

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA- UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS- CAV
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO- PPGCS**

MARCUS VINÍCIUS RIBEIRO DE OLIVEIRA

**ASPECTOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS DO LÚPULO EM FUNÇÃO DO
LOCAL E DO MANEJO DO SOLO**

**LAGES
2022**

MARCUS VINÍCIUS RIBEIRO DE OLIVEIRA

**ASPECTOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS DO LÚPULO EM FUNÇÃO DO
LOCAL E DO MANEJO DO SOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo, área de concentração Manejo do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves
Moreira.

Coorientador: Prof. Dr. Jefferson Luís
Meirelles Coimbra.

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Colpo
Gatiboni

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

Oliveira, Marcus Vinícius Ribeiro de
Aspectos qualitativos e quantitativos do lúpulo em
função do local e do manejo do solo/ Marcus Vinícius
Ribeiro de Oliveira. -- 2022.
76 p.

Orientador: Marcelo Alves Moreira
Coorientador: Jefferson Luís Meirelles Coimbra
Coorientador: Luciano Colpo Gatiboni
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2022.

1. Lúpulo (*Humulus lupulus L.*). 2. Boro. 3. Nitrogênio. 4.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós -Graduação em
Ciência do Solo. 5. Título. I. Moreira, Marcelo Alves. II.
Coimbra, Jefferson Luís Meirelles . Gatiboni , Luciano Colpo .
III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo.

MARCUS VINÍCIUS BEIRO DE OLIVEIRA

**ASPECTOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS DO LÚPULO EM FUNÇÃO DO
LOCAL E DO MANEJO DO SOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo, área de concentração Manejo do Solo.

BANCA EXAMINADORA

.....
**Orientador: Marcelo Alves Moreira, Dr.
UDESC**

.....
**Membro da Banca: Mariuccia Schlichting De Martin, Dra.
Epagri/São Joaquim-SC**

.....
**Membro da Banca: Bruno Pansera Espindola, Dr.
IFC/Santa Rosa do Sul-SC**

.....
**Membro da Banca: Mari Lúcia Campos, Dra.
UDESC**

.....
**Membro da Banca: Álvaro Luíz Mafra, Dr.
UDESC**

Lages, 31 de outubro de 2022.

*Dedico este trabalho a minha família,
minha fonte de inspiração.*

AGRADECIMENTO

Agradecer primeiramente a Deus, por tudo que proporcionou na minha vida, a minha família, por ser a razão da minha existência, ao meu orientador professor Dr. Marcelo Alves Moreira, pela confiança e as contribuições para esta tese.

Aos meus orientadores professores Dr. Jefferson Luiz Meirelles Coimbra e Dr. Luciano Colpo Gatiboni, pela ajuda e orientação. A todos os professores da Pós Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em especial aos professores Dr. Álvaro Luiz Mafra, Paulo Cezar Cassol , Cristiano André Steffens e David José Miquelluti, pelas sugestões, ajuda e contribuições para esta tese. Ao professor Rogério Laus e Cláudio Roberto Franco, pela ajuda.

A todos os meus colegas da pós, que de um jeito do outro todos me ajudaram de alguma forma, em especial ao Daniel, Gregory, Juliano, Gabriel, Ana Carla, Milton, Rodrigo, Marcelo, Cleiton, Walquíria e Gilmar.

Aos funcionários do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV- UDESC), em especial Germano, Taico, Sandir.

Os produtores de lúpulo Cleverton, Alexander, Élvio e Vítor, por ter enviado a matéria prima para a minha tese.

Aos amigos que muito me ajudaram seu Nego, Cláudio, Roberto Carlos, Dico, Cleuza, Arnaldo, Moro e tantas outras pessoas que me ajudaram.

Pela UDESC, ao CAV e PPGCS, por ter me proporcionado uma educação gratuita e de excelente qualidade.

Agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pesquisa

*“Se eu vi mais longe, foi por estar
sobre ombros de gigantes.”*

(Isaac Newton, 1676)

RESUMO

A utilidade do lúpulo (*Humulus lupulus L.*), é na fabricação de fármacos, cosméticos e principalmente na produção cervejeira. Esta tese consiste em dois projetos de pesquisa. O primeiro projeto teve por objetivo testar doses de nitrogênio (N) e averiguar se o boro (B) influencia quantitativamente e qualitativamente o lúpulo. O experimento foi realizado a campo na fazenda experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), onde a safra 2018/2019 consistiu em testar três doses de nitrogênio (100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N), além de um controle sem adubação nitrogenada e duas cultivares, uma não determinada (ND) e outra comercial (Cascade). Para a safra 2019/2020, foram utilizados os mesmos tratamentos com as doses de nitrogênio e cultivares, combinadas com a dose de boro de 1,6 kg ha⁻¹ de B via solo. As variáveis avaliadas foram produção de matéria seca e fresca de cones, matéria seca de parte aérea, índice clorofila SPAD-502, clorofila A, B, A+B e carotenoides, teores de alfa e beta ácidos e óleos essenciais nos cones, concentrações de cálcio, nitrogênio, fósforo, magnésio e potássio no pecíolo. No solo foram feitas análises químicas e físicas. Para a safra 2018/2019, o maior teor de magnésio no pecíolo, foi no tratamento controle, sem aplicação de N para as duas cultivares avaliadas. Para o índice de clorofila SPAD-502, teve maior produção na dose de 185 kg ha⁻¹ de N, já para os teores de clorofila A (174 kg ha⁻¹ de N), B (128 kg ha⁻¹ de N), A+B (169 kg ha⁻¹ de N) e carotenoides (177 kg ha⁻¹ de N), para a Cascade. Para a cultivar ND com o aumento das doses de N aumentou a produção de clorofila SPAD-502, clorofila A, A+B e carotenoides. A estiagem ocorrida entre a safra 2019/2020, prejudicou a plantação de lúpulo, onde teve tratamento que não produziu cones. Os teores de alfa e beta ácidos foram baixos. Os maiores teores de nitrogênio e fósforo foram respectivamente 141 kg ha⁻¹ N e tratamento sem adubação nitrogenada, para as duas cultivares testadas. O cálcio os maiores teores foram 148 kg ha⁻¹ N, para a variedade ND e sem aplicação de N para a cultivar Cascade. A única variável que teve interação entre as doses de nitrogênio e boro foi o potássio. Das variáveis avaliadas pode-se concluir que o boro influenciou a matéria seca de parte aérea e os nutrientes no pecíolo e a dose de nitrogênio que teve mais variáveis que expressou o seu maior potencial nutricional, foi a dose média 112 kg ha⁻¹ de N. O objetivo do segundo projeto de pesquisa foi avaliar qualitativamente e quantitativamente os cones de lúpulo com diferentes tipos de manejos do solo em

quatro diferentes lavouras comerciais. Foram coletadas entre março e abril de 2021 amostras de solo, folhas e cones da cultivar Cascade, nos municípios de Lages (SC), Rio Rufino (SC). Palmeira (SC) e Frederico Westphalen (RS). Na planta as variáveis analisadas foram: produção de cones por planta, teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais nos cones, concentrações de nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio no pecíolo. Já no solo foram feitas análise químicas e físicas. Os manejos dos solos desses produtores, puderam suprir a necessidade da maioria dos nutrientes, os teores de alfa e beta ácidos foram baixos, mas em relação aos teores de óleos essenciais totais apenas produtor 1, atingiu esta condição.

Palavras- chaves: *Humulus lupulus* L.; Cultivar Não determinado; Cascade; Nitrogênio; Boro.

ABSTRACT

The use of hops (*Humulus lupulus L.*) is in the manufacture of drugs, cosmetics and mainly in brewing. This thesis consists of two research projects. The first project aimed to test doses of nitrogen (N) and find out whether boron (B) influences hop quantitatively and qualitatively. The experiment was carried out in the field at experimental farm of the University of the State of Santa Catarina (UDESC) where the 2018/2019 harvest consisted of testing three doses of nitrogen (100, 200 and 300 kg ha⁻¹ of N), in addition to a control without nitrogen fertilization and two cultivars, one undetermined (ND) and the other commercial (Cascade). For the 2019/2020 season, the same treatments were used with nitrogen doses and cultivars combined with a boron dose of 1,6 kg ha⁻¹ of B via soil. The evaluated variables were dry and fresh matter production of cones, shoot dry matter, SPAD-502 chlorophyll index, chlorophyll A, B, A+B and carotenoids, alpha and beta acids and essential oils in cones, calcium concentrations, nitrogen, phosphorus, magnesium and potassium in the petiole. Chemical and physical analyzes were carried out on the soil. For the 2018/2019 season, the highest magnesium content in the petiole was in the control treatment, without N application for the two evaluated cultivars. For the SPAD-502 chlorophyll contents A (174 kg ha⁻¹ of N), B (128 kg ha⁻¹ of N), A +B (169 kg ha⁻¹ of N) and carotenoids (177 kg ha⁻¹ of N) for Cascade. For the ND cultivar increasing N doses increased the production of chlorophyll SPAD-502, chlorophyll A, A+B and carotenoids. The drought that occurred between the 2019/2020 harvest harmed the hop plantation, where it had treatment that did not produce cones. Alpha and beta acid contents were low. The highest levels of nitrogen and phosphorus were respectively 141 kg ha⁻¹ of N and treatment without nitrogen fertilization, for the two tested cultivars. The highest levels of calcium were 148 kg ha⁻¹ of N for the ND variety and without N application for the Cascade cultivar. The only variable that had interaction between nitrogen and boron doses was potassium. From the variables evaluated it can be concluded that boron influenced the dry matter of the aerial part and the nutrients in the petiole and the dose of nitrogen that had more variables that expressed its greater nutritional potential was the average dose 112 kg ha⁻¹ of N. The objective of the second research project was to qualitatively and quantitatively evaluate hop cones with different types of soil management in four different commercial crops. Soil, leaf and cone samples of the Cascade cultivar were collected between March and April 2021 in the municipalities of Lages (SC), Rio Rufino (SC), Palmeira (SC) and Frederico

Westphalen (RS). In the plant, the analyzed variables were: production of cones per plant, levels of alpha, beta acids and essential oil in the cones, concentrations of nitrogen, calcium, magnesium, phosphorus and potassium in the petiole. In the soil, chemical and physical analyzes were carried out. The soil management of these producers could supply the need for most nutrients, the alpha and beta acid contents were low, but in the relation to the total essential oil contents, only producer 1 reached this condition.

Keywords: *Humulus lupulus* L.; Cultivate not determined; Cascade; Nitrogen; Boron.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- a) Imagem rizoma de lúpulo; b) Imagem propagação vegetativa por estaquia; c) Imagem propagação vegetativa por cultivo in vitro.....	23
Figura 2- a) Imagem de estróbilos (cones) de lúpulo. b) Imagem de lupulina em um cone cortado transversalmente.....	25
Figura 3 Número de cervejarias e seu crescimento, em porcentagem no Brasil, entre 2000 a 2021	28
Figura 4 Precipitação mensal, em mm, no município de Lages (SC), em relação ao mês e ano de ocorrência. Dados: EPAGRI (2021).....	35
Figura 5 - Temperatura média do ar, em °C, no município de Lages (SC), em relação ao mês e ano de ocorrência. Dados: EPAGRI (2021).	35
Figura 6 Croqui do experimento da safra 2018/2019, com a sua respectiva legenda	36
Figura 7- Imagem da análise de óleos essenciais totais do lúpulo	38
Figura 8- Imagem do experimento com lúpulo	39
Figura 9- Croqui do experimento da safra 2019/2020, com a sua respectiva legenda.....	40
Figura 10 Teor de magnésio no pecíolo de lúpulo, em g kg ⁻¹ , em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹ . para as cultivares ND e Cascade	43
Figura 11 Índice clorofila SPAD-502 na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	44
Figura 12 Teor de clorofila A na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em µg.cm ⁻² , em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	45
Figura 13 Teor de clorofila B na folha de lúpulo da cultivar Cascade, em µg.cm ⁻² , em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	46
Figura 14 Teor de clorofila A + B na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em µg.cm ⁻² , em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	47
Tabela 15- Massa frescas, secas, em g planta ⁻¹ , teores de alfa (α) e beta (β) ácidos, em porcentagem e óleos essenciais totais dos cones de lúpulo, em mL.100g ⁻¹	48

Figura 16 - Matéria seca da parte aérea do lúpulo, em gramas (g), em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹ , nas cultivares ND e Cascade.....	52
Figura 17 Teor de nitrogênio no pecíolo de lúpulo, em g kg ⁻¹ , para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	53
Figura 18 Teor de fósforo no pecíolo de lúpulo, em g kg ⁻¹ , para as cultivares ND e Cascade, em respostas a doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	54
Figura 19 Teor de magnésio no pecíolo de lúpulo, em g kg ⁻¹ , para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	55
Figura 20 Teor de cálcio no pecíolo de lúpulo, em g kg ⁻¹ , para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹	55
Figura 21 Teor de potássio no pecíolo do lúpulo, em g kg ⁻¹ , para as doses 0 e 1,6 kg ha ⁻¹ de boro (B), para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em relação kg ha ⁻¹	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais compostos em cones secas de lúpulo e suas quantidades em porcentagem.....	26
Tabela 2 Recomendação de adubação nitrogenada nitrogênio, para a Inglaterra e País de Gales	30
Tabela 3 Recomendação de adubação borácica para o lúpulo para região oeste de Oregon (EUA)	30
Tabela 4 Características químicas e físicas do solo do experimento, de 0 a 20 cm de profundidade	34
Tabela 5 - Teores de potássio, cálcio e nitrogênio no pecíolo do lúpulo, em g kg ⁻¹ , em relação a doses de nitrogênio (N), em kg ha ⁻¹ , para as cultivares ND e Cascade.....	43
Tabela 6 Teores de alfa (α), beta β-ácido, em porcentagem (%) e óleos essenciais totais, em mL.100g ⁻¹ , das diferentes doses nitrogênio (N) e boro (B), em kg ha ⁻¹ , das cultivar ND	49
Tabela 7 - Teores médios de alfa (α), beta β-ácido, em porcentagem (%) e óleos essenciais totais, em mL100g ⁻¹ , das diferentes doses nitrogênio (N) e boro (B), em kg ha ⁻¹ , das cultivar Cascade.....	50
Tabela 8 - Matéria fresca e seca de cones em gramas (g), nas diferentes doses de nitrogênio (N) e boro (B) em kg ha ⁻¹ , das cultivar ND.	51
Tabela 9 - Massa fresca e seca de cones em gramas (g), nas diferentes doses de nitrogênio (N) e boro (B) em kg ha ⁻¹ , das cultivar Cascade	52
Tabela 10 Índice SPAD-502, teores de clorofila A, B, A+B e carotenoides, em µg.cm ⁻² , na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, nas diferentes doses de nitrogênio (N) e boro (B), em kg ha ⁻¹	57
Tabela 11 - Teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio em cmol _c dm ⁻³ , fósforo (P), boro (B) em mg.dm ⁻³ e nitrogênio total (N total) no solo em g kg ⁻¹ , nas profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm	61
Tabela 12 Matéria orgânica (MO), saturação por bases (V) em porcentagem, capacidade de troca de cátions efetiva (CTCefetiva) e pH 7 (CTC pH 7) calculadas em cmol _c .dm ⁻³ e pH do solo dos produtores, nas profundidades 0 a 10 e 10 a 20	62
Tabela 13 - Teores de argila, silte e areia (%) em porcentagem e classe textural no solo dos produtores, nas profundidades 0 a 10 e 10 a 20	62

Tabela 14- Massa frescas, secas, em g planta ⁻¹ , teores de alfa (α) e beta (β) ácidos, em porcentagem e óleos essenciais totais dos cones de lúpulo, em mL.100g ⁻¹	64
Tabela 15- Teores potássio (K), fósforo (P), nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no pecíolo do lúpulo, em g kg ⁻¹ , dos produtores e os respectivos valores esperados.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 HIPÓTESES	21
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1 O LÚPULO (<i>HUMULUS LUPULUS L.</i>).....	22
3.2 O LÚPULO NO BRASIL.....	27
3.3 NITROGÊNIO	28
3.4 BORO	30
3.5 OUTRAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DO LÚPULO	31
4 CAPÍTULO 1 - ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORÁCICA EM DOIS DISTINTOS GENÓTIPOS DE LÚPULO EM UM CAMBISSOLO HÚMICO.....	32
4.1 OBJETIVOS GERAIS.....	33
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.3.1 Informações gerais do experimento.....	32
4.3.2 Safra 2018/2019.....	35
4.3.3 Safra 2019/2020.....	39
4.3.4 Solo do experimento	42
4.3.5 Análise dos resultados	42
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.4.1 Safra 2018/2019.....	42
4.4.2 Safra 2019 / 2020	48
4.5 CONCLUSÃO.....	57
5 CAPÍTULO 2- PARÂMETROS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS, DO LÚPULO DA VARIEDADE CASCADE, DE QUATRO DIFERENTES LAVOURAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL.....	58
5.1 OBJETIVOS GERAIS.....	58
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	59

5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
5.3.1 Informações gerais do estudo.....	59
5.3.2 Variáveis avaliadas.....	60
5.3.3 Análises dos resultados	61
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
5.5 CONCLUSÃO	66
6 CONCLUSÃO GERAL	67
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A - PH DO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM	76
APÊNDICE B - CÁLCIO (CA), MAGNÉSIO (MG), ALUMÍNIO (AL), CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC), EM CMOL_c.DM⁻³, BORO (B), EM (MG.DM⁻³) E SATURAÇÃO POR BASES (V), EM %, DO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO (N) E BORO (B), EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVARES ND E CASCADE NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM	76
APÊNDICE C - FÓSFORO (P), EM (MG.DM⁻³), NO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO (N) E BORO (B), EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVAR ND, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.....	76
APÊNDICE D - FÓSFORO (P), EM (MG.DM⁻³), NO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO (N) E BORO (B), EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVAR CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.....	77
APÊNDICE E – MATÉRIA ORGÂNICA (MO), EM % E POTÁSSIO (K), EM CMO_c.DM⁻³ NO SOLO, NAS DOSES CONTROLE (SEM ADUBAÇÃO) E 1,6 KG HA⁻¹ DE BORO (B), DAS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM	77
APÊNDICE F – H+AL, EM CMO_c.DM⁻³ NO SOLO, NAS DOSES CONTROLE (SEM ADUBAÇÃO) E 1,6 KG HA⁻¹ DE BORO (B), DAS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.....	77

**APÊNDICE G – CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS A PH7 (CTC PH7), EM
CMO_{C.DM}⁻³ NO SOLO, NAS DOSES CONTROLE (SEM
ADUBAÇÃO) E 1,6 KG HA⁻¹ DE BORO (B), DAS77**

1 INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é uma planta herbácea, dioica, anemófila e trepadeira dextrogira, nativa de áreas de clima temperado do Hemisfério Norte, tendo a sua utilizada na fabricação de remédios, cosméticos (SPÓSITO *et al.*, 2019; MARCOS *et al.*, 2011; PERAGINE, 2011) dentre outros setores, sendo que 97% da sua produção é destinada para o setor cervejeiro (DURELLO; SILVA; JR, 2019).

