

**AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES ESPONTÂNEAS DE
CARDO-DO-COALHO (*CYNARA CARDUNCULUS*)
NUMA PERSPETIVA DE VALORIZAÇÃO DA
ESPÉCIE**

Dissertação

Curso de Mestrado em Agricultura Sustentável

Maria da Conceição Rijo Dragão Lopes Coelho

Orientadores:

Professora Doutora Noémia Farinha

Professora Doutora Carla Pinto Cruz

Doutora Catarina Isabel Rodrigues Meireles

Elvas, 2018

Maria da Conceição Rijo Dragão Lopes Coelho

Avaliação de populações espontâneas de Cardo-do-coalho
(*Cynara cardunculus*) numa perspetiva de valorização da sua
cultura

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Agricultura
Sustentável conferido pelo Instituto Politécnico de Portalegre.

Orientador: Carla Pinto Cruz

Orientador: Noémia do Céu Machado Farinha

Arguente principal: Orlanda de Lurdes Viamonte Póvoa

Arguente: Anabela Dias Ferreira Belo

Presidente do Júri: Rute Isabel Duarte Guedes dos Santos

Classificação: 18 valores

Escola Superior Agrária de Elvas

2018

*À minha família,
que me ajudou na realização deste desafio.*

Agradecimentos

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que, das mais diversas formas, contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível. Um desafio repleto de tristezas, incertezas, alegrias e alguns percalços. O contributo de várias pessoas foi indispensável para chegar a bom porto.

À Professora Doutora Carla Pinto Cruz, orientadora deste trabalho, agradeço as inúmeras ajudas que me prestou, a confiança que em mim depositou, sem ela este trabalho não seria possível.

À Doutora Catarina Isabel Rodrigues Meireles, orientadora deste trabalho, agradeço a orientação exemplar pautada por um elevado empenho, um rigoroso nível científico, saudavelmente exigente, um interesse permanente, uma visão crítica e oportuna, os quais contribuíram para enriquecer, com grande dedicação, todas as etapas subjacentes ao trabalho realizado.

Às Mestres Eliana Machado e Erika, bolsieras do Projeto “ValBioTecCynara”, agradeço a ajuda, o apoio e a motivação incondicional que contribuiu para a realização deste trabalho e fez com que ele se tornasse uma válida e agradável experiência de aprendizagem.

Agradeço à Professora Doutora Noémia Farinha, orientadora deste trabalho, que sempre acreditou em mim, os conhecimentos que me transmitiu ao longo da realização do mesmo.

À equipa do Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo (CEBAL) na pessoa da Doutora Fátima Duarte coordenadora do projeto “ValBioTecCynara” a cedência dos dados de cinaropicrina.

Ao meu pai, à minha mãe e aos meus irmãos pelos conselhos preciosos, encorajamento e apoio incondicional naqueles momentos cruciais desta difícil caminhada, agradeço a enorme compreensão, generosidade e amor com que me brindaram constantemente.

Aos meus amigos e ao Marcos que sempre acreditaram em mim e me apoiaram.

A Deus, por ser a minha força, o meu refúgio e a minha segurança, em todos os momentos da minha vida.

Resumo

Cynara cardunculus é uma planta espontânea, que tradicionalmente é utilizada para o fabrico de queijo. No entanto, apresenta outras potencialidades que podem gerar valor acrescentado. A planta é uma fonte de cinaropicrina (principal componente do conteúdo lipofílico das folhas) que influencia as atividades fisiológicas ou celulares dos seres vivos que as consomem.

O presente trabalho teve como objetivo descrever a variabilidade fenotípica de populações silvestres de *Cynara cardunculus* existentes no Alto e Baixo Alentejo, avaliando, simultaneamente, se existe alguma relação entre os descritores morfológicos e ecológicos das populações e a concentração de cinaropicrina que possuem.

Foram selecionadas 14 populações situadas no Alto e Baixo Alentejo, para se proceder à caracterização, *in loco*, de descritores da morfologia externa da planta e à determinação da concentração de cinaropicrina, de 7 indivíduos selecionados aleatoriamente em cada população, por cromatografia líquida de alta eficiência. Nas 14 populações procedeu-se ainda à caracterização edáfica e bioclimática de cada núcleo.

A análise da variabilidade inter populacional revela a existência de uma grande variabilidade morfológica entre as populações estudadas. Verificou-se ainda uma correlação estatisticamente significativa entre a concentração de cinaropicrina e alguns dos descritores bioclimáticos analisados (precipitação, índice ombrotérmico 1, índice de continentalidade, temperatura média do mês mais frio e do mês mais quente). Contudo, o mesmo não se verificou entre os descritores edáficos e morfológicos, à exceção do peso seco da folha que evidenciou correlação moderada, com a concentração de cinaropicrina. Os resultados evidenciam a necessidade de ampliação da amostra, quer em número de indivíduos e populações (alargando a área estudada), quer em diferentes anos de amostragem.

Palavras-chave: *Cynara cardunculus*, morfologia, bioclima, solo, cinaropicrina.

Abstract

Cynara cardunculus is a spontaneous plant, which is traditionally used for the manufacture of cheese. However, it presents other potentialities that can generate added value. The plant is a source of cynaropicrin (the main component of the lipophilic content of leaves) that influences the physiological activities and the cells of living beings as they consume.

The present work aimed to describe the phenotypic variability of wild populations of *Cynara cardunculus* in Alto and Baixo Alentejo regions, simultaneously evaluating the existence of some relationship between the morphological and ecological descriptors of populations with a respective concentration of cynaropicrin.

A total of 14 channels were selected in Alto and Baixo Alentejo, in order to locally characterize the descriptors of the external morphology of the plant and predict the concentration of cynaropicrin of 7 indeterminate samples for each population by high performance liquid chromatography. In the 14 populations, we also carried out the edaphic and bioclimatic characterization of each nucleus.

An analysis of inter-population variability reveals a great morphological variety among the studied accessions. There was a statistically significant difference between the cynaropicrin and some of the analyzed bioclimatic descriptors (P, Io1, Ic, Tmim, Tmax). However, the same was not found among the morphological and edaphic descriptors except for the leaf dry weight that showed moderate correlation, with a concentration of cynaropicrin. The results evidenced the need to expand the sample, both in the number of individuals and populations (widening the area studied) and in different sampling years.

Key words: *Cynara cardunculus*, morphology, bioclimate, soil, cynaropicrin

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

Símbolo	Designação
%	Percentagem
°C	Grau Celsius
µs	Microsegundo
altraflo	Altura da 1ª ramificação floral
altura	Altura da planta
ALV	Alvito
BA	Base Aérea
CEBAL	Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo
CH	Centro Hortofrutícola
cm	Centímetro
cobrapri	Comprimento da bráctea da inflorescência principal
cobrasec	Comprimento da bráctea inflorescência secundária
coinfpri	Comprimento da inflorescência principal
coinfsec	Comprimento da inflorescência secundária
comfolha	Comprimento da folha
comfopri	Comprimento do folíolo primário
comforam	Comprimento da folha na 1ª ramificação floral
comfosec	Comprimento do folíolo secundário
comsem	Comprimento da semente
diamaxba	Diâmetro máximo na base do caule
diaminba	Diâmetro mínimo na base do caule
diaminto	Diâmetro mínimo no topo do caule
diammaxto	Diâmetro máximo no topo do caule
dirampri	Distância à 1ª ramificação primária
DOP	Denominação de origem protegida
especio	Espessura do pecíolo
espsem	Espessura da semente
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

folhafre	Peso fresco da folha
folhasec	Peso seco da folha
foliofre	Peso fresco do folíolo
foliosec	Peso seco do folíolo
g	Gramma
GME	Geospatial Modelling Environment
HA	Herdade da Abobada
HB	Herdade dos Barretos
HP	Herdade do Peral
HR	Herdade da Revilheira
HSR	Herdade de São Romão
Ic	Índice de continentalidade
inflatot	Nº total de inflorescências da planta mãe
Io1	Índice ombrotérmico 1
Io2	Índice ombrotérmico 2
Io3	Índice ombrotérmico 3
Io4	Índice ombrotérmico 4
It	Índice de termicidade
JR	Juromenha
l	Litro
labrapri	Largura da bráctea da inflorescência principal
labrasec	Largura da bráctea inflorescência secundária
lainfpri	Largura da inflorescência principal
lainfsec	Largura inflorescência secundária
larfolha	Largura da folha
larfopri	Largura do folíolo primário
larforam	Largura da folha na 1ª ramificação floral
larfosec	Largura do folíolo secundário
larpecio	Largura do pecíolo
larsem	Largura da semente
limbofre	Peso fresco do limbo
limbosec	Peso seco do limbo
m	Metro

m²	Metro quadrado
MC	Monte da Chaminé
mg	Miligrama
ml	Mililitro
mm	Milímetro
P	Precipitação média anual
peciofre	Peso fresco do pecíolo
peciosec	Peso seco do pecíolo
pessem	Peso da semente
PG	Penedo Gordo
ppm	Partes por milhão
QS	Quinta da Saúde
raflopri	Nº de ramificações florais primárias
raflosec	Nº de ramificações florais secundárias
rebentos	Nº de rebentos da planta
SAL	Salvada
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SV	Santa Vitória
Tmáx	Temperatura média do mês mais quente
Tmin	Temperatura média do mês mais frio
Tp	Temperatura anual positiva

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	iv
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivo.....	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. <i>Cynara cardunculus</i>.....	3
2.1.1. Descrição e taxonomia.....	3
2.1.2. Ecologia e distribuição geográfica.....	8
2.1.3. Ciclo de desenvolvimento.....	10
2.1.4. Usos e propriedades.....	12
2.1.4.1. A utilização da flor de <i>Cynara cardunculus</i> para o fabrico de queijo	
13	
2.1.4.2. Potencial de <i>Cynara cardunculus</i> para a produção de compostos	
bioativos 14	
3. Material e Métodos.....	16
3.1. Recolha de dados e criação de um SIG	16
3.2. Caracterização morfológica	18
3.3. Características físico-químicas do solo e bioclimáticas	23
3.4. Quantificação da concentração de cinaropicrina nas folhas.....	24
3.5. Análise de dados.....	24
3.5.1. Análise da variabilidade entre as populações, em termos de descritores	
morfológicos e concentração de cinaropicrina	24

3.5.2. Identificação de possíveis correlações entre os descritores morfológicos e edafoclimáticos e a produção de cinaropicrina.....	25
4. Resultados e discussão	27
4.1. Recolha de dados e criação de um SIG	27
4.3. Características físico-químicas do solo e características bioclimáticas	32
4.4. Quantificação da concentração de cinaropicrina nas folhas.....	36
4.5. Análise de dados.....	36
4.5.1. Análise da variabilidade entre as populações, em termos de características morfológicas e concentração de cinaropicrina	36
4.5.2. Identificação de possíveis correlações entre as características morfológicas e edafoclimáticas e a produção de cinaropicrina	45
6. Conclusões	56
7. Bibliografia.....	58
Anexo 1 - Ficha de caracterização morfológica	62
Anexo 2 – Cartas Bioclimáticas.....	64
Anexo 3 – Variabilidade morfológica das populações em estudo	67
Anexo 4 – Testes de Tukey	87

Índice de Quadros

Quadro 1 - Classificação taxonómica de <i>Cynara cardunculus</i>	4
Quadro 2 - Principais características da localização das populações em estudo..	17
Quadro 3 - Descritores morfológicos e respetivos códigos utilizados nas análises estatísticas.....	19
Quadro 4 – Descritores morfológicos gerais.....	28
Quadro 5 – Descritores morfológicos do caule.....	28
Quadro 6 – Descritores morfológicos da folha.	30
Quadro 7 – Descritores morfológicos da inflorescência principal.....	30
Quadro 8 – Descritores morfológicos da inflorescência secundária.....	31
Quadro 9 – Descritores morfológicos das sementes.	31
Quadro 10 – Propriedades físicas do solo das populações em estudo..	32
Quadro 11 – Características avaliadas dos solos das populações em estudo.	34
Quadro 12 - Variáveis bioclimáticas utilizadas no estudo.	35
Quadro 13 - Concentração de cinaropicrina (mg/g).....	36
Quadro 14 – Resumo dos resultados obtidos na análise das diferenças entre as populações em estudo, em relação às variáveis morfológicas.....	41

Índice de Figuras

Figura 1 – Planta de <i>Cynara cardunculus</i> em local onde ocorre espontaneamente.....	5
Figura 2 - Caule ramificado (a) e estriado (b) de <i>Cynara cardunculus</i>	5
Figura 3 - Folhas de <i>Cynara cardunculus</i>	6
Figura 4 - Folhas superiores de <i>Cynara cardunculus</i>	7
Figura 5 - Inflorescência de <i>Cynara cardunculus</i>	8
Figura 6 – Mapa de ocorrência de <i>Cynara cardunculus</i> em Portugal.	9
Figura 7 - Primeiros estados do ciclo de desenvolvimento de <i>Cynara cardunculus</i> , A) emergência dos cotilédones, b) estado de roseta, c) formação dos rebentos.....	10
Figura 8 - Surgimento das inflorescências de <i>Cynara cardunculus</i>	11
Figura 9 - Floração de <i>Cynara cardunculus</i>	11
Figura 10 - Senescência (a) e dispersão de sementes (b) de <i>Cynara cardunculus</i>	12
Figura 11 - Recolha tradicional de <i>Cynara cardunculus</i>	13
Figura 12 - Dados de ocorrência de <i>Cynara cardunculus</i> . Mapa elaborado com recurso ao software QGIS.	16
Figura 13 - Mapa de ocorrências de <i>Cynara cardunculus</i> e localização das populações amostradas. Mapa elaborado com recurso ao software QGIS.....	17
Figura 14 - Diagrama triangular para classificação de texturas adaptado aos limites internacionais de frações granulométricas, por M. Pereira Gomes & A. Antunes da Silva.	23
Figura 15 - Variabilidade do nº total de inflorescências da planta mãe por população..	37
Figura 16 - Variabilidade do diâmetro mínimo no topo do caule por população.	37
Figura 17 - Variabilidade da largura do pecíolo da folha por população.	38
Figura 18 - Variabilidade do comprimento da bráctea da inflorescência principal por população..	39
Figura 19 - Variabilidade do comprimento da inflorescência secundária por população.	39
Figura 20 - Variabilidade da espessura da semente por população..	40
Figura 21 - Variabilidade da concentração de cinaropicrina por população.....	45
Figura 22 – Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e a altura da planta, o nº de rebentos por planta, o nº de ramificações florais primárias, o nº	

de ramificações florais secundárias, o nº total de inflorescências da planta mãe e a altura da 1ª ramificação floral.....	46
Figura 23 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o diâmetro mínimo no topo, o diâmetro máximo no topo, o diâmetro mínimo na base, o diâmetro máximo na base, o comprimento da folha, a largura da folha, o comprimento do folíolo primário e a largura do folíolo primário.	47
Figura 24 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o comprimento do folíolo secundário, a largura do folíolo secundário, a espessura do pecíolo, a largura do pecíolo, o peso fresco da folha, o peso seco da folha, o peso fresco do folíolo e o peso seco do folíolo.	48
Figura 25 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o peso fresco do limbo, o peso seco do limbo, o peso fresco do pecíolo, o peso seco do pecíolo, a distancia da inflorescência principal à 1ª ramificação floral, o comprimento da inflorescência principal, a largura da inflorescência principal e o comprimento da bráctea da inflorescência principal.....	49
Figura 26 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e a largura da bráctea da inflorescência principal, o comprimento da inflorescência secundária, a largura da inflorescência secundária, o comprimento da bráctea da inflorescência secundária, a largura da bráctea da inflorescência secundária, o comprimento da semente, a largura da semente e a espessura da semente.	50
Figura 27 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o comprimento e a largura da folha na 1ª ramificação floral.	51
Figura 28 – Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e a percentagem de areia, a percentagem de limo, a percentagem de argila, o pH, a condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) e os nitratos do solo.....	51
Figura 29 – Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o ferro, o manganês, o zinco, o cálcio, o magnésio, o sódio, o cobre e a capacidade de troca catiónica do solo.	52
Figura 30 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o fósforo, o pH (H_2O) e o potássio do solo.....	53
Figura 31 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g), o índice ombrotérmico 1, o índice ombrotérmico 2, o índice ombrotérmico 3, o índice ombrotérmico 4, o índice de termicidade, a temperatura positiva, a temperatura média do mês mais quente e a temperatura média do mês mais frio.....	54

Figura 32 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g), o índice de continentalidade e a precipitação positiva.. 55

1. Introdução

Cynara cardunculus L., conhecida vulgarmente como Cardo-do-coalho, é uma planta perene, robusta, que se desenvolve espontaneamente em Portugal. A presente espécie é tolerante a condições ecológicas extremas, como temperatura elevada e stress hídrico na época do estio.

As flores dos capítulos desta espécie são usadas, desde há séculos, para a obtenção de enzimas capazes de coagular o leite (cardosinas) e fundamentais na produção tradicional de queijo. Para além disso, estudos recentes revelam outros usos potenciais, nomeadamente os relacionados com a produção de compostos bioativos, isto é, com compostos que influenciam as atividades fisiológicas e/ou celulares nos seres vivos que os consomem (Conceição *et al.*, 2018). Por exemplo, as folhas de *Cynara cardunculus* constituem uma rica fonte de lactonas sesquiterpênicas e triterpenos pentacíclicos. A lactona sesquiterpênica mais abundante, principalmente nas folhas, é a cinaropicrina. Esta apresenta propriedades antiproliferativas de tumores, anti-inflamatórias, entre outras (Ramos *et al.*, 2013). Neste sentido, a plantação desta espécie pode sobrevalorizar-se através da exploração de compostos extraíveis de alto valor.

Segundo o Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo (CEBAL), é certa a existência de diferentes genótipos de *Cynara cardunculus*, com perfis extremamente distintos e, conseqüentemente, com atividade biológica diferente. Sendo assim, existe uma possibilidade de utilização destes distintos genótipos em aplicações biotecnológicas diferentes e ainda não desenvolvidas. Por outro lado, esta diversidade natural pode ser explorada como fonte de variabilidade genética para características importantes, como por exemplo: produtividade, resistência a doenças, adaptação, qualidade e valor nutricional. Nesse sentido, a avaliação da diversidade genética e a determinação da relação entre ecótipos constitui um pilar importante na conservação de germoplasma, aumentando a eficiência do esforço para valorização de ecótipos a preservar (ValBioTecCynara, 2015).

Em Portugal existe uma grande riqueza de germoplasma desta espécie, no entanto, a identificação e a caracterização deste recurso genético vegetal encontra-se pouco explorada e o seu conhecimento é reduzido.

Assim, a presente dissertação pretende fazer uma descrição da variabilidade fenotípica de um conjunto de populações silvestres de *Cynara cardunculus*, situadas no

Alto e Baixo Alentejo, avaliando as diferentes correlações entre os descritores morfológicos, ecológicos, bioclimáticos, com a respetiva concentração de cinaropicrina das plantas.

1.1. Objetivo

Esta dissertação tem como objetivo principal descrever a variabilidade fenotípica de populações silvestres de *Cynara cardunculus* existentes no Alto e Baixo Alentejo, e avaliar a relação existente entre os descritores morfológicos, ecológicos e a produção de cinaropicrinas.

De forma a atingir este objetivo este trabalho foi executado em diferentes etapas:

- Elaboração de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) com informação corológica e ecológica das populações de *Cynara cardunculus*;
- Caracterização morfológica de populações silvestres, baseada em descritores morfológicos relacionados com o hábito da planta, folhas, capítulos (exemplares vivos no campo) e sementes (recolhidas e caracterizadas em laboratório);
- Caracterização físico-química do solo e bioclimática de cada população;
- Quantificação da concentração de cinaropicrina das folhas de cada população;
- Análise de dados: análise da variabilidade morfológica inter populacional e da correlação entre os descritores morfológicos, edáficos, bioclimáticos com a concentração de cinaropicrina.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “ValbioTecCynara – Valorização Económica do Cardo (*Cynara cardunculus*): estudo da sua variabilidade natural e suas aplicações biotecnológicas”. Este projeto é coordenado pelo CEBAL, em parceria com outras seis entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (ValBioTecCynara, 2015).

2. Revisão Bibliográfica

Os métodos e as técnicas utilizadas em agricultura convencional permitiram ao longo dos anos aumentar a produção de alimento a nível mundial. Este tipo de agricultura contribuiu, em grande escala, para a degradação do solo e para o decréscimo da biodiversidade, através de práticas como as monoculturas e a aplicação excessiva de “inputs”, como fertilizantes e fitofármacos. Surgiu então, na década de 1980, o conceito de Agricultura Sustentável, que, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), consiste, entre outros fatores “na conservação do solo, da água e dos recursos genéticos animais e vegetais, além de não degradar o ambiente, e de ser tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente bem aceite” (Kamiyama, 2012). Trata-se então de desmitificar a ideia de que a agricultura e o ambiente não podem caminhar juntos.

Subjacente ao conceito de Agricultura Sustentável está a conservação dos recursos genéticos vegetais. *Cynara cardunculus*, conhecido por muitos pelo seu nome comum, cardo-do-coalho, é um recurso vegetal multifuncional e versátil, com um amplo espectro de aplicações potenciais e, como tal, a sua preservação e conservação é de elevado interesse. A avaliação da diversidade genética e a determinação da relação entre ecótipos, constituem um passo importante para a conservação deste recurso genético e pode aumentar a eficiência dos esforços para a valorização da espécie (Ramos *et al.*, 2013).

A identificação da diversidade genética dentro dos “pools” de genes da cultura é a base de programas de melhoramento. Constitui, também, um pilar importante para uma melhor conservação do conjunto genético de *Cynara cardunculus*, para um uso mais eficiente e melhor utilização futura e aplicação desta espécie.

2.1. *Cynara cardunculus*

2.1.1. Descrição e taxonomia

Cynara cardunculus é uma espécie nativa dos países mediterrânicos, pertence à família *Asteraceae* e compreende três variedades: o cardo-selvagem (var. *sylvestris*), a

alcachofra (var. *scolymus Fiori*) e o cardo cultivado (var. *altilis DC*) (Conceição *et al.*, 2018).

O cardo selvagem é considerado o ancestral de ambas as formas cultiváveis, com diferentes características morfológicas, devido à seleção agrícola, dado que os cruzamentos são completamente compatíveis sendo os seus híbridos F1 plenamente férteis (Rey, 2012).

O Quadro 1 ilustra a classificação taxonómica e a nomenclatura da espécie *Cynara cardunculus*.

Quadro 1- Classificação taxonómica de *Cynara cardunculus*. Fonte: Castroviejo, *et al.*, 2014.

Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-classe	<i>Asteridae</i>
Ordem	<i>Asterales</i>
Família	<i>Asteraceae</i>
Género	<i>Cynara</i>
Espécie	<i>Cynara cardunculus L.</i>

Trata-se de uma herbácea perene (Figura 1), que pode durar entre 10 a 15 anos. É bastante robusta e surge de forma espontânea no nosso país. Normalmente, a sua altura varia entre os 40 a 100 cm, podendo atingir até 3m e estender as suas folhas por uma área de 1,5m de diâmetro (ValBioTecCynara, 2015).

O sistema radicular do cardo-do-coalho é bastante profundo, podendo atingir os 5m de profundidade. Em anos de elevada escassez de água, as plantas podem apresentar menores dimensões (UCI, 2013).



Figura 1 – Planta de *Cynara cardunculus* em local onde ocorre espontaneamente. Autor: Eliana Dinamene Galioto.

O caule de *Cynara cardunculus* caracteriza-se por ser alto e ereto, ergue-se na vertical, robusto, espesso e rígido (Rey, 2012). Como se verifica na Figura 2, é provido de estrias, ou melhor, sulcos finos e superficiais longos e paralelos entre si, pode ser simples ou ramificado, possui muita folhagem e muitas ramificações na parte superior.

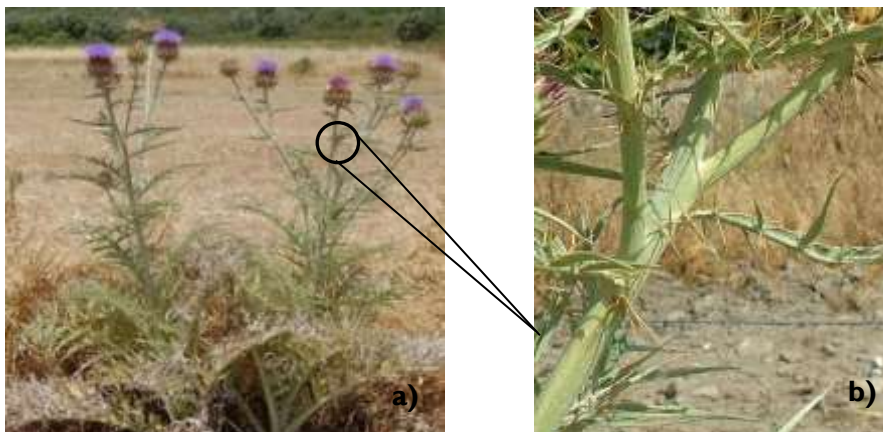


Figura 2 - Caule ramificado (a) e estriado (b) de *Cynara cardunculus*. Autor: Eliana Dinamene Galioto (a), fonte: Flora-On (2014) (b).

Por outro lado, as folhas são, por excelência, os órgãos de assimilação e transpiração das plantas, para além de possuírem adaptações características, como é o caso dos espinhos, para desempenhar diversas funções específicas. São as estruturas com maior variabilidade morfológica e fisiológica e apresentam-se lateralmente ao caule.

A maioria das folhas de *Cynara cardunculus* (Figura 3) encontram-se agrupadas na base de cada planta (Rey, 2012). Estas são de grandes dimensões, podendo atingir até 120 cm de comprimento e 30 cm de largura. Esta espécie também apresenta folhas alternadamente dispostas ao longo do caule, que são significativamente menores, normalmente de comprimento compreendido entre os 10 e os 15 cm (Weeds of Australia, 2016). Relativamente à constituição da folha, esta apresenta, no seu estado de completo desenvolvimento: limbo, que consiste na parte terminal da folha, geralmente laminar e verde, que fornece uma superfície grande para absorção de luz e trocas gasosas e é suficientemente fina, o que permite a não existência de células muito afastadas da superfície; pecíolo, que consiste na porção delgada que estabelece a ligação entre o limbo e o caule, e bainha, que corresponde à parte terminal do pecíolo, que envolve (na sua fase jovem) parcialmente ou por completo o entrenó acima do nó onde a folha se insere e pode ainda envolver outras folhas mais novas (Simões, 2004).



Figura 3 - Folhas de *Cynara cardunculus*. Fonte: Flora-On, 2014.

No que diz respeito à caracterização das folhas, estas apresentam, normalmente, espinhos, compreendidos entre os 5 e os 20 mm de comprimento, também presentes no pecíolo. Exibem uma nervura média claramente mais espessa, e nervuras secundárias mais ou menos paralelas entre si, facto que permite a denominação de folhas peninérveas.

São também folhas penatipartidas, uma vez que o limbo se encontra dividido para além do meio do semi-limbo, mas sem atingir a nervura média (Weeds of Australia, 2016). As folhas que estão localizadas na parte mais superior do caule, como ilustra a

Figura 4, não apresentam pecíolo, ou seja, são sésseis. Relativamente à coloração, a página superior da folha é verde-acinzentada e ligeiramente peluda, enquanto que a página inferior é esbranquiçada, devido a uma cobertura relativamente densa de pelos (Pardo de Santayana, 2014).



Figura 4 - Folhas superiores de *Cynara cardunculus*. Fonte: Flora-on, 2014.

Em relação às flores, estas encontram-se reunidas em compactos capítulos terminais. Os capítulos são um tipo de inflorescência indefinida em que as flores estão dispostas num recetáculo arredondado que é protegido por brácteas, em forma aproximada de um disco na espessura e no diâmetro. Os capítulos de *Cynara cardunculus* apresentam uma forma esférica, normalmente com 5 a 13 cm de diâmetro (Weeds of Australia, 2016). No recetáculo do capítulo, que apresenta uma base carnuda, localizam-se as flores e estas estão cercadas por um involucrio ovoide globular composto por diversas brácteas glabras, ou seja, sem pelos, triangulares, dispostas em várias filas, terminando num espinho ereto e grosso (Pardo de Santayana, 2014).

As numerosas flores características de *Cynara cardunculus* são hermafroditas, de cor azul / lilás quando maduras (Figura 5), tubulares com 5 pétalas e caracterizam-se pela presença abundante de grandes pelos que são de fácil visualização quando a planta se encontra em estado de senescência. As flores apresentam também um cálice modificado para facilitar a disseminação das sementes. O estigma é papilado, muito comprido. Apresenta duas ranhuras longitudinais, sinal que aconteceu a fusão dos carpelos, que ocorreu ao longo da evolução das *Asteraceae* (Rey, 2012).

Esta espécie é provida de cipselas, que consiste num fruto seco, indeiscente e monospermico, no qual o pericarpo não adere à semente o que permite que estas se desprendam facilmente (Ramos, 2015). As cipselas são grandes, entre 6 a 8 mm de comprimento, e estão encimadas por pelos grandes e plumosos, entre 25 a 40 mm de comprimento. Normalmente são de cor cinza claro, castanhos ou pretos (Weeds of Australia, 2016).



Figura 5 - Inflorescência de *Cynara cardunculus*. Autor: Eliana Dinamene Galioto.

2.1.2. Ecologia e distribuição geográfica

Cynara cardunculus é uma espécie bem-adaptada às condições climáticas e ao solo do mediterrâneo (Ramos *et al.*, 2013). Cresce naturalmente em condições ecológicas rigorosas de temperatura e stress hídrico no verão, em solos secos, rochosos e básicos. Trata-se de uma planta rústica, e pode encontrar-se ao redor de casas antigas de campo, em margens de estradas, em campos de sequeiro, e/ou em pousio e em terrenos incultos (Pardo de Santayana, 2014).

A sua tolerância a condições de stress hídrico, é suportada por um sistema radicular profundo, que pode ir até 5m de profundidade. Este permite-lhe explorar uma maior área com o objetivo de obter os nutrientes e a água que necessita, e que suporta anualmente o crescimento da parte aérea após a estação de verão (ValBioTecCynara, 2015).

O modo de dispersão das sementes é, normalmente, através de ventos fortes, o que permite a acumulação de grandes quantidades de sementes nas vedações e margens

rodoviárias. Como as sementes são relativamente pesadas, estas não viajam para muito longe. Podem ser também dispersadas por seres vivos, como aves e mamíferos, por água, lama, veículos e resíduos de jardins (UCI, 2013).

Trata-se então de uma planta de fácil cultivo que se adapta e cresce em terrenos áridos, pouco cultivados e de fertilidade reduzida, pois a sua exigência em termos de água e nutrientes é bastante reduzida.

Quanto à sua distribuição, *Cynara cardunculus* é uma espécie nativa da região mediterrânea, ou seja, cresce espontaneamente em solos argilosos na bacia do mediterrâneo, na Madeira e nas Canárias (Ramos *et al.*, 2013). A Figura 6 mostra as ocorrências comprovadas desta planta em Portugal, sendo que os pontos mais a Norte, em territórios frios, deverão corresponder a localizações de indivíduos plantados.

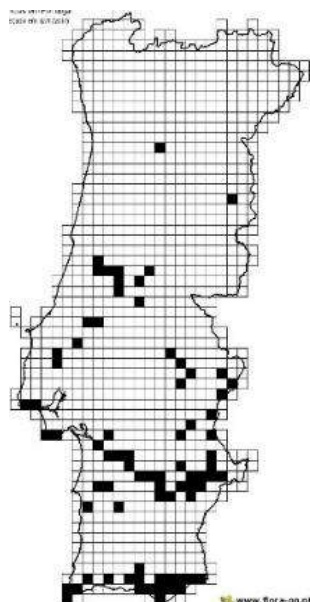


Figura 6 – Mapa de ocorrência de *Cynara cardunculus* em Portugal. Fonte: Porto *et al.*, 2016.

Inicialmente cultivado como uma planta ornamental e decorativa de jardins, o cardo-do-coalho é conhecido, no outro lado do mundo, como por exemplo na Austrália, como uma espécie exótica invasora, uma enorme praga de áreas agrícolas e habitats naturais, como por exemplo pastagens, bosques, zonas húmidas e áreas de resíduos. Esta espécie consegue facilmente dominar a vegetação, sufocando a maioria das espécies e plantas nativas do solo. Deste modo, afeta a produtividade das pastagens, reduzindo-a, através da competição que se verifica ao nível dos nutrientes, do solo e dos recursos hídricos disponíveis, e impede as operações culturais de colheita. Desta forma, é

considerado um problema ambiental significativo fora da sua área nativa (Weeds of Australia, 2016).

