest/Corvallis/ncgr/humulus/huminfo.html>  
 DUKE, J.A., *Humulus lupulus* L. Handbook of Energy Crops. 1983.

EBC-Manual of good practice: Hops and Hop Products. Hans Carl-Verlag, Nürnberg. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 745p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

EVANS, R., 2003. Hop management in water-short periods. Washington State University Fact Sheet: EM4816, Drought Advisory. <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/em4816/em4816.pdf> (Accessed 08 March 2012).

FARAG, M. A.; WESSJOHANN, L. A. Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations: In comparison to its metabolomic fingerprint. Cairo: Journal of Advanced Research, 2012.

FARAGÓ, J.; PŠENÁKOVÁ, I.; FARAGOVÁ, N. The use of biotechnology in hop (*Humulus lupulus* L.) improvement. *Nova Biotechnol.* v. 9, p. 279-293, 2009.

FERREIRA, D.F. Sisvar versão 4.2. Lavras: DEX/Ufla, v.79, 2003.

FORONI F, Vignando M, Aiello M, Parma VP, Squartini MG and Rumiati A, RI, the smell of terroir! Olfactory discrimination between wines of different grape variety and different terroir. *Food Qual Prefer* 58:18–23 (2017) Congress. Barth-Haas Research & Publications, Canterbury. 2001.

Forster, A. The quality chain from hops to hop products. In: *Proceeding from the 48th IHGC*.

GENT, D. H., G.G. Grove, M.E. Nelson, S.N Wolfenbarger, and J.L. Woods. 2014. Crop damage caused by powdery mildew on hop and its relationship to late season management. *Plant pathology*. 63:3:625-639

GEORGE, E.A., 2001. Crop profiles for hops in Washington. <<http://www.ipmcenters.org/cropprofiles/docs/wahops.html>> acesso em 20 de junho 2019.

GREATLAKES HOPS. Disponível em: <<https://www.greatlakeshops.com/>> acesso em: 20 de junho de 2018.

GRILIC, V. DABROWSKI, B. Utilisation of waste hop foliage by solvent extraction. *Bioresource Technology*. p. 7-19. 1994.

GONÇALVES, J. L.; FIGUEIRA, J. A.; RODRIGUES, F. P.; ORNELAS, L. P.; BRANCO, R. N.; SILVA, C. L.; CAMARA, J. S. A powerful methodological approach combining headspace solid phase microextraction, mass spectrometry and multivariate analysis for profiling the volatile metabolomic pattern of beer starting raw materials. *Food chemistry*. v. 160, p. 266-280, 2014.

HIERONYMUS, S. *For The Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness and the Culture of Hops*. Colorado, 2012.

INTERNATIONAL HOP GROWERS' CONVENTION (IHGC). Disponível em: <https://www.usahops.org/enthusiasts/2017---july-ihgc-economic-commission-cou> Acesso em: 01 de março de 2018.

JUDD BARSLUND D. *Hops Production in Virginia: Nutrition, Fungal Pathogens, and Cultivar Trials* Thesis submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

KALIL, Geovanita Paulino da Costa et al . ANELAMENTO E ÁCIDO GIBERÉLICO NA FRUTIFICAÇÃO DA UVA 'MARIA' SEM SEMENTES. *Sci. agric.*, Piracicaba , v. 56, n. 2, p. 317-328, 1999 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-0161999000200010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0161999000200010&lng=en&nrm=iso)>. access on 12 Jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000200010>.

KARABIN, M.; HUDCOVA, T.; JELINEK, L.; DOSTALEK, P. Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. *Biotechnology advances*. v. 33, n. 6, p. 1063-1090, 2015.

KAORU. E.Comparative Morphological Studies On The Hop (*Humulus Lupulus* L.) And The Japanese Hop (*H.Japonicus* Sieb. ET ZUCC.).Plant Breeding Laboratory, Department of Agriculture, Kyusyu University.

KASKONAS, P.; STANIUS, Z.; KASKONIEN, V.; OBELEVICIUS, K.; RAGAZINSKIENE, O.; ZILINSKAS, A.; MARUSKA, A. Clustering analysis of different hop varieties according to their essential oil composition measured by GC/MS. Chemical Papers. v. 70, n. 12, p. 1568-1577, 2016.