Como planta medicinal, o lúpulo tem sido usado há mais de 2000 anos, mas os primeiros escritos sobre seu uso medicinal datam ao século XI, quando o médico árabe Mesué relatou seus efeitos anti-inflamatórios (SPÓSITO *et al.*, 2019). O lúpulo foi mencionado pela primeira vez para a fabricação de cerveja, em 736 em um documento de mosteiro da região de Hallertau, na Baviera, Alemanha (HORNSEY, 2003). O abade de Corvey em na Grã-Bretanha , declarou em 822 que o lúpulo era necessário para a fabricação de cerveja (KORPELAINEN; PIETILÄINEN, 2021).

Na América do Sul, o lúpulo chegou primeiramente no Chile em 1851, por um diplomata chileno que começou o seu cultivo em 1857, já no Brasil, os primeiros cultivos de lúpulo começaram na década de 1950, pelo austríaco Roland Hoblik, em Nova Petrópolis, no Rio Grande do Sul, onde ele cultivava e vendia cones para as cervejarias (SPÓSITO *et al.*, 2019).

Em 2021, a área total plantada de lúpulo mundialmente foi de 62.667 ha e produção total de 125.934 toneladas, sendo os maiores produtores os Estados Unidos da América, a Alemanha, a República Checa e a China (IHGC, 2021).

Os locais recomendados para o cultivo do lúpulo ficam entre as latitudes 35° a 55°, tanto no Hemisfério Norte quanto do Sul (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015), mas segundo alguns autores, em locais onde o clima tem temperaturas com um regime similar ao das encontradas nas regiões temperadas e frias, com uma boa distribuição das chuvas no período vegetativo e seco durante a época de maturação, podem ser adequados para o desenvolvimento do lúpulo (HOERNER ; RABAK ,1940; LESKOVAR, 1957; MARTIN *et al.* ,1975 *apud* EPAGRI, 1999). Como demonstrado na região dos Campos de Lages, onde a EPAGRI (1999), fez um zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina, relatando que essa região é propícia para o cultivo do lúpulo.

O nitrogênio é o elemento químico mais abundante na atmosfera terrestre, ele está presente em aproximadamente 78% da sua composição (MARTINS *et al.*, 2003). Na planta, o nitrogênio quantitativamente é o nutriente mineral mais importante para o seu crescimento e a sua absorção, via solo, é principalmente na forma de amônio e nitrato (ČEH; ČREMOŽNIK, 2009). As funções do nitrogênio nos vegetais são: no equilíbrio de cargas, na estruturação e regulação de compostos químicos (KERBAUY, 2004). A deficiência de nitrogênio no lúpulo pode acarretar em crescimento deficiente, atrofamento e amarelecimento de plantas que é mais pronunciado nas folhas mais velhas e os cones são menores em comparação aos os estróbilos de plantas com o nitrogênio adequado (GENT; SIRRINE; DARBY, 2015). O nitrogênio pode interferir na produção alfa, beta ácidos e óleos essenciais, que são os principais compostos na produção cervejeira (ISKRA *et al.*, 2019).

O boro (B) é absorvido pelas raízes das plantas na forma de ácido bórico (H_3BO_3) (BASTOS; CARVALHO, 2004). Este micronutriente apresenta como principais funções, a formação e estabilização da parede celular das plantas (CHAITANYA *et al.*, 2014), no lúpulo a deficiência de boro causa atrasos na emergência de brotos, atrofia, distorção e enrugamento de folhas jovens e amarelecimento e morte das pontas da parte aérea (GENT; SIRRINE; DARBY, 2015).

Apesar do lúpulo utilizado no Brasil ser em sua maioria importado, já há pequenos produtores cultivando o *Humulus lupulus*, tendo relatos em Santa Catarina, Rio Grande do Sul e em outros estados brasileiros.

Pesquisas com o manejo do solo para a cultura do lúpulo, ainda são muito escassas no Brasil, por isso a presente pesquisa vem trazer mais informações sobre o manejo que se deve realizar no solo para a planta de lúpulo, tendo o foco na adubação.

Os objetivos gerais da presente tese, são:

- Testar doses de nitrogênio e averiguar, se essa adubação influencia os aspectos qualitativos (N, P, K, Mg, Ca, B e teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais totais) e quantitativos (massas secas de parte aérea, cones e matéria fresca de cones) da planta de lúpulo (*Humulus lupulus L.*).
- Averigar se o lúpulo é sensível a adubação borácica.

- Avaliar os aspectos qualitativos e quantitativos do lúpulo (*Humulus lupulus L.*), em quatro diferentes manejos do solo, consistindo sem e com adubação organomineral.

2 HIPÓTESES

- As adubações nitrogenada e borácica aumentam as características qualitativas (N, P, K, Mg, Ca, B e teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais totais) e quantitativos (massas secas de parte aérea, cones e matéria fresca de cones).
- Um correto manejo do solo com adequada quantidade de matéria orgânica e adubação mineral, podem suprir as necessidades nutricionais e produtivas do lúpulo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O LÚPULO (*HUMULUS LUPULUS L.*)

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*), pertence ao reino Plantae, ordem Rosales, família Cannabaceae, gênero *Humulus*, espécie *Humulus lupulus* e nome científico *Humulus lupulus L.*. O lúpulo é uma planta herbácea, perene, dioica, podendo chegar a uma vida média útil de 50 anos, porém, a renovação das plantas é realizada a cada 10 a 20 anos dependendo das tendências do mercado por novas variedades. (SOUZA, 2005; FAGHERAZZI *et al.*, 2017).

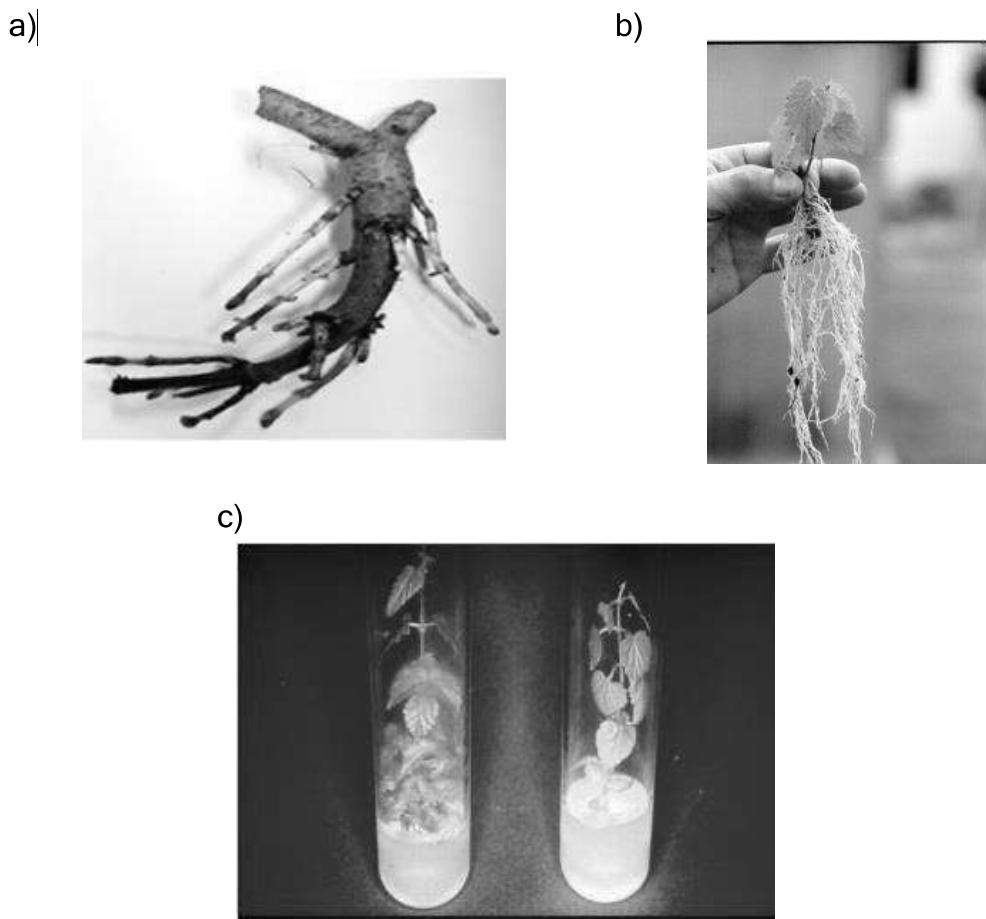
O gênero *Humulus* é formado por três espécies: *Humulus japonicus*, *Humulus yunnanensis* e o *Humulus lupulus*, mas somente o *Humulus lupulus* é importante para o setor cervejeiro (NEVE, 1991).

Lúpulo é um palavra latina para um pequeno lobo, e Plínio (Plinio Velho, 23/24-79 a.C.) escreveu em sua *Historia Naturalis* (77 d. C.) que se refere o hábito de crescimento da planta e sua tendência a sufocar outras plantas próximas, muitas vezes salgueiros ribeirinhos (*Salix sp.*) (KORPELAINEN; PIETILÄINEN, 2021). Uma análise filogenética mostra que *Humulus lupulus*, que sua provável origem foi na China e que a partir dessa região, migrou para Europa aproximadamente um milhão de anos atrás (MURAKAMI *et al.*, 2006).

A importância do lúpulo está na fabricação de remédios, cosméticos dentre outros setores (PERAGINE, 2011), mas principalmente no setor cervejeiro, sendo que 97% da sua produção é destinada para este setor (DURELLO; SILVA; JR, 2019).

As formas de propagação podem ser pelo rizoma, por mudas ou pelas sementes, mas normalmente são realizados os plantios por mudas ou rizomas, porque por semente, em lavouras comerciais, não é recomendado devido à alta variabilidade genética das mesmas, que podem propiciar pomares desuniformes e com características diferentes da variedade escolhida, o plantio por sementes só é recomendado para melhoramento genético (MARCOS *et al.*, 2011; SPÓSITO *et al.*, 2019). A propagação vegetativa (ver figura 1a) pode ser por estaquia ou por técnicas de cultivo in vitro (ver figura 1b) (MARCOS *et al.*, 2011).

Figura 1- a) Imagem de rizoma de lúpulo; b) Imagem propagação vegetativa por estaquia; c) Imagem propagação vegetativa por cultivo in vitro.



Fonte: MARCOS *et al.*, 2011; PLANTAMUNDO, 2015

O lúpulo é dividido em raízes verdadeiras, rizoma e parte aérea, podendo as suas raízes crescerem em uma profundidade de 1,5 metros., Suas raízes servem para fixação no solo, absorção de água e nutrientes. A função dos rizomas é na acumulação de substâncias de reservas e é por onde saem as gemas vegetativas, já a parte aérea está dividida em ramos, folhas e inflorescências (SPÓSITO *et al.*, 2019).

O *Humulus lupulus* tem um hábito de crescimento indeterminado podendo crescer a 8 metros em menos de 3 meses (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015), por isso é uma planta que precisa ser tutorada Os sistemas de condução mais utilizados são: o guarda chuva, vertical em haste única ou em “V” e latada (FAGHERAZZI *et al.*, 2018).

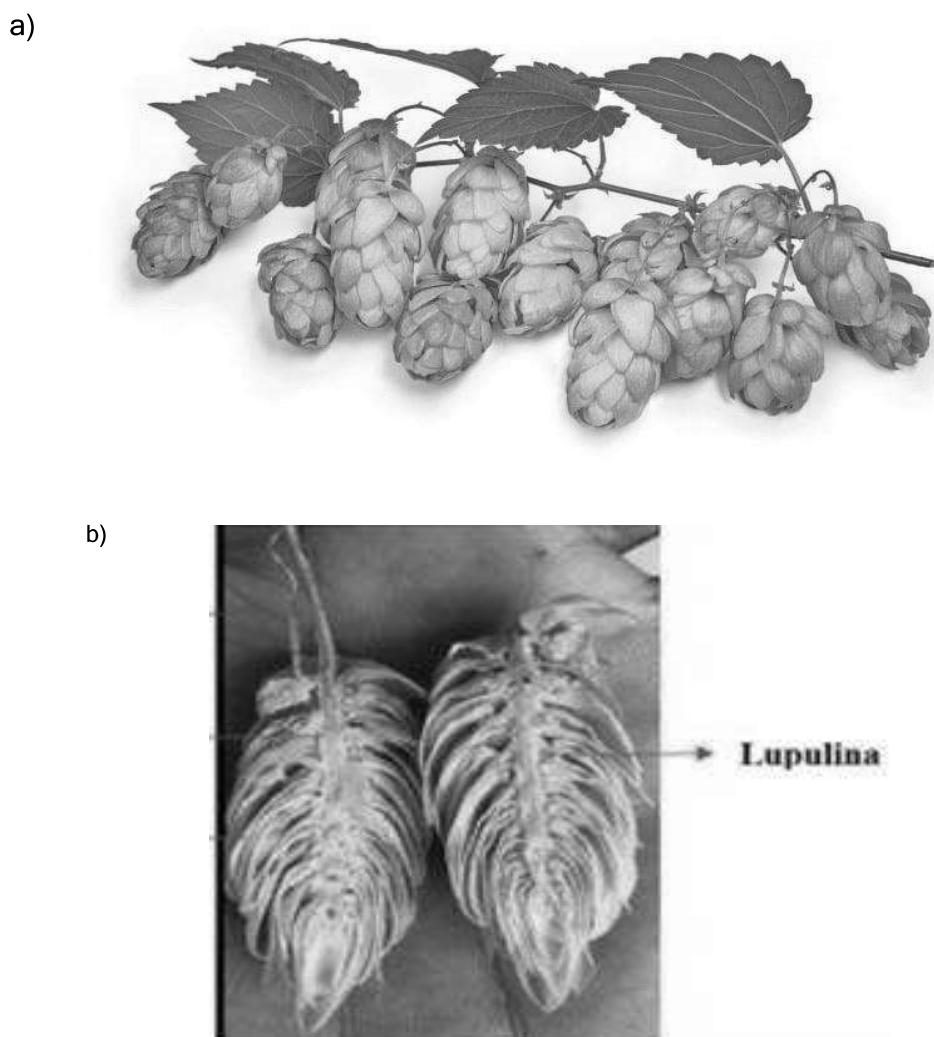
O caule da planta é tutorado em sentido horário através de pelos aderentes, onde também no caule saem as folhas nos nós, nas axilas das folhas saem uma gema que pode dar origem a um ramo lateral com folhas ou misto (folhas e inflorescências)

(NEVE, 1991; SPÓSITO *et al.*, 2019). As folhas são pentalobuladas na base, trilobuladas na parte média e inteiras na parte superior, os bordos são serrados (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

A inflorescência masculina é formada por panícula, apesar das flores masculinas apresentarem a substância que interessa para a produção cervejeira que é a lupulina, existem glândulas de lupulinas em poucas quantidades de 10 a 15 glândulas por inflorescência em comparação à inflorescência feminina que possui 10000 ou mais glândulas por inflorescência, por isso em lavouras comerciais só é utilizada a planta fêmea não fertilizada, já que uma vez que essas diminuem a qualidade da cerveja, enquanto o macho é usado para melhoramento genético (KNEEN, 2003). Essas inflorescências femininas maduras e com o ciclo completo, são chamadas botanicamente de estróbilos e popularmente de cones e são essas inflorescências maduras (ver figura 2a) que são comercializadas e têm valor na produção cervejeira.

A lupulina (figura 2b) é a substância que interessa no setor cervejeiro, ela é rica em alfa e beta ácidos que proporcionam o amargor na cerveja, também é rica em polifenóis (com propriedades antioxidantes) e óleos essenciais conferindo aroma para a cerveja (DURELLO; SILVA; JR, 2019) (Tabela 1).

Figura 2- a) Imagem de estróbilos (cones) de lúpulo. b) Imagem de lupulina em um cone cortado transversalmente.



Fonte: DURELLO; SILVA; JR, 2019; AGROPOJ, 2016.

Na tabela 1, são apresentados os principais compostos em flores secas de lúpulo e suas respectivas quantidades em porcentagem, sendo que as frações alfa e beta ácidos pertencem às resinas totais (DURELLO; SILVA; JR, 2019).

Tabela 1- Principais compostos em cones secas de lúpulo e suas quantidades em porcentagem

Compostos	%
Resinas totais	15 - 30
Aminoácidos	0,1
Ceras e esteroides	Traços-25
Óleos essenciais	0,5 - 3
Celulose/lignina	43
Polifenóis	4
Água	10
Proteínas	15
Cinzas	8
Pectinas	2

Fonte: ALMAGUER *et al.*, 2014; BENITEZ *et al.*, 1997 *apud* DURELLO; SILVA; JR, 2019

As plantas de lúpulo se desenvolvem em uma ampla variedade de solos, crescem bem em solos argilosos e profundos, mesmo em solos leves e arenosos podem produzir boas colheitas, desde que não falte água e uma correta adubação (NEVE, 1991). Na literatura, o pH do solo recomendado para o cultivo do lúpulo é entre 5,5 e 6,5 (OLIVEIRA *et al.*, 2018; MARCOS *et al.*, 2011).

Entre as latitudes 35° a 55°, estão localizados os locais recomendados para o cultivo do lúpulo (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015), mas segundo alguns autores, em locais onde o clima tem temperaturas com um regime similar ao das encontradas nas regiões temperadas e frias, com uma boa distribuição das chuvas no período vegetativo e seco durante a época de maturação, podem ser adequados para o desenvolvimento do lúpulo (HOERNER ; RABAK ,1940; LESKOVAR, 1957; MARTIN *et al.* ,1975 *apud* EPAGRI, 1999). Como demonstrado na região dos Campos de Lages, onde a EPAGRI (1999), fez um zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina, relatando que essa região é propícia para o cultivo do lúpulo. O lúpulo cresce na primavera e verão quando os dias são mais longos e a temperatura média do ambiente é mais alta, no outono quando as horas de luz começa a diminuir, inicia a diferenciação das gemas tornando-se reprodutivas, a planta tende induzir o florescimento num comprimento mínimo diurno de 8 a 10 horas (SPÓSITO *et al.*, 2019). No inverno em locais de clima temperado ou parecido com estes locais, a planta fica em dormência, ela precisa de no mínimo de 120 dias de frio (KNEEN, 2003).

Segundo a Convenção Internacional de Produtores de Lúpulo (IHGC, 2021), onde anualmente são fornecidos dados gerais sobre a planta de lúpulo, existem 300 cultivares de lúpulo registradas, uma delas é a Cascade. Essa cultivar é originária dos Estados Unidos da América, é classificada como um lúpulo de aroma, com 4,5 a 7% de alfa e beta ácidos e 0,8 a 1,5 mL de óleos essenciais por 100 gramas de cones de lúpulo e tem um potencial de produtividade de até 2465 kg ha⁻¹(SPÓSITO *et al.*, 2019).

Os principais métodos de determinação do ponto de colheita do lúpulo são pelo método sensorial (olhar, sentir e cheirar) e quando o cone fica ao redor de 23% de matéria seca (DODDS, 2017).