2.1.3. Ciclo de desenvolvimento

O recurso vegetal em estudo, *Cynara cardunculus*, apresenta um reprodutivo que termina no Verão. Sujeito às condições climáticas do Mediterrâneo, nomeadamente aos invernos húmidos e aos verões secos, o ciclo de desenvolvimento do cardo passa por diversas etapas. A germinação das sementes tem início, normalmente, em setembro e/ou outubro. Surgem então os primeiros cotilédones, que emergem através do solo, como se pode verificar na Figura 7A. De seguida, como sugere a Figura 7B, ocorre o crescimento das folhas e a formação de uma roseta, permanecendo assim durante todo o inverno. No início da primavera, formam-se os rebentos, rodeados por folhas verdes, como ilustra a Figura 7C (Ramos, 2015).



Figura 7 - Primeiros estados do ciclo de desenvolvimento de *Cynara cardunculus*, A) emergência dos cotilédones, b) estado de roseta, c) formação dos rebentos. Fonte: Ramos, 2015.

De seguida, a planta começa a desenvolver-se, dando origem, mais tarde, a ramos superiores, com novos botões. Posteriormente, surgem as inflorescências, como mostra a Figura 8 e ocorre a floração, normalmente no período entre julho e agosto, como ilustra a Figura 9 (Ramos, 2015).



Figura 8 - Surgimento das inflorescências de *Cynara cardunculus*. Fonte: Alamy Stock Photo.



Figura 9 - Floração de *Cynara cardunculus*. Fonte: Alamy Stock Photo.

A senescência da planta, ilustrada na Figura 10, ocorre no verão, com a secura do caule e das folhas, com a abertura e secura dos capítulos, o que permite a dispersão das sementes. No entanto, a parte subterrânea entra em dormência, e, quando as condições climáticas são mais favoráveis, as gemas da parte basal da planta começam a desenvolver-se novamente, iniciando-se assim um novo ciclo (Ramos, 2015).



Figura 10 - Senescência (a) e dispersão de sementes (b) de *Cynara cardunculus*.

Fonte: Alamy Stock Photo.

Esta sucessão de ciclos anuais de crescimento pode durar vários anos, mais de 15 em alguns casos (Rey, 2012). A floração só ocorre no segundo ano de ciclo da planta (Pardo de Santayana, 2014).

2.1.4. Usos e propriedades

O uso tradicional, o conhecimento e a aplicação das propriedades biológicas de *Cynara Cardunculus* não é recente, antes pelo contrário, faz parte do passado. Nas regiões mediterrâneas, extratos aquosos de flores de cardo são utilizados, como coagulantes, no fabrico tradicional de queijos de leite de ovelha, conferindo-lhes características únicas de excelência no que diz respeito à textura e ao sabor. Por outro lado, as infusões de folhas de cardo são conhecidas na medicina popular para regulação do sistema hepatobiliar (Barracosa *et al.*, 2018).

O cardo-do-coalho é também conhecido como uma cultura de múltiplas aplicações, devido aos seus elevados teores de celulose e hemicelulose, nomeadamente para a produção de forragem verde para o gado, de celulose, energia, pasta de papel, biocombustível sólido, produção de biogás e de bioetanol. Para além disso, o óleo da semente de cardo apresenta uma composição de ácidos gordos adequados para a produção de biodiesel.

2.1.4.1. A utilização da flor de *Cynara cardunculus* para o fabrico de queijo

Em Portugal e no seu país vizinho, Espanha, as flores secas de cardo são utilizadas, tradicionalmente, para a produção de queijo de ovelha “Serra da Estrela”, “Serpa”, “Évora”, “Nisa”, “Azeitão”, “La Serena” e “Guia” respetivamente. Das flores secas obtêm-se as cardosinas, enzimas responsáveis pela coagulação do leite de ovelha que está na base dos diversos queijos. Estes queijos são portadores de texturas características e únicas, que lhe são conferidas pelo extrato de cardo. Deste modo, este é considerado um dos fatores mais importantes, ou até mesmo o essencial para as propriedades dos queijos em questão (ValBioTecCynara, 2015).

De acordo com regulamentação específica, para que os queijos de ovelha possam usufruir do estatuto de Designação de Origem Protegida (DOP) é obrigatório o uso de extrato de cardo como coagulante (Barracosa *et al.*, 2018).

Segundo estudos realizados anteriormente, o referido extrato de cardo é recolhido (Figura 11) e produzido, recorrendo à metodologia tradicional, e é composto por diversas protéases aspárticas. No entanto, as propriedades das enzimas, o conteúdo enzimático e o efeito da variabilidade da flor/perfil enzimático não está totalmente investigado, de modo que a utilização do extrato de cardo continua a ser feita de forma tradicional, sem algum tipo de certificação e/ou avaliação das soluções coagulantes (ValBioTecCynara, 2015).



Figura 11 - Recolha tradicional de *Cynara cardunculus*.

Fonte: <http://pontosdevista.pt/2017/02/12/cebal-um-alentejo-inovar/>.

O tipo morfológico da planta, a forma de secagem e o modo de conservação da flor de cardo são fatores que influenciam a atividade coagulante. Sabe-se que, a título de exemplo, são evidenciadas perdas significativas na atividade coagulante se a secagem for realizada a baixas temperaturas. Acredita-se também, que os fatores intimamente ligados à variabilidade verificada na atividade coagulante são o efeito da variabilidade da flor/perfil enzimático e o modo como a secagem da flor é realizada (Martins *et al.*, 1996).

O coagulante em questão, extrato de cardo, é preparado de forma tradicional, o que também contribui para uma certa instabilidade no fabrico de queijo. Por outro lado, a variabilidade dos perfis enzimáticos associada à variabilidade das populações também contribui, em grande escala, para a referida instabilidade e impossibilita a estabilização das propriedades típicas do queijo. Recentemente, Portugal submeteu à União Europeia um pedido de inclusão do extrato bruto de *Cynara cardunculus* na lista de enzimas alimentares autorizadas, para utilização em queijaria, e o qual garantirá a continuidade deste recurso (ValBioTecCynara, 2015).

2.1.4.2. Potencial de *Cynara cardunculus* para a produção de compostos bioativos

Através da exploração de compostos extraíveis de elevado valor, é possível valorizar *Cynara cardunculus*. São inúmeros os benefícios conhecidos de *Cynara cardunculus*, e como já foi referido, desde a antiguidade que extratos das suas folhas são utilizados na medicina popular para regulação do sistema hepatobiliar devido às suas reconhecidas ações hepatoprotetoras, hipocolesterolêmicas, coleréticas e anticolinestáticas (Ramos *et al.*, 2013).

A composição do cardo-do-coalho foi alvo de alguns estudos e começa a ser conhecida com algum pormenor e detalhe. Ao serem efetuadas várias caracterizações biológicas e químicas detalhadas das distintas frações morfológicas de *Cynara cardunculus* constatou-se a existência de elevadas percentagens de lactonas sesquiterpênicas nas folhas, destacando-se a cinaropicrina, que tem sido implicada numa grande variedade de processos biológicos. Sabe-se também que os compostos lipofílicos derivados de folhas de *Cynara cardunculus*, não são só ricos em cinaropicrina. Um estudo realizado recentemente em *Cynara cardunculus* no Baixo Alentejo, revelou que a parte externa e interna do caule, das folhas, do recetáculo, das brácteas e dos capítulos apresentam alto conteúdo lipofílico. A lactona sesquiterpênica mais abundante nesta

espécie é a cinaropicrina, especialmente nas folhas, que apresenta propriedades anti-inflamatórias e antiproliferativas de tumores. Desta forma, as folhas de cardo são uma rica fonte de lactonas sesquiterpênicas e triterpenos (Ramos *et al.*, 2013).

A curiosidade e o interesse demonstrado ao nível da cinaropicrina é cada vez maior. Investigadores do Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo (CEBAL) identificaram, numa população natural de *Cynara cardunculus*, duas alterações alélicas na sequência do gene *GAS* (*Germacrene A Synthase*) com associações significativas entre o conteúdo em cinaropicrina e a atividade antiproliferativa *in vitro* de células de cancro de mama. Desta forma, a cinaropicrina apresenta um elevado potencial biológico e, como tal, poderá vir a ser uma forte aposta em abordagens terapêuticas para o cancro da mama. Sabe-se que os polimorfismos verificados nas mais diversas plantas devem ser explorados como marcadores genéticos correlacionados com as propriedades biológicas de *Cynara cardunculus* (Ferro *et al.*, 2018). Outro estudo evidenciou também o potencial anticancerígeno em cancro de mama dos extratos lipofílicos, em que o componente principal é a cinaropicrina, suprimindo a formação de colónias de células (Ramos *et al.*, 2016). Verificou-se também uma relação entre a composição fenológica e a atividade biológica, nomeadamente propriedades antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, hepatoprotetoras e anticancerígenas (Ferro *et al.*, 2017).

Assim sendo, as folhas de *Cynara cardunculus* apresentam um elevado potencial agronómico. Por outro lado, inúmeros estudos revelam um papel importante dos cardos na nutrição humana, pois contêm flavonoides e uma quantidade muito significativa de cálcio, vitamina B2 e vitamina C, bem como outros componentes nutricionais. Apresenta, também, um elevado teor nutritivo e um reduzido teor de hidratos de carbono (Barracosa *et al.*, 2018).

Cynara cardunculus pode ser considerada uma cultura multiversátil que pode contribuir para o desenvolvimento económico e sustentável, usado para fins inovadores, com aplicações futuras na nutrição alimentar, na saúde e na cosmética (Barracosa *et al.*, 2018).

3. Material e Métodos

3.1. Recolha de dados e criação de um SIG

A área de estudo está inserida na região do Alto e Baixo Alentejo e os trabalhos de campo foram desenvolvidos durante a primavera/verão de 2016. Inicialmente foi criado um SIG, no qual foi vertida a informação recolhida, incluindo as áreas de ocorrência de *Cynara cardunculus*, as cartas geológicas, as cartas bioclimáticas e os dados de solo. Os dados de ocorrência da espécie em estudo foram recolhidos recorrendo a trabalhos de campo e às plataformas *Flora-on* (Porto *et al.*, 2016), Anthos (Anthos, 2016) e GBIF (GBIF.org., 2016), assim como pelo contato com habitantes locais. Foi utilizado o programa QGIS, um Sistema de Informação Geográfica “Open Source”. Com base na informação corológica obtida (Figura 12), foram escolhidas 14 populações para análise: a população do Centro Hortofruticola (CH), a da Base Aérea (BA), a da Quinta da Saúde (QS), a de Penedo Gordo (PG), a de Salvada (SAL), a de Santa Vitória (SV), a da Herdade dos Barretos (HB), a da Herdade da Abobada (HA), a de Alvito (ALV), a do Monte da Chaminé (MC), a da Herdade do Peral (HP), a da Herdade da Revilheira (HR), a da Herdade de São Romão (HSR) e a de Juromenha (JR) (Figura 13 e Quadro 2). Em cada população foram selecionados, de forma aleatória, 7 indivíduos. Cada um dos indivíduos foi georreferenciado, com recurso a um GPS.



Figura 12 - Dados de ocorrência de *Cynara cardunculus*. Mapa elaborado com recurso ao software QGIS.

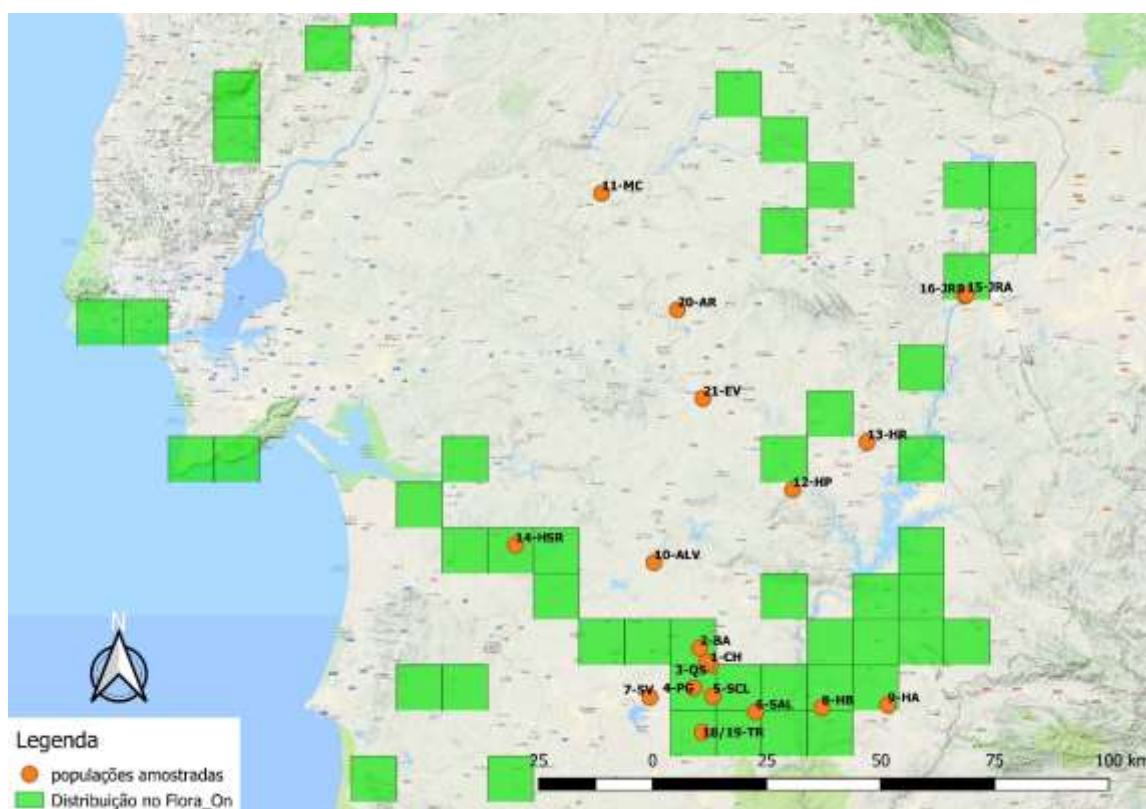


Figura 13 - Mapa de ocorrências de *Cynara cardunculus* e localização das populações amostradas. Mapa elaborado com recurso ao software QGIS.

Quadro 2 - Principais características da localização das populações em estudo. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

População	Concelho	Latitude	Longitude	Solo
CH	Beja	38°01'57.1"	-007°52'29.6"	Básico
BA	Beja	38°03'55.21"	-007°54'01.53"	Básico
QS	Beja	38°02'12.6"	-007°53'02.0"	Básico
PG	Beja	37°59'12.4"	-007°55'00.1"	Básico
SAL	Beja	37°56'16.3"	-007°45'47.0"	Básico
SV	Beja	37°58'09.5"	-008°01'35.1"	Básico
HB	Serpa	37°56'39.9"	-007°35'52.2"	Básico
HA	Serpa	37°56'51.5"	-007°26'00.8"	Básico
ALV	Alvito	38°14'08.1"	-008°00'44.1"	Básico
MC	Mora	38°57'56.2"	-008°08'06.1"	Básico
HP	Monte do Trigo	38°22'32.8"	-007°39'45.9"	Básico
HR	Reguengos de Monsaraz	38°28'02.6"	-007°28'27.4"	Neutro
HSR	Alcácer do Sal	38°16'19.9"	-008°21'33.7"	Básico
JR	Alandroal	38°45'08.6"	-007°13'17.3"	Básico

3.2. Caracterização morfológica

Foi considerado um conjunto de descritores morfológicos baseado no aspeto geral da planta, caule, folha, inflorescência principal, inflorescência secundária e sementes. Estes parâmetros foram estabelecidos de acordo com os trabalhos de Barracosa *et al.* (2018).

Para cada um dos 7 indivíduos selecionados por população, foram medidos e registados, *in loco*, entre os meses de junho e julho, no início da floração, os diversos descritores morfológicos considerados. Em meados de julho/agosto procedeu-se à recolha de capítulos para obtenção de sementes, de forma a serem usadas posteriormente para caracterização das mesmas. O Quadro 3 ilustra detalhadamente todas as características morfológicas estudadas e os respetivos códigos (abreviaturas) usadas neste trabalho.

Quadro 3 - Descritores morfológicos e respectivos códigos utilizados nas análises estatísticas. * não foi analisado devido a uma discrepância na metodologia utilizada entre as entidades que recolheram o material.

Grupo	Características	Códigos
Características gerais	Altura (cm)	altura
	Nº de rebentos	rebentos
	Nº de ramificações florais primárias	raflopri
	Nº de ramificações florais secundárias	raflosec
	Nº total de inflorescências da planta mãe	inflatot
	Altura da primeira ramificação floral (cm)	altraflo
	Comprimento da folha na 1ª ramificação floral (cm)	comforam
	Largura da folha na 1ª ramificação floral (mm)	larforam
Características do caule	Diâmetro mínimo no topo (mm)	diaminto
	Diâmetro máximo no topo (mm)	diammaxto
	Diâmetro mínimo na base (mm)	diaminba
	Diâmetro máximo na base (mm)	diamaxba
Características da folha	Comprimento (mm)	comfolha
	Largura (mm)	larfolha
	Comprimento do folíolo primário (mm)	comfopri
	Largura do folíolo primário (mm)	larfopri
	Comprimento do folíolo secundário (mm)	comfosec
	Largura do folíolo secundário (mm)	larfosec
	Espessura pecíolo (mm)	especio
	Largura pecíolo (mm)	larpecio
	Peso fresco da folha (g)	folhafre
	Peso seco da folha (g)	folhasec
	Peso fresco do folíolo (g)	foliofre
	Peso seco do folíolo (g)	foliosec
	Peso fresco do limbo (g)	limbofre
	Peso seco do limbo (g)	limbosec
	Peso fresco do pecíolo (g)	peciofre
	Peso seco do pecíolo (g)	peciosec
Características da Inflorescência Principal	Distância à primeira ramificação primária (mm)	dirampri
	Comprimento (mm)	coinfpri
	Largura (mm)	lainfpri
	Comprimento bráctea (mm)	cobrapri
	Largura bráctea (mm)	labrapri
Características da Inflorescência Secundária	Comprimento (mm)	coinfsec
	Largura (mm)	lainfsec
	Comprimento bráctea (mm)	cobrasec
	Largura bráctea (mm)	labrasec
Características da Semente	Comprimento (mm)	comsem
	Largura (mm)	larsem
	Espessura (mm)	espsem
	Peso (g) *	pessem

A medição e o registo dos descritores morfológicos foram realizados de forma rigorosa, com recurso a uma ficha de campo criada especificamente para o efeito (Anexo 1), obedecendo a critérios para minimizar o erro associado a esta prática.

A determinação de cada um dos parâmetros descritores foi feita da seguinte forma:

Descritores gerais

- Altura – medição desde o solo ao ponto mais alto da planta;
- Número de rebentos – número de caules que derivam da mesma planta, tendo em atenção se são mesmo rebentos da própria planta ou não;
- Número de ramificações florais primárias – número de ramificações que derivam diretamente do caule que termina no capítulo central;
- Número de ramificações florais secundárias – todas as ramificações que terminam em capítulos secundários e terciários, à exceção das que considerámos primárias;
- Número total de inflorescências da planta mãe – soma de todos os capítulos da planta mãe;
- Altura da 1ª ramificação floral – medição desde o solo até à primeira ramificação floral primária;
- Comprimento da folha na 1ª ramificação floral – medição do comprimento da folha que surge junto da 1ª ramificação floral primária;
- Largura da folha na 1ª ramificação floral – medição da largura da folha que surge junto da 1ª ramificação floral primária.

Descritores do caule

Os diâmetros foram divididos em mínimo e máximo uma vez que o caule de *Cynara cardunculus* não é perfeitamente circular.

- Diâmetro mínimo no topo – medição do diâmetro mínimo 10 cm abaixo da 1ª ramificação floral;
- Diâmetro máximo no topo – medição do diâmetro máximo 10 cm abaixo da 1ª ramificação floral;
- Diâmetro mínimo na base – medição do diâmetro mínimo 35 cm acima do solo;
- Diâmetro máximo na base – medição do diâmetro máximo 35 cm acima do solo.

Descritores das folhas

Foi escolhida uma folha basal para medição dos descritores da folha.

- Comprimento – comprimento total obtido desde a base do pecíolo até ao ápice da folha;
- Largura – largura obtida na zona mais larga da folha;
- Comprimento do folíolo primário – folíolo localizado na zona mais larga da folha, registando-se o seu comprimento total, desde o pecíolo central ao ápice;
- Largura do folíolo primário – medição da largura do folíolo primário selecionado anteriormente;
- Comprimento do folíolo secundário – folíolo localizado na zona mais larga do folíolo primário, registando-se o seu comprimento total, desde a nervura central ao ápice;
- Largura do folíolo secundário – medição da largura do folíolo secundário selecionado anteriormente;
- Espessura do pecíolo – medição da espessura do pecíolo a 5 cm da base, onde começa a bifurcar;
- Largura do pecíolo – medição da largura do pecíolo a 5 cm da base;
- Peso fresco da folha – registo do peso fresco da folha;
- Peso seco da folha – registo do peso seco da folha, depois de seca ao ar livre (pelo menos duas semanas);
- Peso fresco do folíolo – registo do peso fresco do folíolo primário usado para medição;
- Peso seco do folíolo – registo do peso seco do folíolo usado para medição, depois de seco ao ar livre (pelo menos duas semanas);
- Peso fresco do limbo – registo do peso fresco do conjunto dos restantes folíolos não usados nas medições;
- Peso seco do limbo – registo do peso seco do conjunto dos restantes folíolos não usados nas medições, depois de secos ao ar livre (pelo menos duas semanas);
- Peso fresco do pecíolo – registo do peso fresco do pecíolo;
- Peso seco do pecíolo – registo do peso seco do pecíolo, depois de seco ao ar livre (pelo menos duas semanas);

Descritores da inflorescência principal

- Distância à 1ª ramificação primária – medição da distância entre a base do capítulo central e a 1ª ramificação primária superior;
- Comprimento – Medição desde a base do capítulo até ao ápice;
- Largura – Medida no terço inferior do capítulo, normalmente a zona mais larga;
- Comprimento da bráctea – Medição desde a base da bráctea até ao ápice, selecionando-se uma das brácteas na zona intermédia do capítulo;
- Largura da bráctea – Medição da bráctea no terço inferior, normalmente a zona mais larga.

Descritores da inflorescência secundária

- Comprimento – Medição desde a base do capítulo até ao ápice;
- Largura – Medida no terço inferior do capítulo, normalmente a zona mais larga;
- Comprimento da bráctea – Medição desde a base da bráctea até ao ápice, selecionando-se uma das brácteas na zona intermédia do capítulo;
- Largura da bráctea – Medição da bráctea no terço inferior, normalmente a zona mais larga.

Descritores das Sementes

Para salvaguardar a possibilidade de algumas sementes estarem danificadas por larvas/insetos, recolheram-se 3 capítulos por planta, sempre que possível o principal e 2 secundários, de 3 indivíduos de cada população escolhidos aleatoriamente. Foram selecionadas 10 sementes para medição dos descritores, à exceção do peso, em que foram pesadas 20 sementes (4 conjuntos de 5 sementes). As sementes foram escolhidas aleatoriamente, sendo que foram excluídas as malformadas, ocas ou podres por dentro.

- Comprimento – Comprimento máximo;
- Largura – Largura máxima;
- Espessura – Espessura máxima;
- Peso – Registo do peso após 3 dias na câmara de secagem.

3.3. Características físico-químicas do solo e bioclimáticas

Com o intuito de realizar a caracterização físico-química do solo de cada população, foram realizadas, no laboratório químico dos solos da Universidade de Évora e no laboratório físico dos solos da Universidade de Évora, diferentes análises químicas e físicas ao solo. Os parâmetros analisados foram: o pH, a condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$), a textura, os nitratos, o fósforo (P), o potássio (K), o pH (H_2O), o ferro (Fe), o manganês (Mn), o zinco (Zn), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o sódio (Na), o cobre (Cu), e a capacidade de troca catiónica (C.T.C.). Para as análises foram recolhidas amostras compostas de solo, compostas por 10 subamostras recolhidas aleatoriamente na área de cada população, com o auxílio de uma sonda de mão.

De acordo com os resultados das classes de textura, os solos foram classificados de acordo com um diagrama triangular (Figura 14).

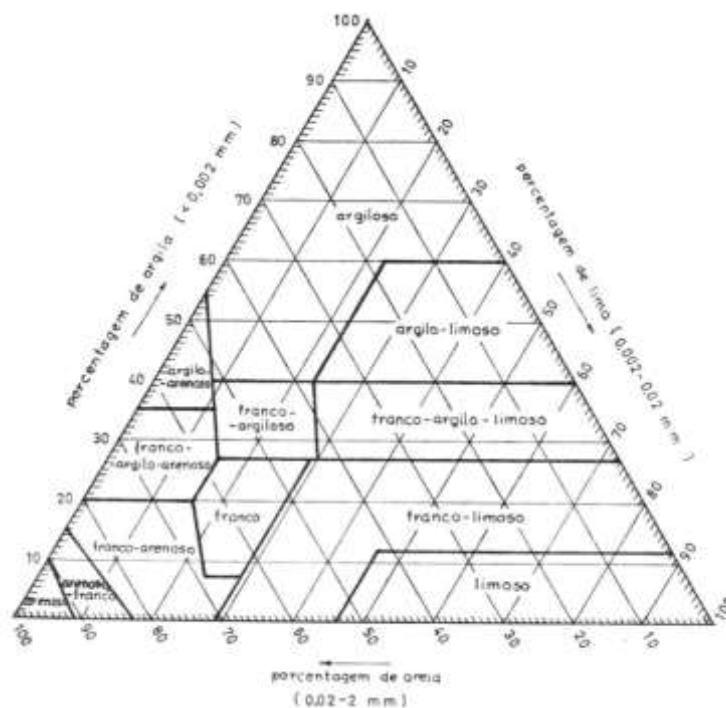


Figura 14 - Diagrama triangular para classificação de texturas adaptado aos limites internacionais de frações granulométricas, por M. Pereira Gomes & A. Antunes da Silva. Fonte: Botelho da Costa, 1995.

Os valores das variáveis climáticas foram extraídos das cartas bioclimáticas de Portugal de Monteiro-Henriques *et al.* (2016) com recurso ao software GME (Geospatial Modelling Environment). Utilizaram-se as seguintes variáveis: Precipitação (P) que reflete a precipitação média anual (l/m^2), Temperatura positiva (T_p), que consiste na

temperatura anual positiva, e reflete o somatório, em °C, das temperaturas médias mensais superiores a 0°C, Temperatura média do mês mais quente (T_{máx}) e Temperatura média do mês mais frio (T_{min}); Índice de Continentalidade (I_c), que corresponde ao intervalo térmico anual (T_{max} – T_{min}), em °C, e retrata a variação da temperatura durante o ano, ao Índice de Termicidade (I_t), que pondera a intensidade do rigor invernal limitante para a vegetação e é calculado pela fórmula $I_t = 10(T + T_{min} \times 2)$, em que T corresponde à temperatura média anual em °C, e ao Índice Ombrotérmico (I_{o1}, I_{o2}, I_{o3} e I_{o4}), que cruza informações sobre a temperatura e a precipitação, tentando quantificar a disponibilidade hídrica para as plantas, e é obtido por $I_o = 10 \left(\frac{P}{Tp} \right)$. O I_{o1} é referente ao mês mais quente do ano, o I_{o2} aos 2 meses mais quentes do ano, o I_{o3} aos 3 meses mais quentes do ano e o I_{o4} aos 4 meses mais quentes do ano.

3.4. Quantificação da concentração de cinaropicrina nas folhas

As folhas foram coletadas e conservadas a -20°C até à extração. Procedeu-se depois à liofilização, ou seja, à desidratação das folhas de *Cynara cardunculus*. Em seguida estas foram moídas para, com o auxílio de um Soxhlet contendo diclorometano, se extraírem estratos lipofílicos. A determinação da concentração de cinaropicrina foi realizada por HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência). Estas determinações foram realizadas pela equipa da Professora Doutora Fátima Duarte do CEBAL.

3.5. Análise de dados

3.5.1. Análise da variabilidade entre as populações, em termos de descritores morfológicos e concentração de cinaropicrina

Os dados obtidos para os descritores morfológicos foram analisados de forma a detetar diferenças estatisticamente significativas entre as populações, e posteriormente analisada a sua relação com a concentração de cinaropicrina. Todas as análises estatísticas efetuadas foram feitas recorrendo ao programa R (R Core Team, 2016-18).

Em primeiro lugar foram calculadas e analisadas diversas medidas de tendência central e variabilidade para cada uma das variáveis morfológicas das populações em

estudo (mínimo, máximo, média e mediana). Esta abordagem permitiu fazer uma primeira caracterização fenotípica das populações da área de estudo.

Posteriormente, determinou-se se existiam diferenças significativas entre as médias das populações analisadas, para as variáveis morfológicas e para a concentração de cinaropicrina. Para isso, foi utilizada a Análise de Variância (One-Way ANOVA), após verificação da normalidade (Teste de Shapiro) e da homogeneidade da variância da amostra (Teste de Barlett). Uma vez que a ANOVA apenas informa sobre a existência de diferenças entre as populações, não indicando que populações são, foi posteriormente implementado um teste post hoc (Teste de Tukey). Sempre que houve violação dos pressupostos da ANOVA, no se se refere à normalidade ou homogeneidade da amostra, procedeu-se à transformação dos valores obtidos ($\log(x)$ ou $\log(x) + 1$ e/ou à aplicação da ANOVA de Welch (Welch's ANOVA), seguida do teste post hoc de Games-Howell (ambos não paramétricos).

3.5.2. Identificação de possíveis correlações entre os descritores morfológicos e edafoclimáticos e a produção de cinaropicrina

Este ponto teve como objetivo perceber se a concentração de cinaropicrina está correlacionada com alguma característica morfológica da planta e/ou se a mesma pode ser explicada por variáveis edafoclimáticas, uma vez que o clima é muitas vezes referido como o principal fator que influencia a flora e a vegetação (Monteiro-Henriques, 2010).

Os valores de cinaropicrina e das variáveis morfológicas que foram considerados para análise, correspondem à média das populações. Refira-se que numa fase inicial desta análise foi avaliada a autocorrelação espacial da variável resposta (concentração de cinaropirinas) através do teste de Moran's, utilizando os indivíduos como unidade amostral. Se não houvesse autocorrelação espacial, poderiam ser utilizados os indivíduos amostrados como entidades únicas, aumentando significativamente o tamanho da amostra. Contudo, como os resultados mostraram que havia autocorrelação espacial entre os indivíduos, procedeu-se à análise recorrendo à média das populações (a unidade amostral é a população).

A relação entre cada uma das variáveis explicativas (variáveis morfológicas, bioclimáticas ou edáficas) e a variável resposta (produção de cinaropicrina), foi analisada

através do modelo de regressão linear simples (que nos dá indicação sobre a existência, ou não, de uma relação linear entre duas variáveis) e da correlação de Pearson (que mede a força da associação linear entre duas variáveis). Utilizaram-se as variáveis transformadas, tal como em 3.5.1.

4. Resultados e discussão

4.1. Recolha de dados e criação de um SIG

Neste trabalho obteve-se um SIG com a distribuição conhecida de *Cynara cardunculus* em Portugal, onde foi possível constatar a existência de 42 quadrículas UTM (10x10), bem como diversas cartas bioclimáticas: Precipitação média anual (P), Temperatura anual positiva (Tp), Temperatura média do mês mais quente (Tmáx), Temperatura média do mês mais frio (Tmin), Índice de Continentalidade (Ic), Índice ombrotérmico (Io, Io2, Io3, Io4), Índice de Termicidade (It) (Anexo 2, Figuras 1-10). A escolha para a utilização dos índices bioclimáticos em vez dos parâmetros climáticos tradicionais foi feita pela sua maior relação com a vegetação (Monteiro-Henriques, 2016).

4.2. Caracterização morfológica

Seguidamente, é apresentado o resultado das caracterizações morfológicas efetuadas nos indivíduos amostrados nas 14 populações estudadas.