KNEEN, R. Small scale and organic hops production. British, Columbia, 2003.  
KEUKELEIRE, D. D. Fundamentals of beer and hop chemistry. Química Nova. v. 23, n.1, p.108-112, 2000.

KOLLING, E.; LOCATELLI, R.; MODOLO, A. ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE UM POMAR DE AMEIXA (*Prunus salicina*).Revista Varia Scientia Agrárias. v. 01, n. 01, p. 143-151, 2010.

KRAMER, B.; THIELMANN, J.; HICKISCH, A.; MURANYI, P.; WUNDERLICH J.; HAUSER, C. Antimicrobial activity of hop extracts against food bornepathogens for meat applications. Journal of applied microbiology. v. 118, n. 3, p. 648-657, 2015.

KUERA, J., KROFTA, K., 2009: Mathematical model for prediction of alpha acid contents from meteorological data for 'Saaz' aroma variety. Acta Horticulturae 848, 131–139.

LESKOVAR L. El lúpulo: su cultivo y procesamiento. Buenos Aires. Argentina. 145 p, 1978.

LINKE, W., . La culture du houblon. Dunod, Paris., 1958.

LIU, Z. et al. Rapid differentiation of Chinese hop varieties (*Humulus lupulus*) using volatile fingerprinting by HS-SPME-GC–MS combined with multivariate statistical analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 98, n.10, p. 319-320, 2018.

MARCOS, J. A. M. et al. Guia del cultivo del lúpulo. [ Galícia]: :[ s.n.], 2011.

MAROV, Miha. Vpliv gostote in razporeditve rastlin na rast, razvoj in kakovost hmelja (*Humulus Lupulus* L.) kultivarja 279D112. 2007. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomijo, Univerza V Ljubljani, Ljubljana, 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Secretaria de Comércio Exterior - MDIC/SECEX. Exportação/Importação. Rio de Janeiro, 2008-2018. Disponível em: <[http:// http://comexstat.mdic.gov.br/](http://comexstat.mdic.gov.br/)>. Acesso em: 17 março. 2019.

MENDES FAGHERAZZI, M, et al., A cultura do lúpulo: botânica e cultivars. Revista Agronomia Brasileira, v.1, p.1-3, 2017.

MENDES FAGHERAZZI, M.; RUFATO, L. Produzir lúpulo no Brasil, utopia ou realidade? Revista Agronomia Brasileira, v.2, p.1-2, 2018. doi: 10.29372/rab201803.

MONGELLI et al. Italian hop germplasm: Characterization of wild *Humulus lupulus* L. genotypes from Northern Italy by means of phytochemical, morphological traits and multivariate data analysis. Industrial Crops and Products 70 (2015) 16–27 <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.036> 0926-6690

MOZNY, M. et al. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. Agric. For. Meteorol. 149, 913–919. Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I., 2012. 2009.

MUNIZ, J. et al.; Sistemas de condução para o cultivo de physalis no Planalto Catarinense. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.

NACHTIGAL, J. C. Fruticultura como alternativa produtiva para a metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[www.cifers.t5.com.br/fruticultura/Jair\\_Embrapa.pdf](http://www.cifers.t5.com.br/fruticultura/Jair_Embrapa.pdf)> Acessado em: 3 maio 2018.

NAGEL, J. CULLEY, L. LU, Y. LIU, E. MATTHEWS, P. STEVENS, J. PAGE, J. (2008). EST Analysis of Hop Glandular Trichomes Identifies an O Methyltransferase That Catalyzes the Biosynthesis of Xanthohumol. The Plant Cell. Vol. 20, 186–200.

NANCE, M.; SETZER, R.; WILLIAM, N. Volatile Components of Aroma Hops (*Humulus lupulus* L.) Commonly Used in Beer Brewing. Journal of Brewing and Distilling. 2011, 2, 16–22

NEVE, R.A. 1991. Hops. Chapman and Hall, London, UK. P 266.

PHARIS, R.P., KING, R.W. 1985. Gibberellins and Reproductive Development in Seed Plants. Ann.Rev. Plant Physiol. 36: 517-568.

QUER, P.F. Plantas Medicinales: El Dioscórides renovado. Ed 1. Barcelona: Editorial Labor, 1995.

RICHARD, C. et al., (1999). Hops – *Humulus lupulus* L. (Internet).

ROCHA, Filomena Alexandre dos Santos. Distribuição e ecologia do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) em Portugal. 2005. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade de Minho, Braga, 2005.