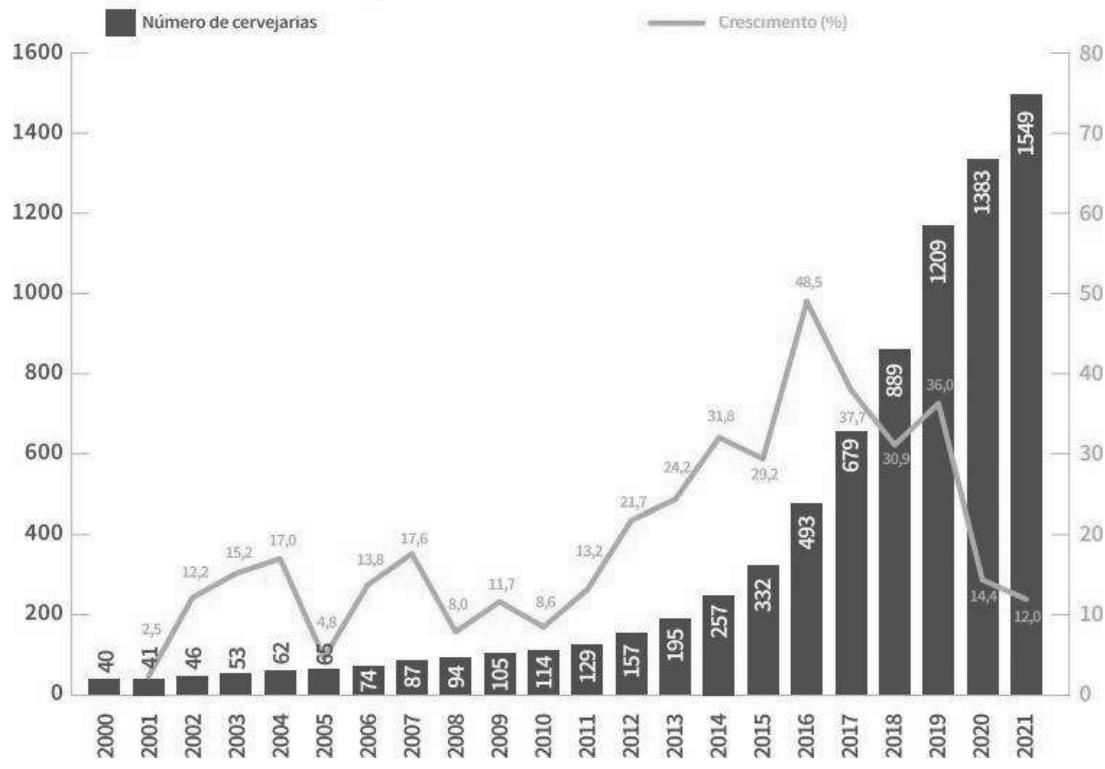
Há um incremento na produção de uma safra a outra até chegar ao quarto ano, quando a planta expressa o seu máximo potencial produtivo (MARCOS *et al.*, 2011).

3.2 O LÚPULO NO BRASIL

A maior parte do lúpulo utilizado no Brasil é importado, mas já se observa a presença de cultivos de pequenos produtores. Em um levantamento realizado em agosto de 2020, por Guimarães; Evaristo; Ghesti (2021), utilizando como base o número de produtores associados pela Associação de Produtores de Lúpulo (Aprolúpulo), o Brasil apresentava nove Estados com produtores associados, a saber: Santa Catarina (53 produtores), Rio Grande do Sul (23 produtores), São Paulo (17 produtores), Minas Gerais (9 produtores), Paraná (8 produtores), Rio de Janeiro (5 produtores), Distrito Federal (3 produtores), Espírito Santo (2 produtores) e Rio Grande do Norte (1 produtor), totalizando 121 produtores associados até a esta data. Segundo o Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA, 2021), até outubro de 2021, no Brasil existia 48 cultivares de lúpulo registradas.

Em 2021 no Brasil foram registradas 1.549 cervejarias, aumento de 12% em relação a 2020 (MAPA, 2022).

Figura 3 - Número de cervejarias e seu crescimento, em porcentagem no Brasil, entre 2000 a 2021.



Fonte: MAPA, 2022.

A produção brasileira de lúpulo aumentou de 9 toneladas, em 2020, para 24 toneladas, em 2021, apesar do crescimento, o Brasil ainda importa cerca de 3.200 toneladas de lúpulo por ano (CULTIVAR, 2022).

Apesar da pequena produção de lúpulo no Brasil, já há movimentação de produtores e centros de pesquisas para expansão dessa planta no Brasil, atualmente existem no Brasil viveiros de mudas certificados e também a criação da Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo (Aprolúpulo), fundada em 2018, sediada na Universidade do Estado Catarinense (UDESC), campus Lages (SC) (APROLÚPULO, 2020).

3.3 NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é o elemento químico mais abundante na atmosfera terrestre, ele está presente em aproximadamente 78% da sua composição, sendo que 98% deste nutriente, está presente na litosfera, onde é dividido nas rochas, no fundo dos oceanos e nos sedimentos (MARTINS *et al.*, 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O N pode entrar no sistema solo - planta por deposições atmosférica, pela fixação biológica - simbiótica ou não e por adubações químicas e orgânicas, sendo que a

maior fração do N no solo está na forma orgânica, presente na matéria orgânica (CANTARELLA, 2007). Na planta, o nitrogênio é quantitativamente o nutriente mineral mais importante para o seu crescimento e a sua absorção via solo é principalmente na forma de amônio e nitrato (ČEH; ČREMOŽNIK, 2009). As funções do nitrogênio nos vegetais são: no equilíbrio de cargas, na estruturação e regulação de compostos químicos (KERBAUY, 2004). Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

O ciclo do nitrogênio em ambientes agrícolas inclui entradas de N no solo através do arraste da chuva de óxidos de nitrogênio produzidos na atmosfera pelas descargas elétricas, o que colabora com pequenas quantidades para o sistema agrícola (FERNANDES; SOUZA, 2018); na adubação mineral e orgânica e na fixação biológica de N por microrganismos (CANTARELLA, 2007).

Dentre os principais fertilizantes nitrogenados estão: ureia, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio (HOROWITZ; BLEY; CORREA, 2016).

O nitrogênio é vital para o forte crescimento do dossel no lúpulo, a deficiência desse nutriente pode acarretar no crescimento deficiente, atrofiamento e amarelecimento de plantas que é mais pronunciado nas folhas mais velhas e os cones são menores em comparação aos dos estróbilos de plantas com o nitrogênio adequado (DODDS, 2017; GENT; SIRRINE, DARBY, 2015).

O cuidado com a dose de nitrogênio a ser aplicado no lúpulo é fundamental, quando elevadas podem aumentar a incidência de várias doenças e pragas como artrópodes, oídio (*Sphaerotheca humuli*), murcha de verticillium (*Verticillium albo-atrum*), ácaros e pulgões, assim como doses muito baixas podem aumentar o número de ácaros (GENT; SIRRINE, DARBY, 2015).

No Brasil ainda não há tabelas de recomendações de adubação nitrogenada para o lúpulo conforme as condições brasileiras, mas abaixo na tabela 2, está um exemplo de recomendação nitrogenada para o lúpulo nas condições inglesas e galeses.

Tabela 2 - Recomendação de adubação nitrogenada nitrogênio, para a Inglaterra e País de Gales.

	kg ha ⁻¹ N
Solos profundos e siltosos	180
Solos argilosos	200
Outros solos minerais	220

Fonte: DEFRA, 2010.

3.4 BORO

O boro (B) é absorvido pelas raízes das plantas na forma de ácido bórico (H_3BO_3) (BASTOS; CARVALHO, 2004). Este elemento é responsável pela formação e estabilização da parede celular, lignificações e diferenciação do xilema das plantas (CHAITANYA *et al.*, 2014).

A deficiência de boro no lúpulo pode resultar em atrasos na emergência de brotos, atrofia, distorção, enrugamento de folhas jovens, amarelecimento e morte das pontas, sendo a sua deficiência mais comum em solos ácidos e arenosos (GENT; SIRRINE; DARBY, 2015; HÃPI, 2019).

As necessidades de boro de uma planta são significativamente maiores durante a fase de crescimento reprodutivo, elas também necessitam de níveis adequados de B para garantir uma translocação eficaz de açúcar dentro da planta e também este micronutriente é necessário para a conversão ideal de nitrogênio, mas se aplicado em excesso o boro pode facilmente se tornar tóxico (HÃPI, 2019).

Na tabela 3, está apresentado um exemplo de recomendação de boro para o lúpulo baseado na análise do solo, nas condições da região oeste de Oregon (EUA),

Tabela 3- Recomendação de adubação borácica para o lúpulo para região oeste de Oregon (EUA).

Boro no solo (mg kg ⁻¹)	Aplicar boro (kg ha ⁻¹)
Abaixo de 1,5	1,12 - 1,68
Acima de 1,5	0

Fonte: GINGRICH; HART; CHRISTENSEN, 2000.

3.5 OUTRAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DO LÚPULO

O lúpulo absorve 90 a 168 kg ha⁻¹ de potássio (K), aproximadamente um quarto do K encontra-se nos cones, o restante nos ramos, folhas e raízes (GINGRICH; HART; CHRISTENSEN, 2000). A necessidade de fósforo (P) da planta de lúpulo é pequena quando comparada com a necessidade de N e potássio (K), Normalmente, 25 a 30 % do P é encontrado nos cones, o restante no ramos, folhas e raízes (GINGRICH; HART; CHRISTENSEN, 2000).

Em um estudo realizado em Zamość e Voivodias de Lublin na Polônia, com 124 solos com plantações de lúpulo, com o objetivo de avaliar a relação entre o pH (em 1 mol de KCl) e a produção e nutrição de dessa planta, os autores concluíram, que o pH não influenciou o rendimento da espécie, mas com a elevação do pH aumentou o conteúdo de Mg, Ca e Zn e diminuiu os teores de N, K, Mn e Zn, onde pH desses solos variou de 4,0 até 7,3 (SZEWCZUK ,1994).

Em um estudo com a adubação orgânica suplementada com adubação foliar mineral, Rodolfi e colaboradores (2021) concluíram que com a solubilidade dos fertilizantes orgânicos fornecidos com tratamentos foliares durante o crescimento do lúpulo conseguiram bons resultados em termos de qualidade e quantidade de cones de lúpulo. Uma pesquisa realizada na República Checa, Prochazka e colaboradores (2018), descobriram que formulações complexas de substâncias biologicamente ativas, como ácidos húmicos, fúlvicos e fitohormônios, parecem ser altamente eficazes para a otimização do desempenho da produção do lúpulo.

Mundialmente, nos últimos trinta anos ((ISKRA *et al.*, 2019; RODOLFI *et al.*, 2021, OSZUST *et al.*,2014), têm-se realizados muitos estudos sobre a cultura do lúpulo em função do manejo do solo, da sua relação com a adubação orgânica, com os macro e micronutrientes, com fontes de adubos nitrogenados, com os microrganismos do solo, com adubações foliares. Todos esses estudos geralmente se relacionam com a parte quantitativa e qualitativa dos estróbilos de lúpulo e também muitas pesquisas estão sendo realizadas com métodos de manejo de solo de baixo custo para garantir rendimentos de cones de alta e adequada qualidade. Entre os métodos avaliados estão solo descoberto mantido com o uso de equipamentos mecânicos ou herbicidas, além de coberturas verdes, mortas e sintéticas.

4 CAPÍTULO 1 - ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORÁCICA EM GENÓTIPOS DE LÚPULO EM UM CAMBISSOLO HÚMICO

Resumo- O nitrogênio é vital para o crescimento do dossel no lúpulo. As deficiências de boro e nitrogênio podem comprometer aspectos qualitativos e quantitativos da cultura. Nesse sentido a presente pesquisa teve por objetivo testar doses de nitrogênio e averiguar se o boro influenciará qualitativamente e quantitativamente o lúpulo. O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), com teste na safra 2018/2019 de três doses de nitrogênio (100, 200 e 300 kg ha⁻¹), além de um controle sem adubação nitrogenada e duas cultivares, uma não determinada (ND) e outra comercial (Cascade). Na safra 2019/2020, foram utilizados os mesmos tratamentos combinados com 1,6 kg ha⁻¹ de B via solo. As variáveis avaliadas foram produção de matéria seca e fresca de cones, matéria seca de parte aérea, índice clorofila SPAD 502, clorofila A, B, A+B e carotenoides, teores de alfa e beta ácidos e óleos essenciais nos cones, concentrações de cálcio, nitrogênio, fósforo, magnésio e potássio no pecíolo. No solo foram analisados: cálcio, magnésio, boro, potássio, nitrogênio, fósforo, CTC, CTC pH7, saturação por bases, pH em água (1:1), H+Al, argila, silte e areia. Para a safra 2018/2019, o maior teor de magnésio no pecíolo, foi no tratamento controle, sem aplicação de N para as duas cultivares avaliadas. Para o índice de clorofila SPAD-502, teve maior produção na dose de 185 kg ha⁻¹ de N, já para os teores de clorofila A (174 kg ha⁻¹ de N), B (128 kg ha⁻¹ de N), A+B (169 kg ha⁻¹ de N) e carotenoides (177 kg ha⁻¹ de N), para a Cascade. Para a cultivar ND com o aumento das doses de N aumentou a produção de clorofila SPAD-502, clorofila A, A+B e carotenoides. A estiagem ocorrida entre a safra 2019/2020, prejudicou a plantação de lúpulo, onde teve tratamento que não produziu cones. Os teores de alfa e beta ácidos foram baixos. Os maiores teores de nitrogênio e fósforo foram respectivamente 141 kg ha⁻¹ N e tratamento sem adubação nitrogenada, para as duas cultivares testadas. O cálcio os maiores teores foram 148 kg ha⁻¹ N, para a variedade ND e sem aplicação de N para a cultivar Cascade. A única variável que teve interação entre as doses de nitrogênio e boro foi o potássio. Das variáveis avaliadas pode-se concluir que o boro influenciou a matéria seca de parte aérea e os nutrientes no pecíolo e a dose de nitrogênio que teve mais variáveis que expressou o seu maior potencial nutricional, foi a dose média 112 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chaves: *Humulus lupulus L.*; Nitrogênio; Boro; Cascade;.

4.1 OBJETIVOS GERAIS

- Testar doses de nitrogênio e averiguar, se essa adubação influencia os aspectos qualitativos (N, P, K, Mg, Ca, B e teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais totais) e quantitativos (massas secas de parte aérea, cones e matéria fresca de cones) da planta de lúpulo (*Humulus lupulus L.*).
- Averiguar se o lúpulo é sensível a adubação borácica.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a melhor dose de nitrogênio para o lúpulo em função da produção de alfa, beta ácidos, óleos essenciais totais e teores de N, K, P, Mg, Ca e B..
- Averiguar se o boro influência positivamente na produção de alfa, beta ácidos e óleos essenciais totais.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Informações gerais do experimento

O experimento foi realizado no município de Lages (SC), na fazenda experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, tendo como coordenadas 27°44'00" de Latitude Sul e 50°04'50" de Longitude Oeste e a altitude média é de 892 m em relação ao nível do mar (ERDMANN, 2020). Segundo a classificação de Koppen, o clima da localidade é classificado como tipo Cfb (mesotérmico úmido, com verão ameno) (ERDMANN, 2020). As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.550 mm e 15,6 °C, respectivamente (ERDMANN, 2020). O solo do experimento foi classificado como Cambissolo Húmico Alumínico típico (SANTOS *et al.*, 2015; EMBRAPA, 2018)

Antes da implantação do experimento, a área estava sendo mantida, nos últimos anos, em pousio e sem receber qualquer tipo de interferência agrícola. Para corrigir a acidez do solo para pH 5,5, em agosto de 2016 foram aplicadas 7,5 toneladas por ha⁻¹ de calcário filler dolomítico com PRNT de 90%, o qual apresentava 29% de

óxido de Ca e 19% de óxido de Mg. O calcário foi distribuído uniformemente, em uma única aplicação na superfície do solo.

As mudas das cultivares Cascade e não determinada (ND) foram replicadas em copos plásticos com 180 mL com substratos. A Cascade foi doada pelo metres engenheiro agrônomo Fábio Calixto Santos e a ND foi doada uma muda por uma propriedade rural no município de São Mateus do Sul no Estado do Paraná na primeira quinzena de setembro de 2015.

O espaçamento entre linhas foi de 3 metros e entre plantas 0,8 metros.

Para o controle de formiga foi aplicada isca, foi feito a roçada periodicamente entre a linhas.

Os atributos químicos e físicos do solo podem ser visualizados na tabela 4.

Tabela 4 - Características químicas e físicas do solo no experimento, de 0 a 20 cm de profundidade.

pH-H ₂ O	Indice SMP	Ca	Mg	K	H+Al	CTC efetiva	CTC pH7	AI	P	V	MO
5,2	5,3	4,19	6,56	0,47	9,70	11,79	20,92	0,57	0,6	53,64	3,3
Argila	Silte	Areia									
		%.....									
24	33	45									

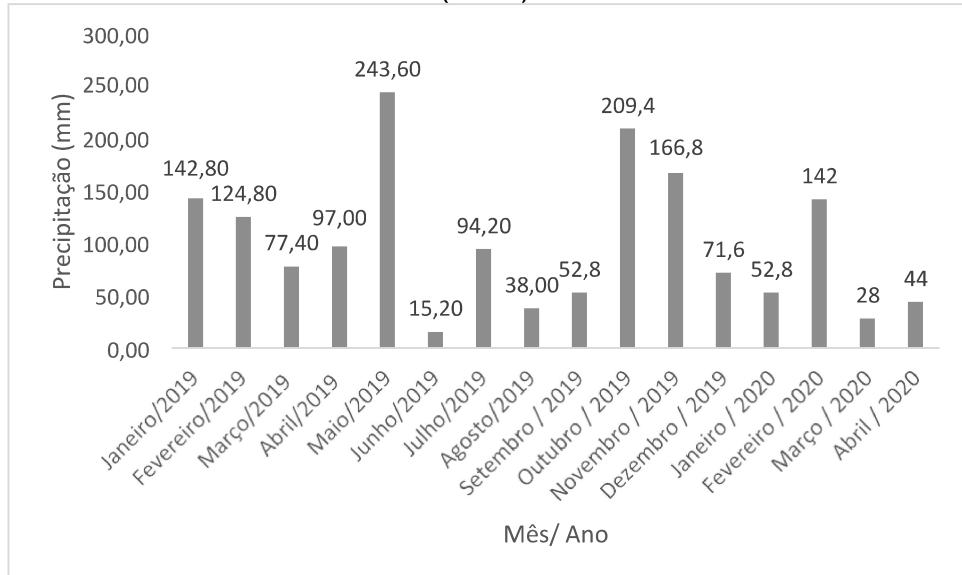
Fonte:Laboratório de química e física do solo UDESC CAV,2019.

Legenda: pH= pH em água, MO = Matéria orgânica, P= Fósforo, K= Potássio, Ca= Cálcio, Mg = Magnésio, H+Al= Acidez potencial, CTCefetiva = Capacidade de troca de cátions efetiva, CTCpH7=Capacidade de troca de cátions a pH 7, V = Saturação por bases.

A pesquisa foi realizada nas safras 2018/2019 e 2019/2020.