Descritores gerais

Como é possível verificar no Quadro 4, *Cynara cardunculus* é geralmente uma planta alta, em média com 132,30 cm de altura na floração, ainda que este parâmetro seja muito variável entre indivíduos ($\Delta=57-235$ cm; MC apresentou valores médios mais elevados e PG mais baixos), acima dos referidos por Devesa *et al.* (2014). Segundo Barracosa *et al.* (2018), a altura da planta é influenciada pelo nº de anos da planta, já que no 1ª ano a produção de biomassa acima do solo é geralmente baixa.

Apresenta em média 3 rebentos ($\Delta=0-6$; ALV e JR apresentaram valores médios mais elevados e SV mais baixos), 2 a 5 ramificações florais primárias (JR valores médios mais elevados e HA mais baixos) e um número muito variável de ramificações florais secundárias ($\Delta=0-2$, mediana=5; HB valores médios mais elevados e HA mais baixos). O número total de inflorescências da planta mãe é também muito variável ($\Delta=4-28$, mediana=10; HB valores médios mais elevados e HA mais baixos), estas aumentam com

os anos e a predominância do ramo principal sobre os outros é reduzida, e são influenciadas pelo estado fenológico (Barracosa *et al.*, 2018). A altura da 1ª ramificação floral é, em média, de 76,85 cm ($\Delta=21-151$; MC valores médios mais elevados e PG mais baixos). A folha na 1ª ramificação floral tem, em média, 40,70 cm ($\Delta= 20-95$; JR valores médios mais elevados e SAL mais baixos) e 262,70 mm de largura ($\Delta=110-680$; JR valores médios mais elevados e CH e QS mais baixos).

Quadro 4 – Descritores morfológicos gerais.

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Altura (cm)	57,00	235,00	132,30	133,80
Nº de rebentos	0,00	6,00	-	1,00
Nº de ramificações florais primárias	2,00	5,00	-	3,00
Nº de ramificações florais secundárias	0,00	21,00	-	5,00
Nº total de inflorescência da planta mãe	4,00	28,00	-	10,00
Altura da 1ª ramificação floral (cm)	21,00	151,00	76,85	75,00
Comprimento da folha na 1ª ramificação (cm)	20,00	95,00	40,70	37,00
Largura da folha na 1ª ramificação (mm)	110,00	680,00	262,70	250,00

Descritores do caule

Quanto ao caule, o diâmetro mínimo no topo é, em média, de 15,07 mm ($\Delta=8-43,35$; JR apresentou valores médios mais elevados e BA mais baixos). Por outro lado, o diâmetro máximo no topo tem, em média, 16,69 mm ($\Delta=9-58,94$; JR apresentou valores médios mais elevados e QS e SAL mais baixos). O diâmetro mínimo na base é, em média, de 24,16 mm ($\Delta=12-50$; JR apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos), e o diâmetro máximo na base é, em média, 27,21mm ($\Delta=13-59,67$; JR apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos) (Quadro 5). As características do caule são altamente influenciadas pelo estado fenológico das plantas (Barracosa *et al.*, 2018).

Quadro 5 – Descritores morfológicos do caule.

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Diâmetro mínimo no topo (mm)	8,00	43,35	15,07	13,00
Diâmetro máximo no topo (mm)	9,00	58,94	16,69	14,00
Diâmetro mínimo na base (mm)	12,00	50,00	24,16	23,00
Diâmetro máximo na base (mm)	13,00	59,67	27,21	26,34

Descritores da folha

Em média, as folhas basais têm 871,30 mm de comprimento ($\Delta=460-1310$; JR apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos) e 455,60 mm de largura ($\Delta=200-970$; JR apresentou valores médios mais elevados e HB mais baixos). Valores acima dos referidos por Devesa *et al.* (2014). O peso fresco é, em média, de 76,68g ($\Delta=17,23-192,06$; JR apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos) e o peso seco de 18,29g ($\Delta=5,39-40,12$; JR tem valores médios mais elevados e MC mais baixos). O folíolo primário tem, em média, 236,30 mm de comprimento ($\Delta=120-480$; JR apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos) e 173,90 mm de largura ($\Delta=80-400$; JR tem valores médios mais elevados e CH mais baixos). O folíolo secundário, tem, em média, 93,18 mm de comprimento, ($\Delta=43-200$; JR apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos) e 15,29 mm de largura ($\Delta=4,93-41$; BA apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos). Em média, o peso fresco do folíolo primário é de 2,62g ($\Delta=0,45-6,97$; SV apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos) e o peso seco de 0,81g ($\Delta=0,19-2,07$; JR apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos). O pecíolo, em média, tem 16,29 mm de espessura ($\Delta=8-28$; CH apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos), 15,08 mm de largura ($\Delta=8-29$; CH apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos), um peso seco de 7,51g ($\Delta=2-22,30$; SV apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos) e um peso fresco de 40,99g ($\Delta=7,74-115,40$; JR apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos). Quanto ao limbo, o seu peso fresco apresenta um valor médio de 33,05g ($\Delta=9,03-85,38$; JR apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos) e o peso seco um valor médio de 9,97g ($\Delta=0,79-20,15$; JR apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos) (Quadro 6).

Quadro 6 – Descritores morfológicos da folha.

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Comprimento (mm)	460,00	1310,00	871,30	875,00
Largura (mm)	200,00	970,00	455,60	445,00
Folha: peso fresco (g)	17,23	192,06	76,68	71,34
Folha: peso seco (g)	5,39	40,12	18,29	16,97
Folíolo primário: comprimento (mm)	120,00	480,00	236,30	225,00
Folíolo primário: largura (mm)	80,00	400,00	173,90	172,50
Folíolo secundário: comprimento (mm)	43,00	200,00	93,18	89,50
Folíolo secundário: largura (mm)	4,93	41,00	15,29	14,09
Folíolo: peso fresco (g)	0,45	6,97	2,62	2,25
Folíolo: peso seco (g)	0,19	2,07	0,81	0,79
Espessura pecíolo (mm)	8,00	28,00	16,29	15,88
Largura pecíolo (mm)	8,00	29,00	15,08	14,00
Pecíolo: peso seco (g)	2,00	22,30	7,51	6,58
Pecíolo: peso fresco (g)	7,74	115,40	40,99	34,99
Limbo: peso fresco (g)	9,03	85,38	33,05	30,75
Limbo: peso seco (g)	0,79	20,15	9,97	9,68

Descritores da inflorescência principal

A distância média entre a inflorescência principal e a 1ª ramificação primária é de 340,10 mm ($\Delta=40-900$; HB apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos). A inflorescência principal tem, em média, 69,49 mm de comprimento ($\Delta=39-109,35$; HR apresentou valores médios mais elevados e SV mais baixos) e 66,69 mm de largura ($\Delta=20-89,05$; CH apresentou valores médios mais elevados e QS mais baixos). A bráctea tem, em média, 23,52 mm de comprimento ($\Delta=14,63-37$; PG apresentou valores médios mais elevados e MC mais baixos) e 10,34 mm de largura ($\Delta=4-19$; CH apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos) (Quadro 7).

Quadro 7 – Descritores morfológicos da inflorescência principal.

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Distância à 1ª ramificação primária (mm)	40,00	900,00	340,10	285,00
Comprimento (mm)	39,00	109,35	69,49	63,30
Largura (mm)	20,00	89,05	66,69	66,33
Comprimento bráctea (mm)	14,63	37,00	23,52	23,21
Largura bráctea (mm)	4,00	19,00	10,34	10,15

Descritores da inflorescência secundária

O comprimento é, em média, 57,09 mm ($\Delta=37-98,39$; HA apresentou valores médios mais elevados e PG mais baixos) e a largura 55,24 mm ($\Delta=35-75,55$; JR apresentou valores médios mais elevados e SAL mais baixos). A bráctea tem, em média, 23,26 mm de comprimento ($\Delta=13-38$; PG apresentou valores médios mais elevados e CH mais baixos) e 9,84 mm de largura ($\Delta=6-18,81$; SAL apresentou valores médios mais elevados e CH mais baixos) (Quadro 8).

Quadro 8 – Descritores morfológicos da inflorescência secundária.

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Comprimento (mm)	37,00	98,39	57,09	98,39
Largura (mm)	35,00	75,55	55,24	54,62
Comprimento bráctea (mm)	13,00	38,00	23,26	23,60
Largura bráctea (mm)	6,00	18,81	9,84	9,19

Descritores da semente

As sementes evidenciaram um valor médio de 6,86 mm de comprimento ($\Delta=4,91-8,75$; HP apresenta valores médios mais elevados e BA mais baixos), 4,49 mm de largura ($\Delta=1,50-4,49$; HA apresenta valores mais elevados e BA valores mais baixos), e 2,44 mm de espessura ($\Delta=1,10-3,50$; HA apresenta valores mais elevados e BA valores mais baixos) (Quadro 9).

Os resultados dos pesos das sementes não foram analisados devido a uma discrepância na metodologia utilizada na pesagem, entre a Universidade de Évora e o Instituto Politécnico de Beja.

Quadro 9 – Descritores morfológicos das sementes.

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Comprimento (mm)	4,91	8,75	6,86	6,83
Largura (mm)	1,50	4,49	3,32	3,30
Espessura (mm)	1,10	3,50	2,44	2,49

4.3. Características físico-químicas do solo e características bioclimáticas

Os resultados obtidos mostram pouca variação na textura dos solos ocupados pelas populações estudadas. Em relação a JR foram feitas duas amostragens já que havia dois núcleos de indivíduos que se encontravam em situações ecológicas diferentes.

Assim, o solo das populações CH, QS, PG, SAL, HB, HA e HP pertencem à classe textural dos solos franco-argilosos. Por outro lado, o solo da população BA pertence à classe Franco-Arenoso, o da população SV à classe Franco-Argiloso-Limoso, o da população ALV à classe do Argiloso, o da população MC à classe Franco-Argilo-Arenoso, o da população da HR à classe Franco, o da população da HSR à classe Franco-Argilo-Arenoso. A população JR apresenta dois tipos distintos de solo, um pertence à classe Argilo-Limoso e outro à classe Franco-Argilo-Limoso (Quadro 10).

Quadro 10 – Propriedades físicas do solo das populações em estudo. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=PENEDO Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

Populações	Areia (%)	Limo (%)	Argila (%)	Textura
CH	53,7	17,8	28,5	Franco-Argiloso
BA	69,7	14,2	16,0	Franco-Arenoso
QS	43,5	19,6	36,9	Franco-Argiloso
PG	40,2	23,4	36,4	Franco-Argiloso
SAL	41,8	19,8	38,4	Franco-Argiloso
SV	36,2	30,4	33,4	Franco-Argilo-Limoso
HB	46,7	21,3	32,0	Franco-Argiloso
HA	47,1	25,6	27,3	Franco-Argiloso
ALV	31,7	17,6	50,7	Argiloso
MC	61,1	13,5	25,4	Franco-Argilo-Arenoso
HP	45,6	25,3	29,1	Franco-Argiloso
HR	57,8	18,7	23,4	Franco
HSR	65,4	10,0	24,5	Franco-Argilo-Arenoso
JR	24,0	30,9	45,1	Argilo-Limoso
	37,8	32,6	29,6	Franco-Argilo-Limoso

Como é possível verificar no Quadro 11, os solos com maior percentagem de limo (JR e SV), apresentam valores mais elevados de pH e de Cu, e valores mais reduzidos de Fe. Por outro lado, os solos com maior percentagem de argila (ALV, JR, SAL, QS e PG), apresentam valores mais altos de Ca, Na e de condutividade e valores de P, Zn e K mais

baixos. Refira-se ainda que nas localidades analisadas, o pH do solo é básico (exceção em HR), o que reitera a apetência desta espécie por solos com pH superior a 7.

Quadro 11 – Características avaliadas dos solos das populações em estudo. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha; C.T.C.=capacidade de troca catiónica.

Pop	pH	Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Nitratos (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	pH (H₂O)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Cu (ppm)	C.T.C.
CH	7,80	132,77	78,50	163,00	288,00	7,90	53,00	148,00	2,10	31,50	9,17	0,36	4,20	21,76
BA	7,90	134,05	96,25	235,00	200,00	7,90	48,00	142,00	5,60	33,75	2,60	0,29	2,30	18,60
QS	8,00	163,20	135,10	286,00	200,00	7,90	44,00	170,00	2,30	34,31	3,65	0,66	5,00	22,92
PG	8,00	147,43	244,30	112,00	204,00	8,10	35,00	186,00	4,20	34,31	1,56	0,33	3,30	17,32
SAL	8,10	124,90	304,30	169,00	172,00	8,20	63,00	279,00	2,70	44,25	9,58	0,39	3,80	38,76
SV	8,20	189,07	98,20	173,00	450,00	8,10	39,00	82,00	2,70	34,38	3,33	0,57	2,80	20,88
HB	8,20	136,10	159,60	187,00	248,00	8,20	104,00	174,00	2,70	31,38	4,48	0,41	5,40	16,04
HA	7,80	145,43	106,65	336,00	600,00	8,10	45,00	146,00	11,00	30,56	2,29	0,09	1,70	16,28
ALV	7,80	105,00	86,50	112,00	390,00	8,20	102,00	236,00	4,90	45,38	2,50	0,17	4,60	24,00
MC	7,60	97,77	91,85	368,00	470,00	7,90	153,00	160,00	16,00	14,13	2,71	0,04	5,80	15,96
HP	8,00	171,70	434,75	168,00	550,00	8,10	75,00	217,00	10,30	39,50	3,23	0,05	3,40	21,36
HR	6,80	118,27	140,15	241,00	510,00	7,00	282,00	169,00	8,60	16,06	5,00	0,09	3,40	20,56
HSR	7,80	85,23	92,60	17,00	390,00	7,90	80,00	307,00	4,30	20,19	2,50	0,07	1,60	22,60
JR	8,30	114,87	89,65	100,00	340,00	8,30	69,00	238,00	6,70	27,38	5,00	0,14	2,60	21,72
	8,10	163,17	455,95	164,00	470,00	8,20	32,00	128,00	20,00	48,13	2,19	0,18	4,80	15,27

Considerando as condições bioclimáticas estudadas, é importante realçar que: JR é a população que apresenta os valores mais elevados de Tmax e de Ic, HR é a população que apresenta os valores mais elevados de P e de Io1 e os valores mais baixos de It e de Tp, MC é a população que apresenta valores mais elevados de Io2, Io3, e de Io4, HSR é a população que apresenta valores mais elevados It e de Tmin, e valores mais baixo de Ic e de Tmax, SV é a população que apresenta valores mais elevados de Tp e valores mais reduzidos de Io3 e de Io4, HB é a população que apresenta valores mais reduzidos de P e de Io1, e por último, SAL é a população que apresenta valores mais reduzidos de Io2 (Quadro 12).

Quadro 12 - Variáveis bioclimáticas utilizadas no estudo. Legenda: Ic=índice de continentalidade; P=precipitação Io=índice ombrotérmico; It=índice de termicidade; Tp=temperatura positiva; Tmax=temperatura média do mês mais quente; Tmin=temperatura mínima do mês mais frio; CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

Pop	Ic	P (l/m ²)	Io				It	Tp (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)
			Io1	Io2	Io3	Io4				
CH	14,47	589,17	3,04	0,13	0,41	0,75	351,75	1938,90	23,99	9,52
BA	14,40	583,54	2,98	0,12	0,39	0,72	357,43	1957,80	24,09	9,69
QS	14,46	582,26	2,99	0,12	0,40	0,73	353,61	1945,90	24,03	9,57
PG	14,46	562,84	2,87	0,11	0,37	0,69	356,44	1963,90	24,19	9,74
SAL	14,48	568,23	2,91	0,11	0,41	0,71	355,32	1952,20	24,10	9,62
SV	14,17	563,52	2,83	0,12	0,34	0,67	364,19	1988,20	24,23	10,06
HB	14,61	520,20	2,69	0,12	0,38	0,68	349,66	1930,50	23,99	9,39
HA	14,73	557,91	2,88	0,14	0,46	0,77	352,15	1939,30	24,13	9,40
ALV	14,08	613,16	3,13	0,17	0,43	0,77	362,09	1960,70	23,89	9,81
MC	13,36	653,46	3,34	0,26	0,58	0,93	364,26	1963,50	23,37	10,01
HP	14,57	575,05	2,99	0,15	0,49	0,80	347,23	1924,30	23,89	9,32
HR	15,03	655,54	3,48	0,19	0,53	0,89	335,48	1885,50	23,80	8,77
HSR	13,01	621,92	3,17	0,18	0,40	0,75	370,09	1964,20	23,18	10,17
JR	15,67	559,80	2,86	0,14	0,42	0,72	348,76	1961,60	24,73	9,06
	15,67	560,05	2,87	0,14	0,43	0,72	347,18	1955,20	24,68	9,01

HSR é a população que apresenta menor amplitude térmica anual e JR a que apresenta maior (Ic). A intensidade do rigor invernal (It), limitante para a vegetação, é maior em HSR e menor em HR. A disponibilidade hídrica para as plantas no mês mais quente de verão (Io1) é maior em HR e menor em HB. A disponibilidade hídrica para as plantas nos 2 meses mais quentes de verão (Io2) é maior em MC e menor em SAL. A disponibilidade hídrica para as plantas nos 3 meses mais quentes de verão (Io3) é maior em MC e menor em SV. Por último, a disponibilidade hídrica para as plantas nos 4 meses mais quentes de verão (Io4) é maior em MC e menor em SV.

4.4. Quantificação da concentração de cinaropicrina nas folhas

A concentração de cinaropicrina apresenta um valor médio de 48,73 mg/g ($\Delta=25,21-90,61$). Os valores médios mais elevados registaram-se na população MC, população com menor déficit hídrico no verão, e os mais reduzidos em HB (Quadro 13).

Quadro 13 - Concentração de cinaropicrina (mg/g).

	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Cinaropicrina (mg/g)	25,21	90,61	48,73	45,99

4.5. Análise de dados

4.5.1. Análise da variabilidade entre as populações, em termos de características morfológicas e concentração de cinaropicrina

Os resultados obtidos na Análise de Variância e nos testes *pos hoc* sugerem a existência de uma variabilidade morfológica muito grande entre as populações de *Cynara cardunculus* estudadas. Assim, verifica-se a existência de diferenças estatisticamente significativas (para $\alpha < 0.05$) entre estas populações, para todas as variáveis morfológicas analisadas (Anexo 3, Figuras 1-40).

O quadro 14 ilustra as principais diferenças entre as populações em estudo, tendo em conta as variáveis morfológicas estudadas. De salientar que:

1. Características gerais - relativamente à: altura da planta, PG difere da maioria das outras populações (valores inferiores); ao nº de rebentos, as únicas que diferem são ALV (valores superiores) e HA (valores inferiores); ao nº de ramificações florais primárias, HA é a que mais difere (valores inferiores); ao nº de ramificações florais secundárias, HA (valores inferiores) e HB (valores superiores) são as que mais diferem; ao nº total de inflorescências da planta mãe, HA (valores inferiores) e HB (valores superiores) são as que mais se destacam (Figura 15); à altura da 1ª ramificação floral, é MC a que mais diferenças apresenta (valores superiores); ao comprimento e à largura da

folha na 1ª ramificação floral, JR é a que difere mais das restantes populações (valores superiores) (Anexo 4, Figuras 1-7).

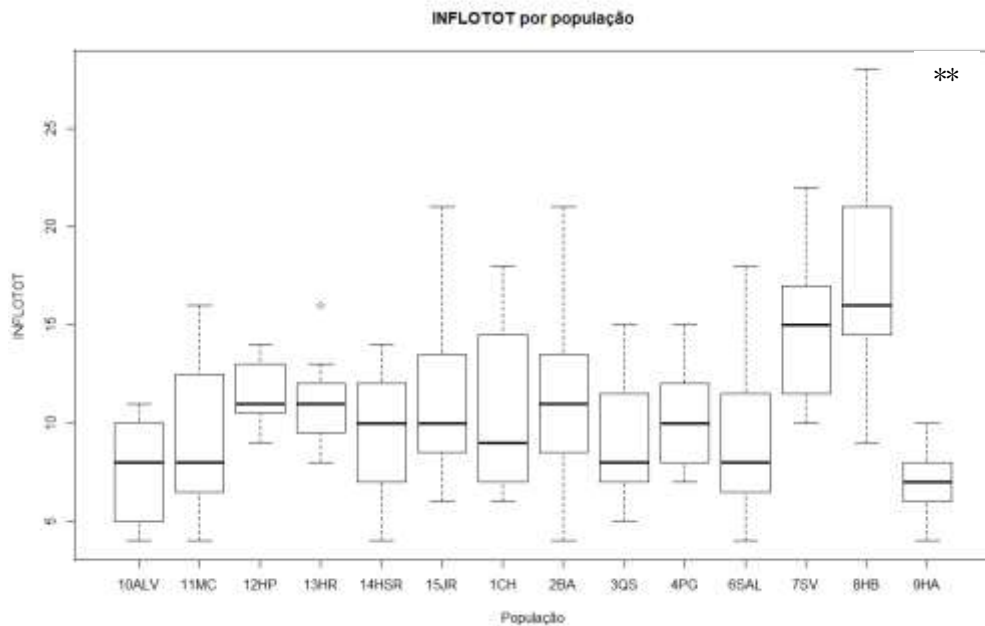


Figura 15 - Variabilidade do nº total de inflorescências da planta mãe por população. Legenda: INFLOTOT=nº total de inflorescências da planta mãe; **= diferenças altamente significativas ($P < 0,01$).

2. Características do Caule - em relação ao diâmetro mínimo (Figura 16) e máximo no topo e ao diâmetro mínimo e máximo na base do caule, a população que mais difere das restantes é JR (valores superiores) (Anexo 4, Figuras 8-9).

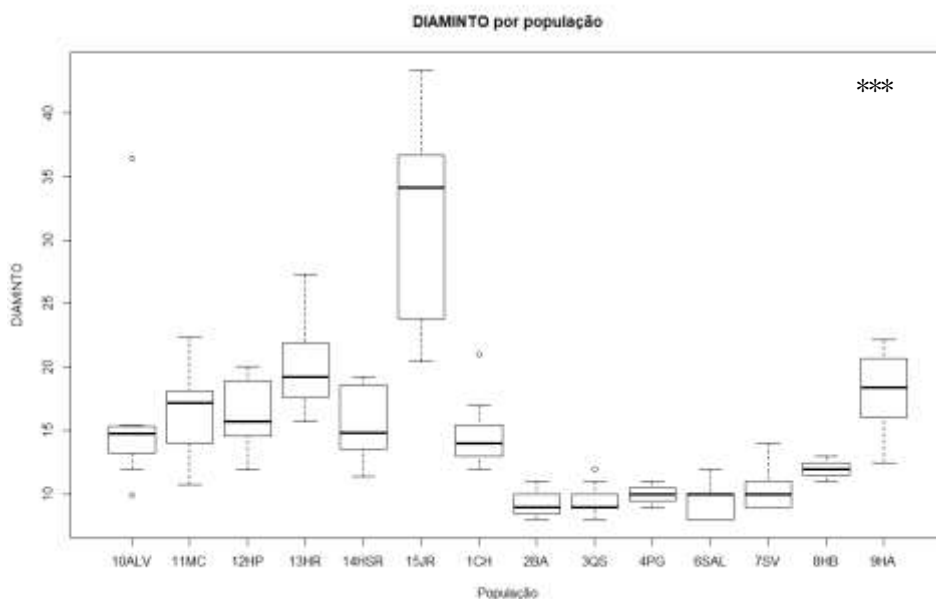


Figura 16 - Variabilidade do diâmetro mínimo no topo do caule por população. Legenda: DIAMINTO=diâmetro mínimo no topo; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

3. Características das folhas – em relação ao: comprimento e largura da folha e ao comprimento e largura do folíolo primário, JR é a que mais se distingue (valores superiores); ao comprimento do folíolo secundário, são JR e BA (valores superiores) as que mais se destacam; à largura do folíolo secundário, é MC (valores inferiores) a que mais se destaca; à espessura e largura (Figura 17) do pecíolo, é CH a que mais se diferencia (valores superior); ao peso fresco e seco da folha, do folíolo e ao peso fresco do limbo, é MC (valores inferiores) a que mais se distingue; ao peso seco do limbo, é JR (valores superiores); e ao peso fresco e seco do pecíolo, é MC (valores inferiores) (Anexo 4, Figuras 10-25).

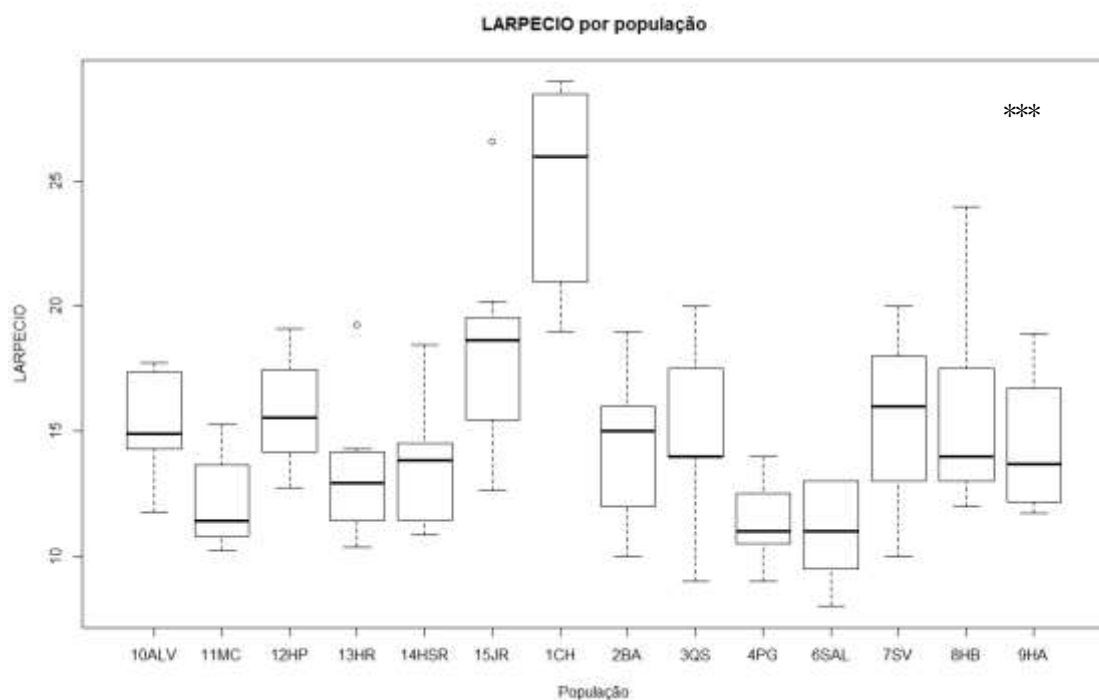


Figura 17 - Variabilidade da largura do pecíolo da folha por população. Legenda: LARPECIO=largura do pecíolo; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

4. Características da inflorescência primária – relativamente à: distância à 1ª ramificação floral, HA (valores inferiores) é a que mais se distingue; ao comprimento e largura, CH (valores superiores) é a que mais se distingue; ao comprimento da bráctea (Figura 18), é PG (valores superiores); e à largura, é CH e HA (valores superiores).

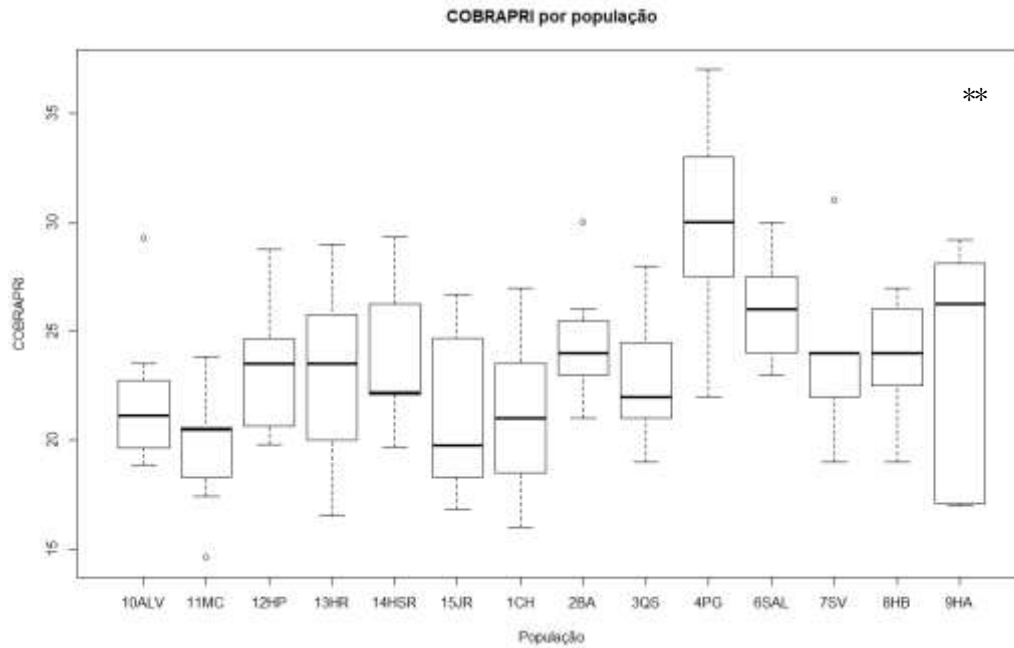


Figura 18 - Variabilidade do comprimento da bráctea da inflorescência principal por população. Legenda: COBRAPRI=comprimento da bráctea da inflorescência principal; **= diferenças altamente significativas ($P < 0,01$).

5. Características da inflorescência secundária – relativamente ao: comprimento (Figura 19), HA é a que mais difere (valores superiores); largura, é JR (valores superiores) a que mais difere; comprimento da bráctea, é PG (valores superiores); e à largura da bráctea, é SAL (valores inferiores) a que mais difere.

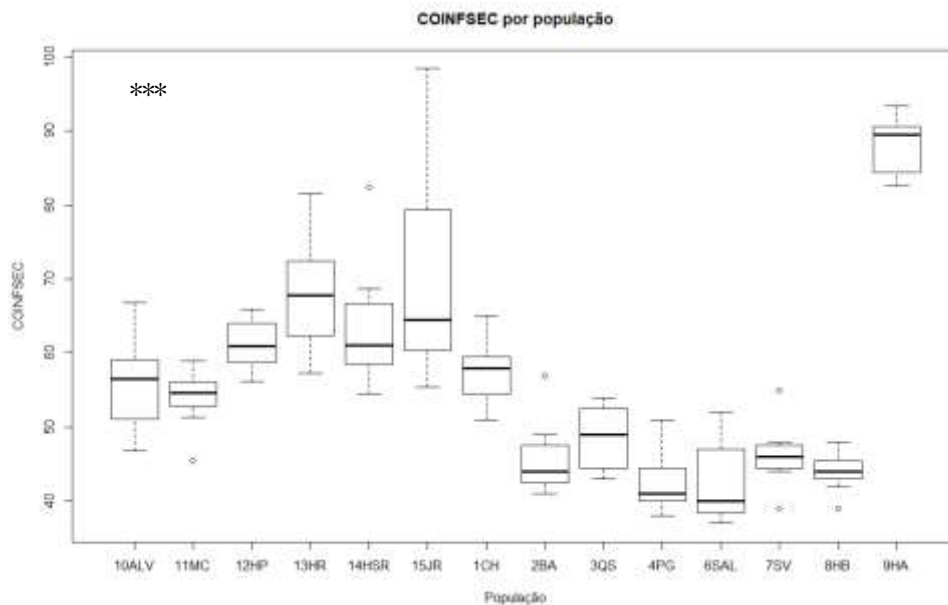


Figura 19 - Variabilidade do comprimento da inflorescência secundária por população. Legenda: COINFSEC=comprimento da inflorescência secundária; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

6. Características das sementes – relativamente ao: comprimento da semente, CH, HA, HP e JR são as que mais diferem das restantes; à largura, BA difere de todas as outras; e em relação à espessura BA, é a que mais difere (Figura 20).