RODRIGUES, M.A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. M. Jornada de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócios. Bragança: Livro de Atas. 2015.

RODOLFI, M. et al., Changes in chemical profile of Cascade hop cones according to the growing area. *Journal Science Food Agriculture* 2019; 99: 6011–6019 DOI 10.1002/jsfa.9876

RETTBERG, N.; BIENDL, M.; GARBE, L. Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools - A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. v. 76, n. 1, p. 1-20, 2018.

ROSSBAUER I. Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants, extended BBCH scale. 2nd Edition. Bayer, Novartis: 1-2. 1995.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. *Quím. Nova esc. São Paulo*. v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.

RYBACEK, V. (1991). Hop Production, vol. 16. 1st edition. Holland: Elsevier Science.

RUTH, P. Evaluation of the properties of finnish hops 2018. Degree program in horticulture Lepaa p 99.

SRECEC, S. et al. Dynamics of hop growth and accumulation of  $\alpha$ -acids in normal and extreme climatic conditions. *Agriculturae Conspectus Scientificus*.

SHEPHERD, G.J. FITOPAC 2.1.2. Manual do usuário. UNICAMP, Campinas, 2011.

SCHÖNBERGER, C., & Kostelecky, T. (2011). 125th anniversary review: The role of hops in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 117, 259–267. doi: 10.1002/j.2050-0416.2011.tb00471.x.

SMALL, E. A numerical and nomenclatural analysis of morphogeographic taxa of *Humulus*. *System. Bot.* 3. 37–76, 1978.

SHARP, D. C., TOWNSEND, M. S., QIAN, Y., & SHELLHAMMER, T. H. (2014). Effect of Harvest Maturity on the Chemical Composition of Cascade and Willamette hops. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 72(4), 231-238. doi:10.1094/ASBCJ-2014-1002-01.

SARRAF, C. et al. Gosselin. Agronomic and Nutraceutical Potential of Hops (*Humulus lupulus* L.) Grown in Québec, Canada Proc. IIIrd Int'l *Humulus* Symp. Eds.: J. Patzak and A. Koutoulis *Acta Hort.* 1010, ISHS 2013.

PATZAK, J. et al., Number and size of lupulin glands, glandular trichomes of hop (*Humulus lupulus* L.), play a key role in contents of bitter acids and polyphenols in hop cone. *International Journal of Food Science & Technology*. DOI: 10.1111/ijfs.12825.

PELUZIO, J.M.;FIDELIS, R.R. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantis, entressafra 2005. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 113-118, 2005

THOMAS, G. SCHWABE, W. (1969) Factors controlling flowering in the hop *Humulus lupulus* L. *Ann. Bot.*, 33, 791-3.

USAhops. Disponível em: <https://www.usahops.org>. Acesso em 17 de março de 2019.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: 2006. Versão Digital, 443p.

VARIETY MANUAL HOP GROWERS OF AMÉRICA. HOP GROWERS OF AMERICA. Disponível em: <<https://www.usahops.org/>> acesso em: 20 de junho de 2018.

VASCONCELOS, Y. Inovações cervejeiras. Pesquisa fapesp, n.251, p. 18-25, 2017. Disponível em : <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/01/09/inovacoes-cervejeiras/> Acesso em: 02 de março de 2018.

WAGNER T. Hmeljarstvo. 1. del – skripta. Kmetijski kombinat Žalec: 115 str.1968.

WAGNER T. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. Hmeljarski bilten, 3: 81-88. 1975.