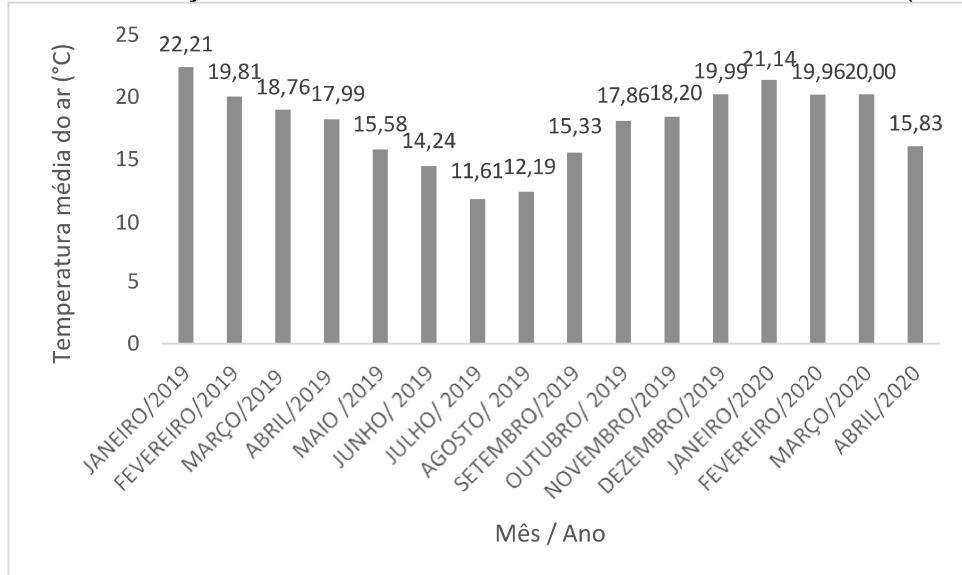
O experimento foi implantado em 4 de janeiro de 2019.

Figura 4 - Precipitação mensal, em mm, no município de Lages (SC), em relação ao mês e ano de ocorrência. Dados: EPAGRI (2021).



Fonte: Elaborado pelo próprio, 2022.

Figura 5 - Temperatura média do ar, em °C, no município de Lages (SC), em relação ao mês e ano de ocorrência. Dados: EPAGRI (2021).

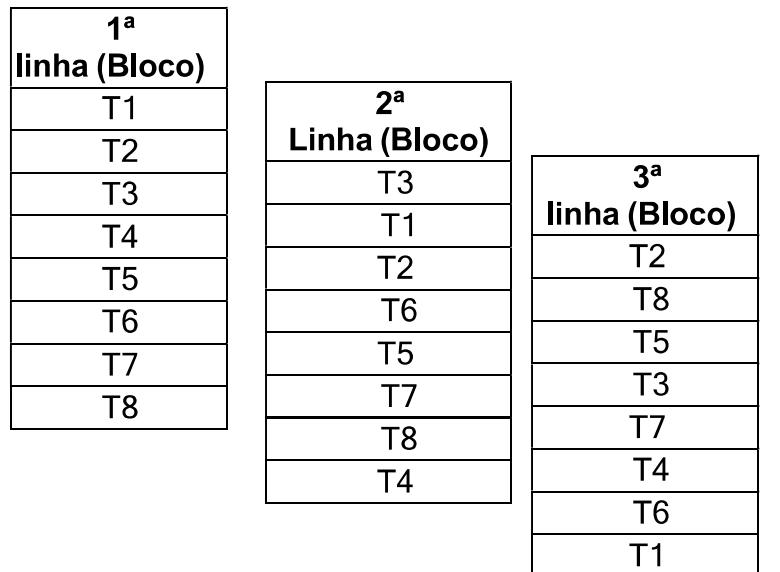


Fonte: Elaborado pelo próprio, 2022.

4.3.2 Safra 2018/2019

Os tratamentos consistiram em um esquema bifatorial 4x2, sendo três doses de nitrogênio (100, 200 e 300 kg ha⁻¹) e um controle sem nitrogênio e duas cultivares de lúpulo, uma comercial (Cascade) e outra cultivar não determinada (ND) (Figura 5).

Figura 6 - Croqui do experimento da safra 2018/2019, com a sua respectiva legenda.



LEGENDA

T1	T1 - 100 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado
T2	T2 - 100 kg de nitrogênio, genótipo Cascade
T3	T3 - sem nitrogênio (0 kg), genótipo Não Determinado
T4	T4 - sem nitrogênio (0 kg), genótipo Cascade
T5	T5 - 200 kg de nitrogênio, genótipo Cascade
T6	T6 - 300 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado
T7	T7 - 200 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado
T8	T15 - 300 kg de nitrogênio, genótipo Cascade

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

A ureia foi utilizada como fonte de nitrogênio e foi realizada a adubação com cloreto de potássio (345 kg ha^{-1}) e superfosfato triplo (610 kg ha^{-1}), como fontes de potássio e fósforo, respectivamente, conforme a necessidade das plantas.

A ureia foi parcelada em três vezes, 20% na primeira aplicação (no dia 07/01/2019), 40% na segunda aplicação (no dia 08/03/2019) e o restante na última

aplicação (dia 04/04/2019). Os adubos foram aplicados em linha de plantio no solo (incorporado).

As variáveis avaliadas foram: clorofila pelo clorofilômetro SPAD-502, clorofila A, B, A+B e carotenoides no laboratório, massa seca de parte aérea, produção de cones, massa seca de cones (deixados em estufa a 65°C, até massa constante), nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro (conforme Tedesco *et al.*, 1995) e fósforo (por Murphy; Riley (1962)) no pecíolo da planta, teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais nos cones.

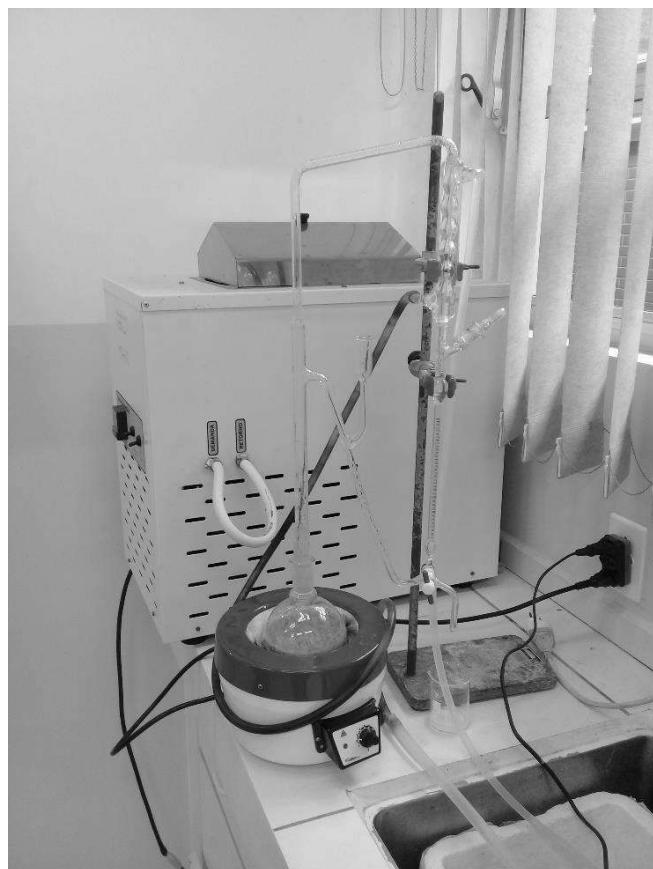
No campo foi determinada clorofila pelo clorofilômetro SPAD-502 da marca Konica Minolta, utilizando três folhas por parte inteira da planta (inferior, mediana e superior).

Para determinação das clorofila A, B, A+B e carotenoides no laboratório foram utilizandos três círculos de diâmetro de 1,2 cm de três folhas da parte do limbo em um recipiente, sendo adicionados 5 mL do reagente Dimetil Sulfóxido (DMSO) PA ACS da marca EXODO CIENTIFICA, em seguida o recipiente foi tampado e deixado em banho maria por 1 hora e por fim foi determinados a clorofila A, B, A+B e carotenoides, conforme o método proposto por Wellnurn (1994, adaptado), no aparelho multimode plate reader modelo Enspire, marca PerkinElmer®.

Para a extração de alfa e beta ácidos foi utilizada mistura de 85% de metanol (grau HPLC), 14,975% de água Milliq acidificada com 0,025% de ácido fórmico. Uma quantidade de 1,00 g de lúpulo foi medida, sendo adicionados 30 mL da solução extratora. A mistura foi agitada por meia hora em temperatura ambiente, logo em seguida foi centrifugada em 3000 rpm por 5 minutos, uma alíquota desse extrato foi filtrada em membrana Millipore de 0,45 µm e em seguida diluída com 0,1 mL da amostra com 0,9 mL da solução extratora, após foi injetada diretamente no cromatógrafo (FAGHERAZZI, 2020, com adaptações). Os alfa e beta ácidos foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência em cromatógrafo Shimadzu (modelo LC-2050C 3D). As condições de análise foram: fluxo de 1,4 mL min⁻¹; temperatura 85°C (40°C forno) e comprimento de onda de 314 nm (DANENHOWER *et al.*, 2008 com adaptações)

Os óleos essenciais foram determinados por hidrodestilação em aparelho clevenger, com tempo de extração de 4 horas, segundo a metodologia da ASBC Hops-13 *apud* Fagherazzi (2020).

Figura 7- Imagem da análise de óleos essenciais totais do lúpulo



Fonte: Elaborado pelo próprio, 2022.

A clorofila por SPAD - 502, A, B A + B e carotenoides foram lidos no dia 11/06/2019, sendo retiradas cinco amostras de folhas, em cada parte da planta (inferior, mediana e superior). .

As coletas dos pecíolos para análise dos nutrientes foram realizadas em 23/04/2019, sendo coletadas amostras entre 1,5 a 1,8 m de altura da planta.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e 8 tratamentos.

Figura 8 - Imagem do experimento com lúpulo



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022

4.3.3 Safra 2019/2020

Nesta safra foram avaliados tratamentos em fatorial $4 \times 2 \times 2$, com três doses de nitrogênio ($100, 200$ e 300 kg ha^{-1}), um controle sem adubação, duas cultivares de lúpulo, uma comercial (Cascade) e outra não determinada (ND) e tratamentos com boro e sem boro.

Figura 9 - Croqui do experimento da safra 2019/2020, com a sua respectiva legenda.

1^a linha (Bloco)	2^a Linha (Bloco)	3^a linha (Bloco)
T1	T5	T3
T2	T6	T4
T3	T1	T15
T4	T2	T16
T5	T3	T9
T6	T4	T10
T7	T11	T5
T8	T12	T6
T9	T9	T13
T10	T10	T14
T11	T13	T7
T12	T14	T8
T13	T15	T11
T14	T16	T12
T15	T7	T1
T16	T8	T2

LEGENDA

T1	T1 - 100 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado, com boro
T2	T2 - 100 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado, sem boro
T3	T3 - 100 kg de nitrogênio, genótipo Cascade, com boro
T4	T4 - 100 kg de nitrogênio, genótipo Cascade, sem boro
T5	T5 - sem nitrogênio (0 kg), genótipo Não Determinado, com boro
T6	T6 - sem nitrogênio (0 kg), genótipo Não Determinado, sem boro
T7	T7 - sem nitrogênio (0 kg), genótipo Cascade, com boro
T8	T8 - sem nitrogênio (0 kg), genótipo Cascade, sem boro
T9	T9 - 200 kg de nitrogênio, genótipo Cascade, com boro

T10	T10 - 200 kg de nitrogênio, genótipo Cascade, sem boro
T11	T11 - 300 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado, com boro
T12	T12 - 300 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado, sem boro
T13	T13 - 200 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado, com boro
T14	T14 - 200 kg de nitrogênio, genótipo Não Determinado, sem boro
T15	T15 - 300 kg de nitrogênio, genótipo Cascade, com boro
T16	T16 - 300 kg de nitrogênio, genótipo Cascade, sem boro

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

A ureia foi utilizada como fonte de nitrogênio e o ácido bórico como fonte de boro. Foi realizada adubação com cloreto de potássio (474 kg ha^{-1}) e superfosfato triplo (610 kg ha^{-1}), como fontes de potássio e fósforo, respectivamente, conforme a necessidade das plantas

A dose de boro aplicado foi $1,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e foi aplicado uma vez no solo (incorporados), junto com a primeira dose de ureia, cloreto de potássio e o superfosfato triplo.

A ureia foi parcelada em três vezes, $1/3$ na primeira aplicação (no dia 01/11/2019), $1/3$ na segunda aplicação (no dia 14/12/2019) e o restante na última aplicação (dia 14/01/2020).

Os adubos foram aplicados em linha de plantio no solo (incorporados).

As variáveis avaliadas foram: clorofila pelo clorofilômetro SPAD-502, clorofila A, B, A+B e carotenoides no laboratório, massa seca de parte aérea, produção de cones, massa seca de cones (seca na estufa a 65°C até peso constante), nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro e fósforo no pecíolo da planta, teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais nos cones (mesmos métodos mencionados no item 4.3.2, desta tese).

A clorofila A, B, A+B, carotenoides, teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais nos cones, foram determinados conforme citado no item 4.2.2, desta tese.

A clorofila por SPAD-502 e clorofila A, B, A+B e carotenoides no laboratório foram lidos no dia 08/04/2020, conforme o método citado no item 4.3.2, desta tese.

A coletas dos pecíolos para análise dos nutrientes foram realizadas na data 07/03/2020.

A colheita foi realizada nos dias 13 e 14 de abril de 2020.

O delineamento utilizado foi o blocos casualizados, com 3 repetições e 16 tratamentos.

4.3.4 Solo do experimento

O solo foi coletado no dia 13 de março de 2021, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 centímetros, com o trado holandês.

As variáveis avaliadas no solo foram: pH em água (1:1), alumínio, cálcio, magnésio, nitrogênio total, boro, potássio conforme Tedesco *et al.* (1995), a matéria orgânica (TEDESCO *et al.*, 1995, adaptado), a acidez potencial (H+Al) com base no manual de métodos de análise de solo da Embrapa (2017), o fósforo tendo como referências Tedesco *et al.* (1995) e Murphy; Riley (1962) e a granulometria conforme Gee; Bauder (1986).

O ácido bórico, cloreto de potássio, superfosfato triplo e a primeira aplicação de ureia foi dia 12/01/2021, a segunda foi 28/01/2021, 25/02/2021.

4.3.5 Análise dos resultados

O teste estatístico utilizado foi análise de variância pelo teste F (probabilidade 95% e significância 5%) e depois foi feito o desdobramento dos graus de liberdade com o ajustamento da curva de regressão, sendo utilizado o programa estatístico SAS® versão OnDemand for Academics.

Também foi realizado uma estatística descritiva das variáveis teores de alfa,beta ácidos, óleos essenciais totais e matéria fresca e seca de cones, se estão na faixa ideal.

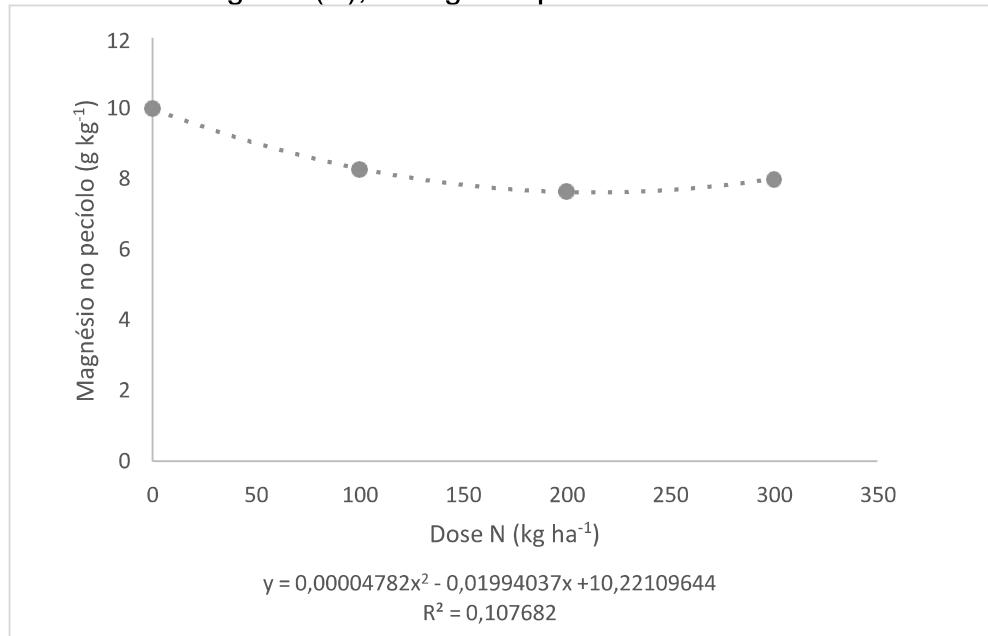
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Safra 2018/2019

A concentração de magnésio no pecíolo apresentou ajuste quadrático com o tratamento sem aplicação de N, com o maior teor de magnésio, para cultivares ND e

Cascade (Figura 10). Dagostim (2019), testando doses de nitrogênio combinadas com ácido giberélico para a planta de lúpulo em vasos com 20 L de solo, não encontrou diferença para a variáveis magnésio até 150 dias após o transplante.

Figura 10 - Teor de magnésio no pecíolo de lúpulo, em g kg^{-1} , em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha^{-1} , para as cultivares ND e Cascade



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

Os teores de potássio, cálcio e nitrogênio no pecíolo da cultivares ND e casacade não foram influenciados pelas doses de N. Darby e colaboradores (2020), testando doses de nitrogênio para a cultivar Cascade, também não encontraram diferenças para teores de potássio, cálcio e nitrogênio na planta inteira de lúpulo.

Tabela 5 - Teores de potássio, cálcio e nitrogênio no pecíolo do lúpulo, em g kg^{-1} , em relação a doses de nitrogênio (N), em kg ha^{-1} , para as cultivares ND e Cascade.