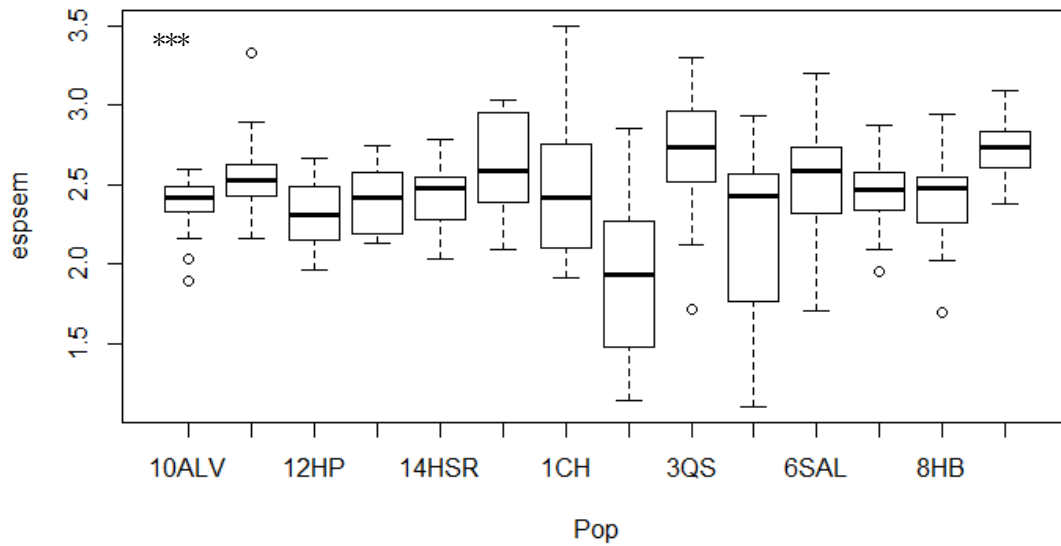


Figura 20 - Variabilidade da espessura da semente por população. Legenda: espsem=espessura da semente; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

	PG				JR		PG							MC HSR	SAL	
DIAMAXBA	SAL PG	JR	JR	HB JR CH	JR CH HB	JR	PG SAL	JR	JR	JR	JR	JR	JR	ALV HSR SAL MC BA SV	HP QS HA HR PG	
COMFOLHA	JR	SAL HA PG	PG	HR HP QS JR BA SV	JR BA SV HP	SAL HA PG	JR	BA SV JR	JR	JR	PG SAL	PG	JR	ALV SAL MC HSR	HB CH HA PG	
LARFOLHA	JR	PG SAL HB	JR	JR BA	JR BA HP SV	HB SAL	SV HSR JR BA HP	JR	JR	JR	SAL HB	JR	HB	ALV HR PG MC SAL	CH HB QS HA	
COMFOPRI	JR	HB HA PG SAL	JR	JR BA	SV JR BA HP	SAL	JR BA	JR BA	JR	JR	SAL	JR	-	ALV CH HB MC QS	HA PG HR SAL	
LARFOPRI	SV BA JR	CH	-	JR	JR	CH	JR	JR	-	JR	-	JR	-	MC SAL HR HB	CH HA PG	
COMFOSEC	-	SAL HB MC	-	-	BA JR	-	BA JR	-	-	JR BA	-	-	-	MC SAL HB		
LARFOSEC	MC HSR SAL HA	MC HSR PG SAL HA	HSR MC SAL	BA	CH BA QS SV	MC HSR SAL	MC	CH BA	-	JR SV CH	HB BA QS	-	-	QS SV CH BA	MC	
ESPPECIO	ALV HR PG HSR	SAL MC HA	SAL	SAL	CH JR	QS CH HP	JR BA SV	SAL	-	CH	CH	JR CH	SAL	CH	CH	MC PG SAL
LARPECIO	ALV HR BA SV HSR QS	HB MC PG HA HP SAL	CH	CH	JR CH	JR CH	CH	CH	CH	CH	JR CH	CH	CH	CH	CH	MC PG SAL
FOLHAFRE	MC	SAL MC HA	MC SAL	MC JR	QS SV BA	SAL HA MC	JR MC	JR SV BA	MC JR	ALV JR PG	HP BA HB	MC	MC JR	JR BA	MC HSR HB	PG HR SAL

		HSR			JR			JR		CH SV	HR QS				ALV	
FOLHASEC	-	MC	MC	-	-	MC	-	-	-	HP SV JR	BA QS	MC	-	-	MC	
FOLIOFRE	MC	HP ALV HR MC	SAL HB HSR HA	MC	MC	SV JR BA	SV BA	BA MC	MC BA SV	ALV HR QS JR PG	CH SV HP BA HA	BA MC	MC BA SV	JR BA SV	MC HSR SAL	
FOLIOSEC	MC	MC	MC	-	-	MC	-	MC	-	HP BA HR JR	SV CH HA QS	MC	MC	-	MC	
LIMBOFRE	MC	HA MC HB SAL	MC	MC	JR BA	MC	JR BA	JR BA	MC JR	ALV CH SV BA	HP QS JR PG	MC	JR	JR	HB ALV HR HA	HSR MC SAL
LIMBOSEC	-	MC	-	JR	-	-	JR	JR	-	JR BA	-	-	-	JR	MC HA HB HSR PG	
PECIOFRE	MC	MC SAL HA	SAL HA MC	MC SV JR	JR QS BA SV	HR HA MC HSR PG SAL	MC	SV JR QS BA	MC JR	ALV JR PG CH SV	HP BA HB HR QS	MC	SV MC JR	JR SV	MC SAL ALV HSR	HA HR PG
PECIOSEC	-	HA MC PG SAL	MC	BA	BA	MC HA	-	BA JR SV	-	HP SV JR BA QS	-	MC	-	-	MC HA	
DIRAMPRI	-	HA	HA	-	-	HP HSR HA	-	ALV BA QS SV JR	HA	-	-	SV	-	SV	HA	
COINFPRI	HSR SV HR HA	HP PG JR SAL	MC JR HSR HR HA HP	HP MC JR HSR HR HA	HR HA HP MC	JR CH HSR	HSR HR HP MC JR CH HA	MC JR CH HSR HR HA HP	HP MC JR HSR HR HA	PG CH SAL BA SV QS HB	-	BA SV QS HB PG SAL	QS HB PG CH SAL BA SV	PG CH SAL BA SV QS HB	CH SAL BA SV QS HB PG	BA SV QS HB PG SAL
LAINFPRI	ALV HSR	BA PG	CH	-	HA CH	CH HA	-	-	ALV HSR	CH HA	CH	CH	-	CH HA	-	

	SAL MC	HP							PG SAL									
COBRAPRI	PG	-	PG	ALV CH MC	QS HR JR	-	-	-	-	PG	PG	-	PG	-	PG			
LABRAPRI	ALV SAL HR	-	-	-	CH HA	-	-	-	ALV SAL HR	CH HA	-	-	CH HA	-	-			
COINFSEC	SV BA HB PG HA SAL	CH HSR HA HR HP	HR HP HSR HA	HSR HA JR CH	ALV MC HR HP	HP HR HSR HA JR CH	HA HSR HR CH HP	HP MC HSR JR HA HR CH	SV BA SAL CH HR PG	HSR HB QS MC ALV HP	PG HA	HA PG HB	SAL BA SV QS HB PG HA	HA HB SV BA QS PG SAL	QS HB PG HA SAL BA SV	SAL PG HB		
LAINFSEC	MC PG ALV SAL	SV BA HB	HA JR CH	HA JR	CH HR HA JR	JR CH HR HP HA	HA JR CH	HA JR CH	HP HSR BA SV MC	QS HB ALV PG SAL	JR CH HA	CH HA JR	HA JR SAL	PG SAL	HA JR	ALV SAL BA SV HP	QS HB MC PG HSR	
COBRASEC	PG HA	-	PG	MC QS CH	-	-	-	-	MC CH	-	PG HA	-	-	-	-			
LABRASEC	HB SAL	SAL	-	-	MC BA JR	HA CH	-	HA CH	HB SAL	-	SAL	-	-	-	SAL			
COMSEM	ALV HSR BA QS PG	SAL SV HB MC HR	HP HR JR CH HA	HP HR JR CH HA	HP HR JR CH HA	ALV HP JR CH HA	HP JR CH HA	ALV HP JR CH HA	ALV MC HR HSR BA	QS PG SAL SV HB	HP HR JR CH	SAL HB HA	HP HR JR CH HA	ALV MC HR HSR BA	QS PG SAL SV HB	ALV MC HR HSR BA	QS PG SAL SV HB	
LARSEM	BA HB HA	ALV MC HP HR HSR JR CH	QS PG SV HB HA	BA PG SV HB	HR JR BA QS HA	BA HB HA	HR JR BA QS HA	ALV MC HP HR HSR JR	CH BA QS SAL HA	ALV MC HP HR HSR CH	BA PG SAL SV HB	HR JR BA HB HA	BA HB HA	HR JR BA HB HA	ALV HP HSR BA	PG SV HB HA	HR BA HB HA	ALV HP BA PG SV HB
ESPSEM	BA HA	ALV MC HP HR HSR JR	CH QS SAL SV HB HA	ALV HP HR HSR BA PG	JR QS HA	HP BA	BA HA	BA HA	ALV MC HP HR HSR	CH BA PG SV HB	JR BA QS HA	HP BA HA	MC JR BA QS SAL HA	BA QS HA	BA QS HA	ALV HP BA PG		

Da mesma forma, também existem diferenças estatisticamente significativas na concentração de cinaropirina das populações em estudo (Figura 21). MC é a população que mais se destaca apresentando valores superiores.

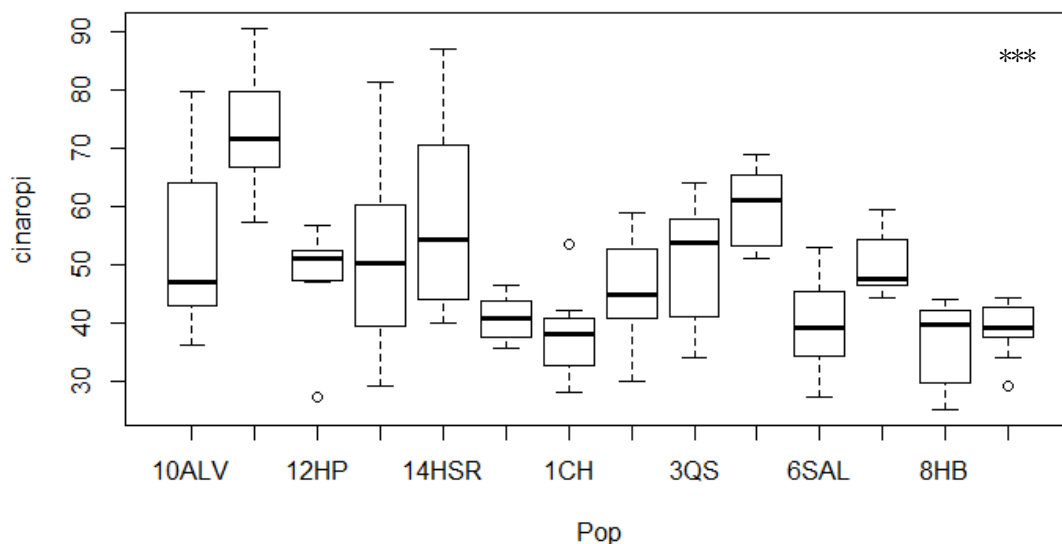


Figura 21 - Variabilidade da concentração de cinaropirina por população. Legenda: cinaropi=concentração de cinaropirina (mg/g); ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

4.5.2. Identificação de possíveis correlações entre as características morfológicas e edafoclimáticas e a produção de cinaropirina

Através do modelo de regressão linear simples foi possível testar a existência de relações lineares entre a produção de cinaropirina (variável resposta) e cada um dos parâmetros morfológicos, bioclimáticos e físico-químicos analisados (variáveis explicativas). Através da correlação de *Pearson* foi possível medir a força (grau de correlação) desta possível associação linear.

Os gráficos seguintes (Figuras 22-27) retratam os resultados obtidos para a regressão linear (reta obtida e valores de p) e para a correlação de *Pearson* (valores de R) aplicada às variáveis morfológicas. Os valores de R podem variar entre -1 e 1, sendo que: valores superiores a 0,9 (positivos ou negativos), indicam uma correlação muito forte; valores entre 0,7 e 0,9 (positivos ou negativos) indicam uma correlação forte; valores entre 0,5 e 0,7 (positivos ou negativos) indicam uma correlação moderada; e valores abaixo de 0,5

indicam uma correlação fraca/insignificante. O sinal de R indica se a correlação é positiva ou negativa. Neste sentido, constata-se que o grau de correlação entre os descritores morfológicos das populações em estudo da espécie *Cynara cardunculus* e a respectiva concentração de cinaropicrina é quase sempre baixo. No entanto, obteve-se correlação moderada para folhasec ($R=-0,52$; $p=0,04$) (Figura 24). Comsem também obteve valor moderado de R ($R=-0,51$; $p=0,052$) (Figuras 26), embora a relação linear não seja estatisticamente significativa. Contudo, os valores da significância devem ser vistos com cuidado, uma vez que o tamanho da amostra é baixo, o que influencia o valor de p .

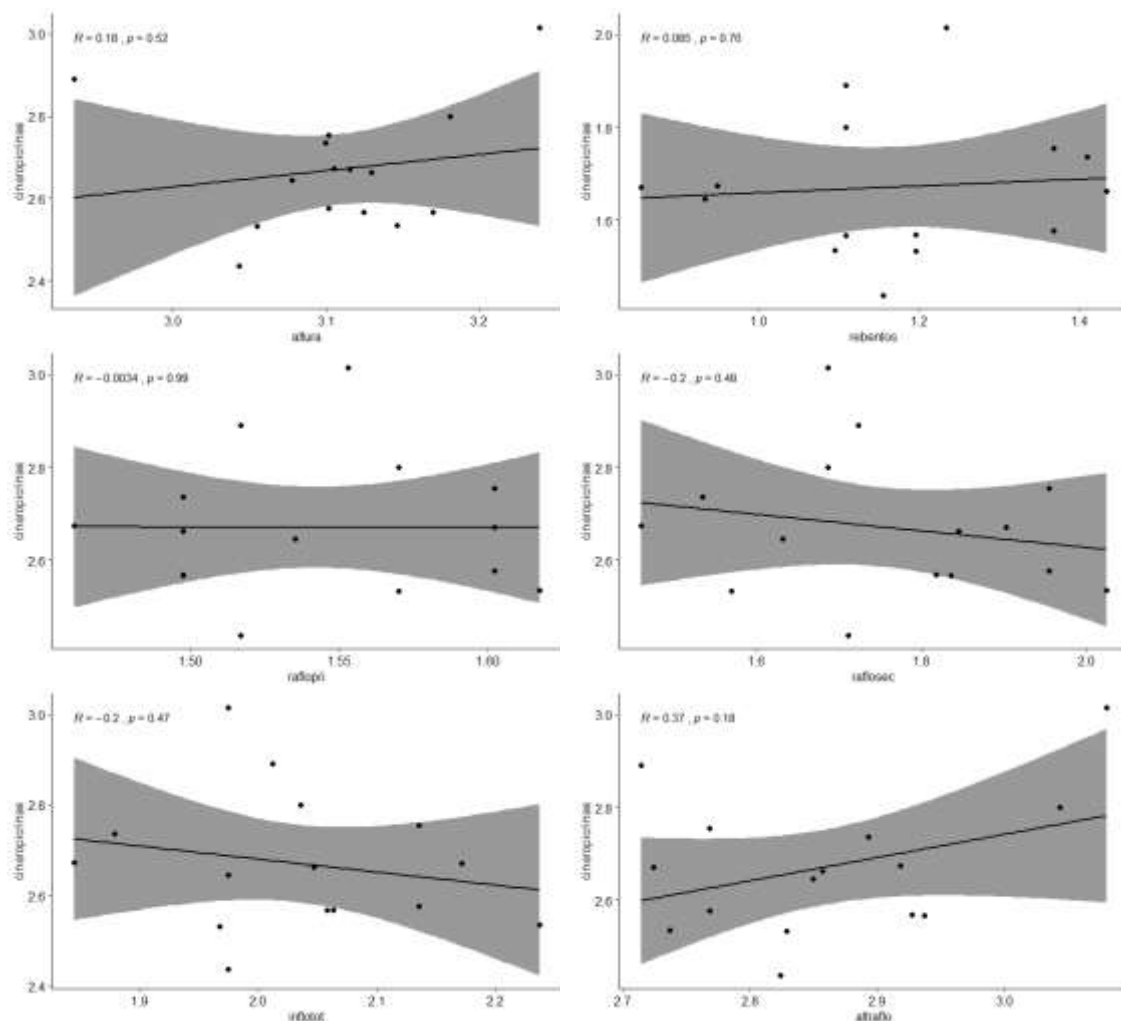


Figura 22 – Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrininas (mg/g) e a altura da planta, o nº de rebentos por planta, o nº de ramificações florais primárias, o nº de ramificações florais secundárias, o nº total de inflorescências da planta mãe e a altura da 1ª ramificação floral. Legenda: cinaropicrininas=concentração de cinaropicrininas (mg/g); altura=altura da planta; rebentos=nº de rebentos; raflopri=nº de ramificações florais primárias; raflosec=nº de ramificações florais secundárias; inflotot=nº total de inflorescências da planta mãe; altraflo=altura da 1ª ramificação floral.

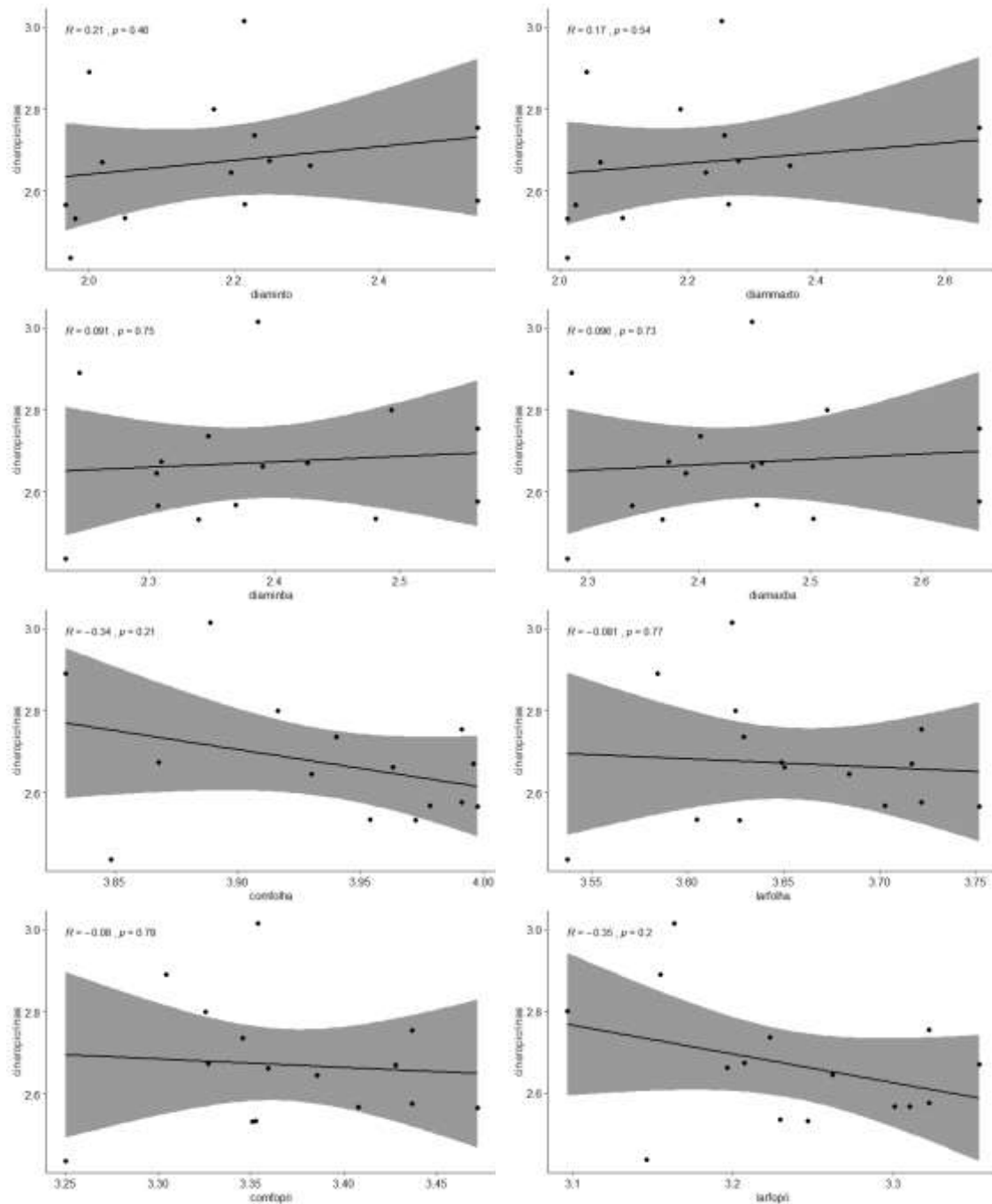


Figura 23 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrin (mg/g) e o diâmetro mínimo no topo, o diâmetro máximo no topo, o diâmetro mínimo na base, o diâmetro máximo na base, o comprimento da folha, a largura da folha, o comprimento do folíolo primário e a largura do folíolo primário. Legenda: cinaropicrin=concentração de cinaropicrin (mg/g); diaminto=diâmetro mínimo no topo; diammaxto=diâmetro máximo no topo; diaminba=diâmetro mínimo na base; diamaxba=diâmetro máximo na base; comfolha=comprimento da folha; larfolha=largura da folha; comfopri=comprimento do folíolo primário; larfopri=largura do folíolo primário.

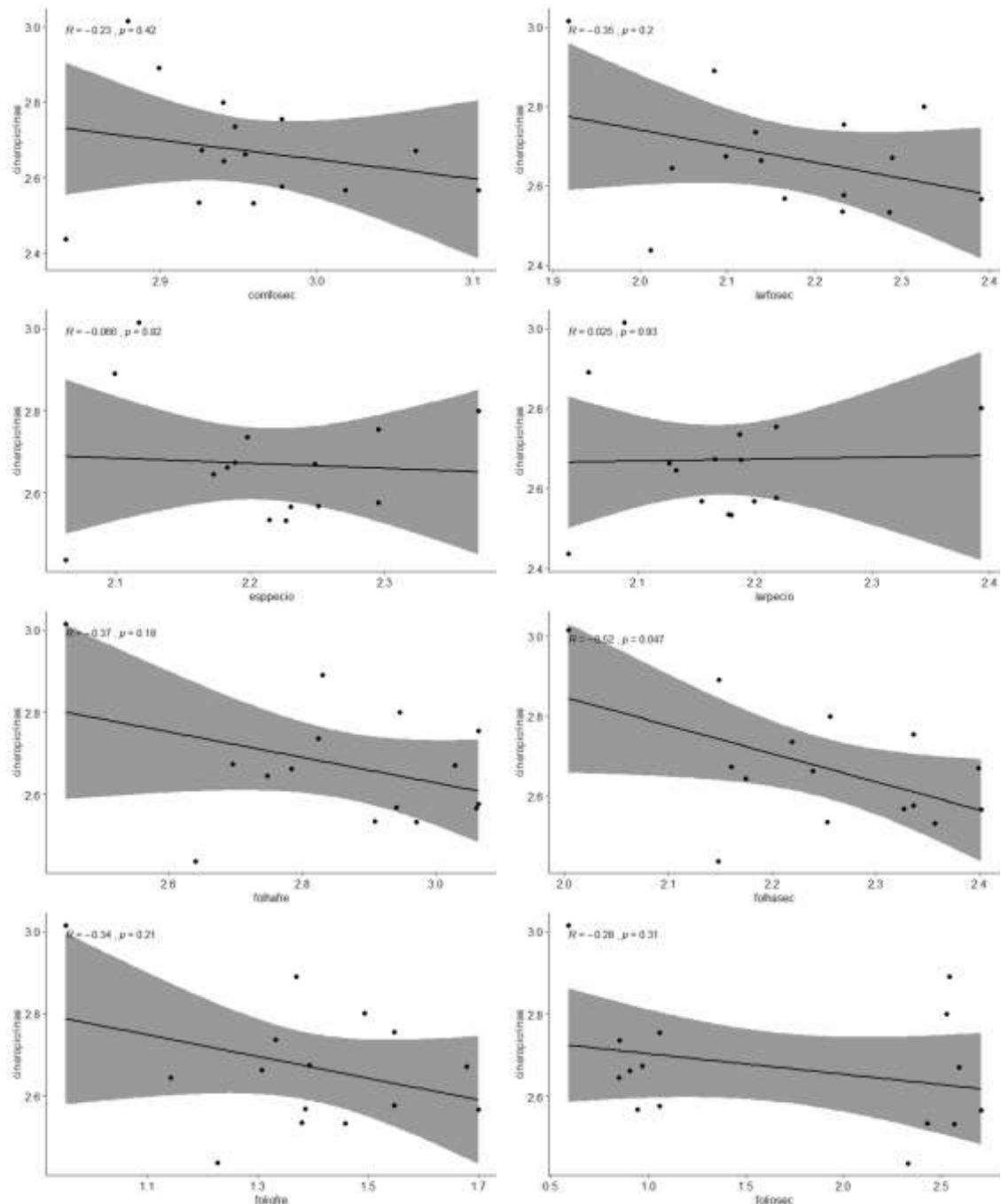


Figura 24 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o comprimento do folíolo secundário, a largura do folíolo secundário, a espessura do pecíolo, a largura do pecíolo, o peso fresco da folha, o peso seco da folha, o peso fresco do folíolo e o peso seco do folíolo. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g); comfosec=comprimento do folíolo secundário; larfosec=largura do folíolo secundário; especio=espessura do pecíolo; larpecio=largura do pecíolo; folhafre=peso fresco da folha; folhasec=peso seco da folha; foliofre=peso fresco do folíolo; foliosec=peso seco do folíolo.

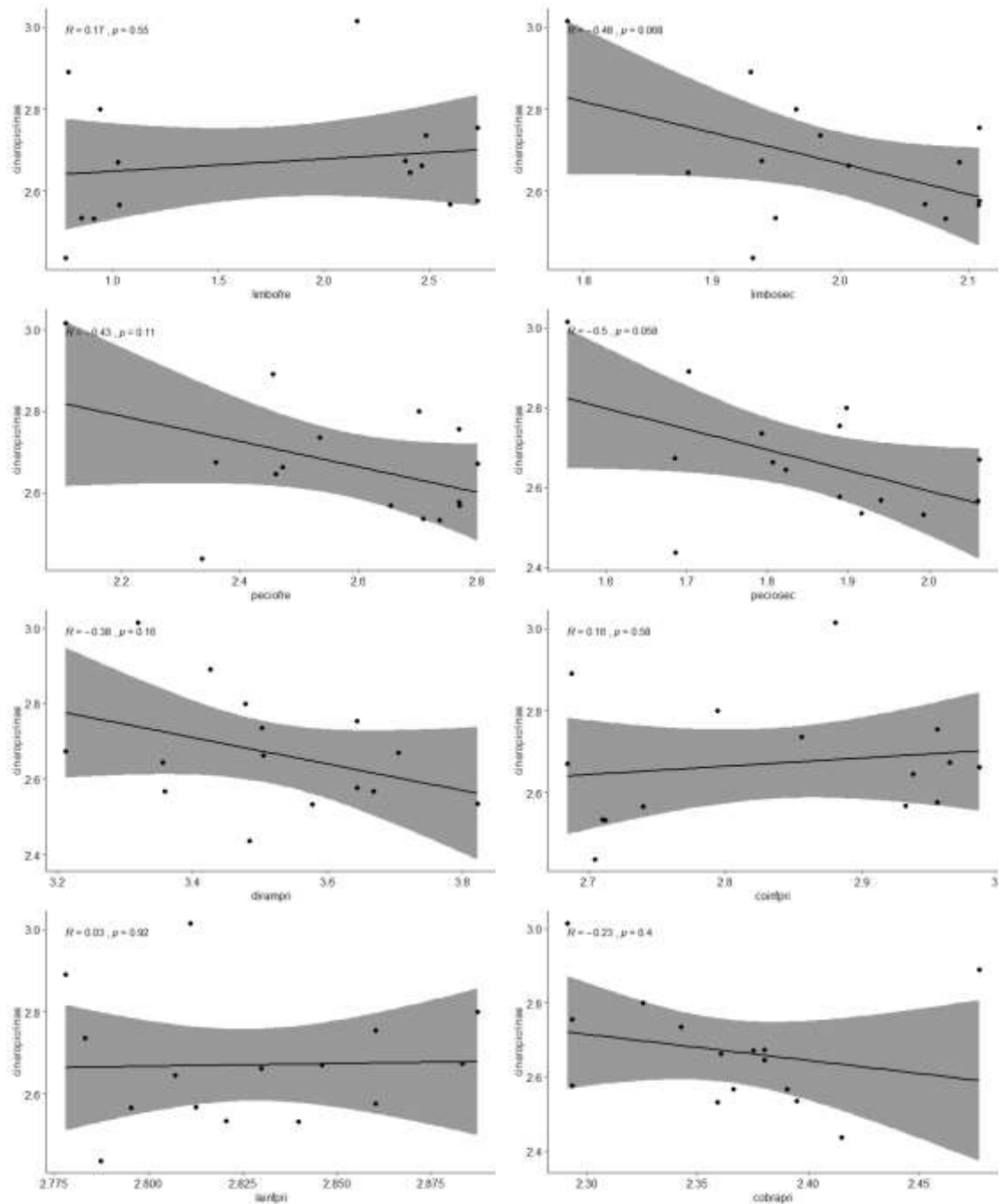


Figura 25 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrin (mg/g) e o peso fresco do limbo, o peso seco do limbo, o peso fresco do pecíolo, o peso seco do pecíolo, a distancia da inflorescência principal à 1ª ramificação floral, o comprimento da inflorescência principal, a largura da inflorescência principal e o comprimento da bráctea da inflorescência principal. Legenda: cinaropicrin=concentração de cinaropicrin (mg/g); limbofre=peso fresco do limbo; limbosec=peso seco do limbo; peciofre=peso fresco do pecíolo; peciosec=peso seco do pecíolo, dirampri=distancia da inflorescência principal à 1ª ramificação floral; coinfpri=comprimento da inflorescência principal; lainfpri=largura da inflorescência principal; cobrapri=comprimento da bráctea da inflorescência principal.

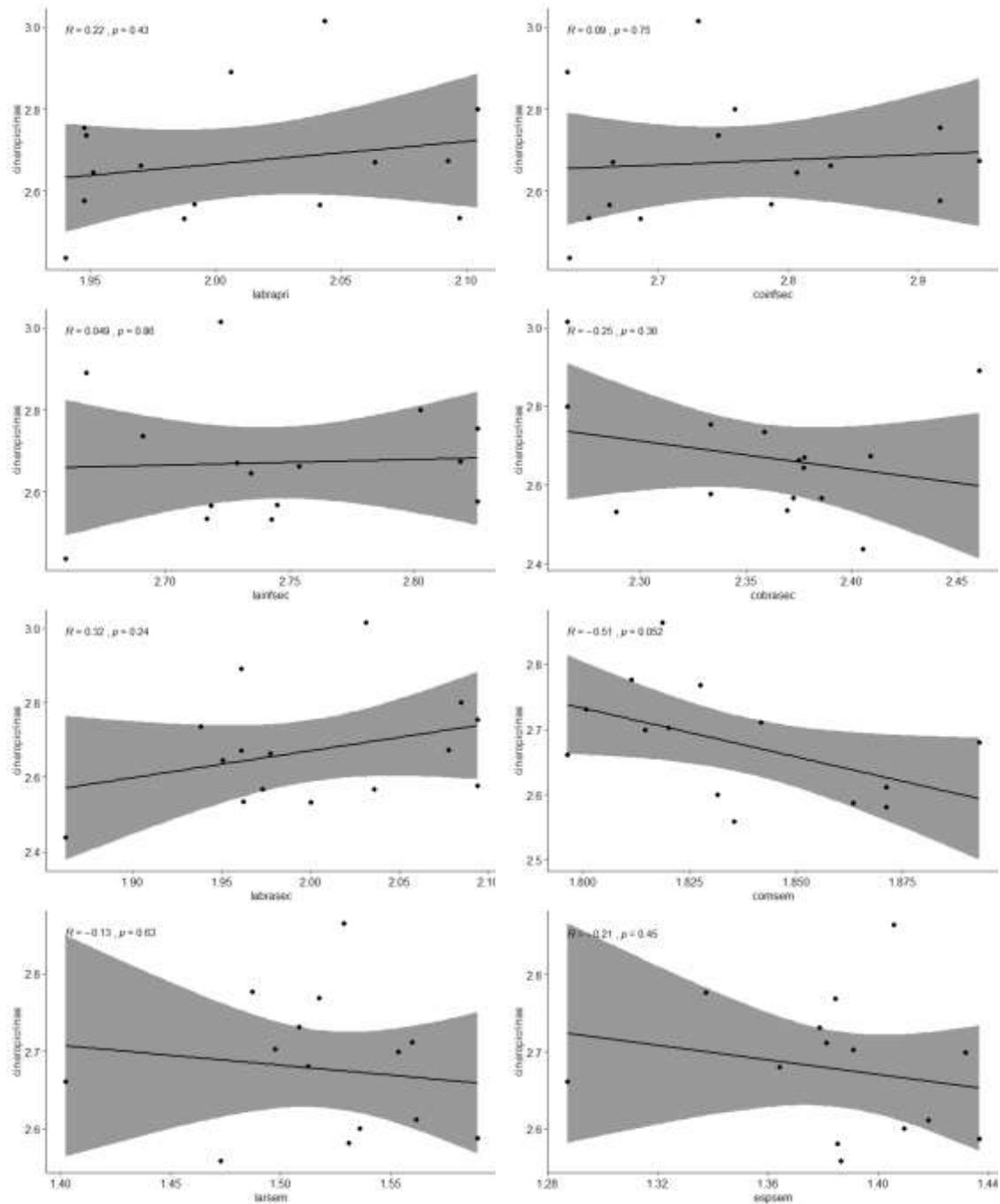


Figura 26 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e a largura da bráctea da inflorescência principal, o comprimento da inflorescência secundária, a largura da inflorescência secundária, o comprimento da bráctea da inflorescência secundária, a largura da bráctea da inflorescência secundária, o comprimento da semente, a largura da semente e a espessura da semente. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g); labrapri=largura da bráctea da inflorescência principal; coinsec=comprimento da inflorescência secundária; lainfsec=largura da inflorescência secundária; cobrasec=comprimento da bráctea da inflorescência secundária; labrasec=largura da bráctea da inflorescência secundária; comsem=comprimento da semente; larsem=largura da semente; espsem=espessura da semente.