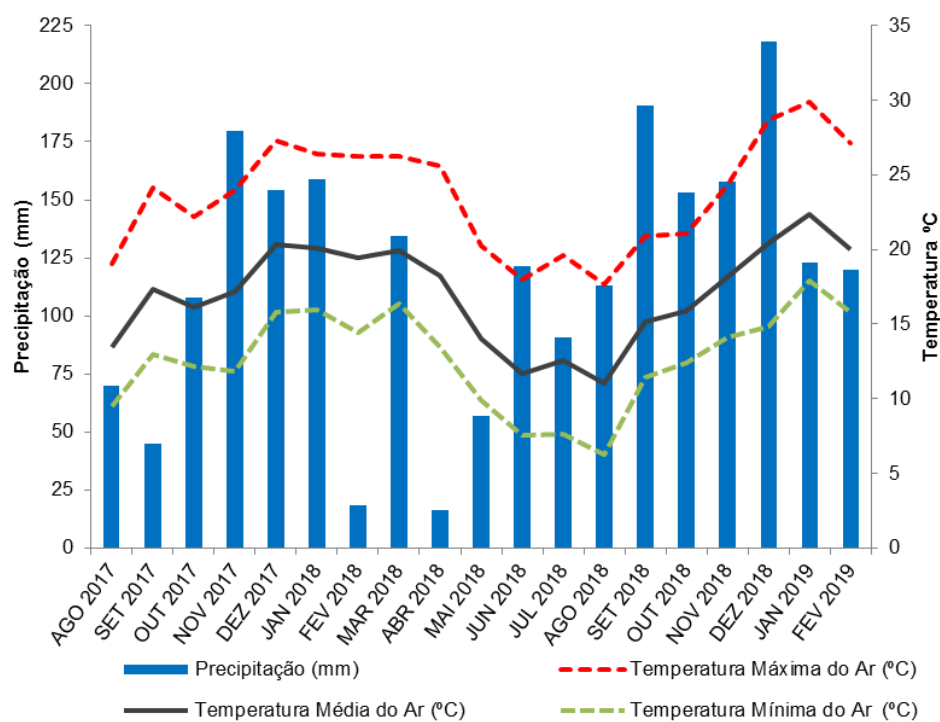
WOODSKE, D. Hop Variety Handbook: Learn More About Hops...Create Better Beer. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012.

ZATTLER, F.; CHROMETZKA, P. Über den Einfluß von Gibberellins iure auf Blfiten und Doldenbildung beim Hopfen (*Humulus lupulus* L.). Theoretical And Applied Genetics, v. 38, n. 5, p.213-218, 1968. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00935270>.



## 10. APÊNDICE

Apêndice 1 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de 2017 a 2019. Lages- SC.



Fonte: Epagri, Ciram 2019.

Estação: LAGES - SC (OMM: 83891)

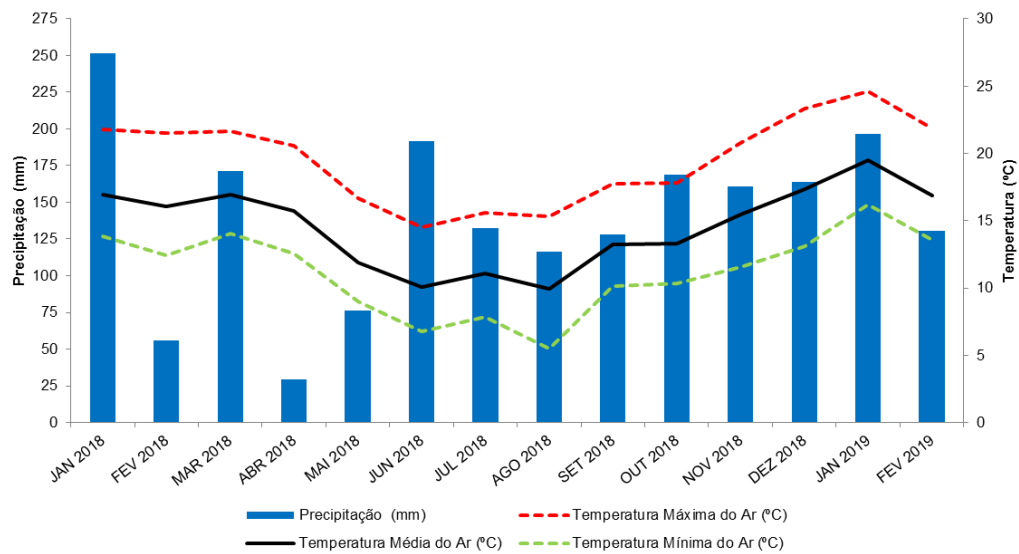
Latitude (graus): -27,81

Longitude (graus): -50,33

Altitude (metros): 936,8

Autor: Mariana Mendes Fagherazzi

Apêndice 2 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de 2018 a 2019. São Joaquim- SC.



Fonte: Epagri, Ciram 2019.