Variável	Dose de N kg ha^{-1}				Média
	0	100	200	300	
Potássio (g kg^{-1})	42,65	30,48	31,99	26,96	33,02 ^{ns}
Cálcio (g kg^{-1})	21,52	19,09	15,52	14,66	17,20 ^{ns}
Nitrogênio (g kg^{-1})	41,19	37,38	53,23	52,91	46,18 ^{ns}
Fósforo (g kg^{-1})	7,63	5,30	5,66	5,21	5,95 ^{ns}

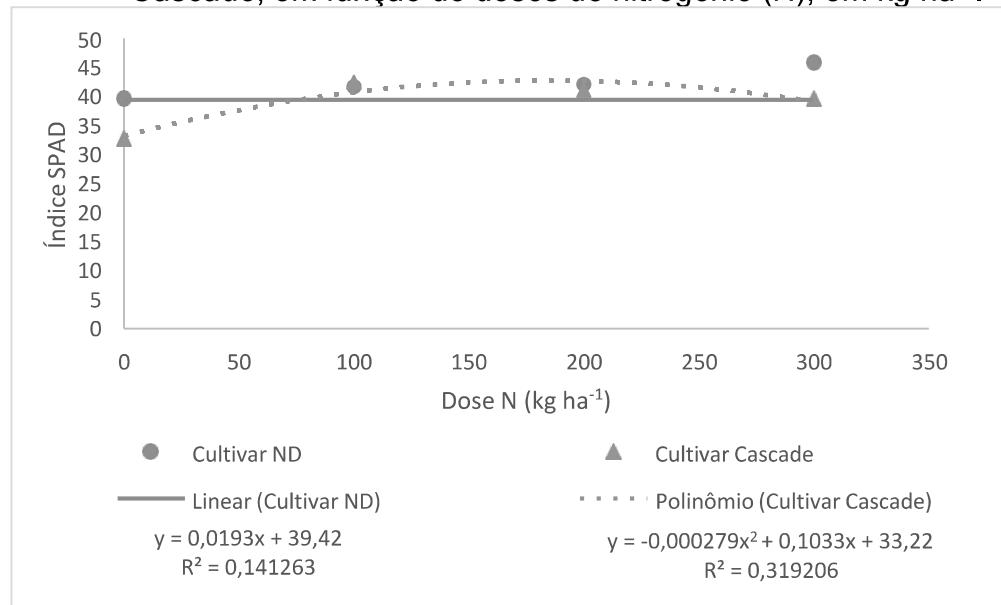
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

ns = não significativo ($p < 5\%$), teste t.

Para a variável índice clorofila SPAD-502 na folha de lúpulo, houve diferenças entre as doses de N testadas para as duas cultivares avaliadas (ND e Cascade), onde a cultivar não determinada (ND), obteve resposta linear positivo, com aumento das doses de N, este comportamento pode ser justificado pelo fato que o nitrogênio fazer parte estrutural da molécula da clorofila (CARVALHO *et al.*, 2003), assim com o aumento das doses de N, a tendência é que aumente o teor de clorofila. Dagostim (2019), encontrou o mesmo comportamento, analisando o índice de clorofila foliar em resposta a doses de N combinadas com aplicação de ácido giberélico no lúpulo em medidas até 150 dias após transplante. Stampfl (2021), testando doses de N para duas variedades de lúpulo (cultivares tradicional e Herkules), também encontrou maiores valores de índice de clorofila SPAD, as doses mais elevadas de N (doses 150 e 180 kg ha⁻¹ de N, respectivamente para as cultivares Tradicional e Herkules), esses resultados foram semelhantes nos dois anos de avaliações (anos 2018 e 2019).

Para a cultivar Cascade o índice clorofila SPAD-502 na folha de lúpulo teve ajuste quadrático (Figura 10), com ponto de máximo da curva na dose 185 kg ha⁻¹ de N.

Figura 11 - Índice clorofila SPAD-502 na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹.

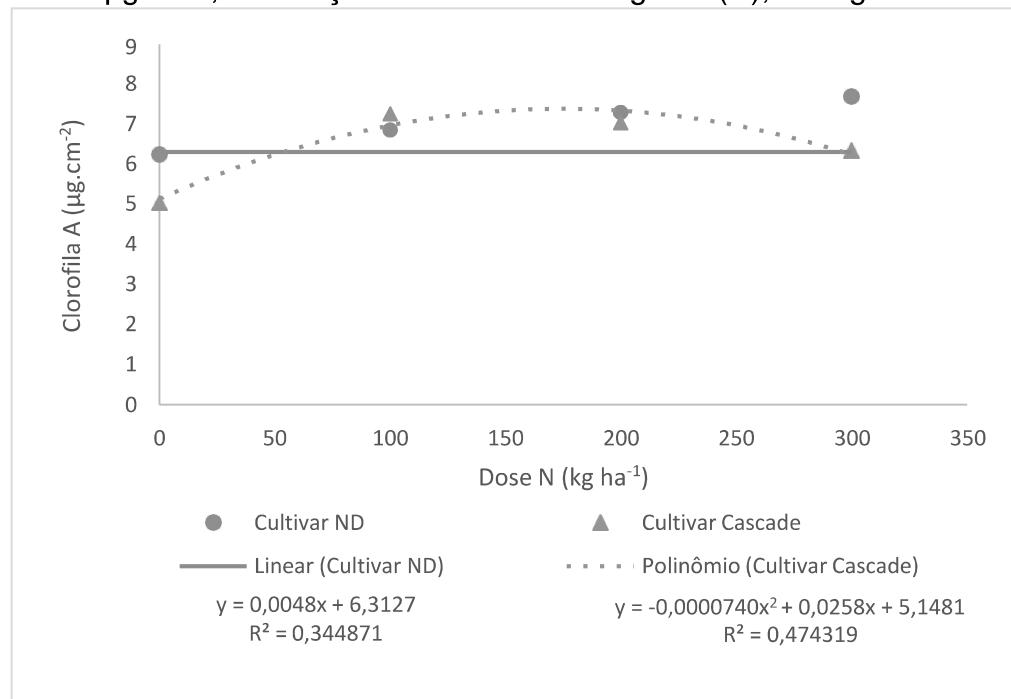


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

A clorofila A na cultivar ND teve resposta linear ao aumento das doses de N, semelhante ao índice de clorofila SPAD-502 (Figura 12). Saloner e Bernstein (2020), também encontraram maior teor de clorofila A na maior dose de nitrogênio testado

(320 ppm de N), em ensaio com *Cannabis sativa L.*, esta espécie pertence à mesma família do lúpulo (*Humulus lupulus L.*). Já para a cultivar Cascade houve resposta quadrática à dose de N, com ponto de máximo em 174 kg ha⁻¹

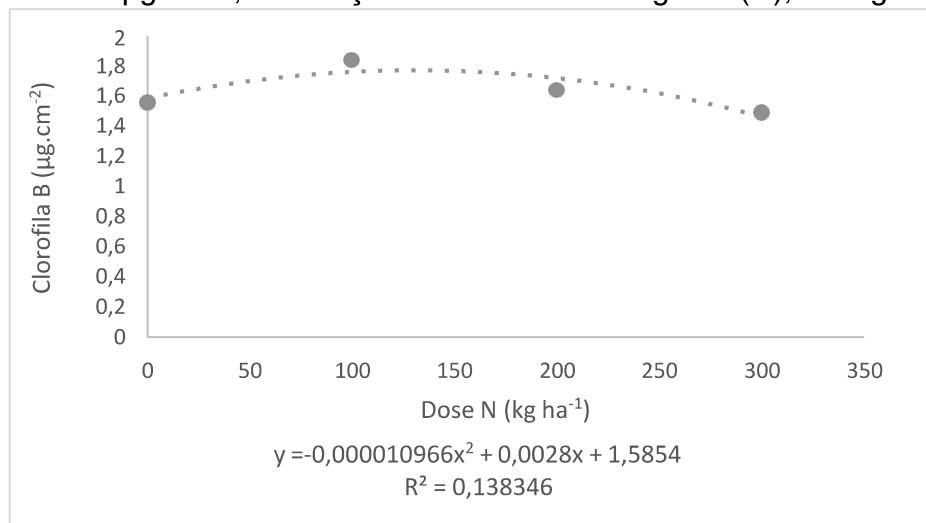
Figura 12 - Teor de clorofila A na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

A dose que expressou o maior teor de clorofila B na cultivar Cascade foi 128 kg ha⁻¹ de N (Figura 12). Rodolfi *et al.* (2021), registrou o menor teor de clorofila B para o lúpulo cultivar Cascade, com a maior dose de nitrogênio orgânico aplicado (dose 30 kg ha⁻¹).

Figura 13 - Teor de clorofila B na folha de lúpulo da cultivar Cascade, em $\mu\text{g cm}^{-2}$, em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha^{-1} .

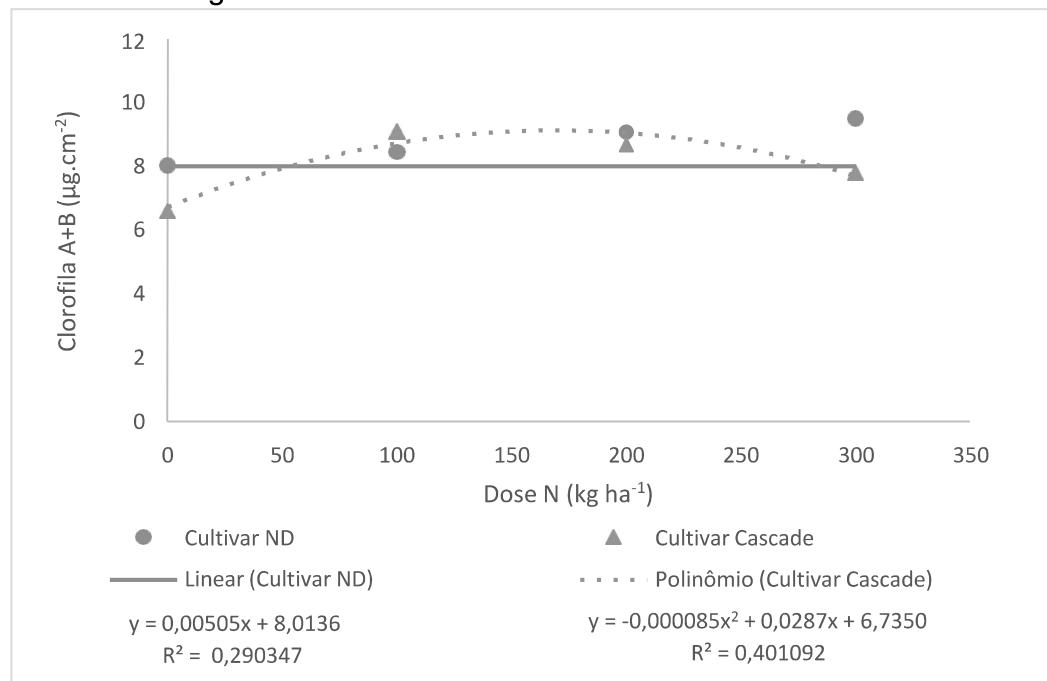


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

O teor de clorofila A + B nas duas cultivares (Figura 14) foi semelhante ao da clorofila A, índice de clorofila SPAD-502 e carotenoides. Outros estudos com outras espécies de plantas também tiveram correlação positiva entre o índice SPAD-502 e a clorofila. Para lúpulo essa informação é importante, pois o clorofilômetro SPAD-502 é um equipamento prático, fácil manuseio e rápida determinação e pode fornecer uma noção precisa do teor de clorofila na planta.

Para cultivar ND, o teor de clorofila A+B aumentou linearmente com as doses de N. O nitrogênio faz parte da estrutura molecular da clorofila A e B (CARVALHO *et al.*, 2003) que seu emprego aumenta a absorção e os teores de clorofila A e B. A dose que apresentou o maior teor de clorofila A+B, para a cultivar Cascade foi de 169 kg ha^{-1} de N.

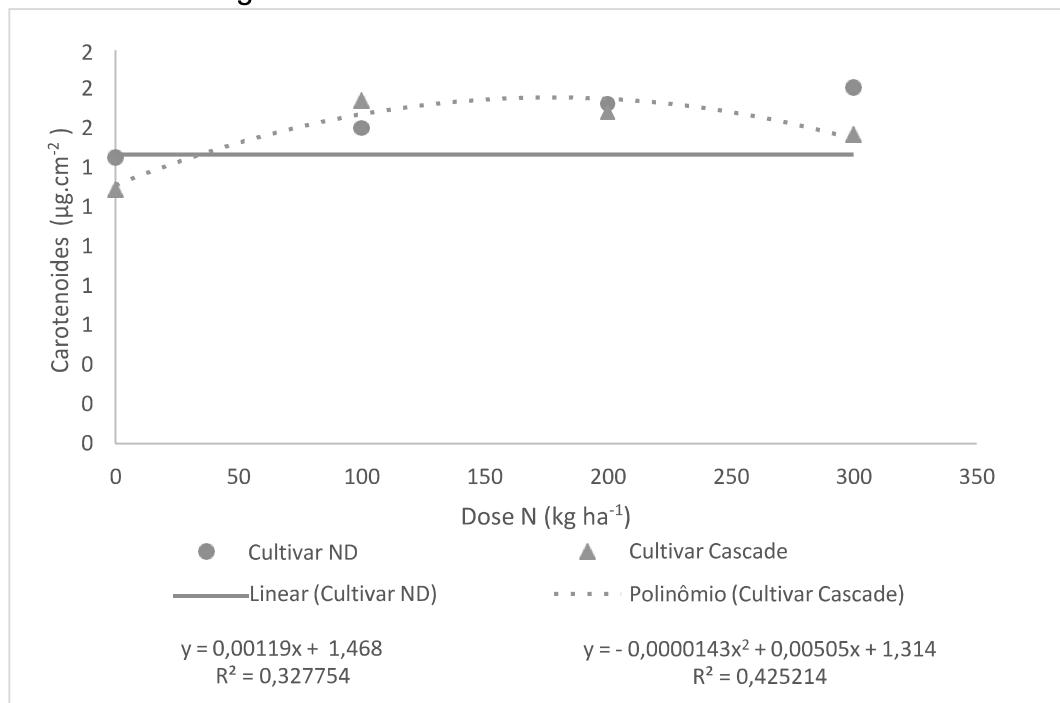
Figura 14 - Teor de clorofila A + B na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em $\mu\text{g cm}^{-2}$, em função de doses de nitrogênio (N), e kg ha^{-1} .



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

O teor de carotenoides teve resposta linear positiva às doses de N para a cultivar ND. Saloner; Bernstein (2021), trabalhando com doses de N, para *Cannabis sativa L.*, encontraram resultados semelhantes, com uso de nitrogênio, aumento o teor de carotenoides, sendo que a maior dose resultou maior concentração. Para cultivar Cascade, o maior teor de carotenoides corresponde a dose de 177 kg ha^{-1} de N (Figura 14). Rodolfi *et al.* (2021), não obtiveram variação nos teores de carotenoides, em resposta a doses de nitrogênio orgânico para o lúpulo da cultivar Cascade.

Figura 15 - Teor de carotenoides na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, em função de doses de nitrogênio (N), em kg ha^{-1} .



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

O índice SPAD-502 e os teores de clorofila A, A+B e carotenoides, tiveram comportamentos semelhantes para as duas cultivares testadas, porém com ajustes de regressões diferentes para as duas variedades (Figuras 11, 12, 14 e 15), estes acontecimentos podem ser relacionados com fatores genéticos de cada cultivar

Nesta safra não teve produção de cones, por isso não foi apresentado a massa fresca e seca de cones, possivelmente por ter sido plantado em começo janeiro. Também não foi feita a coleta da parte área para determinação de massa seca de parte aérea. Gruzka (2012), testando doses de N para dois híbridos de milhos, também tiveram modelos de regressões diferentes para a folha sete e estádio fenológico V₇, para o índice relativo de clorofila.

4.4.2 Safra 2019 / 2020

Com base nas faixas normais para variedades Fuggle (3 a 6% de alfa e 2,2 a 3,1 % de beta ácidos), Cascade (4,5 a 7% de alfa e beta-ácidos) e Hallertau (3 a 5,5% de alfa e 3,0 a 5,0 % de beta ácidos) (SPÓSITO et al., 2019), para cultivar ND os teores de alfa e beta ácidos foram muito baixos para todos os tratamentos, como pode ser visto para a dose 100 kg ha^{-1} de N e 0 kg ha^{-1} de B (1,11% de alfa ácido e 0,45%

de beta ácido) e para as doses de 100 (0,96% de alfa ácido e 1,17% de beta ácido) e 300 kg ha⁻¹ de N (1,17% de alfa ácido e 0,98% de beta ácido), para a dose de 1,6 kg ha⁻¹ de B (Tabela 6). Silva (2019), também encontrou teores baixos de alfa e beta ácidos, em duas cultivares de lúpulo nacional e plantadas nas condições brasileiras, para a variedade Mantiqueira, ela encontrou 1,30% de alfa ácido e 0,89% de beta ácido, já para a cultivar Brazylisk, foi obtido 1,40% de alfa ácido e 1,76% de beta ácido.

Os teores de óleos essenciais totais presentes nos cones de lúpulo variam entre 0,5 a 3 mL100g⁻¹ (ALMAGUER *et al.*, 2014; BENITEZ *et al.*, 1997 *apud* DURELLO; SILVA; JR, 2019). Para cultivar ND o único tratamento que obteve próximo a essa faixa foi das doses 300 kg ha⁻¹ de N e 1,6 kg ha⁻¹ de B, (tabela 6), sendo obtido 0,48 mL100g⁻¹ de óleos essenciais totais.

Tabela 6 - Teores de alfa (α), beta β -ácido, em porcentagem (%) e óleos essenciais totais, em mL100g⁻¹, das diferentes doses nitrogênio (N) e boro (B), em kg ha⁻¹, das cultivar ND.

Variável	Dose N kg ha ⁻¹				S	Dose B kg ha ⁻¹
	0	100	200	300		
α -ácido (%)	0	1,11	0	0	0,48	
β -ácido (%)	0	0,45	0	0	0,20	
Óleos essenciais totais (mL100g ⁻¹)	0	0,16	0	0	0,07	0
α -ácido (%)	0	0,96	0	1,17	0,54	
β -ácido (%)	0	1,17	0	0,98	0,54	
Óleos essenciais totais (mL100g ⁻¹)	0	0	0	0,48	0,21	1,6

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

S = Desvio padrão

Os teores de alfa e beta ácidos foram baixos na cultivar Cascade (tabela 7), os valores de referências da cultivar Cascade, varia entre 4,5 a 7% de alfa e beta ácidos (SPÓSITO *et al.*, 2019). Silva (2019), também encontrou valores baixos de alfa e beta ácidos para cultivar Cascade (1,83% de alfa ácido e 1,25% de beta ácido), esses resultados estão semelhantes com o encontrado para a dose 100 kg ha⁻¹ de N e 0 kg ha⁻¹ de B (1,61% de alfa ácido e 1,28% de beta ácido) e da dose 300 kg ha⁻¹ de N e 1,6 kg ha⁻¹ de B (1,95% de alfa ácido e 1,65% de beta ácido), a possível causa desses

valores é que essas plantas não são adaptadas nas condições edafoclimáticas brasileira.

O teor de óleos essenciais totais presente nos cones de lúpulo da cultivar Cascade variam entre 0,8 a 1,5 mL.100g⁻¹ (SPÓSITO *et al.*, 2019), o que não foi visto em nenhum dos tratamentos (Tabela 7). Justen (2019), encontrou para a cultivar Saaz entre 0,4 a 0,8 mL.100g⁻¹ de óleos essenciais totais, Sharpe; Laws (1981), encontrou resultados semelhantes (0,4mL.100g⁻¹ de óleos essenciais totais), mas para cultivar Hallertau. Apesar de serem diferentes variedades, esses resultados corroboram com que é visto no tratamento das doses 300 kg ha⁻¹ de N e 1,6 kg ha⁻¹ de B, que obteve 0,41 mL.100g⁻¹ de óleos essenciais totais da cultivar Cascade, assim como em outros tratamentos que chegaram próximos a esse valor (0,38 mL.100g⁻¹ de óleos essenciais totais) (Tabela 7).