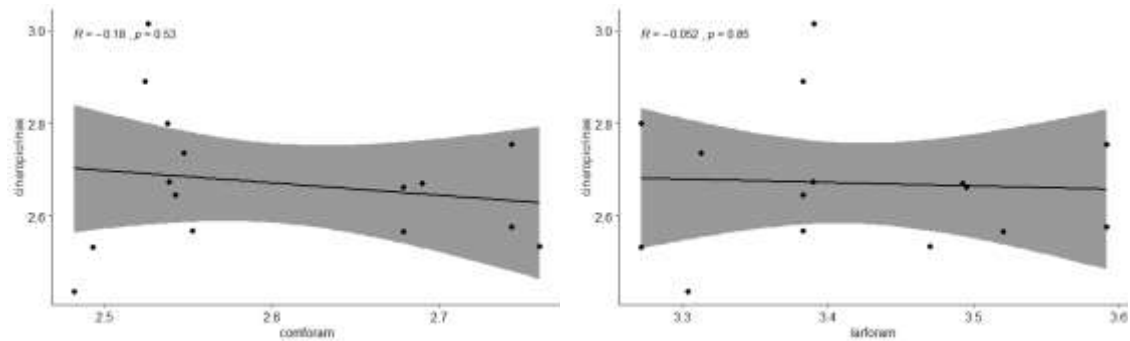


Figura 27 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o comprimento e a largura da folha na 1ª ramificação floral. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g), comforam=comprimento da folha na 1ª ramificação floral; larforam=largura da folha na 1ª ramificação floral.

Em relação aos descritores do solo estudados, os resultados indicam a inexistência de correlações fortes entre estes e a concentração de cinaropicrina (Figuras 28-30). Destes descritores, os que obtiveram maiores valores de R foram Ca ($R=-0,51$; $p=0,05$) e Mg ($-0,51$; $p=0,055$), também eles sem significância estatística. (Figuras 29).

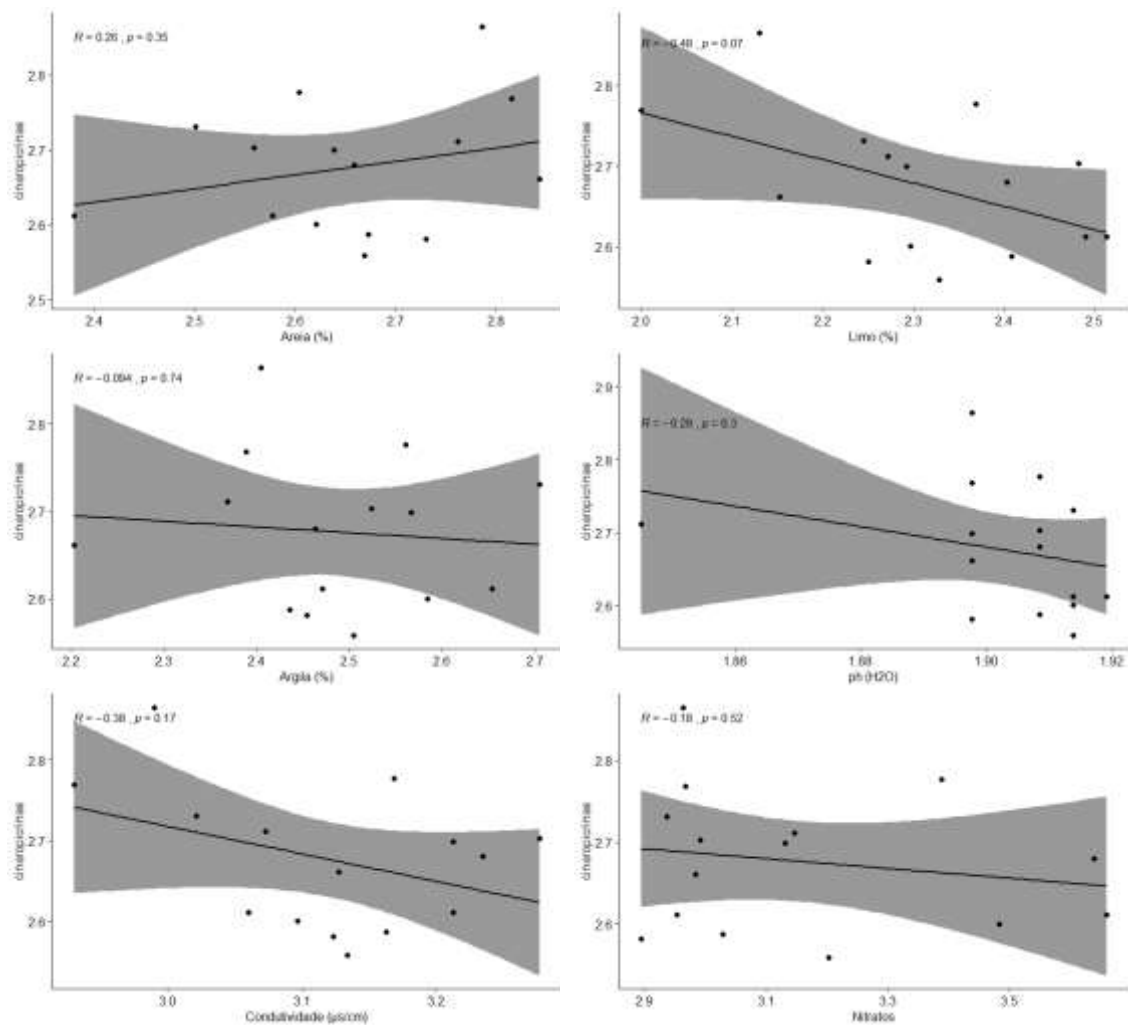


Figura 28 – Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e a percentagem de areia, a percentagem de limo, a percentagem de argila, o pH, a condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) e os nitratos do solo. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g).

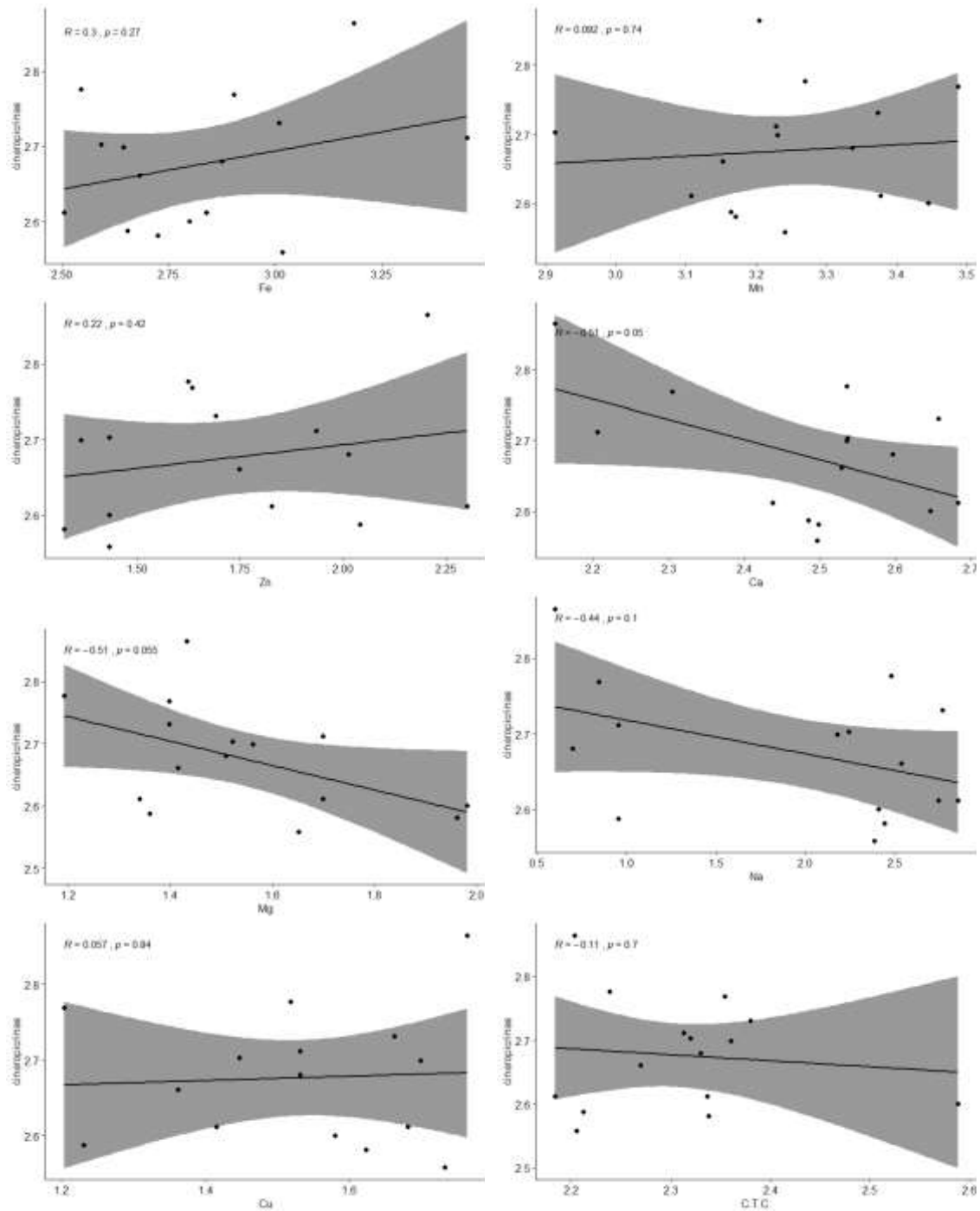


Figura 29 – Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o ferro, o manganês, o zinco, o cálcio, o magnésio, o sódio, o cobre e a capacidade de troca catiônica do solo. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g); C.T.C.=capacidade de troca catiônica.

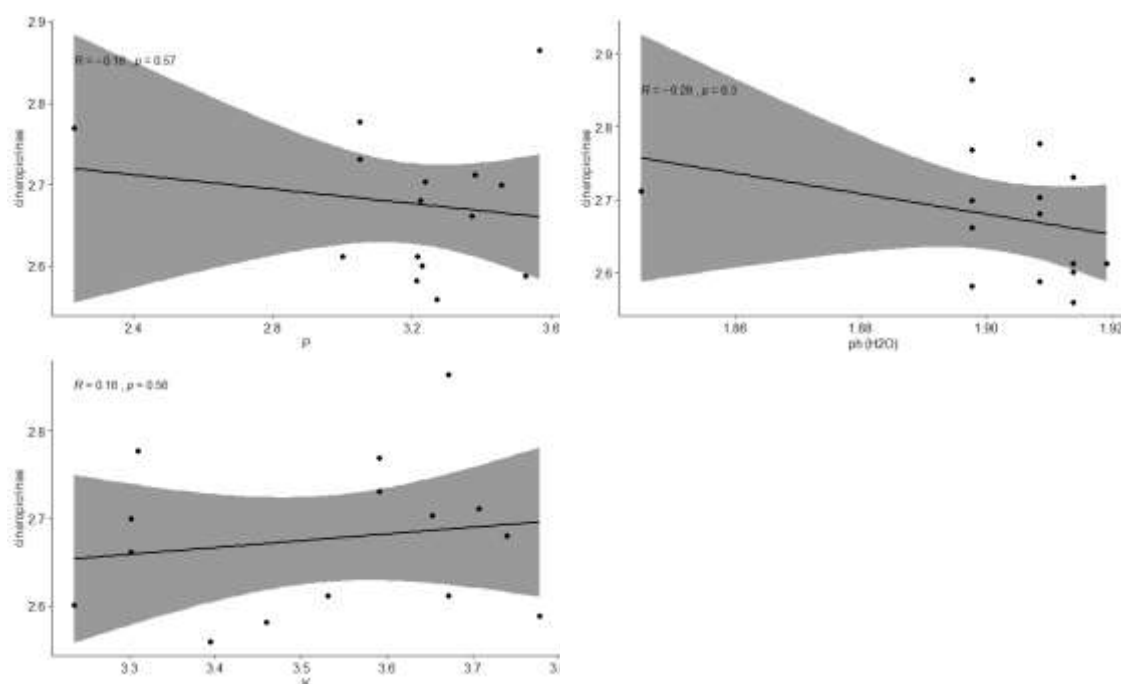


Figura 30 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g) e o fósforo, o pH (H₂O) e o potássio do solo. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g).

Por último, no que diz respeito à correlação entre a concentração de cinaropicrina e os parâmetros bioclimáticos estudados é de salientar que: existe alguma correlação e p-value significativos em Io1 ($R=0,62$; $p=0,013$), em Ic ($R=-0,65$; $p=0,083$), em Tmax ($R=-0,6$; $p=0,017$) e em Tmin ($R=0,52$; $p=0,046$), e existe correlação forte e p-value significativos em P ($R=0,70$; $p=0,0038$). Assim sendo, os resultados evidenciam que determinadas condições bioclimáticas a que as plantas de *Cynara cardunculus* estão sujeitas, nomeadamente a precipitação, o Índice Ombrotérmico do mês mais quente do ano, o Índice de Continentalidade, a Temperatura média do mês mais frio e a Temperatura média do mês mais quente, poderão influenciar a concentração de cinaropicrina das mesmas (Figuras 31-32).

Estes resultados sugerem que a concentração de cinaropicrina poderá ser maior quanto maior for a disponibilidade hídrica anual (P), e no período mais crítico (Io1), a temperatura média do mês mais frio (Tmin), e menor quanto maior for o intervalo térmico anual (Ic) e a temperatura média do mês mais quente (Tmax). De todos eles o que parece estar mais correlacionado com a produção de cinaropicrina é a precipitação (P).

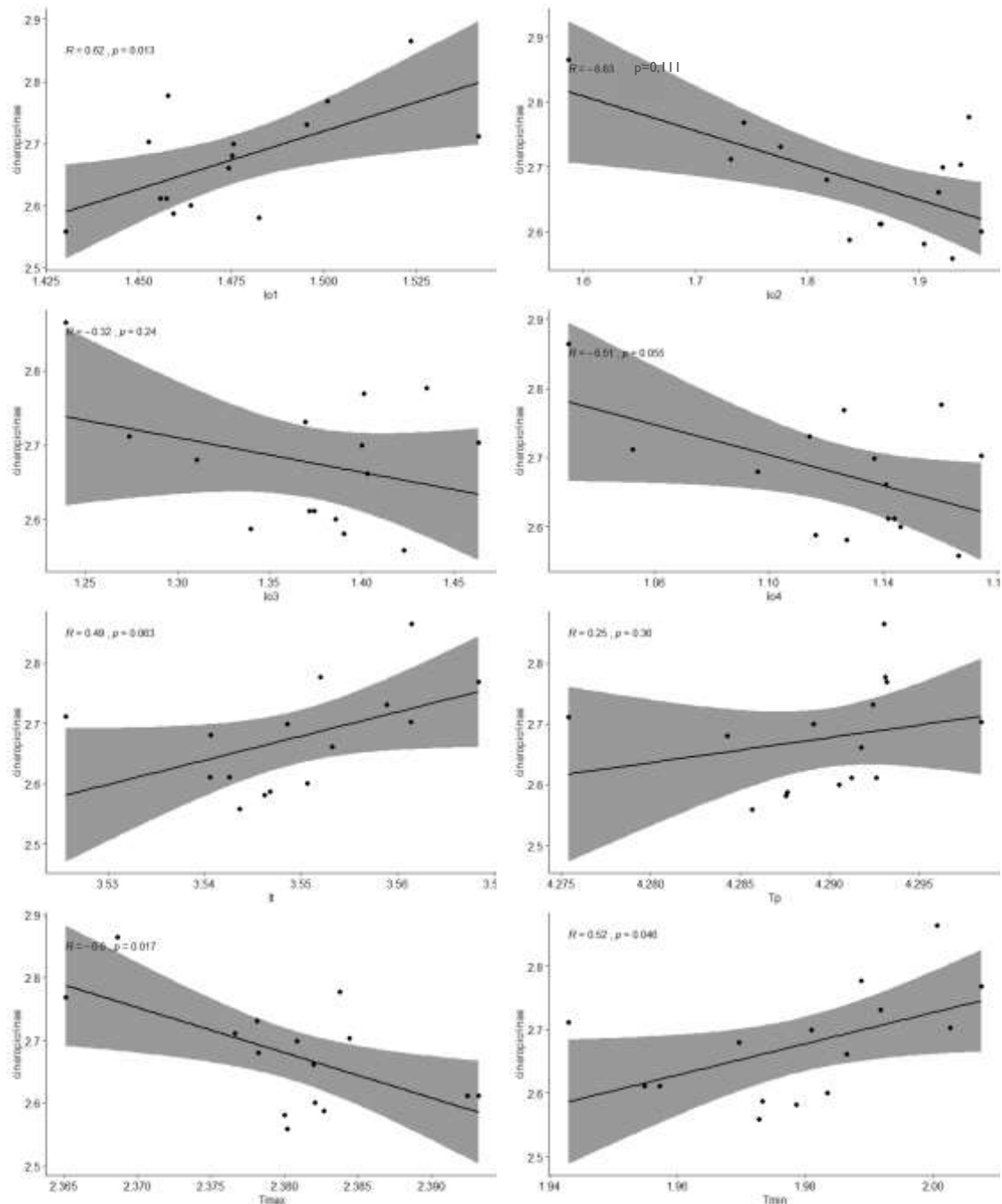


Figura 31 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropicrinas (mg/g), o índice ombrotérmico 1, o índice ombrotérmico 2, o índice ombrotérmico 3, o índice ombrotérmico 4, o índice de termicidade, a temperatura positiva, a temperatura média do mês mais quente e a temperatura média do mês mais frio. Legenda: cinaropicrinas=concentração de cinaropicrinas (mg/g); Io1=índice ombrotérmico 1; Io2=índice ombrotérmico 2; Io3=índice ombrotérmico 3; Io4=índice ombrotérmico 4; It=índice de termicidade; Tp=temperatura positiva; Tmax=temperatura média do mês mais quente; Tmin=temperatura média do mês mais frio.

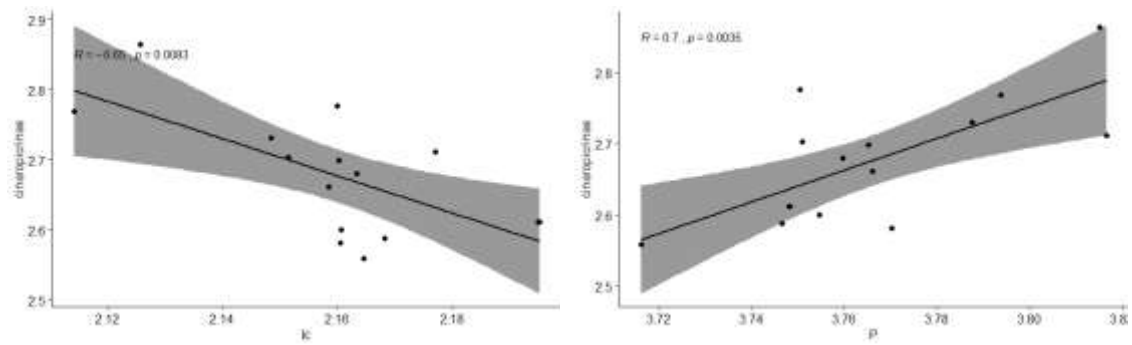


Figura 32 - Correlação de Pearson entre a concentração de cinaropictinas (mg/g), o índice de continentalidade e a precipitação positiva. Legenda: cinaropictinas=concentração de cinaropictinas (mg/g); Ic=índice de continentalidade; P=precipitação.

6. Conclusões

Neste trabalho foi possível confirmar a preferência desta espécie por solos básicos e a existência de diferenças significativas, entre populações, na produção de cinaropictina. Este resultado vem reiterar a importância deste trabalho que tem como objetivo final identificar características morfológicas ou ambientais que estejam por detrás desta variabilidade.

Os resultados obtidos na análise da variabilidade morfológica entre as populações indicam que as características com maior poder discriminante, isto é, que apresentam maiores diferenças entre as populações, dizem respeito ao diâmetro mínimo e máximo no topo do caule, ao comprimento da inflorescência principal, ao comprimento e largura da inflorescência secundária e, ao comprimento, largura e espessura da semente. Assim, em trabalhos futuros devia-se confirmar a capacidade discriminante destas características, alargando a amostragem em número e área. Por outro lado, existem características com pouca capacidade discriminante, em que não se deve investir muitos recursos na sua medição. É o caso de várias características gerais, relativas ao nº de rebentos, ao nº de ramificações florais primárias e secundárias e ao nº total de inflorescências.

Perante os resultados apresentados, e apesar de existirem diferenças estatisticamente significativas entre as populações estudadas em relação à morfologia e à concentração de cinaropictina, não se verificou a existência de correlações fortes entre os descritores morfológicos, apesar do peso seco da folha ter apresentado uma correlação moderada, e os parâmetros do solo com a concentração de cinaropictina. Ainda assim, os resultados indicam que o peso seco da folha e o comprimento da semente, deveriam ser averiguados com maior profundidade noutros trabalhos.

Em relação às variáveis bioclimáticas avaliadas, os resultados indicam que poderão influenciar a concentração de cinaropictina, uma vez que os resultados sugerem a existência de correlações entre esta e a precipitação anual, o índice ombrotérmico no mês mais quente do ano, o intervalo térmico, a temperatura média do mês mais quente e a temperatura do mês mais frio do ano. Desta forma, a concentração de cinaropictina poderá ser tanto maior quanto maior for a disponibilidade hídrica anual, e no período mais crítico, e a temperatura média do mês mais frio, e menor quanto maior for a amplitude térmica e a temperatura média do mês mais quente.

Como conclusões gerais, deve salientar-se que, devido ao esforço amostral, os dados analisados dizem respeito apenas a um ano de estudo e a uma amostra relativamente pequena, pelo que estas conclusões devem ser tomadas apenas como indicativas. Por este motivo, ainda que o esforço amostral seja muito elevado, seria importante que, em trabalhos futuros, se pudessem estudar mais núcleos populacionais e mais indivíduos dentro de cada população acompanhando a sua evolução ao longo dos anos. Também seria importante, sobretudo para as variáveis climáticas, implementar modelos multivariáveis que permitissem proceder à análise simultânea de diferentes variáveis explicativas.

No futuro, ao investir no cultivo de *Cynara cardunculus* para extração de cinaropicrina parece ser importante fornecer água às plantas, principalmente na altura mais crítica do ano, ou seja, no mês mais quente do ano.

7. Bibliografia

Alamy Sock Photo. Disponível em <https://www.alamy.com>. [Consultado em 03/05/2017].

Anthos. 2016. Sistema de información de las plantas de España. Real Jardín Botánico, CSIC- Fundación Biodiversidad. Disponível em www.anthos.es. [Consultado em 01/02/2016].

Barracosa, P., Oliveira, J., Barros, M., & Pires, E. 2018. Morphological evaluation of cardoon (*Cynara cardunculus L.*): assessing biodiversity for applications based on tradition, innovation and sustainability. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(1), 17–28.

Botelho da Costa, J. 1995. Caracterização e Constituição do Solo. Fundação Calouste Gulbenkian, 5ª edição, pp 527.

Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J. & Soriano, C. (eds.). 2014. *Flora iberica* 16(1). Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

Conceição, C., Martins, P., Alvarenga, N., Dias, J., Lamy, Elsa., Garrido, L., Gomes, S., Freitas, S., Belo, A., Brás, T., Paulino, A., Duarte, M., F. 2018. *Cynara cardunculus*: Use in Cheesemaking and Pharmaceutical Applications, Technological Approaches for Novel Applications in Dairy Processing. Documento disponível em <https://www.intechopen.com/books/technological-approaches-for-novel-applications-in-dairy-processing/cynara-cardunculus-use-in-cheesemaking-and-pharmaceutical-applications>, [Consultado em 18-06-2017].

Ferro, A., M., Ramos, P., Guerreiro, O., Jerónimo, E., Pires, I., Capel, C., Capel, J., Lozano, R., Duarte, M., F., Oliveira M., M., & Gonçalves, S. 2017. Impact of novel SNPs identified in *Cynara cardunculus* genes on functionality of proteins regulating phenylpropanoid pathway and their association with biological activities. 2017. BMC Genomics pp 1–16.

Ferro, A., M., Ramos, P., Guerra, A., Parreira, P., Brás, T., Guerreiro, O., Jerónimo E., Capel, C., Capel, J., Yuste-Lisbona, F., J., Duarte, M. F., Lozano, R., Oliveira, M., M., & Gonçalves, S. 2018. Haplotype analysis of the *germacrene A synthase* gene and association with cynaropicrin content and biological activities in *Cynara cardunculus*. *Molecular Genetics and Genomics* pp 417–433.

Flora-On: Flora de Portugal Interativa. (2014). Sociedade Portuguesa de Botânica. Documento disponível em www.flora-on.pt. [Consultado em 18-11-2017].

GBIF: Global Biodiversity Information Facility. 2018. GBIF Home Page. Disponível em <https://www.gbif.org>. [Consultado em 01/02/2016].

J. A. Devesa, A. Quintanar & M.Á. García, 2014. *Flora iberica* 16 (1). Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid. Disponível em www.floraiberica.es.

Kamiyama, A., 2011. Cadernos de educação ambiental – Agricultura sustentável. Governo de Estado de S. Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. S. Paulo Brasil. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/wpcontent/uploads/publicacoes/sma/13AgriculturaSustentavel.pdf>. [Consultado em: 10-09-2017].

Martins, A., P., L., Vasconcelos, M., M., P., Sousa, R., B. 1996. Thistle (*Cynara cardunculus L.*) flower as a coagulant agent for cheesemaking. Short characterization. *Le Lait*, INRA Editions, 76 (5), pp 473-477.

Monteiro-Henriques, T. 2010. Landscape and phytosociology of the paiva river's hydrographical basin. Tese apresentada para obtenção do grau de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Monteiro-Henriques, T., Martins M., J., Cerdeira, J., O., Silva, P., C., Arsénio, P., Silva, Á., Bellu, A., & Costa, J., C. 2016. Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: application to mainland Portugal. *International Journal of Climatology* 36(1): 400-411.

Pardo de Santayana, M., Morales, R., Aceituno-Mata, L., & Molina, M. 2014. Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 411pp (134-137).

Porto, M., Marabuto, E., Clamote, F., Pereira, A., J., Carapeto, A., Araújo, P., V., Gomes, C., T., Holyoak, D., T., *et al.* 2016. *Cynara cardunculus* L. - mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interativa, Sociedade Portuguesa de Botânica. Disponível em <http://www.flora-on.pt/#wCynara+cardunculus>. [Consultado em 01/02/2016].

QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <https://qgis.org>.

R Core Team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

Ramos, A. B., Guerra, A. R., Guerreiro, O., Freire, C. S. R., Silva, A. M. S., Duarte, M. F., & Silvestre, A. J. D. 2013. Lipophilic Extracts of *Cynara cardunculus* L. var. *altilis* (DC): A Source of Valuable Bioactive Terpenic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(35), 8420-8429.

Ramos, P., A., B., 2015. Caracterização química e avaliação da atividade biológica de componentes extratáveis da *Cynara cardunculus*. Tese apresentada para obtenção do grau de Doutoramento. Departamento de Química, Universidade de Aveiro. Aveiro, Portugal.

Ramos, P., A., B., Guerra, Â., R., Guerreiro, O., Santos, S., A., O., Oliveira, H., Freire, C., S., R., Silvestre, A., J., D., & Duarte, M., F. 2016. Antiproliferative Effects of *Cynara cardunculus* L. var. *altilis* (DC) Lipophilic Extracts. *International Journal of Molecular Sciences*.

Rey, E., O., 2012. Caracterización del Cardo (*Cynara cardunculus*, L.) para su uso como cuajo vegetal en el proceso de elaboración de la torta del casar. Tese apresentada para obtenção do grau de doutoramento. Escuela de Ingenierías Agrarias - Universidad de Extremadura, Espanha.

Simões, M., P., 2004. Morfologia vegetal - órgãos vegetativos das espermatófitas. Textos Didáticos do Departamento de Biologia. Universidade de Évora, Portugal

SIVIM: Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica. 2008. Proyecto Iberiveg (CGL2006-13421-C04-01/BOS). Disponível em www.sivim.info/sivi/. [Consultado em 01/02/2016].

UCI: Center for Environmental Biology. (2013). University of California. Documento disponível em <http://ceb.bio.uci.edu/data/invasive-species-handbook/cynara-cardunculus/>. [Consultado em 10-09-2017].

ValBioTecCynara - Economic valorization of Cardoon (*Cynara cardunculus*): study of natural variability and biotechnological applications. 2015. Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo (CEBAL). Beja, Portugal.

Weeds of Australia - Biosecurity Queensland Edition 2016. *Cynara cardunculus*. Documento disponível em https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/cynara_cardunculus.htm. [Consultado em 10-09-2017].

Anexos

- Anexo 1 - Ficha de caracterização morfológica

Cynara cardunculus – Ficha de caracterização morfológica

Localidade:	Concelho:	Distrito:	Data:
Altitude:	Coordenadas: Lat. -		Long. -
População:	Indivíduo:	Fotos:	
Temp. máx.:	Temp. mín.:	Precipitação:	

Gerais		Obs.
Altura (cm)		
N.º de rebentos		
N.º de ramificações florais primárias		
N.º de ramificações florais secundárias		
N.º total de inflorescências da planta mãe		
Altura da 1ª ramificação floral (cm)		
Comprimento da folha na 1ª ramificação (cm)		
Largura da folha na 1ª ramificação (mm)		

Caule		Obs.
Diâmetro no topo (mm)		
Diâmetro na base (mm)		
Comprimento do espinho (mm)		

Folha		Obs.
Comprimento (mm)		
Largura (mm)		
Cor		
Folíolo primário: comprimento (mm)		
Folíolo primário: largura (mm)		
Folíolo secundário: comprimento (mm)		
Folíolo secundário: largura máxima (mm)		
Espessura do pecíolo (mm)		
Largura do pecíolo (mm)		
Folha: peso fresco (g)		
Folha: peso seco (g)		
Folíolo: peso fresco (g)		
Folíolo: peso seco (g)		

Pecíolo: peso fresco (g)		
Pecíolo: peso seco (g)		
Comprimento do espinho no pecíolo (mm)		

Inflorescência principal		Obs.
Distância à primeira ramificação primária (mm)		
Cor		
Comprimento (mm)		
Largura (mm)		
Comprimento da bráctea (mm)		
Largura da bráctea (mm)		
Comprimento do espinho da bráctea (mm)		

Inflorescência secundária		Obs.
Cor		
Comprimento (mm)		
Largura (mm)		
Comprimento da bráctea (mm)		
Largura da bráctea (mm)		
Comprimento do espinho da bráctea (mm)		

Semente		Obs.
Comprimento (mm)		
Largura (mm)		
Espessura (mm)		
Peso (g)		

Anexo 2 – Cartas bioclimáticas

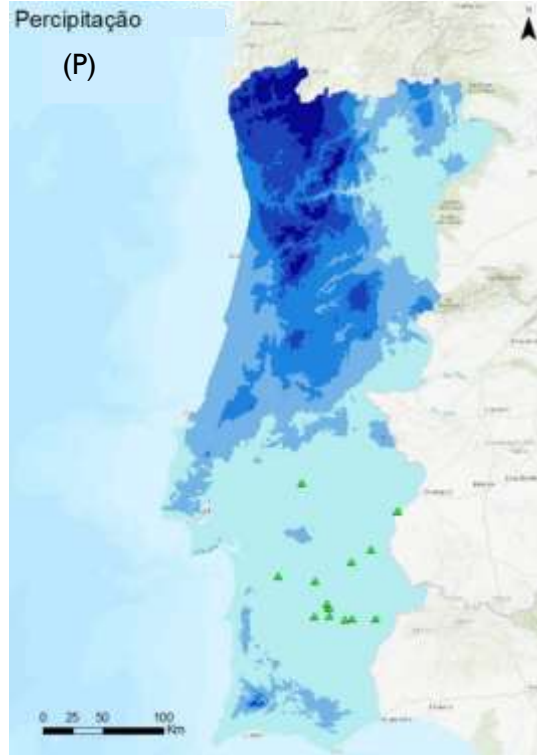


Figura 1 - Precipitação e populações amostradas (triângulos verdes).