Estação: SÃO JOAQUIM - SC (OMM: 83891)

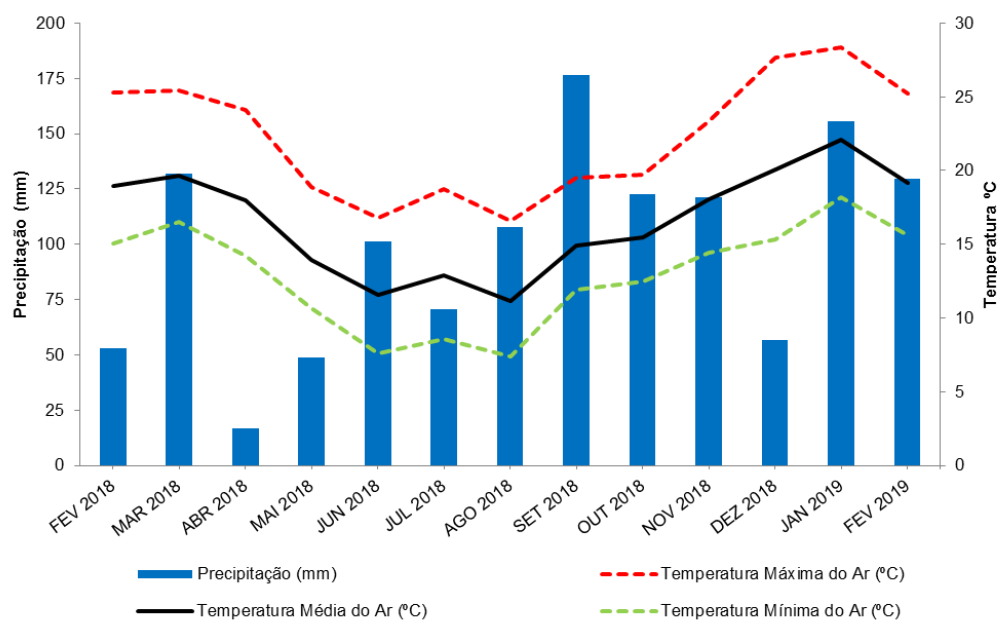
Latitude (graus): -28,28

Longitude (graus): -49,94

Altitude (metros): 1.280

Autor: Mariana Mendes Fagherazzi

Apêndice 3 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de 2018 a 2019. Palmeira- SC.



Fonte: Epagri, Ciram 2019.

Estação: PALMEIRA - SC (OMM: 83891)

Latitude (graus): -27,61

Longitude (graus): -50,15

Altitude (metros): 886,2

Autor: Mariana Mendes Fagherazzi

Apêndice 4 - Correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas no estudo durante o ciclo de avaliação em Lages-SC, durante os ciclos agrícolas de 2018 e 2019.

Variável	AP	ARL	IC	Prod	MC	C/P	MP	CC	LC	NB	CR	AA	BA	OE
AP	-	0,29	0,79	0,90	0,36	0,66	0,69	-0,53	0,70	0,85	0,96*	-0,87	-0,80	-0,02
ARL		-	-0,36	-0,98	-0,24	-0,53	-0,40	-0,75	-0,42	-0,24	0,12	-0,08	-0,25	0,66
IC			-	0,88	0,57	0,98*	0,96*	0,01	0,97*	0,99*	0,88	-0,83	-0,67	-0,38
Prod				-	0,10	0,88	0,71	-0,61	0,75	0,83	0,77	-0,60	-0,39	-0,78
MC					-	0,58	0,78	0,53	0,74	0,63	0,61	-0,77	-0,80	0,36
C/P						-	0,96*	0,17	0,97*	0,95	0,77	-0,74	-0,56	-0,47
MP							-	0,23	1,00**	0,96**	0,85	-0,88	-0,75	-0,20
CC								-	0,21	-0,03	-0,26	0,09	0,08	-0,02
LC									-	0,97*	0,85	-0,86	-0,73	-0,25
NB										-	0,93	-0,90	-0,77	-0,25
CR											-	-0,97*	-0,90	0,04
AA												-	0,97*	-0,19
BA													-	-0,43
OE														-

AP: Altura de plantas (m); ARL: Altura de ramo lateral (m); IC: Índice de cone (nºcone/cm de ramo lateral); Prod: produtividade estimada (kg.ha<sup>-1</sup>); MC: massa de cone (g); C/P: número de cone por planta; MP: massa fresca de planta (kg); CC: comprimento de cone (mm); LC largura de cone (mm); NB: número de brácteas; CR: comprimento de ráquis (mm); AA: alfa ácido (%); BA: beta ácido (%); OE: óleo essencial (ml/100g).