Tabela 7 – Teores médios de alfa (α), beta β-ácido, em porcentagem (%) e óleos essenciais totais, em mL100g⁻¹, das diferentes doses nitrogênio (N) e boro (B), em kg ha⁻¹, das cultivar Cascade .

Variável	Dose N kg ha ⁻¹				S	Dose B kg ha ⁻¹
	0	100	200	300		
α-ácido (%)	0	1,61	0,60	1,49	0,66	
β-ácido (%)	0	1,28	0,54	1,07	0,50	
Óleos essenciais totais (mL100g ⁻¹)	0	0,33	0	0,38	0,18	0
α-ácido (%)	0	1,46	1,34	1,95	0,72	
β-ácido (%)	0	0,86	0,98	1,65	0,59	
Óleos essenciais totais (mL100g ⁻¹)	0	0,28	0,38	0,41	0,16	1,6

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.
S= Desvio padrão

A baixa precipitação que ocorreu em março de 2020 (Figura 5), diminuiu a produção de massa fresca e seca de cones de lúpulo das cultivares ND e Cascade, (Tabelas 8 e 9).

Em regiões produtoras de lúpulo, onde não tem uma boa distribuição de chuvas durante o período de crescimento da planta, o uso de irrigação é fundamental para garantir a produção.

Tabela 8 - Valor médio para matéria fresca e seca de cones em gramas (g),em resposta a doses de nitrogênio (N) e boro (B) em kg ha⁻¹, na cultivar ND.

Variável	Dose N kg ha ⁻¹				S	Dose B kg ha ⁻¹
	0	100	200	300		
Matéria fresca de cones (g)	0	0,50	0	0	0,22	0
Matéria seca de cones (g)	0	0,18	0	0	0,08	
Matéria fresca de cones (g)	0	0,57	1,42	2,03	0,78	1,6
Matéria seca de cones (g)	0	0	1,42	3,55	1,45	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

S= Desvio Padrão

A produção de massa fresca de cones da cultivar Cascade varia de 484 a 592 g planta⁻¹ (SPÓSITO *et al.*, 2019), tendo em vista um espaçamento de 0,8 metro entre plantas e 3 metros entre linhas. Sabendo que planta de dois anos tem o seu potencial máximo produtivo de 65% (entre 315 a 385 g planta⁻¹) (MARCOS *et al.*, 2011), (Tabela 9) todos os tratamentos ficaram muito abaixo dessa faixa (entre 315 a 385 g planta⁻¹). Este fato pode ser explicado pela estiagem que ocorreu neste período de crescimento, principalmente na fase reprodutiva da planta, onde para o mês de março de 2020, ocorreu apenas 28 mm de chuva (Figura 11).

Tabela 9 - Valor médio massa fresca e seca de cones em gramas (g), em respostas a doses de nitrogênio (N) e boro (B) em kg ha⁻¹, na cultivar Cascade.

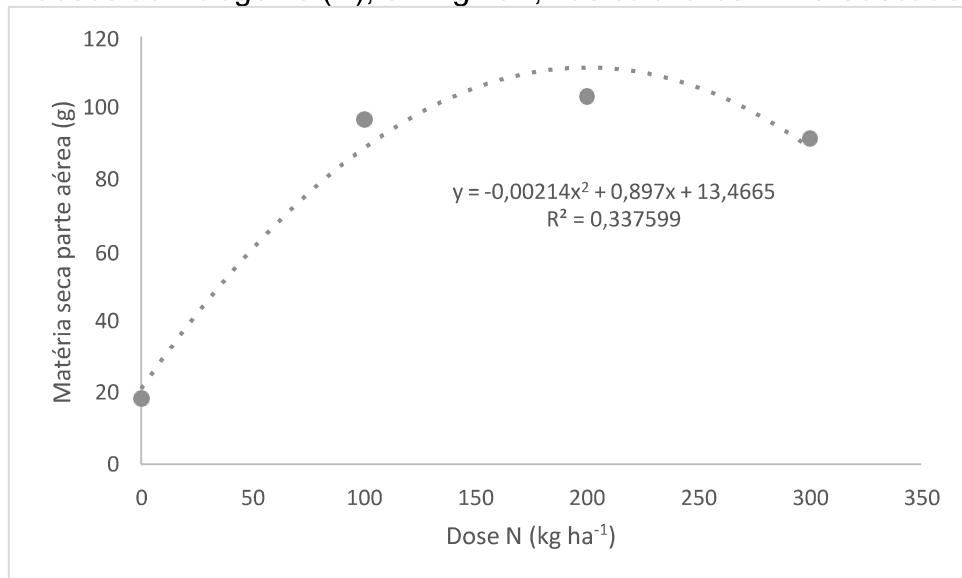
Variável (g planta ⁻¹)	Dose N kg ha ⁻¹	200	300	S	Dose B kg ha ⁻¹
Cones massa fresca	0	27,56	0,56	8,12	11,15
Cones massa seca	0	21,56	0,33	5,30	8,78
Cones massa fresca	0	69,54	54,12	70,98	28,86
Cones massa seca	0	52,08	29,02	32,71	18,62
					1,6

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

S = Desvio padrão

A produção de matéria seca da parte aérea, teve resposta quadrática, a dose de N aplicada, com ponto de máxima em 210 kg ha⁻¹ de N, (Figura 16), o que corrobora com a recomendação de nitrogênio da Defra (2010), que varia de 180 a 220 kg ha⁻¹ de N.

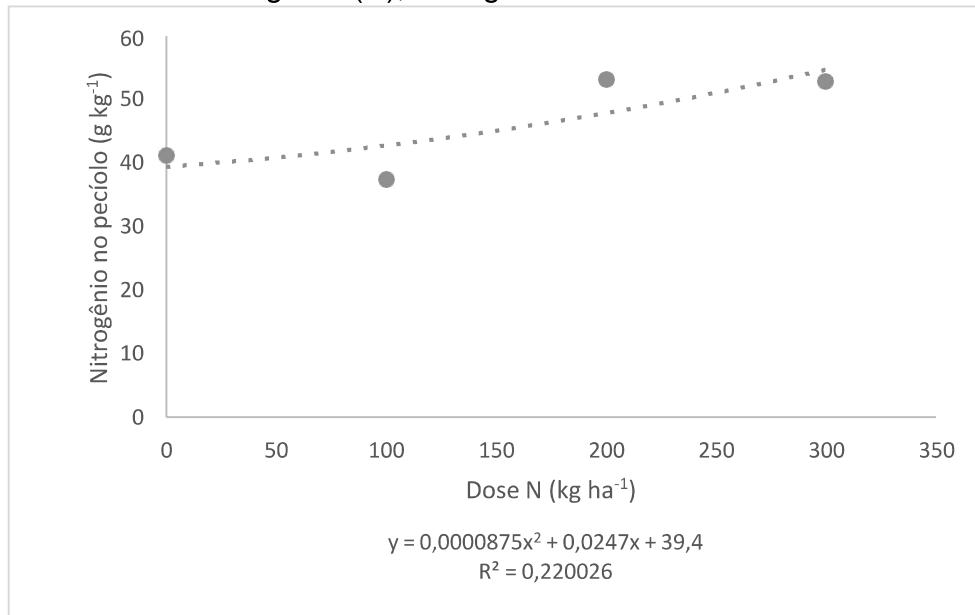
Figura 16 - Matéria seca da parte aérea do lúpulo, em gramas (g), em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹, nas cultivares ND e Cascade.



Fonte: Elaborado próprio autor, 2022.

O teor de nitrogênio no pecíolo, foi semelhante as duas cultivares (ND e Cascade), com resposta quadrática , sendo que das doses de N testadas, com ponto de máxima em 141 kg ha⁻¹ de N.

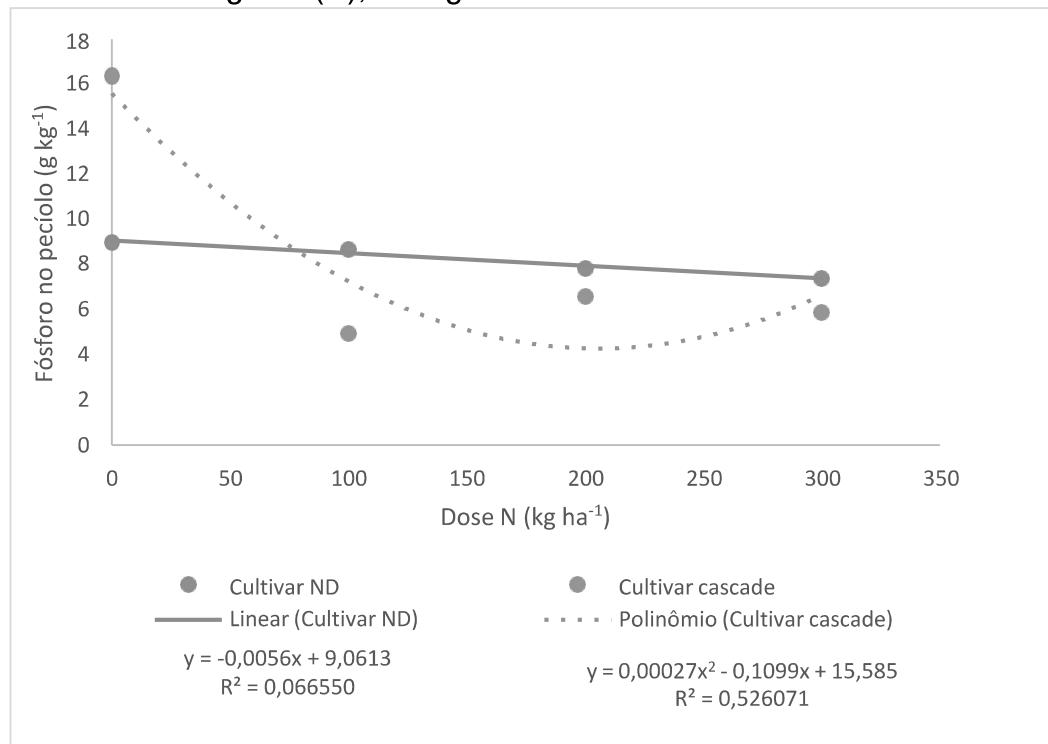
Figura 17- Teor de nitrogênio no pecíolo de lúpulo, em g kg⁻¹, para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2021.

O teor de fósforo no pecíolo na cultivar ND, decresceu de forma linear negativa, (Figura 18) ao aumento das doses de N, o que pode ser explicado por efeito de diluição, quando a taxa de acúmulo de matéria seca é superior a absorção do nutriente (MAIA *et al.*, 2005). Para a cultivar Cascade o teor de fósforo no pecíolo teve resposta quadrática ao uso de N, Rodolfi e colaboradores (2021), testando doses de nitrogênio orgânico tiveram resultados semelhantes, onde a menor dose testada apresentou o maior teor de fósforo na folha.

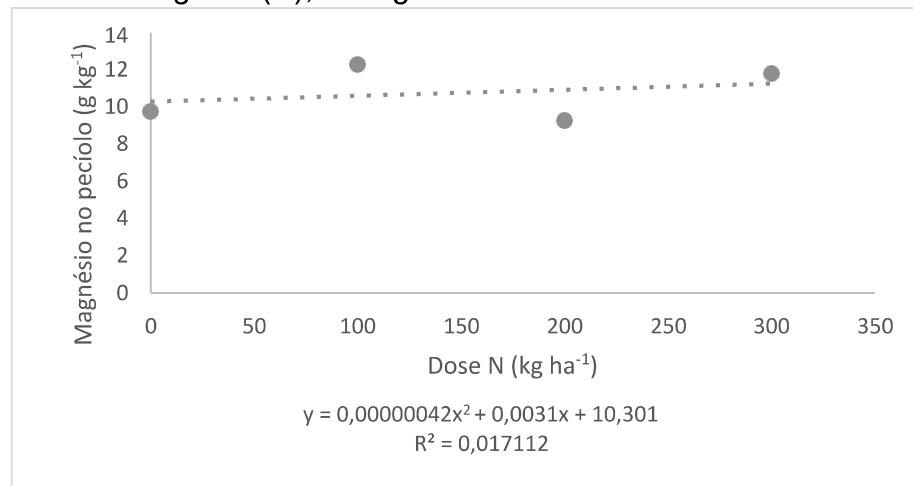
Figura 18 - Teor de fósforo no pecíolo de lúpulo, em g kg⁻¹, para as cultivares ND e Cascade, em respostas a doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Os teores de magnésio no pecíolo das cultivares ND e Cascade, apresentaram ajuste quadrático as doses de N (Figura 19). Rodolfi e colaboradores (2021), testaram diferentes doses de nitrogênio orgânico para lúpulo cultivar Cascade e observaram menor teor de magnésio na folha no tratamento controle, sem aplicação de nitrogênio orgânico, sem diferença entre as outras doses. Dagostim (2019), pesquisou doses de nitrogênio no lúpulo, sem influência no teor de magnésio na folha nos tratamentos testados, com 85 dias após o transplante.

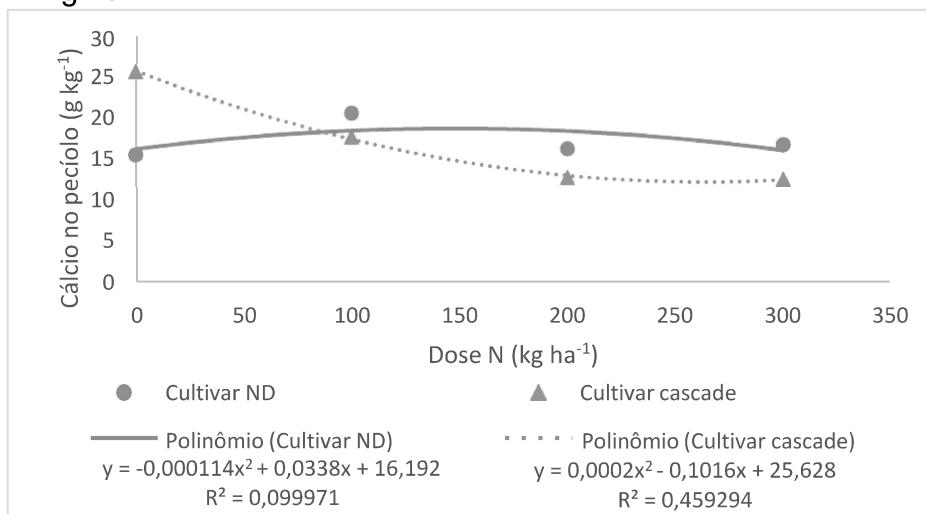
Figura 19 - Teor de magnésio no pecíolo de lúpulo, em g kg⁻¹, para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2021.

O teor de Ca no pecíolo na cultivar ND, apresentou ajuste quadrático, em resposta a dose de N com maior teor de cálcio na dose de 148 kg ha⁻¹ de N. Na cultivar Cascade, houve ajuste quadrático com redução no teor de cálcio no pecíolo (Figura 20)..

Figura 20 - Teor de cálcio no pecíolo de lúpulo, em g kg⁻¹, para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em kg ha⁻¹.

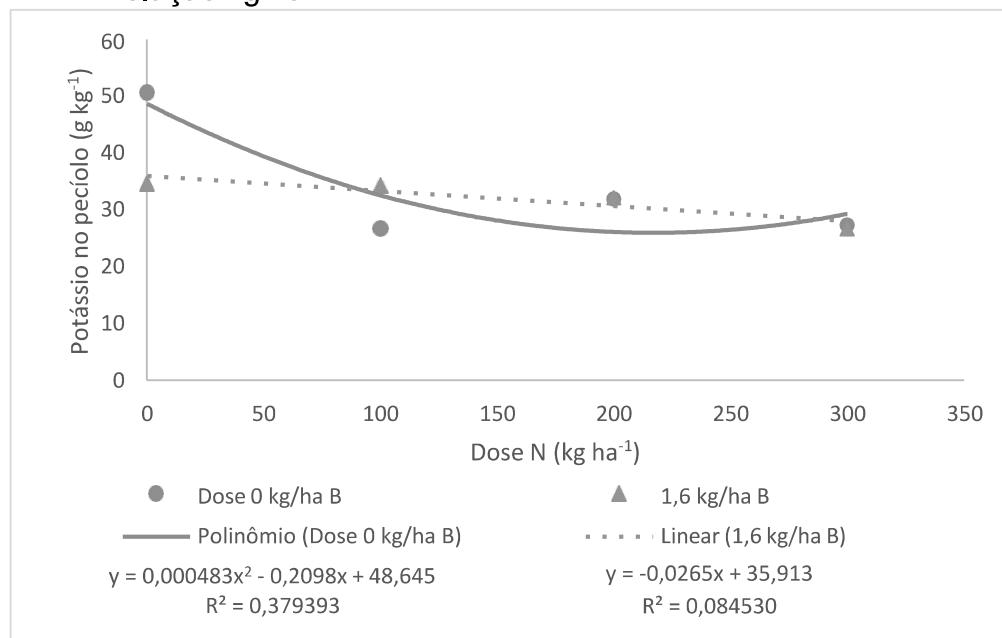


Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2021.

Para teor de K no tecido do lúpulo, houve interação entre doses de nitrogênio e de boro (Figura 21). No tratamento boro, o maior teor de potássio no pecíolo, foi no

tratamento controle, sem nitrogênio. Darby e colaboradores (2020) também encontraram maior teor de potássio no tecido do lúpulo na menor dose testada (dose de 100 kg ha⁻¹ de N), para cultivar Centennial. O modelo de regressão que melhor se enquadrou para a dose de 1,6 kg ha⁻¹ de B, para as cultivares ND e Cascade, foi a linear negativa, podendo ser caracterizado como efeito de diluição (Figura 20).

Figura 21 - Teor de potássio no pecíolo do lúpulo, em g kg⁻¹, para as doses 0 e 1,6 kg ha⁻¹ de boro (B), para as cultivares ND e Cascade, em resposta a doses de nitrogênio (N), em relação kg ha⁻¹.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2021.

Tabela 10 - Índice SPAD-502, teores de clorofila A, B, A+B e carotenoides, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, na folha de lúpulo das cultivares ND e Cascade, nas diferentes doses de nitrogênio (N) e boro (B), em kg ha^{-1}

Variável	Dose N kg ha^{-1}				Dose B kg ha^{-1}
	0	100	200	300	
Índice SPAD-502 ^{ns}	28,05	30,83	31,20	31,22	
Clorofila A($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	3,55	4,49	3,89	2,86	0
Clorofila B($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	0,99	1,50	0,83	0,65	
Clorofila A+B($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	4,53	6,15	4,72	3,51	
Carotenoides($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	0,78	1,11	0,97	0,71	
Índice SPAD-502 ^{ns}	32,94	31,65	31,94	33,24	
Clorofila A($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	4,23	4,67	4,82	4,01	1,6
Clorofila B($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	1,16	1,25	1,22	0,88	
Clorofila A+B($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	5,39	5,92	6,03	4,89	
Carotenoides($\mu\text{g cm}^{-2}$) ^{ns}	1,04	1,12	1,05	0,97	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

ns = não significativo ($p < 5\%$).