Figura 2 – Temperatura positiva e populações amostradas (triângulos verdes).



Figura 3 – Temperatura média do mês mais frio e populações amostradas (triângulos verdes).



Figura 4 – Temperatura média do mês mais quente e populações amostradas (triângulos verdes).

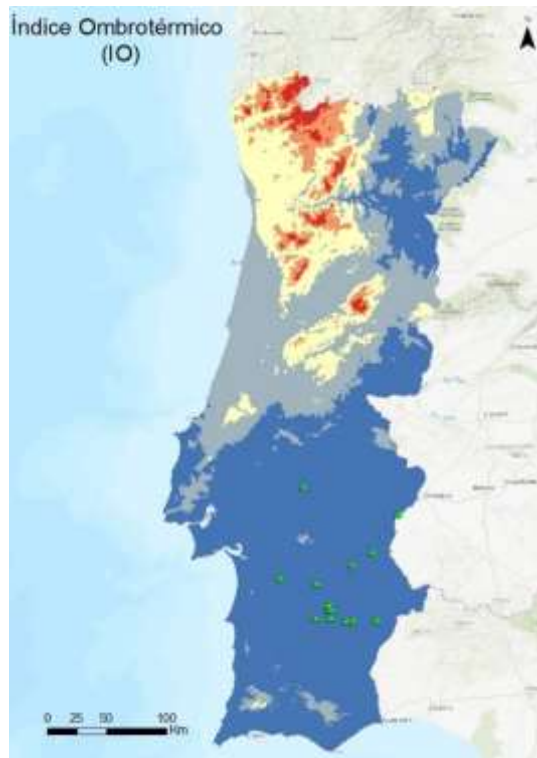


Figura 5 – Índice ombrotérmico do mês mais quente e populações amostradas (triângulos verdes).

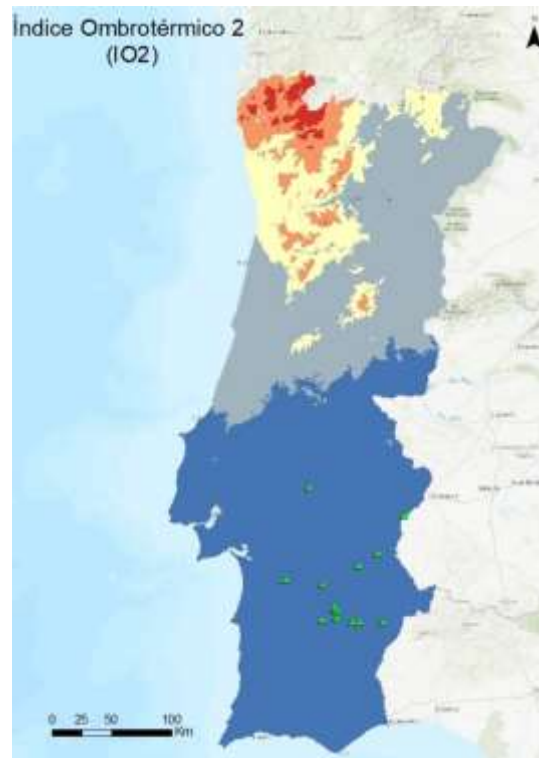


Figura 6 – Índice ombrotérmico dos 2 meses mais quentes e populações amostradas (triângulos verdes).

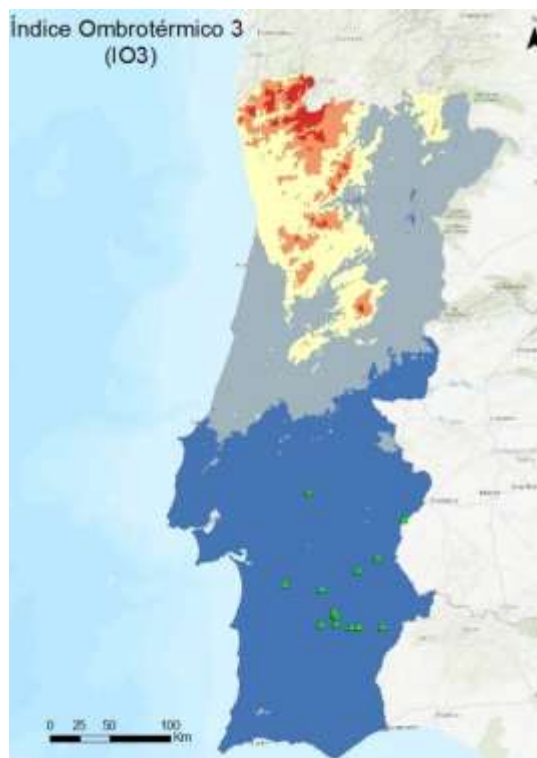


Figura 7 – Índice ombrotérmico dos 3 meses mais quentes e populações amostradas (triângulos verdes).

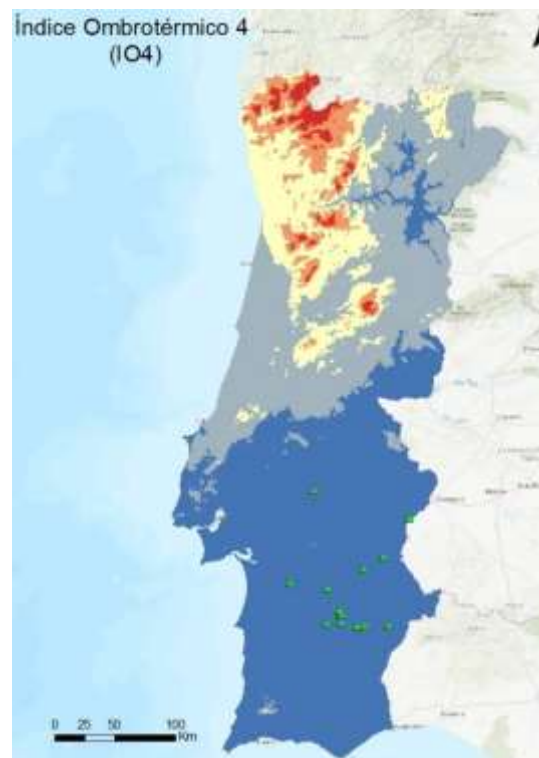


Figura 8 – Índice ombrotérmico dos 4 meses mais quentes e populações amostradas (triângulos verdes).



Figura 9 – Índice de termicidade e populações amostradas (triângulos verdes).

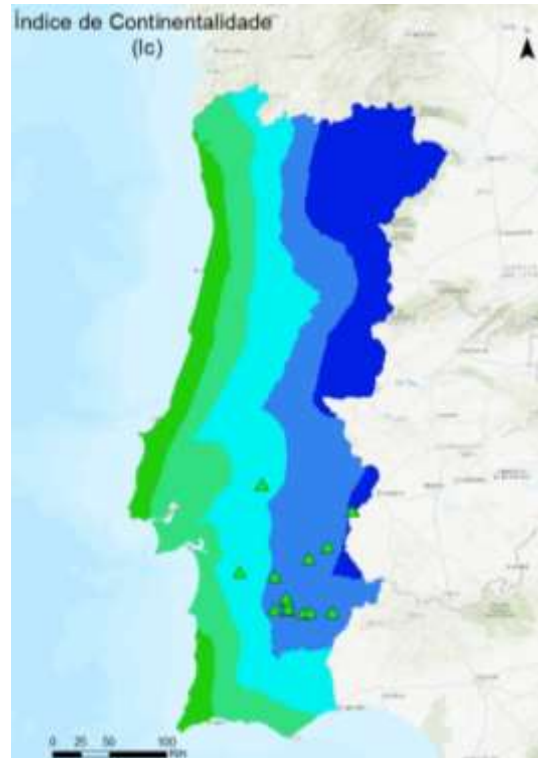


Figura 10 – Índice de continentalidade e populações amostradas (triângulos verdes).

- **Anexo 3 – Variabilidade morfológica das populações em estudo**

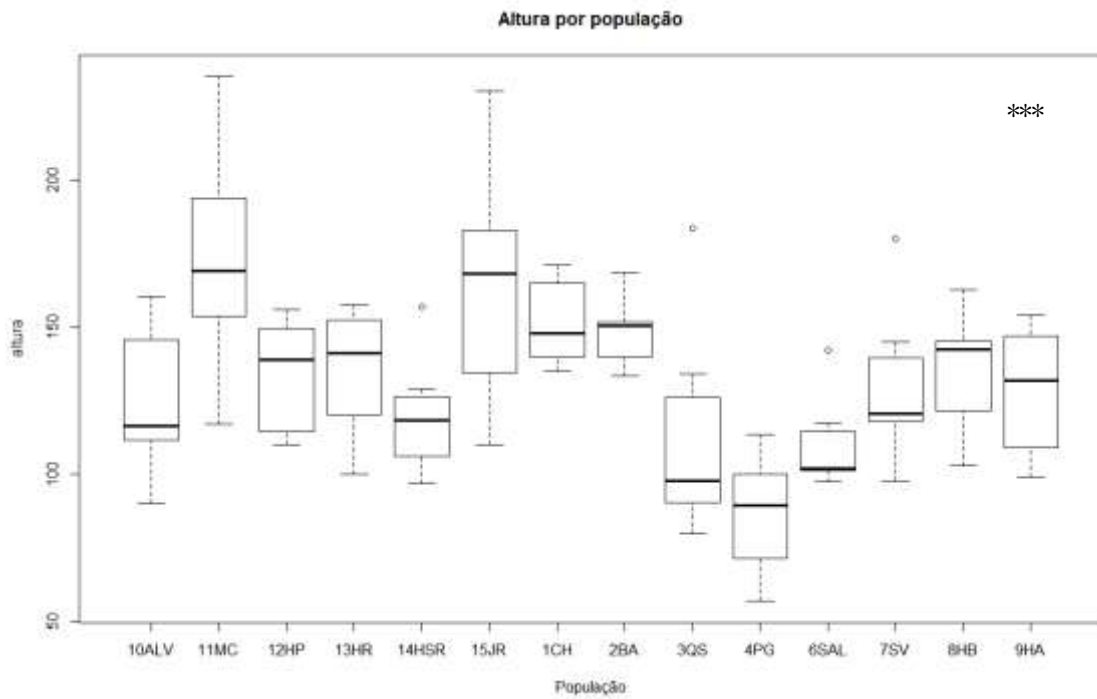


Figura 1 - Variabilidade da altura por população. Legenda: ALTURA=altura da planta; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

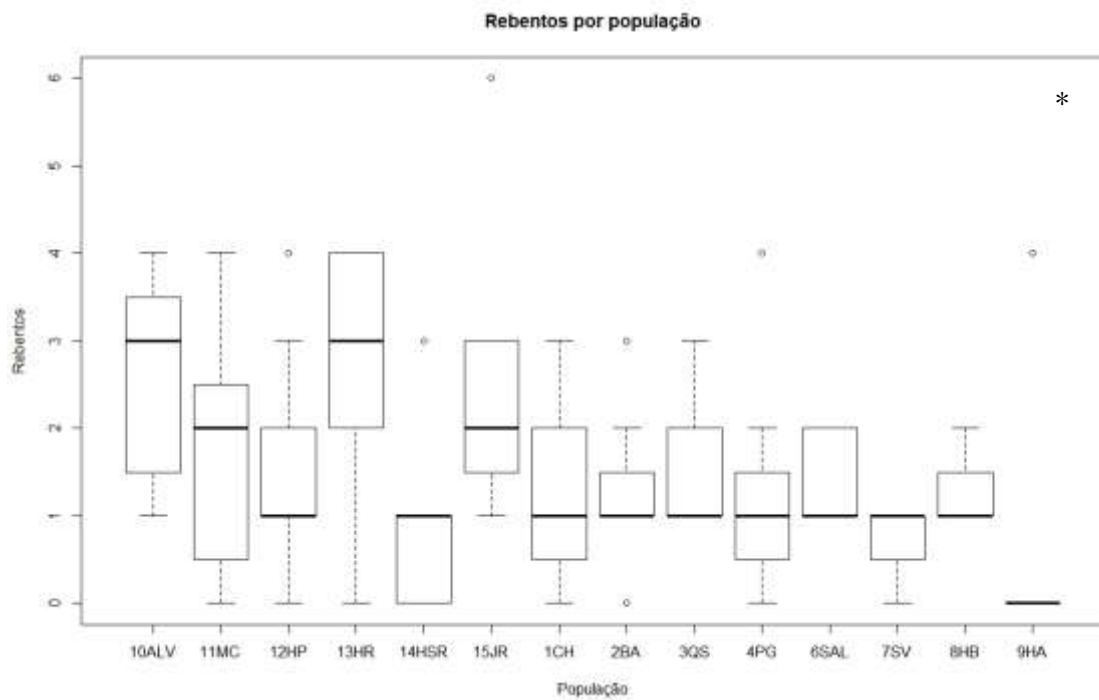


Figura 2 - Variabilidade do nº de rebentos por população. Legenda: REBENTOS=nº de rebentos; *= diferenças altamente significativas ($P < 0,05$).

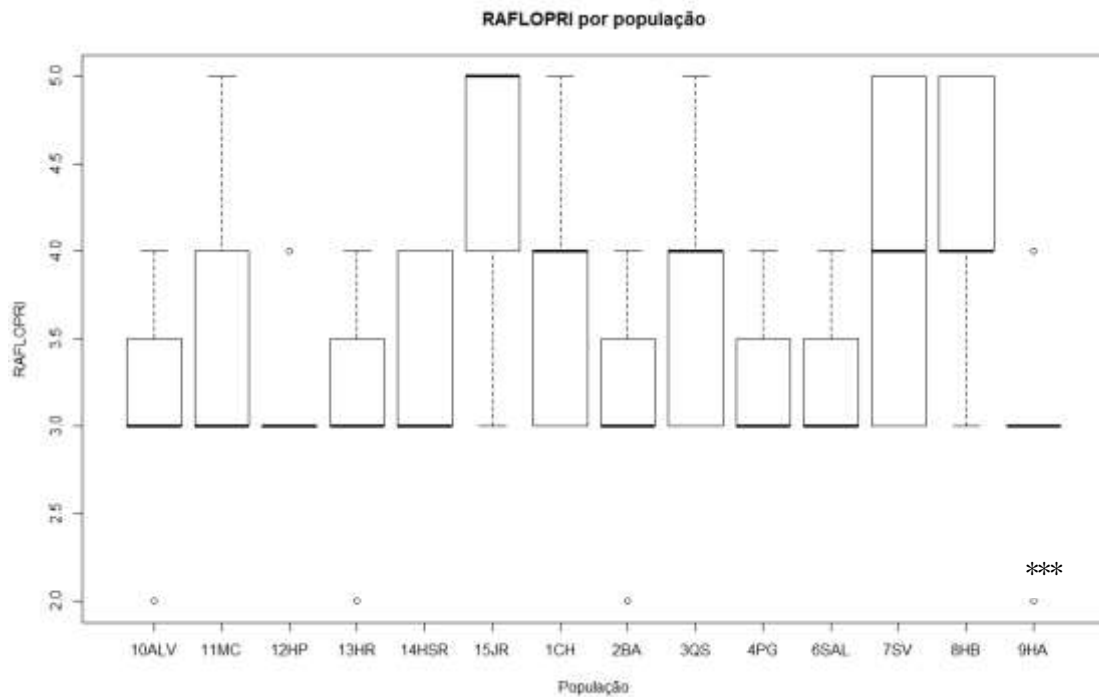


Figura 3 - Variabilidade do nº de ramificações florais primárias por população. Legenda: RAFLOPRI=nº de ramificações florais primárias; ***= diferenças altamente significativas (P<0,001).

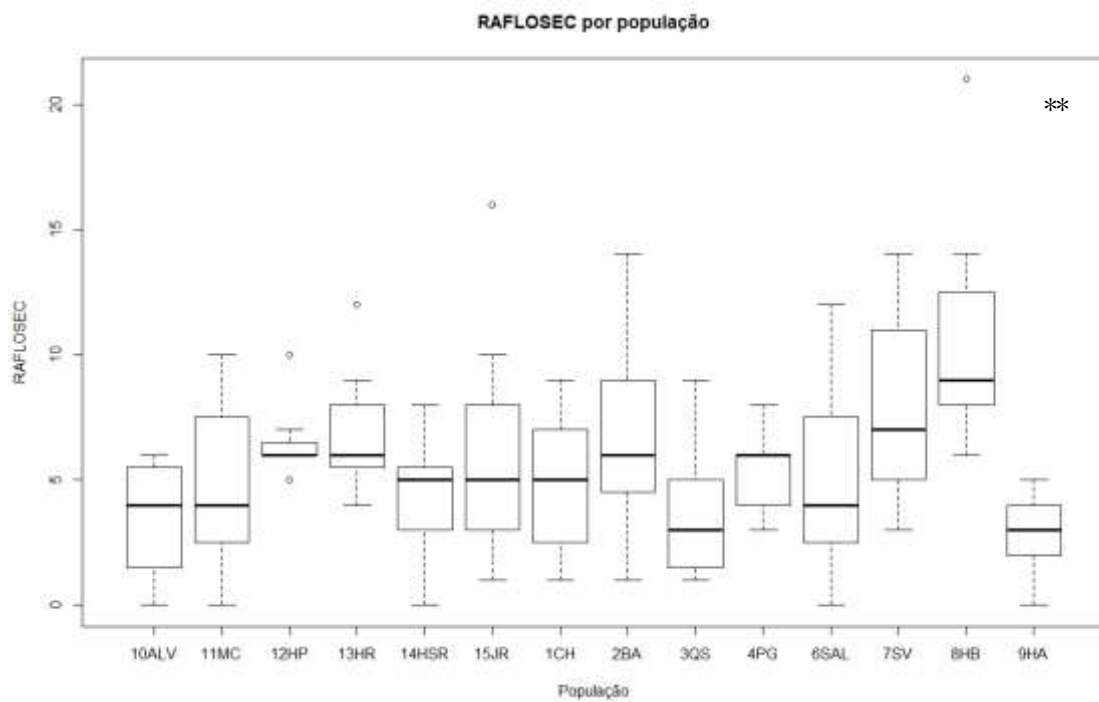


Figura 4 - Variabilidade do nº de ramificações florais secundárias por população. Legenda: RAFLOSEC=nº de ramificações florais secundárias; **= diferenças altamente significativas (P<0,01).

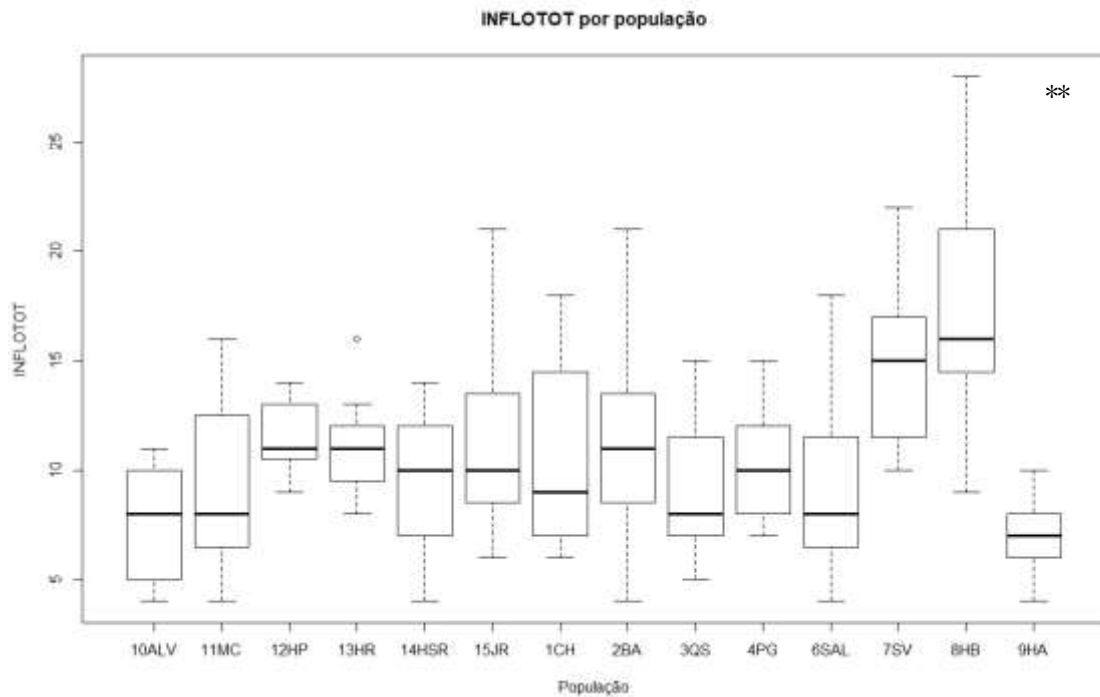


Figura 5 - Variabilidade do nº total de inflorescências da planta mãe por população. Legenda: INFLOTOT=nº total de inflorescências da planta mãe; **= diferenças altamente significativas (P<0,01).

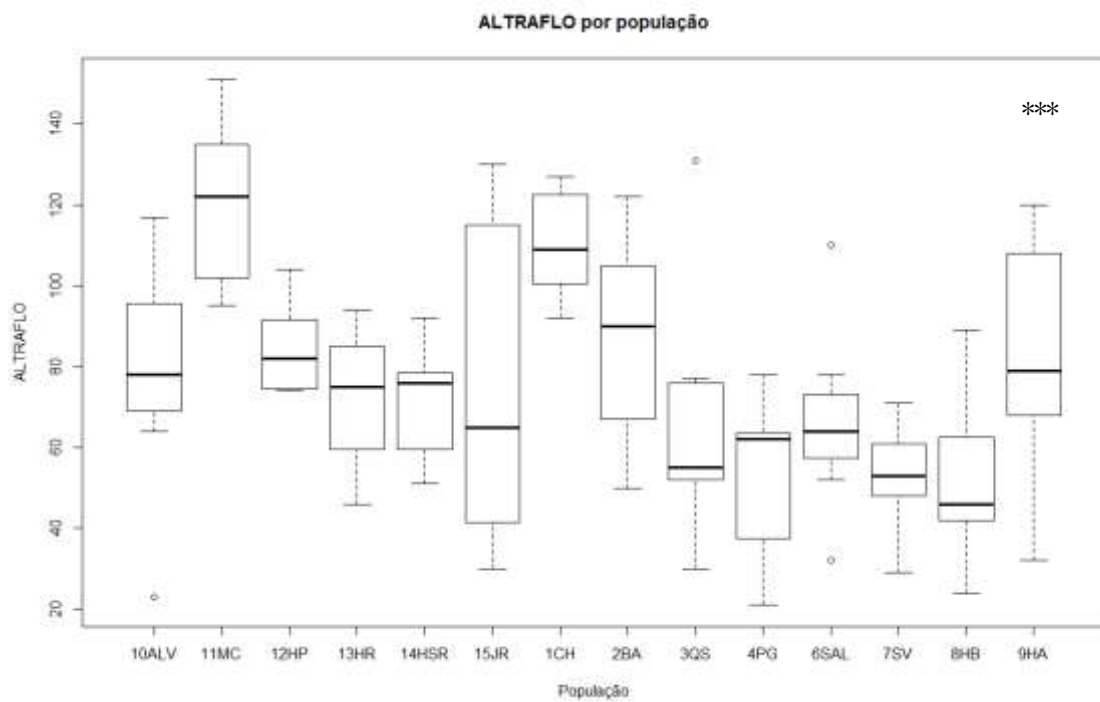


Figura 6 - Variabilidade da altura da 1ª ramificação floral por população. Legenda: ALTRAFLO=altura da 1ª ramificação floral; ***= diferenças altamente significativas (P<0,001).

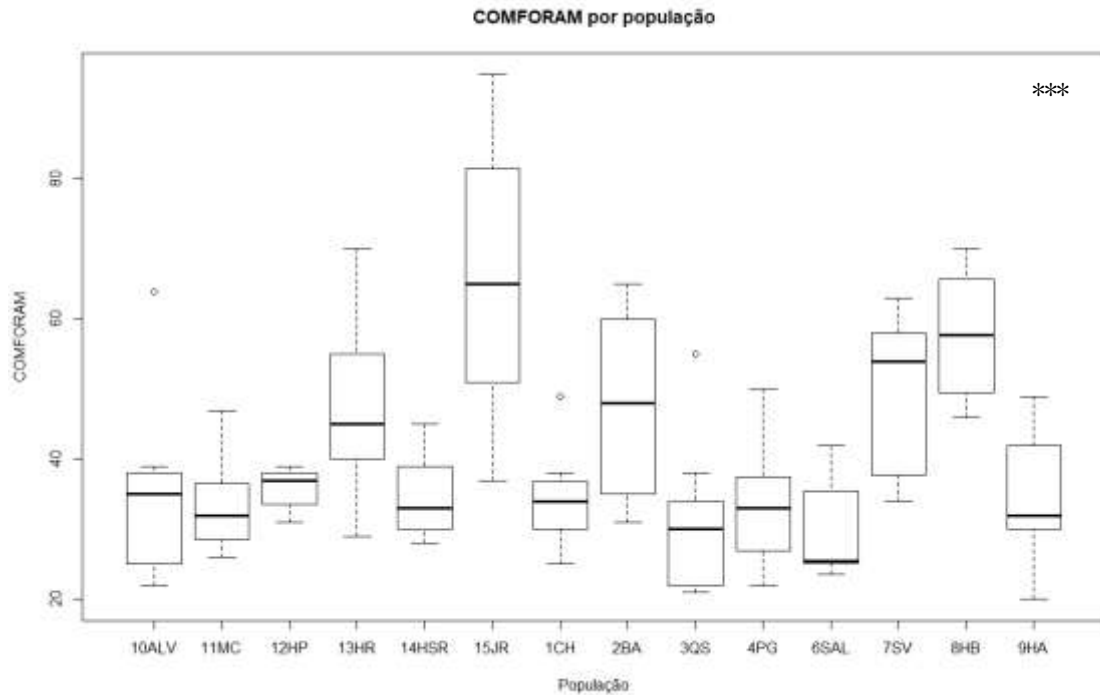


Figura 7 - Variabilidade do comprimento da folha na 1ª ramificação floral por população. Legenda: COMFORAM=comprimento da folha na 1ª ramificação floral; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

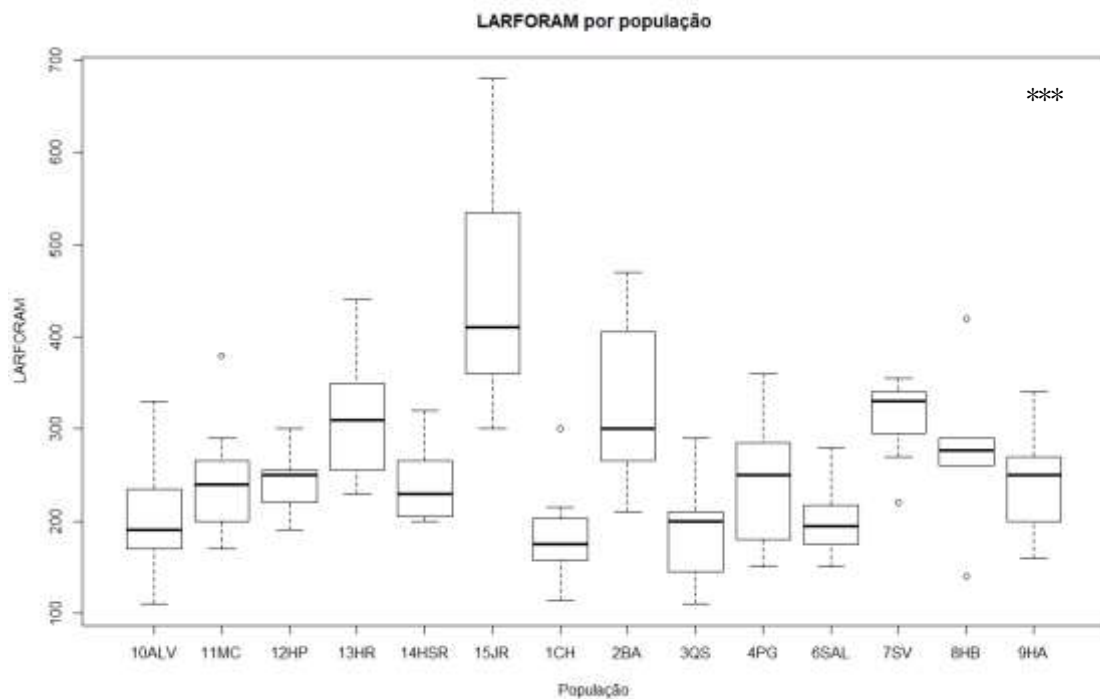


Figura 8 - Variabilidade da largura da folha na 1ª ramificação floral por população. Legenda: LARFORAM=largura da folha na 1ª ramificação floral; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

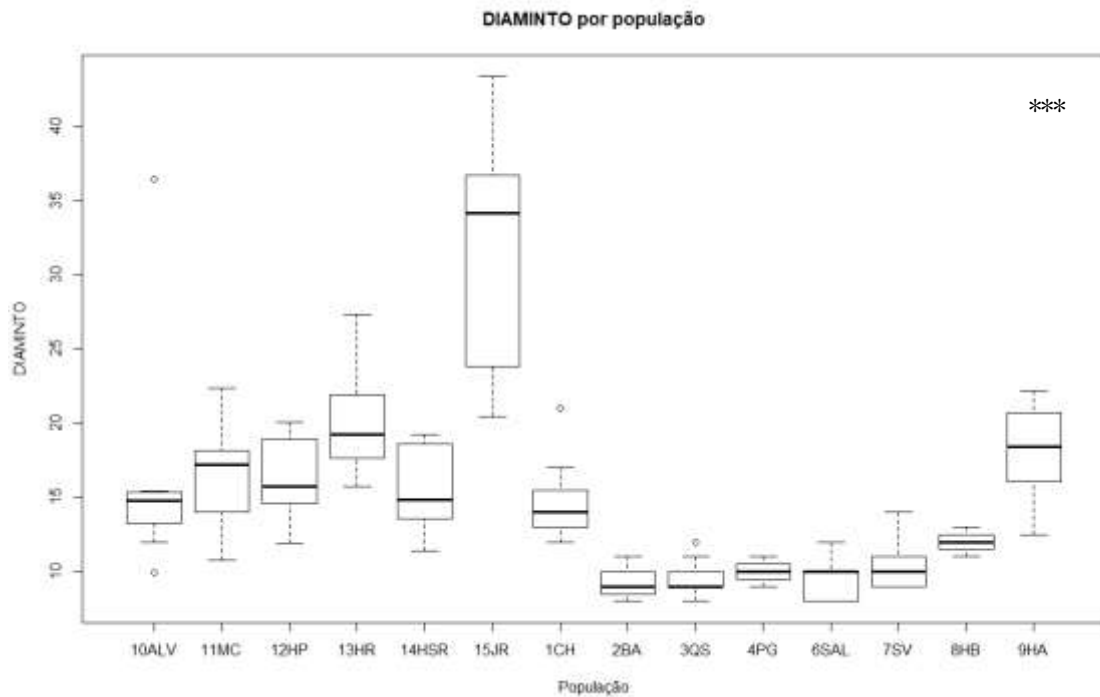


Figura 9 - Variabilidade do diâmetro mínimo no topo do caule por população. Legenda: DIAMINTO=diâmetro mínimo no topo; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