\* significativo (< 0,05 %); \*\* altamente significativo (< 0,01 %).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

**Apêndice 5- Correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas no estudo durante o ciclo de avaliação em São Joaquim-SC, durante o ciclo agrícola 2018/2019.**

Variável	AP	ARL	IC	Prod	MC	C/P	MP	CC	LC	NB	CR	AA	BA	OE
AP	-	-0,28	-0,97	-0,74	0,96	-0,89	0,64	-0,98	-1,00*	-0,35	-0,78	-0,35	0,90	0,99
ARL		-	0,50	0,85	0,00	0,69	-0,92	0,10	0,32	-0,81	0,82	-0,80	-0,67	-0,39
IC			-	0,88	-0,87	0,97	-0,80	0,91	0,98	0,11	0,91	0,11	-0,98	-0,99
Prod				-	-0,52	0,96	-0,99	0,61	0,77	-0,38	1,00	-0,38	-0,96	-0,81
MC					-	-0,73	0,40	-0,99	-0,95	-0,59	-0,58	-0,60	0,75	0,92
C/P						-	-0,92	0,79	0,91	-0,12	0,98	-0,12	-1,00*	-0,94
MP							-	-0,49	-0,67	0,50	-0,98	0,50	0,91	0,72
CC								-	0,97	0,51	0,66	0,51	-0,81	-0,96
LC									-	0,30	0,81	0,31	-0,92	-1,00*
NB										-	-0,31	1,00**	0,09	-0,23
CR											-	-0,31	-0,97	-0,85
AA												-	0,09	-0,24
BA													-	0,95
OE														-

AP: Altura de plantas (m); ARL: Altura de ramo lateral (m); IC: Índice de cone (nºcone/cm de ramo lateral); Prod: produtividade estimada (kg.ha<sup>-1</sup>); MC: massa de cone (g); C/P: número de cone por planta; MP: massa fresca de planta (kg); CC: comprimento de cone (mm); LC largura de cone (mm); NB: número de brácteas; CR: comprimento de ráquis (mm); AA: alfa ácido (%); BA: beta ácido (%); OE: óleo essencial (ml/100g).

\* significativo (< 0,05 %); \*\* altamente significativo (< 0,01 %).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.

Apêndice 06- Correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas no estudo realizado em Palmeira, SC, durante o ciclo agrícola 2018/2019.

Variável	AP	ARL	IC	Prod	MC	C/P	MP	CC	LC	NB	CR	AA	BA	OE
AP	-	-0,99	0,92	0,81	0,67	-0,74	0,97	-0,44	0,84	0,98	0,84	0,14	0,02	0,04
ARL		-	0,97	-0,89	0,77	0,62	-1,00	0,58	-0,91	-0,99*	0,84	0,14	0,02	0,04
IC			-	0,97	0,90	-0,41	0,99	-0,76	0,99	0,98	0,55	0,52	-0,38	-0,35
Prod				-	0,98	-0,20	0,93	-0,89	0,99 *	0,90	0,35	0,70	-0,57	-0,55
MC					-	0,02	0,83	-0,96	0,96	0,79	0,15	0,83	-0,73	-0,72
C/P						-	-0,55	-0,28	-0,25	-0,60	-0,99	0,56	-0,69	-0,71
MP							-	-0,65	0,95	0,99 *	0,68	0,38	-0,22	-0,20
CC								-	-0,86	-0,60	0,12	-0,95	0,89	0,87
LC									-	0,93	0,41	0,66	-0,53	-0,50
NB										-	0,72	0,32	-0,16	-0,14
CR											-	-0,42	0,56	0,59
AA												-	-0,99	-0,98
BA													-	0,99*
OE														-

AP: Altura de plantas (m); ARL: Altura de ramo lateral (m); IC: Índice de cone (nºcone/cm de ramo lateral); Prod: produtividade estimada (kg.ha<sup>-1</sup>); MC: massa de cone (g); C/P: número de cone por planta; MP: massa fresca de planta (kg); CC: comprimento de cone (mm); LC largura de cone (mm); NB: número de brácteas; CR: comprimento de ráquis (mm); AA: alfa ácido (%); BA: beta ácido (%); OE: óleo essencial (ml/100g).

\* significativo (< 0,05 %); \*\* altamente significativo (< 0,01 %).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2019.