4.5 CONCLUSÃO

Para a safra 2018/2019, não houve produção de cones de lúpulo, possivelmente por ter sido plantado em começo de janeiro. A estiagem ocorrida durante a safra 2019/2020, impediu a produção de cones de lúpulo, tendo tratamentos que não apresentaram produção de cones e alfa, beta ácidos e óleos essenciais totais, as que tiveram produção o desempenho foi abaixo do esperado.

A dose de nitrogênio que expressou o seu máximo potencial nutricional foi em média 112 kg ha^{-1} de N e a aplicação de boro via solo influenciou somente o teor de potássio no pecíolo.

5 CAPÍTULO 2- PARÂMETROS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS, DO LÚPULO DA VARIEDADE CASCADE, EM CULTIVOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL

Resumo- O objetivo do estudo foi avaliar qualitativamente e quantitativamente os cones de lúpulo com diferentes tipos de manejos do solo em quatro diferentes lavouras comerciais, foram coletadas entre março e abril de 2021. Amostras de solo, folhas e cones da cultivar Cascade, nos municípios de Lages, Rio Rufino, Palmeira e Frederico Westphalen Santa Catarina e em Rio Grande do Sul. Na planta as variáveis analisadas foram: produção de cones por planta, teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais nos cones, concentrações de nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio no pecíolo. Já no solo foram analisados: cálcio, magnésio, boro, potássio, nitrogênio, fósforo, CTC, CTC pH7, saturação por bases, pH em água (1:1), H+Al, argila, silte e areia. O potencial produtivo das áreas, foi abaixo do esperado, já para o óleo essencial o limite ideal foi atingido em três produtores. A faixa ideal de potássio no pecíolo do lúpulo foi obtido no produtor P4. O teor de fósforo no pecíolo, esteve acima do ideal e os teores de Ca abaixo da faixa adequada para todos os produtores. O teor de magnésio no pecíolo, esteve no limite ótimo em três produtores. Em relação ao nitrogênio no pecíolo, os produtores P1 e P2, foram os que ficaram na faixa ideal para ótima produção para a planta de lúpulo. Os manejos dos solos desses produtores, puderam suprir a necessidade da maioria dos nutrientes, os teores de alfa e beta ácidos foram baixos, mas em relação aos teores de óleos essenciais totais apenas produtor 1, atingiu esta condição.

Palavras-chaves: *Humulus lupulus L.*; Produtores; Manejo do solo.

5.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar aspectos quantitativos e qualitativos do lúpulo em quatro diferentes locais e manejo do solo, consistindo sem e com adubação organomineral.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o rendimento de massa fresca e seca do estróbilo (cones).
- Relacionar as variáveis do solo e da planta com a produção de alfa, beta ácidos, óleos essenciais totais e a produção de estróbilos (cones).

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Informações gerais do estudo

Foram coletadas amostras de solo, pecíolo e cones de lúpulo da variedade Cascade, em quatro diferentes produtores e locais, três no Estado de Santa Catarina e um no Rio Grande do Sul:

Produtor 1 (P1): Situado no bairro dos Cadeados no município de Lages (SC) (Latitude: 27° 42' 48" Sul, Longitude: 50° 12' 10" Oeste) e altitude 863 m em relação ao nível do mar (GOOGLE EARTH, 2021). Com clima classificado como tipo cfb (clima temperado com verão fresco), segundo classificação de Koeppen, com temperatura média anual de 14,3°C e precipitação pluvial média de 1479 mm ao ano (CARDOSO; ULLMANN; EBERHARDT, 2003). Lavoura com 960 plantas, de segunda safra, irrigado por gotejamento, calcariada, onde foi cultivada adubação verde, orgânica cama de ave e mineral com nitrogênio e potássio. Para o controle fitossanitário foi aplicado herbicida, fungicida e inseticida.

Produtor 2 (P2): Localizado no município de Frederico Westphalen, RS (Latitude 27° 20' 00" Sul, Longitude 53° 23' 13" Oeste) e altitude 509 m em relação ao nível do mar (GOOGLE EARTH, 2021). O clima da região é do tipo Cfa segundo Köppen, a temperatura média anual é em torno 18°C, com máximas no verão podendo atingir 41°C e mínimas no inverno atingindo valores inferiores a 0°C, com precipitação pluvial média anual geralmente entre 1.800 e 2.100 mm (BERNARDI *et al.*, 2007). Lavoura de primeira safra, com 25 plantas, irrigada por gotejamento, calcariada, sem adubação. Foi feita a capina manual para controle de erva daninha.

Produtor 3 (P3): Localizado no município de Rio Rufino, SC (Latitude: 27° 55' 04" Sul, Longitude: 49° 44' 20" Oeste) e 1120 m de altitude em relação ao nível do mar (GOOGLE EARTH, 2021). O clima é classificado como Cfb de acordo com a Köppen e Geiger, a temperatura média anual em Rio Rufino é 14.7 °C e precipitação

pluvial média anual é de 1959 mm. Lavoura de primeira safra, com 120 plantas, irrigado por gotejamento, calcariada, aplicação de adubação organo-mineral e fósforo e depois com fertirrigação com nitrogênio, fósforo e potássio. Foram aplicados os produtos químicos Mancozeb (fungicida), Eco Tirano (desalojante natural) e Intrax (minerais quelatados por aminoácidos específicos para aplicação foliar).

Produtor 4 (P4): Localizada no município de Palmeira, SC (Latitude: 27° 38' 52" Sul, Longitude: 50° 10' 08" Oeste) e 971 m altitude em relação ao nível do mar (GOOGLE MAPS, 2021). Pela classificação de Koppen o clima na região é classificado como Cfb (subtropical úmido), com temperatura média anual é de 13,5°C, e a precipitação média anual de 1.561 mm (EMBRAPA, 2004). Lavoura de terceira safra, com 40 plantas, irrigada por gotejamento e calcariada.

As coletas das folhas, cones e solos foram realizadas entre a segunda quinzena de março e a primeira quinzena de abril de 2021.

5.3.2 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas produção de cones frescos e secos (secos até 8 a 12% de umidade), teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais (conforme o método proposto no item 3.4.2 desta tese), teores de nitrogênio, potássio, magnésio, cálcio e boro (conforme Tedesco *et al.* (1995)), fósforo (por Murphy; Riley (1962)) no pecíolo da planta.

Os teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais totais foram determinados conforme citado no item 3.2.2 desta tese.

As coletas de solo foram feitas em duas profundidades, 0 a 10 e 10 a 20 cm, com trado.

As variáveis avaliadas no solo foram: pH em água (1:1), alumínio, cálcio, magnésio, nitrogênio total, boro, potássio conforme Tedesco *et al.* (1995), a matéria orgânica (TEDESCO *et al.*, 1995, adaptado), a acidez potencial (H+Al) com base no manual de métodos de análise de solo da Embrapa (2017), o fósforo tendo como referências Tedesco *et al.* (1995) e Murphy; Riley (1962) e a granulometria conforme Gee; Bauder (1986).

4.3.6 Análise dos resultados

Foi realizada uma análise descritiva dos resultados, se estão na faixa ideal..

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 11, 12 e 13, são apresentados as análises dos solos dos produtores e nas tabelas 14 e 15 os resultados das plantas.

Tabela 11 - Teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio em cmol_c dm⁻³, fósforo (P), boro (B) em mg dm⁻³ e nitrogênio total (N total) no solo em g kg⁻¹, nas profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm.

Produtor	K.....cmol _c dm ⁻³	Ca.....cmol _c dm ⁻³	Mg.....mg dm ⁻³	P.....mg dm ⁻³	B.....mg dm ⁻³	N total g kg ⁻¹
	.....0 - 10 cm profundidade					
P1	1,8	18,1	6,4	393,3	0,3	5,0
P2	1,3	16,7	2,6	10,6	0,5	3,3
P3	0,8	17,2	11,6	174,5	0,5	6,4
P4	1,4	17,5	10,3	57,0	0,3	7,4
	.....10 - 20 cm profundidade					
P1	1,1	9,2	4,0	152,2	0,7	4,1
P2	1,0	18,0	2,9	2,1	0,4	2,3
P3	0,6	15,8	7,6	20,1	0,4	4,4
P4	1,2	13,2	9,6	5,5	0,4	4,1

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Produtores: P1, P2, P3 e P4

Tabela 12 - Matéria orgânica (MO), saturação por bases (V) em porcentagem, capacidade de troca de cátions efetiva (CTCefetiva) e pH 7 (CTC pH 7) calculadas em cmol_c.dm⁻³ e pH do solo dos produtores, nas profundidades 0 a 10 e 10 a 20.

Produtor	pH	MO	V	CTC efetiva	CTC pH 7
	.....%.....	.....cmol _c dm ⁻³ .....	.....0 - 10 cm profundidade .....	.....cmol _c dm ⁻³ .....	.....
.....10 - 20 cm profundidade					
P1	6,7	11,0	99,5	26,6	33,1
P2	6,6	5,4	99,4	20,7	27,9
P3	7,3	13,5	99,3	29,9	40,0
P4	6,9	15,7	99,5	29,5	40,7

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Produtores: P1, P2, P3 e P4

Tabela 13 - Teores de argila, silte e areia (%) em porcentagem e classe textural no solo dos produtores, nas profundidades 0 a 10 e 10 a 20.

Produtor	Argila	Silte	Areia	Classe Textural
%.....	
.....Profundidade 0 - 10 cm				
P1	19	42	39	Franco
P2	33	38	29	Franco Argiloso
P3	16	40	44	Franco
P4	33	35	32	Franco Argiloso
.....Profundidade 10 - 20 cm				
P1	22	42	36	Franco
P2	37	37	26	Franco Argiloso
P3	24	40	36	Franco
P4	38	40	22	Franco Argiloso

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

A produção de massa fresca de cones da cultivar Cascade em áreas produtivas varia entre 605 a 740 g planta⁻¹ (SPÓSITO *et al.*, 2019, considerando espaçamento de 1 x 3 m. Aos dois anos a planta pode atingir 65% (entre 393 a 481 g planta⁻¹) do potencial produtivo e aos três anos entre 65% e 100% (entre 393 a 740 g planta⁻¹) (MARCOS *et al.*, 2011). A produção de massa fresca de cones do produtor 1 (129 g planta⁻¹), lavoura de 2 anos e do produtor 4 (95 g planta⁻¹), lavoura de 3 anos, foram muito abaixo do seu potencial produtivo. Entretanto no trabalho de Marceddu; Carrubba; Sarno (2020), em Palermo, Itália, com uma lavoura de dois anos de lúpulo da cultivar Cascade, obtiveram 52,9 e 13,1 g planta⁻¹ de massa fresca e seca de cones respectivamente, estes resultados estão muito abaixo em relação ao produtor 1, tendo o mesmo período de cultivo (ver tabela 14).

A faixa ideal de alfa e beta ácidos para a cultivar Cascade é entre 4,5 a 7%, nenhum dos produtores alcançaram essa faixa (ver tabela 14). Fagherazzi (2020), analisou alfa e beta ácidos da cultivar Cascade, originadas em três municípios do Estado de Santa Catarina, obteve 2,84% de alfa ácidos e 1,78% de beta ácidos para a cidade de Lages, 2,76% de alfa ácidos e 2,55% de beta ácidos para o município de Palmeira, 2,14% de alfa ácidos e 2,15% de beta ácidos para a cidade de São Joaquim, Esses valores são semelhantes com o encontrado do produtor 2 (Tabela 14).

Em relação ao conteúdo de óleos essenciais totais, o único produtor que não obteve o limite considerado normal, entre 0,8 a 1,5 mL.100g⁻¹ óleos essenciais totais (SPÓSITO *et al.*, 2019), foi o produtor 1 (0,44 mL.100g⁻¹ óleos essenciais totais), por causa da infestação da doença do oídio (*Podosphaera macularis*) na lavoura. Carbone *et al.* (2021), analisando os óleos essenciais totais de duas lavouras de lúpulo orgânico da cultivar Cascade de quarto ano em duas regiões da Itália (Lácio e Toscana), eles obtiveram como resultados respectivamente 1,50 e 0,90 mL.100g⁻¹. Esses valores são equivalentes aos encontrados nos produtores P2, P3 e P4 (Tabela 14).

Tabela 14- Massa frescas, secas, em g planta⁻¹, teores de alfa (α) e beta (β) ácidos, em porcentagem e óleos essenciais totais dos cones de lúpulo, em mL.100g⁻¹.

Produtor					Óleos
	Massa de cones		α-ácido	β-ácido	essenciais
	Frescas	Secas			Totais
		.....g planta ⁻¹.....		.....%.....	mL.100g ⁻¹
P1	129,3	40,4	0,21	0,24	0,44
P2	----	----	2,58	1,46	1,49
P3	----	----	0,32	0,20	1,32
P4	94,8	11,4	0,80	0,90	1,02

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Produtores: P1, P2, P3 e P4

Em relação ao teor de potássio (K) no pecíolo, o único que está na faixa ideal deste nutriente é o produtor P4, onde o limite ideal é 9,7 a 25,5 g kg⁻¹ de K (SIRRINE, 2019), apesar do produtor P1, estar acima da faixa ideal de concentração de potássio no pecíolo (25,8 g kg⁻¹), o valor é próximo ao normal. Os produtores P2 e P3, estão acima dos limites considerados normais em relação ao potássio. Em um estudo realizado em Portugal (AFONSO; ARROBAS; RODRIGUES, 2020), em média eles encontraram 6,1; 8,4 e 6,3 g kg⁻¹ de potássio no pecíolo das cultivares com vigor fraco, regular e bom, respectivamente, esses resultados estão muito abaixo dos produtores desta tese.

O teor de fósforo (P) no pecíolo em todos os produtores ficou acima do teor ideal, sendo 1,8 a 4,3 g kg⁻¹ P (SIRRINE, 2019). Afonso; Arrobas; Rodrigues (2021), testando dois diferentes tipos de adubação foliar, além de um controle (sem adubação foliar), encontraram 1,6 g kg⁻¹ de fósforo na folha de lúpulo da cultivar Nugget, com variedade de vigor fraco e muito bom, no tratamento onde foi aplicado bioestimulante vegetal. Esses resultados estão muito abaixo dos produtores P1, P2, P3 e P4.

Somente os produtores P3 e P4 estão acima do limite considerado ótimo para o nitrogênio (N) no pecíolo, o restante dos produtores estão na faixa ideal, de 21,3 a 39,3 g kg⁻¹ de N (SIRRINE, 2019). Em pesquisa realizada por Afonso e colaboradores (2020) em Portugal, em média eles encontraram 11,3; 9,0 e 8,2 g kg⁻¹ de nitrogênio

no caule das cultivares com vigeores fraco, regular e bom, respectivamente, esses resultados estão muito abaixo dos produtores desta tese.

Todos os produtores avaliados estiveram abaixo da concentração de cálcio (Ca) no pecíolo que é de 30,9 a 60,5 g kg⁻¹ (SIRRINE, 2019). Em um estudo realizado em Bragança, Portugal, os pesquisadores (AFONSO; ARROBAS; RODRIGUES, 2021) encontraram 6,0; 4,3 e 3,1 g kg⁻¹ de cálcio no caule de lúpulo da cultivar Cascade do lúpulo, respectivamente para as safras 2017, 2018 e 2019. Esses resultados estão abaixo do limite considerado normal para o lúpulo e também abaixo dos encontrados dos produtores P1, P2, P3 e P4.

Apesar do produtor 1 ser o único que está além da faixa ideal de teor de magnésio (Mg) no pecíolo (19,95 g kg⁻¹), o limite é tolerável, sendo que o restante dos produtores está no limite ótimo, na faixa de 5,5 a 17,1 g kg⁻¹ de Mg (SIRRINE, 2019). Testando dois diferentes tipos de adubação foliar, Afonso e colaboradores (2021) encontraram 10,1 e 4,6 g kg⁻¹ de fósforo na folha de lúpulo da cultivar Nugget, com variedade de vigor fraco e muito bom, respectivamente no tratamento onde foi aplicado bioestimulante vegetal. Esses resultados equivalem aos dos produtores P2 e P4.

Tabela 15- Teores potássio (K), fósforo (P), nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no pecíolo do lúpulo, em g kg⁻¹, dos produtores e os respectivos valores esperados.

Produtor	K	K esp.	P	P esp.	N	N esp.	Ca	Ca esp.	Mg	Mg esp.
	.....g kg ⁻¹									
P1	25,8	9,7	10,2	1,8	20,1	21,3	15,5	30,9	20,0	5,5
P2	43,4	a	6,6	a	30,6	a	13,1	a	5,5	a
P3	37,2	25,5	9,9	4,3	18,8	39,3	17,0	60,5	15,9	17,1
P4	23,7		5,7		19,5		16,1		8,4	

Fonte: SIRRINE, 2019; Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Produtores: P1, P2, P3 e P4;

K esp.= potássio esperado; P esp.= fósforo esperado; N esp.= nitrogênio esperado;
Ca esp.=cálcio esperado; Mg esp.= magnésio esperado.

5.5 CONCLUSÃO

O cálcio no pecíolo foi o único que todos os produtores ficou abaixo da concentração normal. Já em relação aos óleos essenciais totais nos cones o único produtor que não ficou na faixa normal, para a cultivar Cascade, foi o produtor P1.

Em relação aos teores de alfa e beta ácidos, todos os produtores ficaram acima da faixa normal de produção

Somente para o cálcio, os manejos utilizados por esses produtores, não supriram as necessidades nutricionais e produtivas do lúpulo, especificamente da cultivar Cascade.

6 CONCLUSÃO GERAL

A aplicação de boro via solo não influenciou na produção de matéria seca da parte aérea e a única variável que teve interação com as doses de nitrogênio foi o potássio no pecíolo do lúpulo. Já em relação a doses de nitrogênio, o tratamento que expressou o seu máximo potencial nutricional foi na dose média de 112 kg ha⁻¹ de N.

A produção de alfa e beta ácidos no lúpulo ficou abaixo da faixa normal da cultivar Cascade. O teor de cálcio no pecíolo foi abaixo da faixa normal. Os óleos essenciais totais nos cones o único produtor que ficou abaixo do limite considerado normal, para a variedade Cascade, foi o produtor P1. Os manejos utilizados por esses produtores podem suprir as necessidades nutricionais e produtivas do lúpulo (exceto cálcio) cultivar Cascade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos têm havido interesse de pesquisadores e de pequenos produtores rurais na cultura do lúpulo (*Humulus lupulus L.*) nas condições brasileira. Avanços significativos em publicações de artigos científicos, dissertações, teses e outras literaturas, além de eventos relacionados com esta planta.

Muitas pesquisas têm sido feitas nas condições brasileiras, por várias áreas relacionadas ao lúpulo, como na área da genética, mas pouquíssimos trabalhos estão sendo realizados, com o manejo do solo.

Para validar uma dose de nitrogênio ou outros nutrientes para o lúpulo nas condições brasileira, precisam de mais experimentos de campo. Outros estudos envolvendo nutrição do lúpulo para as condições brasileira, também poderiam ser realizados, como a relação que há entre correlação dos atributos químicos do solo e os aspectos qualitativos e quantitativos da planta.