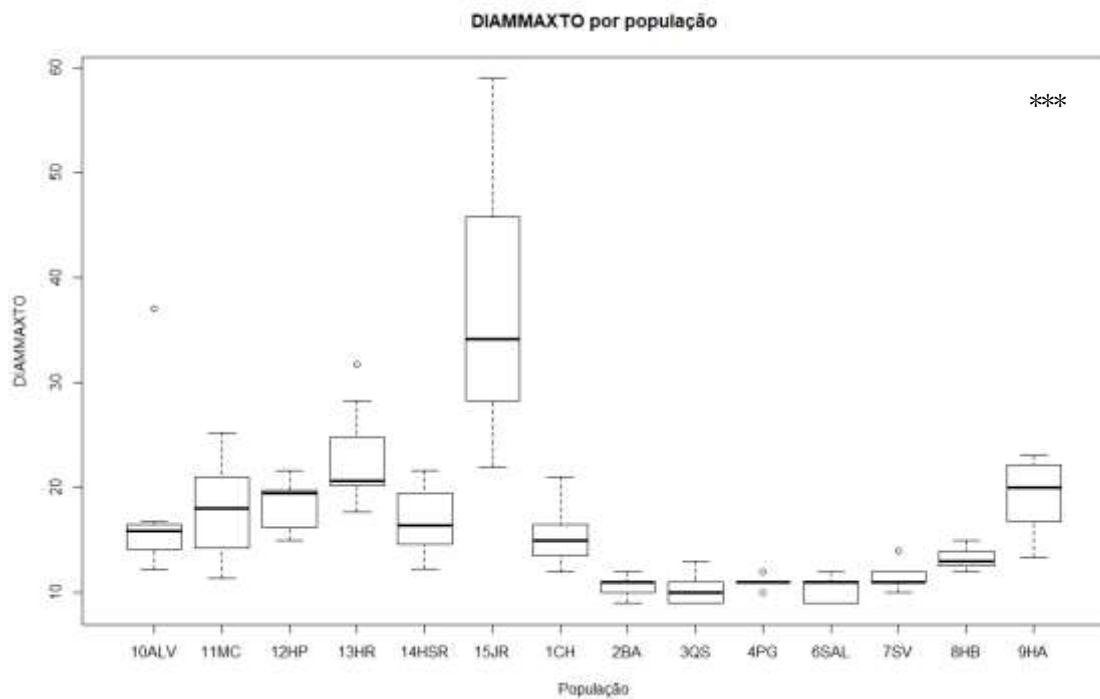


Figura 10 - Variabilidade do diâmetro máximo no topo do caule por população. Legenda: DIAMMAXTO=diâmetro máximo no topo; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

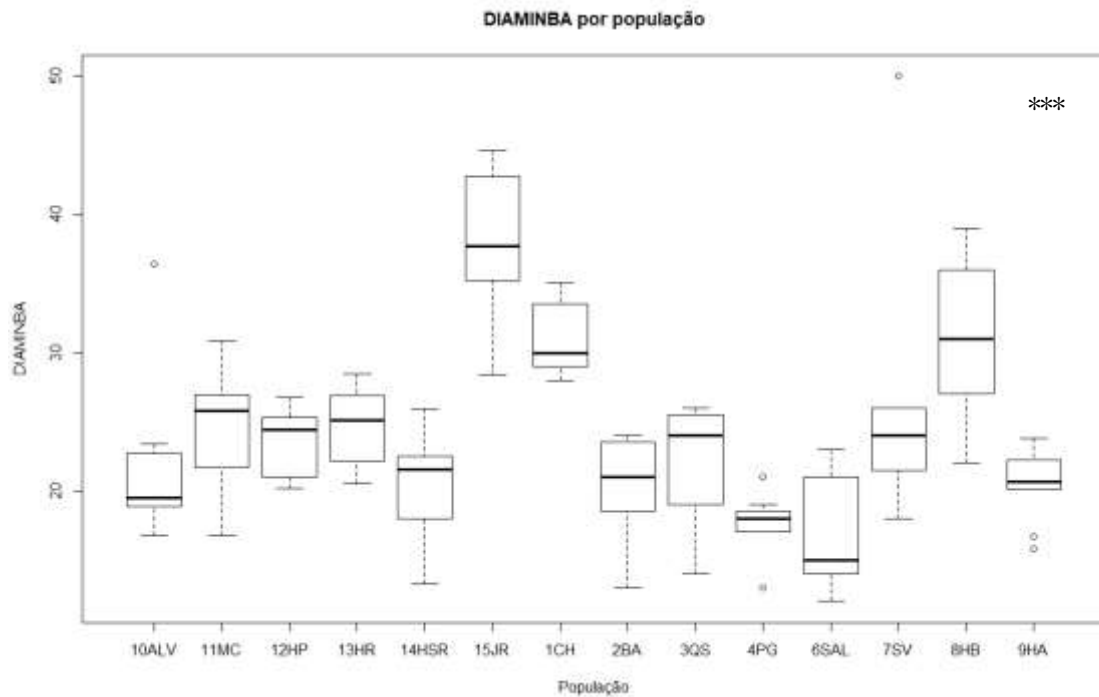


Figura 11 - Variabilidade do diâmetro mínimo na base do caule por população. Legenda: DIAMINBA=diâmetro mínimo no base; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

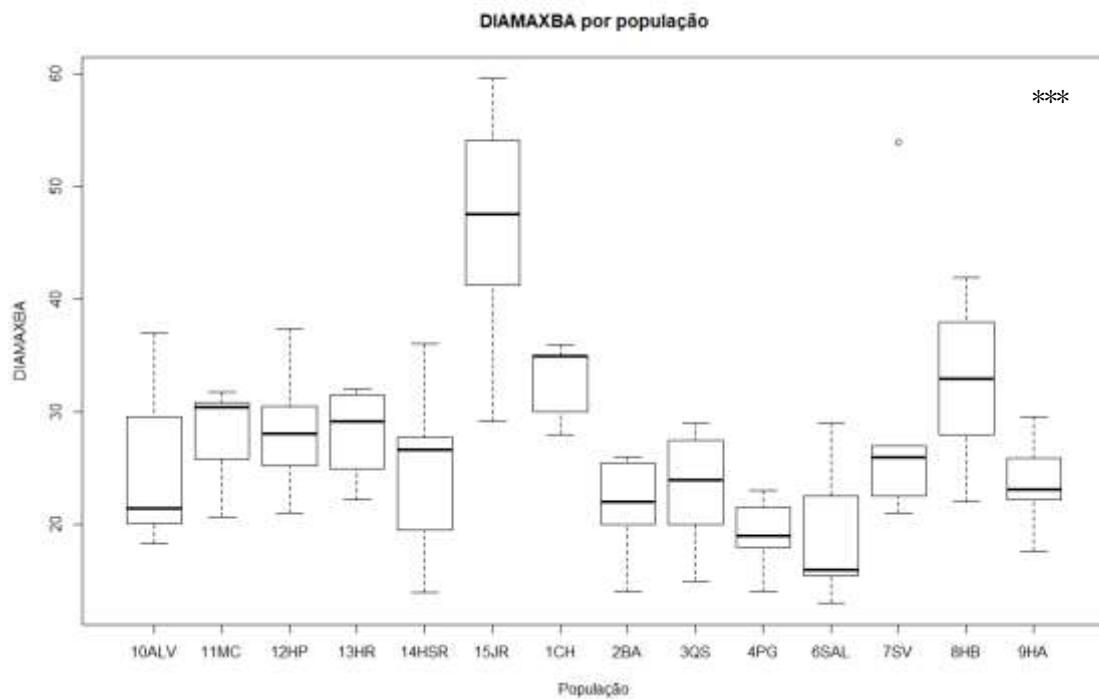


Figura 12 - Variabilidade do diâmetro máximo na base do caule por população. Legenda: DIAMAXBA=diâmetro máximo no base; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

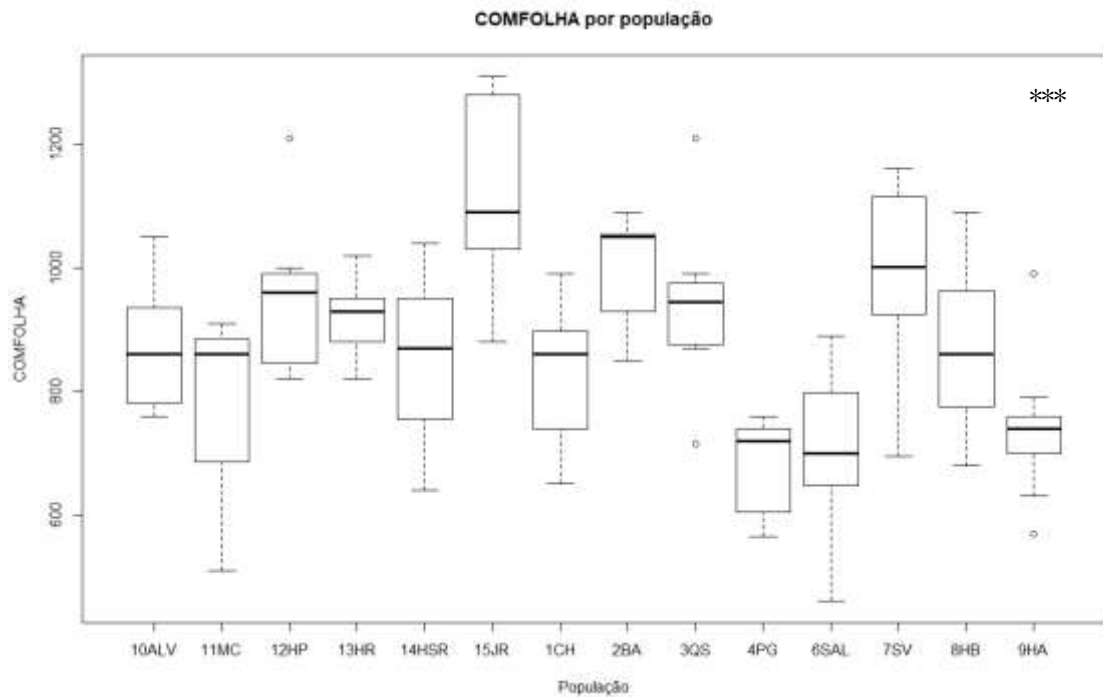


Figura 13 - Variabilidade do comprimento da folha por população. Legenda: COMFOLHA=comprimento da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

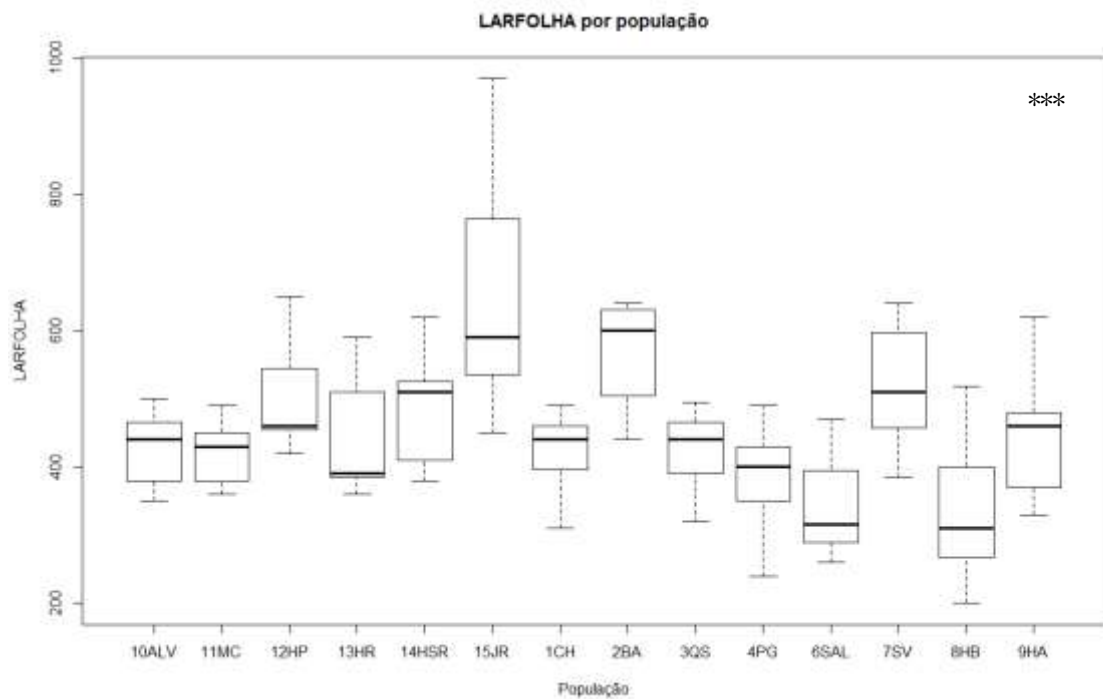


Figura 14 - Variabilidade da largura da folha por população. Legenda: LARFOLHA=largura da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

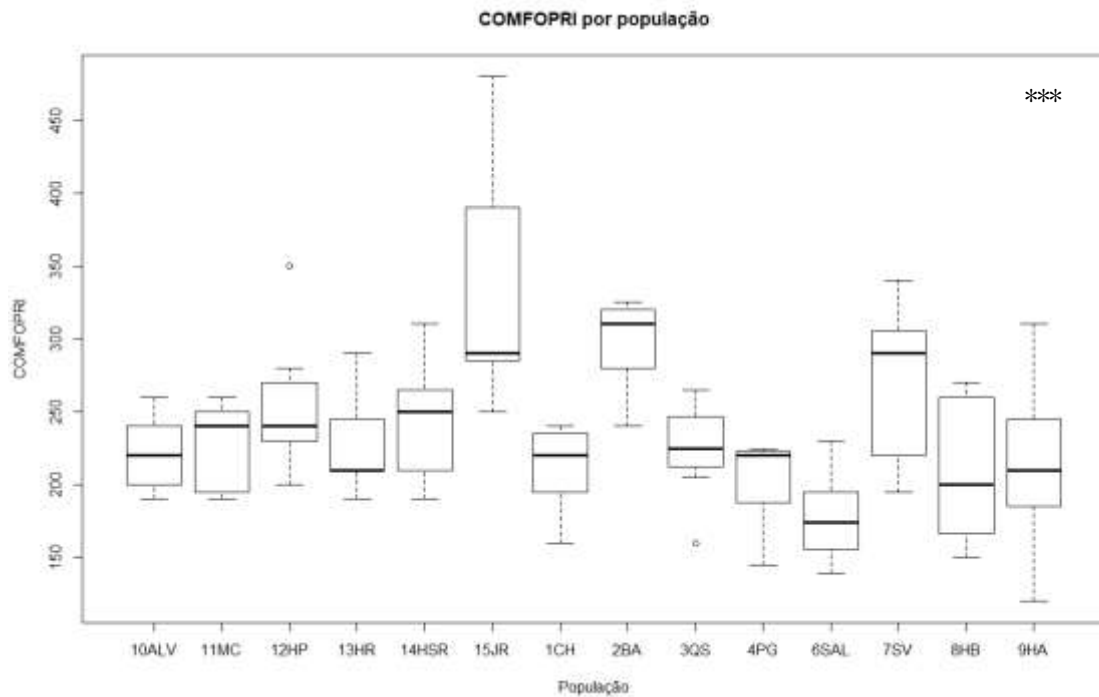


Figura 15 - Variabilidade do comprimento do folíolo primário da folha por população. Legenda: COMFOPRI=comprimento do folíolo primário; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

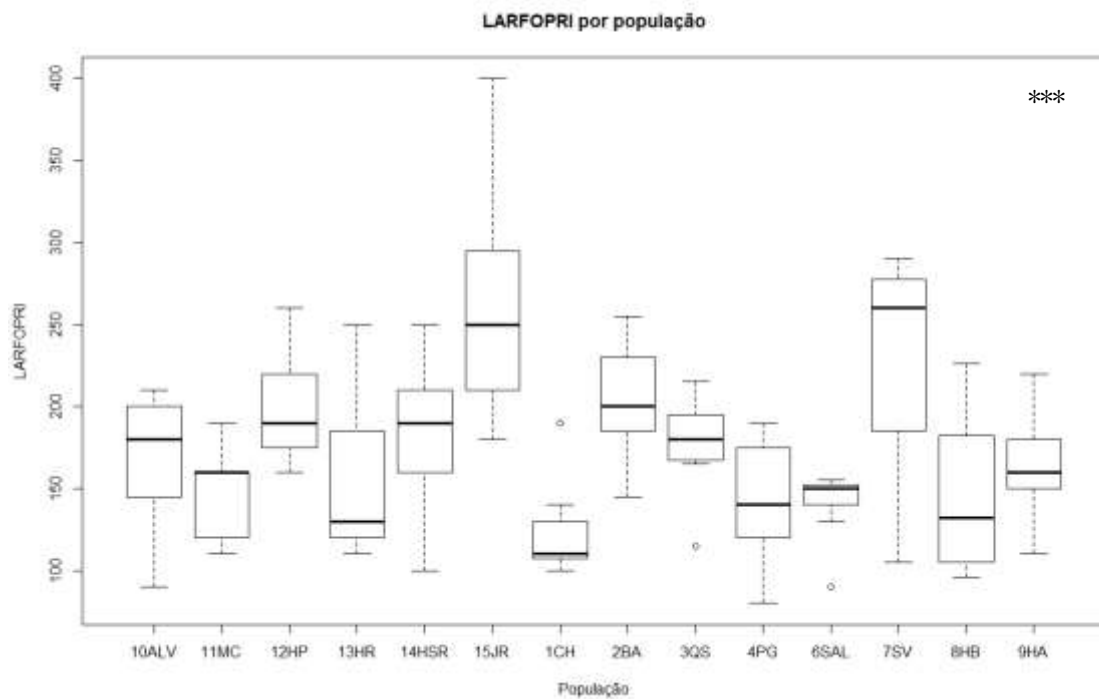


Figura 16 - Variabilidade da largura do folíolo primário da folha por população. Legenda: LARFOPRI=largura do folíolo primário; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

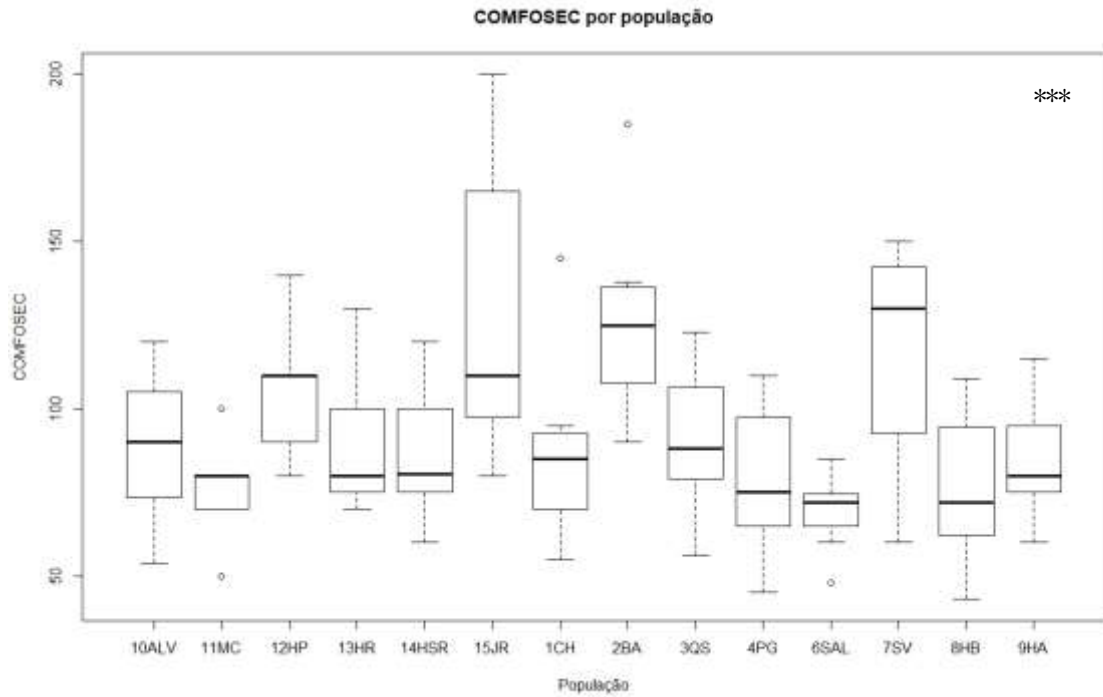


Figura 17 - Variabilidade do comprimento do folíolo secundário da folha por população. Legenda: COMFOSEC=comprimento do folíolo secundário; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

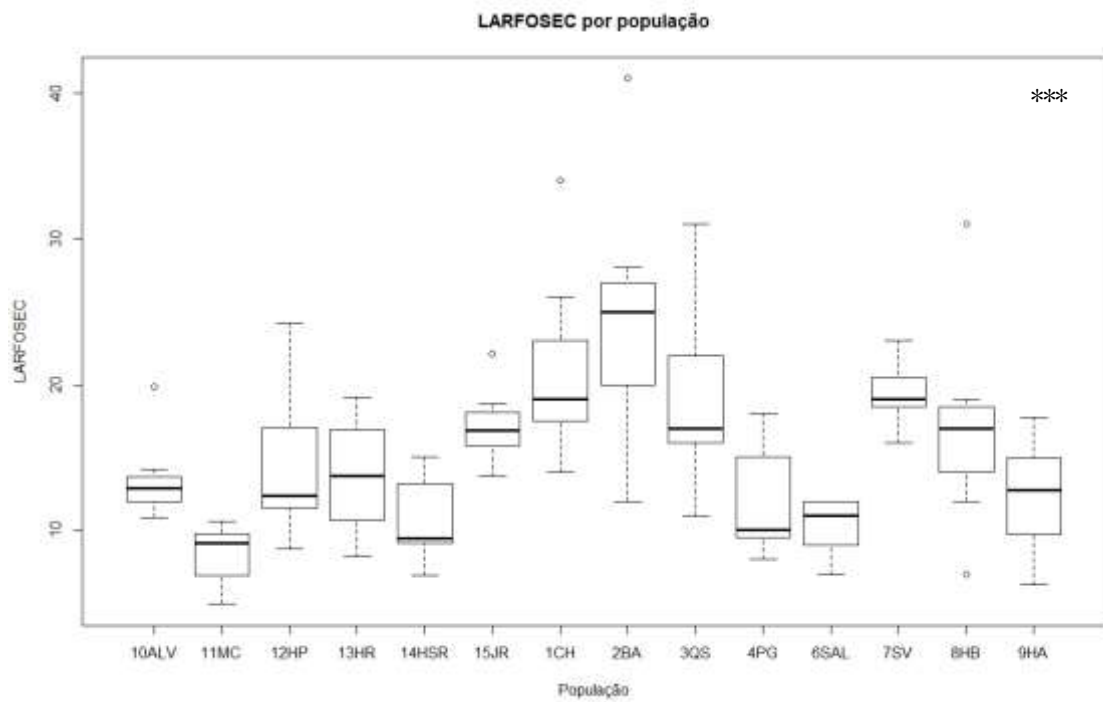


Figura 18 - Variabilidade da largura do folíolo secundário da folha por população. Legenda: LARFOSEC=largura do folíolo secundário; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

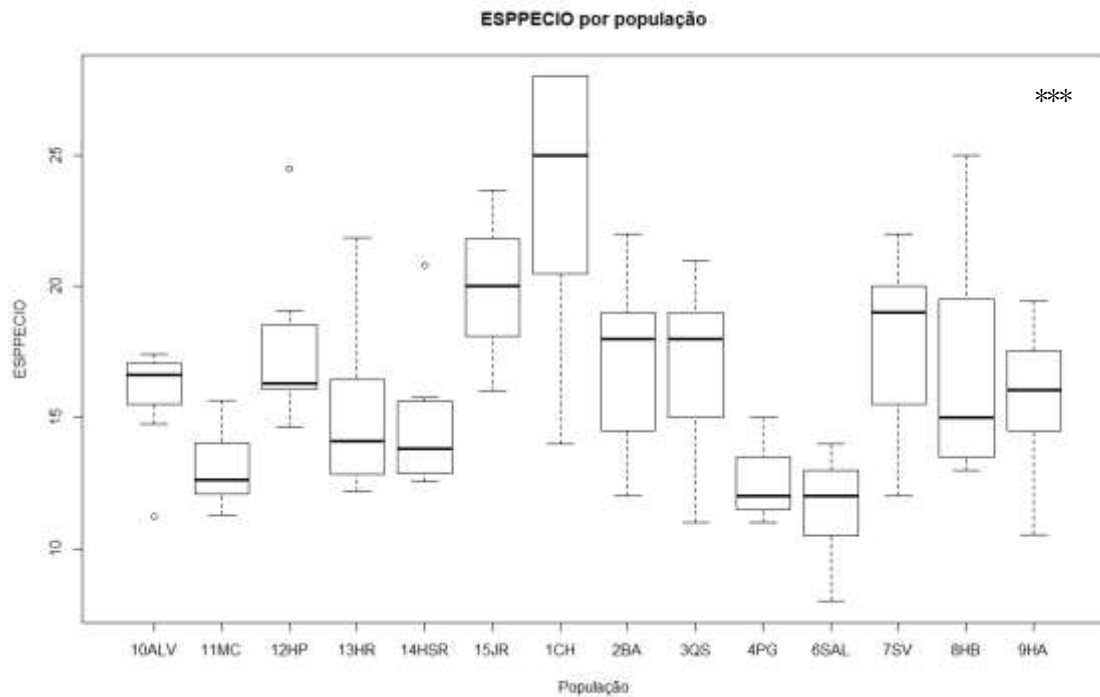


Figura 19 - Variabilidade da espessura do pecíolo da folha por população. Legenda: ESPPECIO=espessura do pecíolo; ***= diferenças altamente significativas ($P<0,001$).

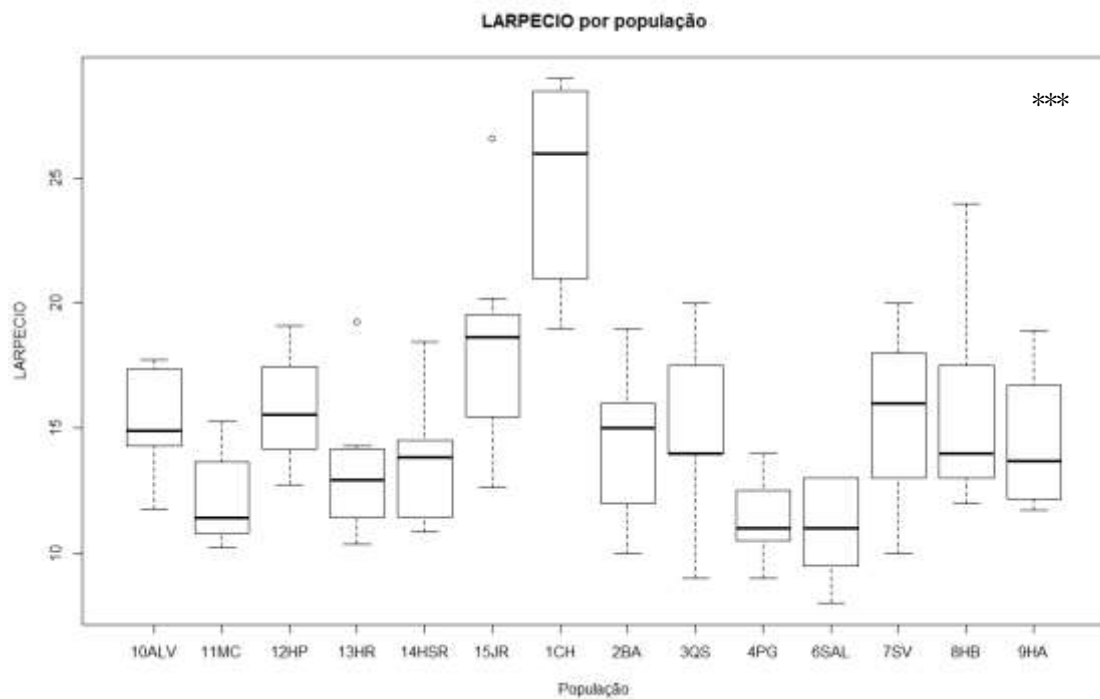


Figura 20 - Variabilidade da largura do pecíolo da folha por população. Legenda: LARPECIO=largura do pecíolo; ***= diferenças altamente significativas ($P<0,001$).