Portanto, ainda há muitas possibilidades de pesquisas a serem feitas com o manejo do solo nas condições brasileira, pra isso precisa do investimento em pesquisas. Sendo que já existem consideravelmente pequenos produtores, plantando e até comercializando cones de lúpulo e para que um dia o Brasil seja autossuficiente nesta planta, precisa ter conhecimento.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, S.; ARROBAS, M.; RODRIGUES, M.A. Agronomic and chemical evaluation of hop cultivars grown under Mediterranean conditions. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Volume 19, Issue 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-17528>. Disponível em: <https://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/17528/5253>. Acesso em: 18 janeiro 2022.
- AFONSO, S.; ARROBAS, M.; RODRIGUES, M.Â. Response of Hops to Algae-Based and Nutrient-Rich Foliar Sprays. **Agriculture**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11080798>. Disponível: mdpi.com/2077-0472/11/8/798. Acesso em: 18 janeiro 2022.
- AFONSO, S; ARROBAS, M; RODRIGUES, M. A. Soil and Plant Analyses to Diagnose Hop Fields Irregular Growth. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. v.20, p. 1999-2013, 2020.
- ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE LÚPULO BRASILEIRO. **O Iúpulo**. Lages: APROLUPULO. 2020.
- BANCO DO BRASIL. BB abre linha de crédito de R\$ 600 milhões para cultivo de Iúpulo no Estado do Rio. **Associação dos gerentes do banco do Brasil**, São Paulo, 2019. Disponível em: www.agebb.com.br/bb-abre-linha-de-credito-de-r-600-milhoes-para-cultivo-de-lupulo-n-estado-do-rio/. Acesso em: 15 dezembro 2021.
- BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. de. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. **Revista da Universidade Rural**, v.24, p.47-66, 2004. Série Ciências da Vida.
- BERNARDI, I.P.; PULCHÉRIO-LEITE, A.; IRANDA, J.M.D.; PASSOS, F.C. Ampliação da distribuição de *Molossops neglectus* Williams e Genoways (Chiroptera, Molossidae) para o Sul da América do Sul. **Rev. Bras. Zool.** 2007.
- BISSANI, C.; TEDESCO, M.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria.2000.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; V, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.375-448.
- CARBONE, K.; BIANCHI, G.; PETROZZIELLO, M.; BONELLO, F.; MACCHIONI, V.; PARISSE, B.; DE NATALE, F.; ALILLA, R.; CRAVERO, M.C. Tasting the Italian Terroir through Craft Beer: Quality and Sensory Assessment of Cascade Hops Grown in Central Italy and Derived Monovarietal Beers. **Foods**. 2021. DOI: 10.3390/foods10092085. Disponível em:.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8467402/>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

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

CARVALHO, M.A.C. de; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.445-450, 2003. Disponível em:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218486006>. Acesso: 18 julho de 2021.

ČEH, B.; ČREMOŽNIK,B. Effect of the stabilized nitrogen fertilizer on the hop yield and its quality compared to calcium ammonium. **Hmeljarski bilten / Hop Bulletin**, Zalec, p. 23-31, 2009.

CHAITANYA, A. K.; PAL, B.; SAJAL, P; BADOLE, S.P. Role of Boron in Crop Production and Its Management. Mohanpur: Popular Kheti, 2014.

DAGOSTIM, M. D. **Crescimento do lúpulo (*Humulus lupulus L.*) em função da adubação nitrogenada e da aplicação de ácido giberélico foliar**. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

DANENHOWER,T.M.; FORCE, L.J.; PETERSEN, K.J.; BETTS; T.A.; BAKER, G.A. HPLC analysis of α- and β-acids in hops. **Journal of Chemical Education**. Tucson. 2008. DOI:10.1021/ed085p954. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/236072185_HPLC_analysis_of_a_and_b-acids_in_hops. Acesso em: 15 de outubro de 2022.

DARBY, H.; BRUCE, J.; LEWINS, S.; KREZINSKI, I. Hop Nitrogen Fertility Trial. **Northwest Crops & Soils Program**, 2020.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. Fertiliser Manual (RB209). Great Britain: DEFRA, 8 Ed, 249p., 2010.

DODDS, K. **Hops a guide for new growers**. Tumut: NSW Department of Primary Industries, 2017

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; JUNIOR, S. B. Química do Lúpulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170412> . DOI: 10.21577/0100-4042.20170412. Acesso em: 25 janeiro 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. 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).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Manual de editoração da Embrapa**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Brasília, DF: Embrapa

Informação Tecnológica, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/manual-de-editoracao/manual-de-editoracao-da-embrapa>. Acesso em: 20 janeiro 2020.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 1999.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2020. 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line).

ERDMANN, L., F. Influência dos modos de aplicação de dejeto bovino de leite na fertilização de pastagem. 2020. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

EVANS, R. Hop Management in Water-Short Periods. EM4816. Pullman, WA: Washington State University Cooperative Extension. 2003. Disponível em: <https://pubs.extension.wsu.edu/Product/ProductDetails?productId=4389>. Acesso: 07 fevereiro 2022.

FAGHERAZZI , M.M.;SANTOS, M.S.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A.; ARRUDA, A.I.; SANTOS, A.F.; S.S. CAMARGO. A cultura do lúpulo: botânica e variedades. **Revista agronomia brasileira**: Jaboticabal, 2017.

FAGHERAZZI , M.M.;SANTOS, M.S.; SANTOS, K.V.T.; RUFATO, L.; MOREIRA, M.;FAGHERAZZI, A. F. Sistemas de condução para o cultivo do lúpulo. **Revista agronomia brasileira**: Jaboticabal, 2018

FAGHERAZZI, M. M. Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto Sul Catarinense. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

FERNANDES, M.S.; SOUZA,S.R. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S.; SOUZA,S.R.; SANTOS, L.A. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2018. p.309-375.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986.

GENT, D. H.; SIRRINE, J. R. ; DARBY, H. M. . Nutrient management and imbalances. In S. D. O'Neal, D. B. Walsh, and D. H. Gent (eds.), **Field guide for integrated pest management in hops**, 3 ed. Pullman : Hop Industry Plant Protection Committee, 2015.

GENT, D.; SIRRINE, R.; DARBY, H. Nutrient Management and Imbalances. Hop Growers of America, 2015. Disponível em: <https://www.usahops.org/cabinet/data/9.pdf>. Acesso em: janeiro 2022.

- GINGRICH, G. A.; HART, J. M.; CHRISTENSEN, N. W. **Hops. Fertilizer guide.** Corvallis: Oregon State University, Extension Service. 2000.
- Google Earth. **Indústria de bebidas Ferigollo Ltda.** Menlo Park: Google.2021.
- Google Earth. **Lúpulos serrana.** Menlo Park: Google.2021.
- Google Earth. **Município de Rio Rufino(SC).** Menlo Park: Google.2021.
- Google Maps. **Município de Palmeira (SC).** Menlo Park: Google.2021.
- GRUZKA , M. Índice relativo de clorofila para o diagnóstico do estado de nitrogênio em híbridos de milho.** Ponta Grossa. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2012.
- GUIMARÃES, B. P., EVARISTO, R. B. W., & GHESTI, G. F. Prospecção Tecnológica do Lúpulo (*Humulus lupulus L.*) e suas Aplicações com Ênfase no Mercado Cervejeiro Brasileiro. **Cadernos De Prospecção**, 14(3), 2021. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.33059> .Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218486006>. Acesso em 20 fevereiro de 2022.
- HĀPI. Fertility guide for hops.** Nova Zelândia: Hāpi Research Centre. 2019.
- HORNSEY, I. S. A history of beer and brewing. Cambridge, U.K.: The Royal Society of Chemistry, 2003. 742p.
- HOROWITZ, N.; BLEY, H. CORREA, J. C. Corretivos e fertilizantes minerais. In: SILVA, L. S. da; GATIBONI, L. C. (Org.). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC, 2016. p.295-316.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. Brasil se prepara para expandir o cultivo de lúpulo. São José: IICA, 2021.
- INTERNATIONAL HOP GROWERS CONVENTION.**Economic commission summary reports.** Paris: IHGC, 2021.
- INTERNATIONAL HOP GROWERS CONVENTION. **Scientific-Technical Committee.** Paris: IHGC, 2021.
- ISKRA, A.E.;LAFONTAINE,S.R.;TRIPPE, K.M.; MASSIE,S.T.; PHILLIPS,C.L. TWOMEY,M.C; SHELLHAMMER, T.H.; GENT,D.H.. Influence of Nitrogen Fertility Practices on Hop Cone Quality, **Journal of the American Society of Brewing Chemists.** p.199-209, 2019. DOI: [10.1080/03610470.2019.1616276](https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1616276) .Disponível em:<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03610470.2019.1616276>. Acesso:20 novembro 2021.
- JUSTEN, D. S. **Composição química do óleo essencial *Humulus Lupulus L.*** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agroindustrial – Agroquímica.) - Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos, Santo Antônio da Patrulha, 2019.

- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2 Ed. Guanabara Koogan:Rio de Janeiro, 2008. 472p.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2004.
- KNEEN, R. **Small scale and organic hops production**. British, Columbia, 2003.
- KORPELAINEN, H.; PIETILÄINEN, M. Hop (*Humulus lupulus L.*): Traditional and Present Use, and Future Potential. **Economic Botany**, New York p. 302-322, 2021. DOI:<https://doi.org/10.1007/s12231-021-09528-1>. Disponível em: <https://rdcu.be/c06Sz>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 292-295, 2005.
- MARCEDDU, R.; CARRUBBA, A.; SARNO, M. Cultivation trials of hop (*Humulus lupulus L.*) in semi-arid environments. **Heliyon**. 2020 DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e0511>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020319575>. Acesso em 7 agosto 2021.
- MARCOS, J. A. M.; NADAL, J. L. O.; ANDIÓN, J. P. ; ALONSO, J. V. ; PEDREIRA, J. M. G.; PAZ, J. F. Guia del cultivo del lúpulo. [Galicia]:[s.n.], 2011.
- MARTINS, C. R.; PEREIRA,P.A.P.; LOPES, W.A.;ANDRADE, J.B. **Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: A importância na química da atmosfera**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, São Paulo. p. 28-41. 2003.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**
(MAPA).Brasília: MAPA, 2022.
- MOREIRA, F.M.S. ; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.
- MURAKAMI, A.; DARBY, P.; JAVORNIK, B.; MSS, P.; SEIGNER, E.;LUTZ, A.,; SVOBODA, P. Molecular phylogeny of wild hops, *Humulus lupulus L.* **Heredity**, Glasgow, p. 66-74, 2006. DOI: 10.1038/sj.hdy.6800839. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/6800839>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.
- MURPHY, J. ; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determinnation of phosphate in natural waters.[S.1.]: Elsevier .. 1962.
- NEVE, R. A.. Hops. 3. ed. New York: Simmonds, 1991. 223 p
- OLIVEIRA, M.V.R.; MOREIRA; M.V.; GATIBONI, L.C.; COIMBRA, J.L.M. Crescimento do lúpulo influenciado pela calagem e adubação fosfatada em Cambissolo Húmico Alumínico. In: SEABRA, G. **Terra: Habitats Urbanos e Rurais**, Ituiutaba:Barlavento2018.p.1096-1105.
- OSZUST, K; FRĄC, M.;GRYTA, A.; BILIŃSKA,N. A Influência dos Sistemas de Produção Vegetal Ecológico e Convencional na Qualidade Microbiana do Solo sob Lúpulo (*Humulus lupulus*). **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, p

9907-9923, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms15069907>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/15/6/9907>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.

PERAGINE, J. **Growing your own hops, malts, and brewing herbs**. Ocala: Atlantic, 2011.

PLANTAMUNDO. **Rizomas de lúpulo Cascade, nugget e spalt**. 2015.

PROCHÁZKA, P.; ŠTRANC, P.; PAZDERŮ, K.; VOSTŘEL, J.; ŘEHOŘ J. Use of biologically active substances in hops. **Plant Soil Environ.**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17221/655/2018-PSE>. Disponível em: https://www.Agriculturejournals.cz/web/pse.htm?type=article&id=655_2018-PSE. Acesso em 30 fevereiro 2020.

Revista Cultivar. Pelotas: Grupo Cultivar de Publicações, 2022.

RODOLFI, M.; BARBANTI, L.; GIORDANO, C.; RINALDI, M.; FABBRI, A.; PRETTI, L.; CASOLARI, R.; BEGHÉ, D.; PETRUCCELLI, R.; GANINO, T. The Effect of Different Organic Foliar Fertilization on Physiological and Chemical Characters in Hop (*Humulus lupulus L.*, cv Cascade) Leaves and Cones. **Appl. Sci.** p.1-19, 2021, DOI: <https://doi.org/10.3390/app11156778>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11156778>.pdf Acesso 20 janeiro 2022

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

SALONER, A.; BERNSTEIN, N. Nitrogen supply affects cannabinoid and terpenoid profile in medical cannabis (*Cannabis sativa L.*). **Ind. Crop. Prod.** 2021. DOI: [10.1016/j.indcrop.2021.113516](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113516). Disponível em: https://researchgate.net/publication/351034669_Nitrogen_supply_affects_cannabinoid_and_terpenoid_profile_in_medical_cannabis_Cannabis_sativa_L. Acesso em: 18 novembro 2021.

SANTOS, P. G.; ALMEIDA, J.A.; SEQUINATTO, L.; SCHIMALSKI, M. B. Levantamento pedológico detalhado como suporte para o planejamento do uso de terras. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.14, n.1, p.65-74, 2015 SÃO Mateus do Sul.[S.1.]: DB City.com, 2022.

SHARPE, F.R.; LAWS, R.J. The essential oil of hops: A review. **J.Insi.Brew.** Volume 87, 1981.

SILVA, C. T. D.. Caracterizações químicas dos primeiros cultivadores de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) produzidos no Brasil. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de ciências exatas, naturais e da saúde, Alegre, 2019.

SIRRINE, R. **Recommended nutrient ranges for hop petiole samples**. Michigan: USA Hops. Michigan. 2019.

SOUSA, M. J. A. C. **Obtenção de plantas de *Humulus lupulus L.* resistentes a vírus**. Lisboa. 2005. Tese (Doutorado em Biotecnologia Vegetal). Universidade de Lisboa. Lisboa 2005.

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. A.; TAGLIAFERRO, A. L. **A cultura do lúpulo.** 68. ed. Piracicaba: USP-ESALQ, 2019.

STAMPFL, J. **Bedarfsgerechte Stickstoffernährung von Hopfen (*Humulus lupulus L.*) durch Düngesysteme mit Fertigation.** 2021. Dissertação (Doutorado em Ciências Agrárias)- Faculdade de Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias Fertilização e equilíbrio do solo, Stuttgart, 2021.

SZEWCZUK, C. The influence of soil reaction on the nutrient content in hop leaves and hops crops. **ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH.** 1994.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEIS, S. J.; BOHMEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim técnico de solos, 5)

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas.** Brasília, DF : Embrapa, 2017.

APÊNDICE A - PH DO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM

Variável	Doses de N				Equação/ R ²
	0	100	200	300	
pH*	5,5	5,2	5,3	5,2	y= 0,0000057x ² -0,00255x+5,506/ R ² = 0,148941

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

*=significativa (p<5%).

APÊNDICE B - CÁLCIO (CA), MAGNÉSIO (MG), ALUMÍNIO (AL), CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC), EM CMOL_c.DM⁻³, BORO (B), EM (MG.DM⁻³) E SATURAÇÃO POR BASES (V), EM %, DO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO (N) E BORO (B), EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVARES ND E CASCADE NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM

Variável	Dose N kg ha ⁻¹				Dose B kg ha ⁻¹
	0	100	200	300	
Ca (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	2,30	2,57	2,06	2,54	
Mg (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	2,66	2,48	2,80	2,58	
Al (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	2,40	2,67	2,17	2,65	0
CTC (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	14,69	14,42	15,04	15,50	
B (mg.dm ⁻³) ^{ns}	0,43	0,45	0,40	0,43	
V (%) ^{ns}	83,00	81,12	84,77	81,28	
Ca (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	2,09	3,40	2,31	2,02	
Mg (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	2,80	2,30	2,88	2,63	
Al (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	2,20	3,51	2,41	2,12	1,6
CTC (cmol _c .dm ⁻³) ^{ns}	14,46	14,63	15,34	14,92	
B (mg.dm ⁻³) ^{ns}	0,38	0,35	0,48	0,40	
V (%) ^{ns}	84,06	75,14	83,27	85,08	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

ns= não significativo (p<5%)

APÊNDICE C - FÓSFORO (P), EM (MG.DM⁻³), NO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO (N) E BORO (B), EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVAR ND, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.

Variável	Dose B (kg ha ⁻¹)	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação/R ²
		0	100	200	300	
P* (mg.dm ⁻³)	0	649,59	554,05	429,31	411,42	y= 0,0019x ² -1,422x+656,394 /R ² = 0,093154
	1,6	311,47	250,49	536,92	313,45	y= -0,0041x ² +1,511x+268,605 /R ² = 0,066449

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

*=significativo a p<5%

APÊNDICE D - FÓSFORO (P), EM (MG.DM⁻³), NO SOLO PARA DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO (N) E BORO (B), EM KG HA⁻¹, PARA AS CULTIVAR CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.

Variável	Dose B (kg ha ⁻¹)	Dose N .....(kg ha ⁻¹).				Equação/R ²
		0	100	200	300	
P* (mg.dm ⁻³)	0	392,61	314,52	560,40	512,06	$y=0,00074x^2+ 0,381x+361,697$ $/R^2 = 0,065452$
	1,6	388,42	380,38	227,56	363,75	$y= 0,0036 x^2-1,309x+410,112$ $/R^2 = 0,040335$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

*=significativo a p<5%

APÊNDICE E – MATÉRIA ORGÂNICA (MO), EM % E POTÁSSIO (K), EM CMO_c.DM⁻³ NO SOLO, NAS DOSES CONTROLE (SEM ADUBAÇÃO) E 1,6 KG HA⁻¹ DE BORO (B), DAS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.

Variável	Dose B	
	.....Kg ha ⁻¹	
	0	1,6
MO (%) K (cmo _c .dm ⁻³)	8,98 A 2,02 A	8,17 B 1,79 B

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022

Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística (p<5%)

APÊNDICE F – H+AL, EM CMO_c.DM⁻³ NO SOLO, NAS DOSES CONTROLE (SEM ADUBAÇÃO) E 1,6 KG HA⁻¹ DE BORO (B), DAS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.

Variável	Cultivar	Dose B	
		.....kg ha ⁻¹	
		0	1,6
H+Al (cmo _c .dm ⁻³)	ND Cascade	16,97 A 15,69 ^{ns}	14,15 B 16,96 ^{ns}

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022

Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística (p<5%)

ns = não significativa (p<5%)

APÊNDICE G – CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS A PH7 (CTC PH7), EM CMO_c.DM⁻³ NO SOLO, NAS DOSES CONTROLE (SEM ADUBAÇÃO) E 1,6 KG HA⁻¹ DE BORO (B), DAS CULTIVARES ND E CASCADE, NAS PROFUNDIDADES 0 A 20 CM.

Variável	Cultivar	Dose B	
		.....kg ha ⁻¹	
		0	1,6
CTC pH7 (cmo _c .dm ⁻³)	ND Cascade	29,82 A 27,71 ^{ns}	27,02 B 28,64 ^{ns}

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022

Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística (p<5%)

ns = não significativa (p<5%)