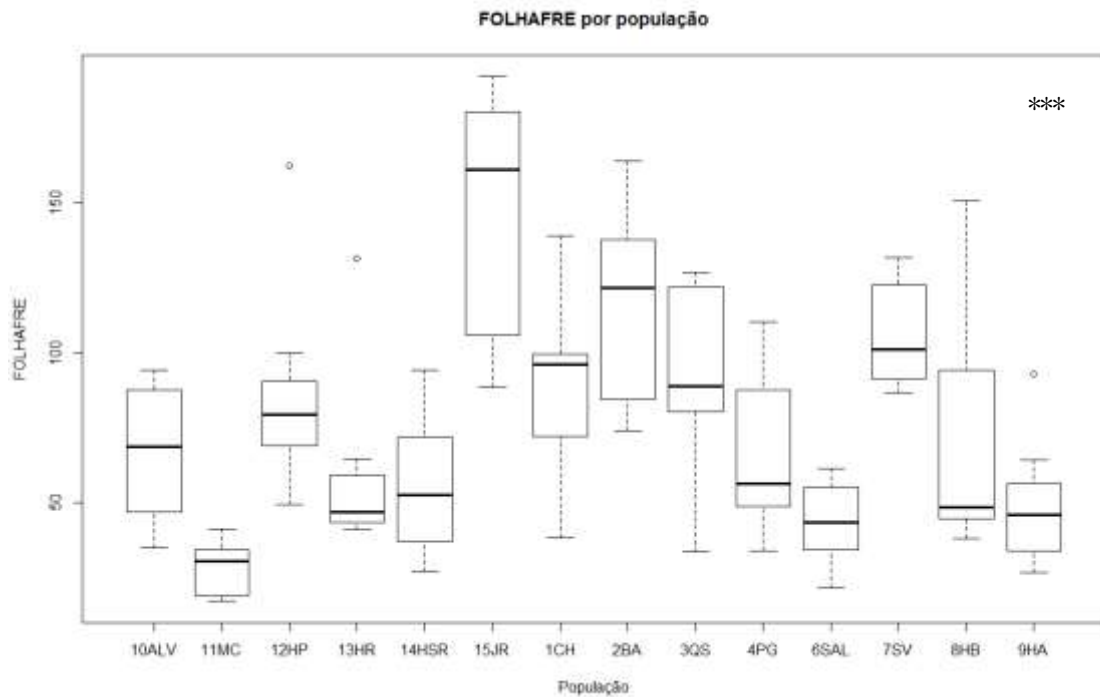


Figura 21 - Variabilidade do peso fresco da folha por população. Legenda: FOLHAFRE=peso fresco da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

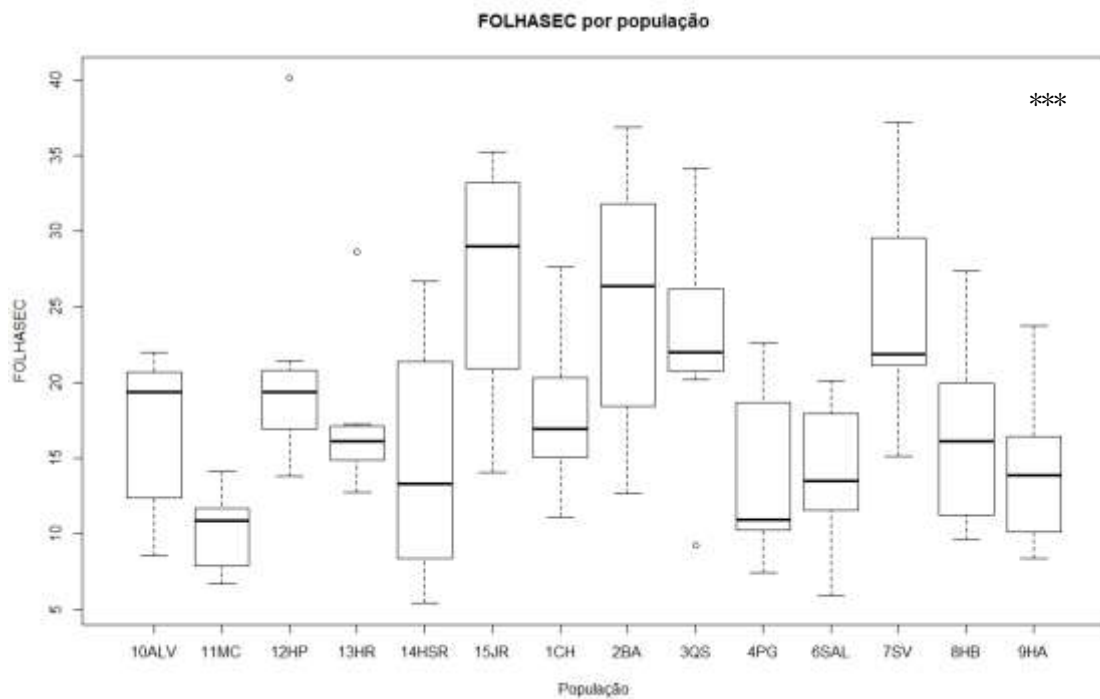


Figura 22 - Variabilidade do peso seco da folha por população. Legenda: FOLHASEC=peso seco da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

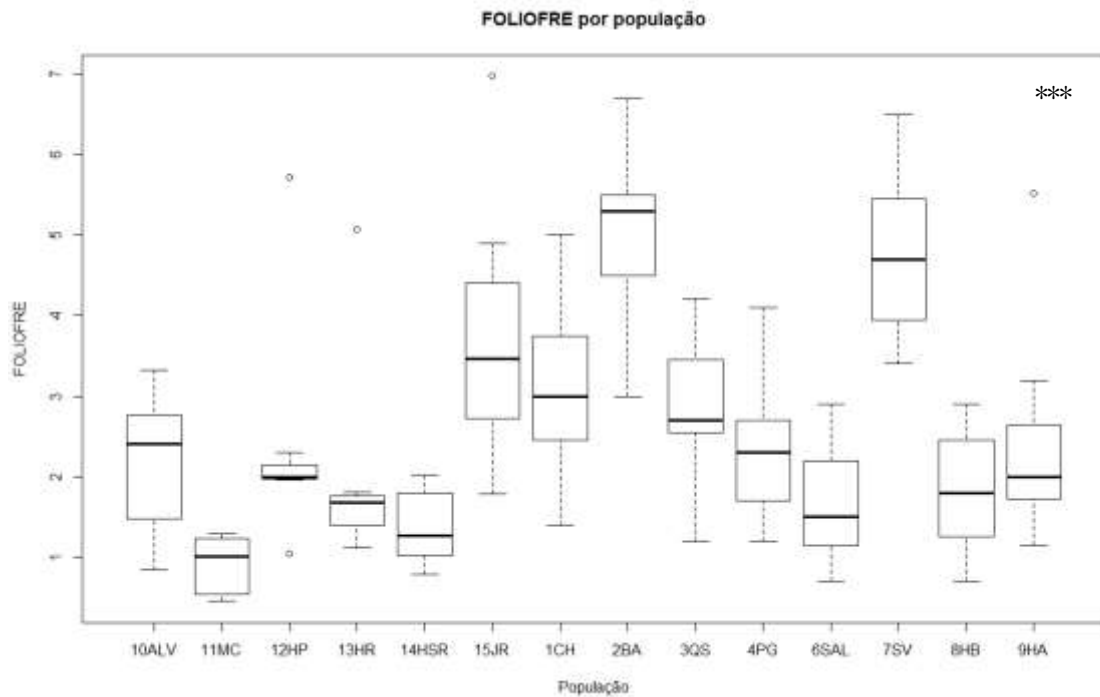


Figura 23 - Variabilidade do peso fresco da folíolo da folha por população. Legenda: FOLIOFRE=peso fresco do folíolo da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

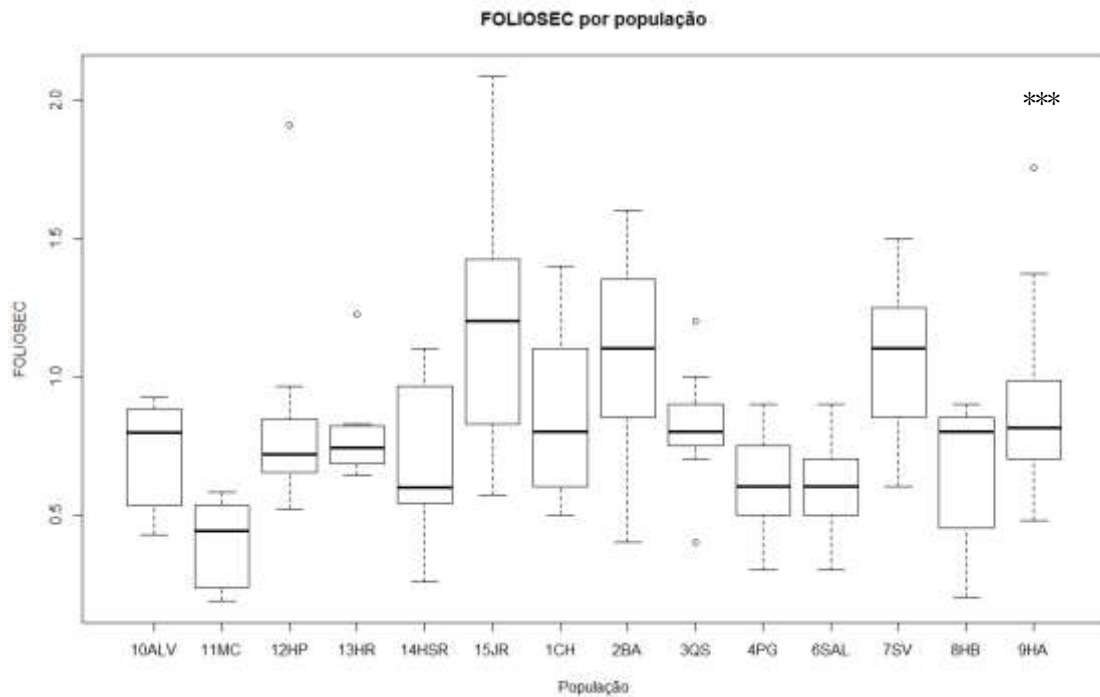


Figura 24 - Variabilidade do peso seco da folíolo da folha por população. Legenda: FOLIOSEC=peso seco do folíolo da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

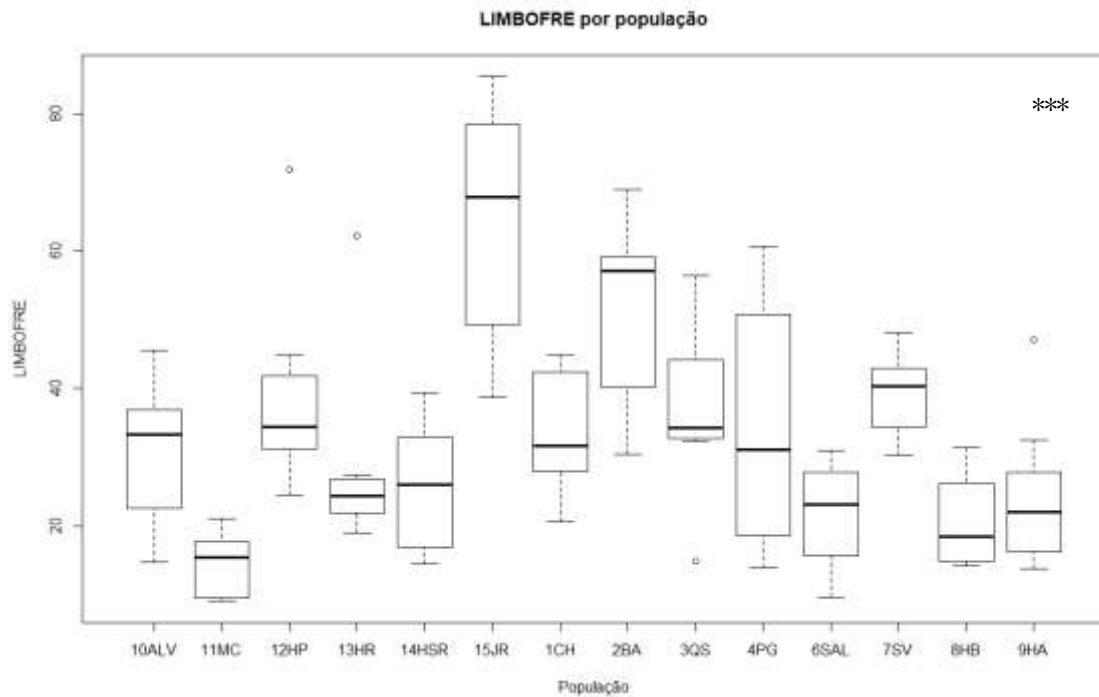


Figura 25 - Variabilidade do peso fresco do limbo da folha por população. Legenda: LIMBOFRE= peso fresco do limbo da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

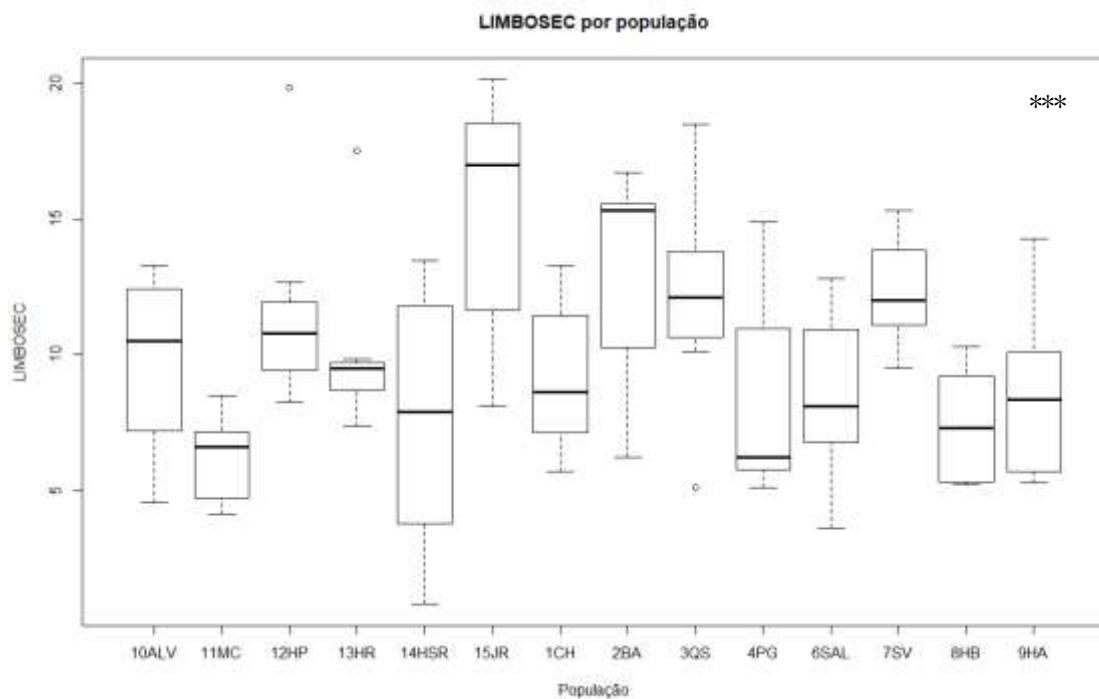


Figura 26 - Variabilidade do peso seco do limbo da folha por população. Legenda: LIMBOSEC= peso seco do limbo da folha; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

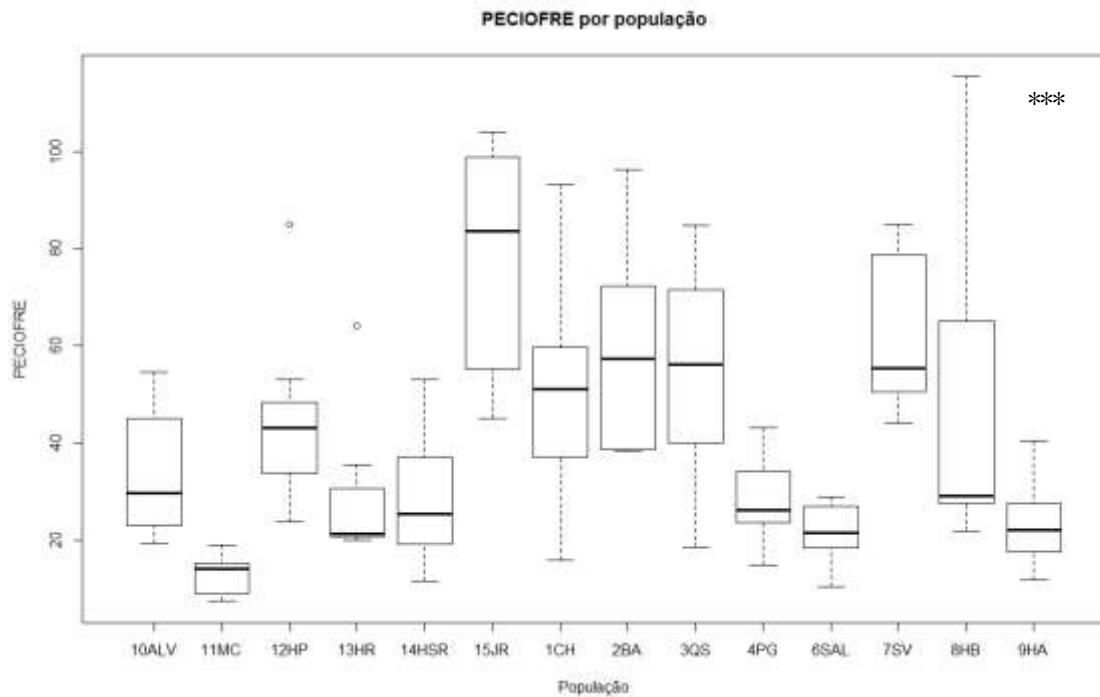


Figura 27 - Variabilidade do peso fresco do pecíolo da folha por população. Legenda: PECIOFRE=peso fresco do pecíolo da folha; ***= diferenças altamente significativas (P<0,001).

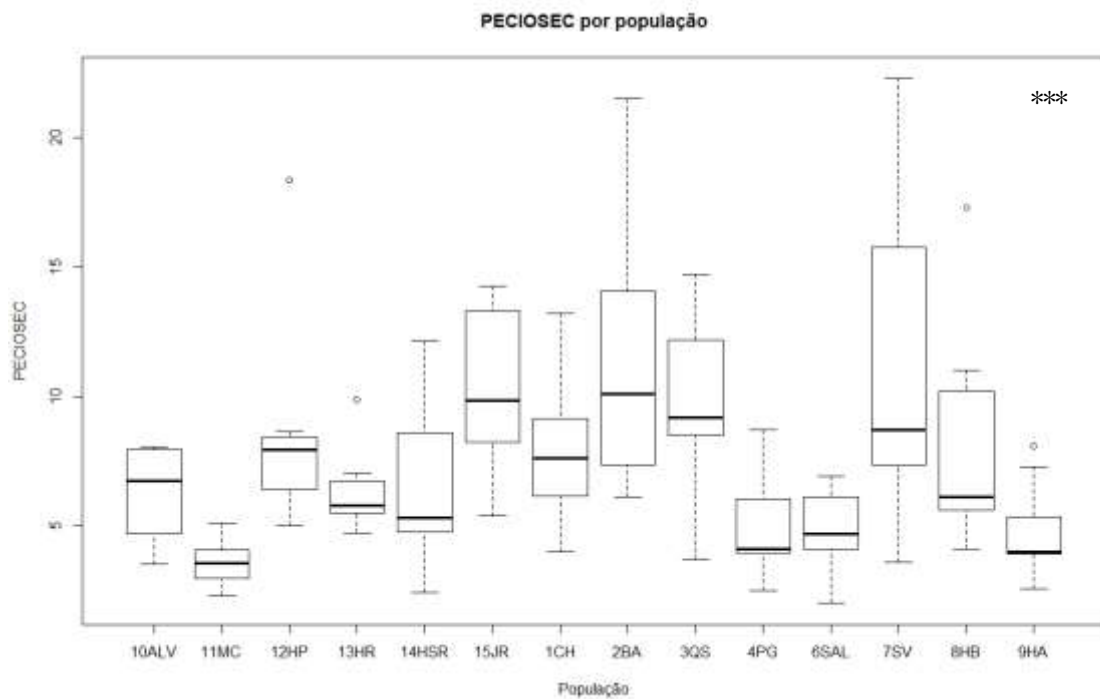


Figura 28 - Variabilidade do peso seco do pecíolo da folha por população. Legenda: PECIOSEC=peso seco do pecíolo da folha; ***= diferenças altamente significativas (P<0,001).

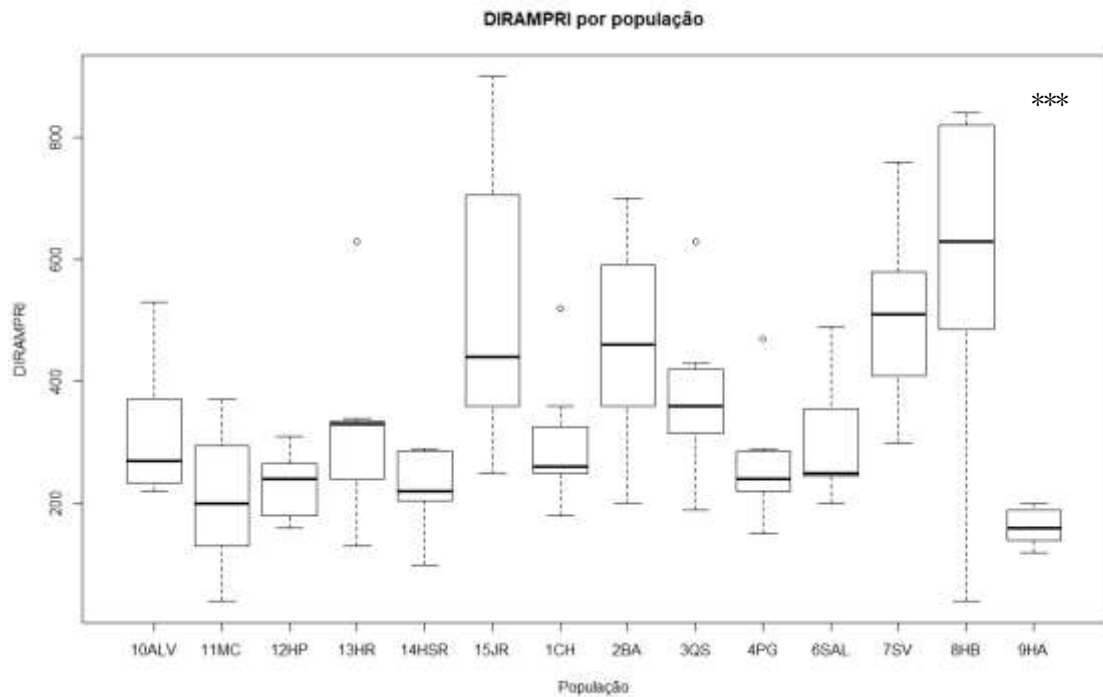


Figura 29 - Variabilidade da distância à primeira ramificação primária por população. Legenda: DIRAMPRI=distancia à primeira ramificação primária; ***= diferenças altamente significativas (P<0,001).

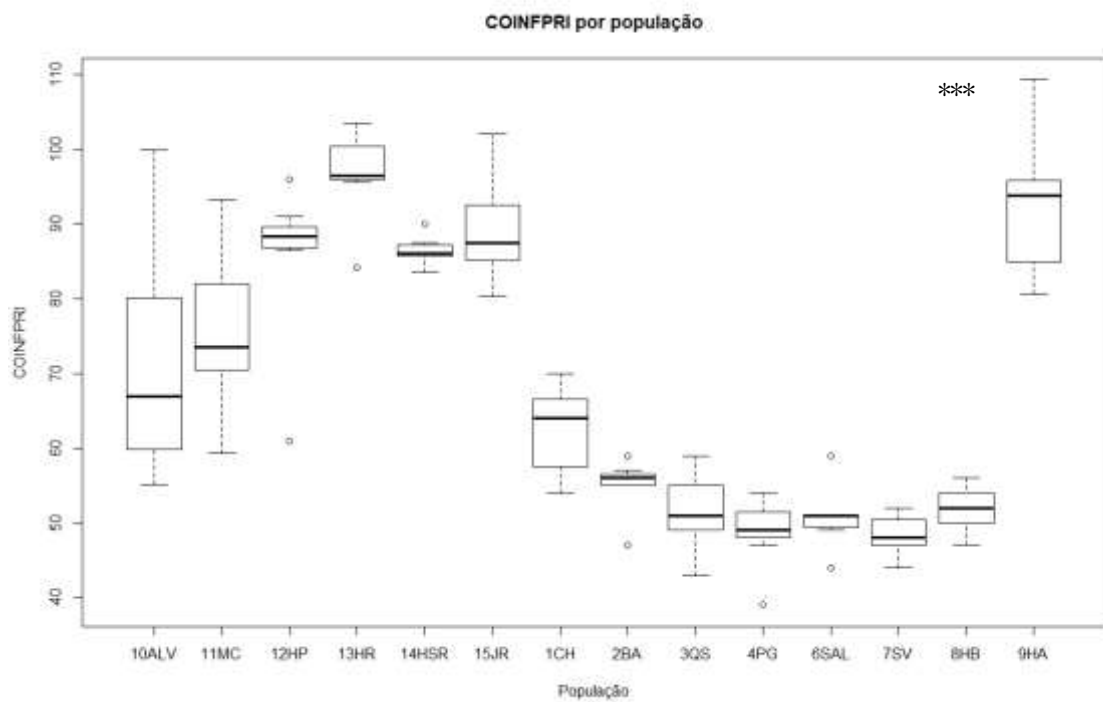


Figura 30 - Variabilidade do comprimento da inflorescência principal por população. Legenda: COINFPRI=comprimento da inflorescência principal; ***= diferenças altamente significativas (P<0,001).

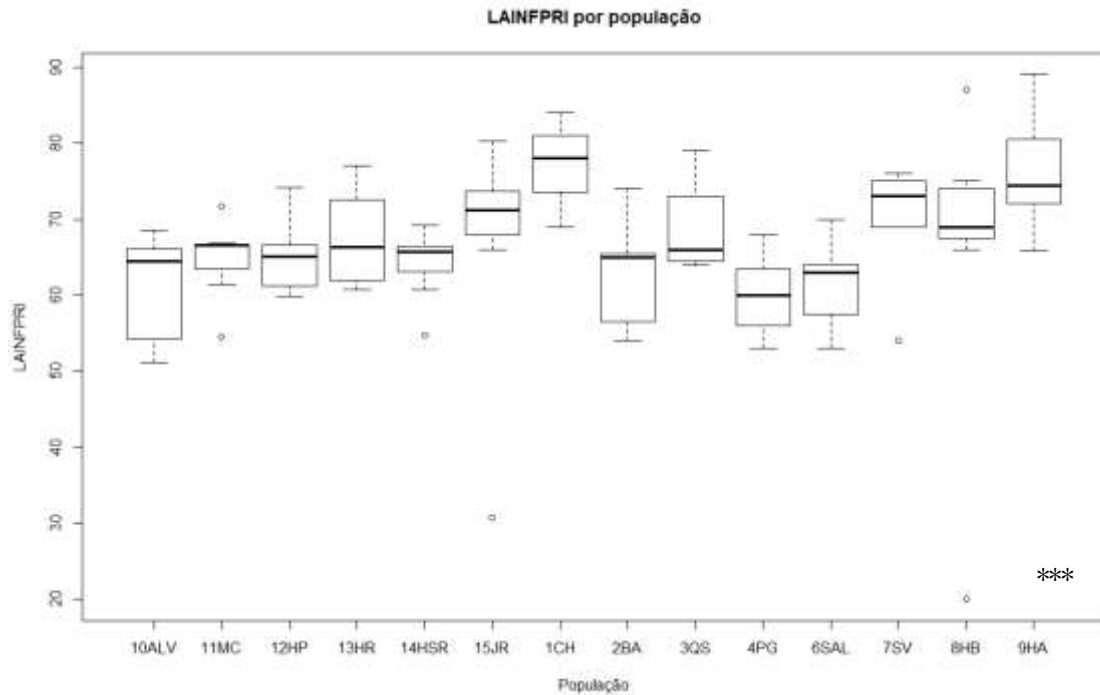


Figura 31 - Variabilidade da largura da inflorescência principal por população. Legenda: LAINFPRI=largura da inflorescência principal; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

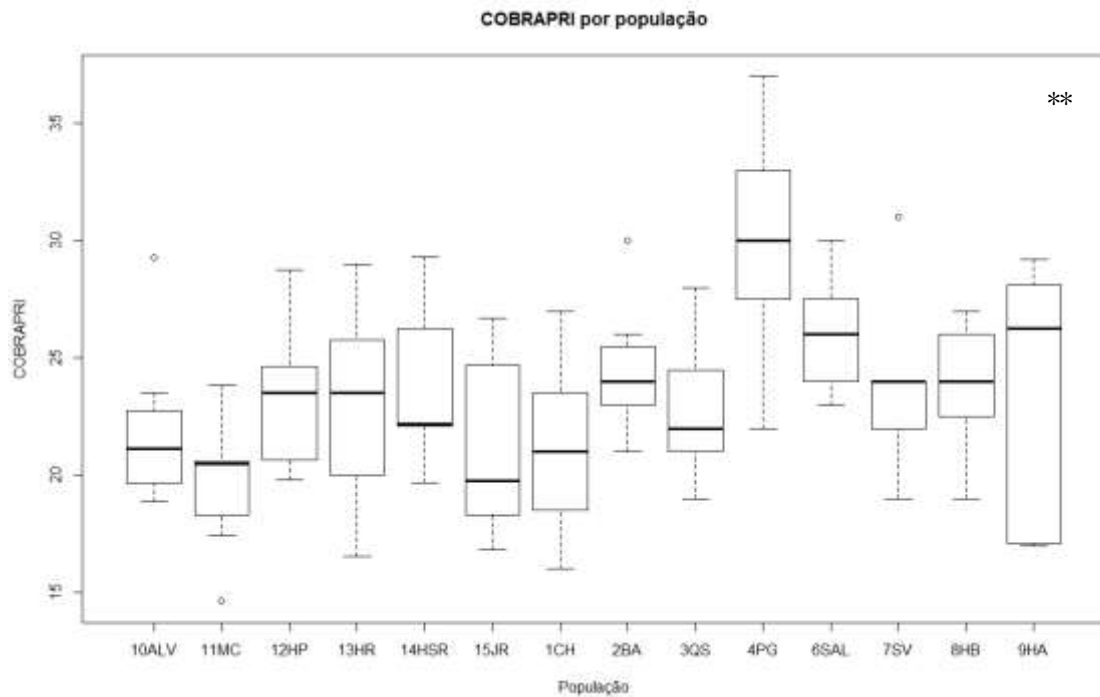


Figura 32 - Variabilidade do comprimento da bráctea da inflorescência principal por população. Legenda: COBRAPRI=comprimento da bráctea da inflorescência principal; **= diferenças altamente significativas ($P < 0,01$).

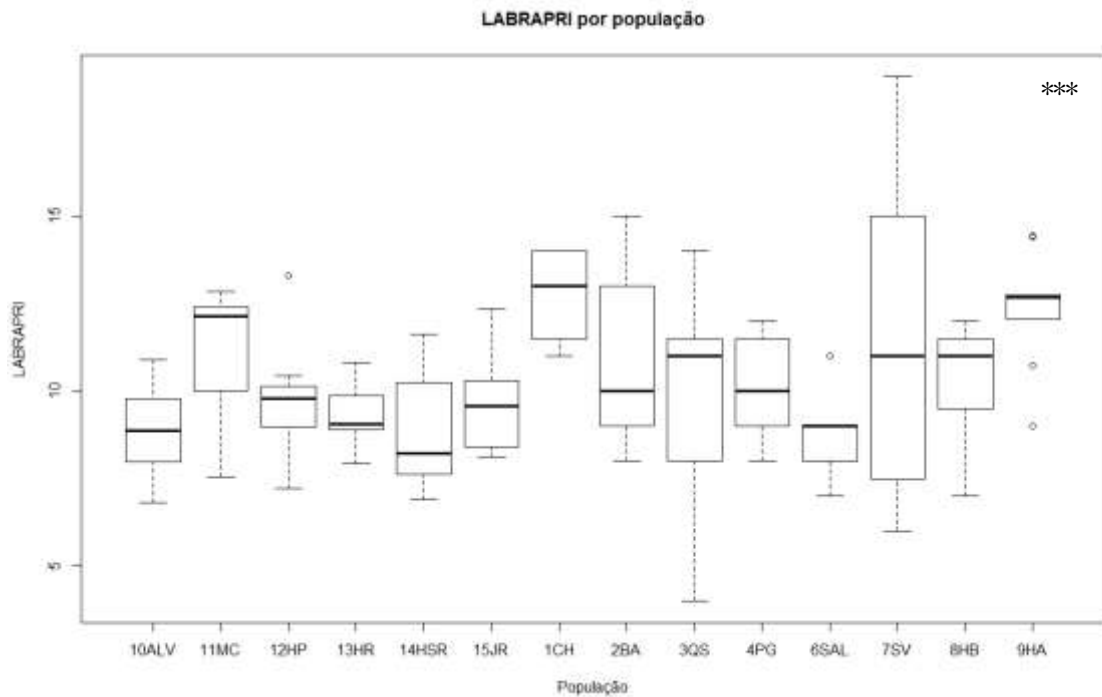


Figura 33 - Variabilidade da largura da bráctea da inflorescência principal por população. Legenda: LABRAPRI=largura da bráctea da inflorescência principal; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

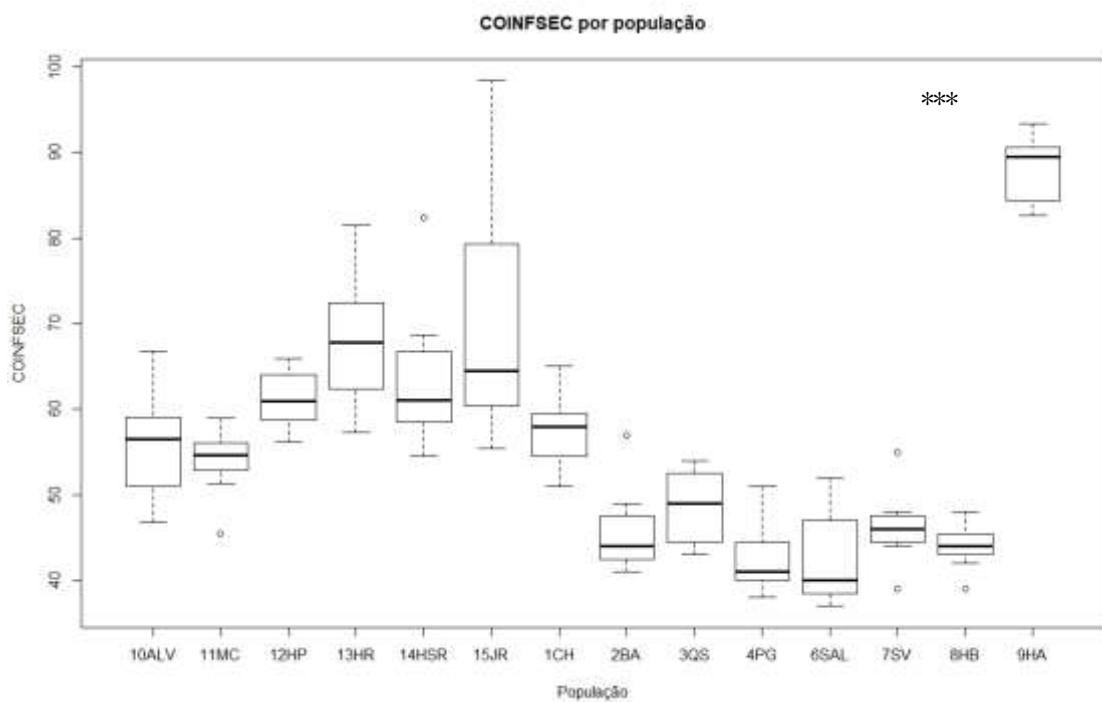


Figura 34 - Variabilidade do comprimento da inflorescência secundária por população. Legenda: COINFSEC=comprimento da inflorescência secundária; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

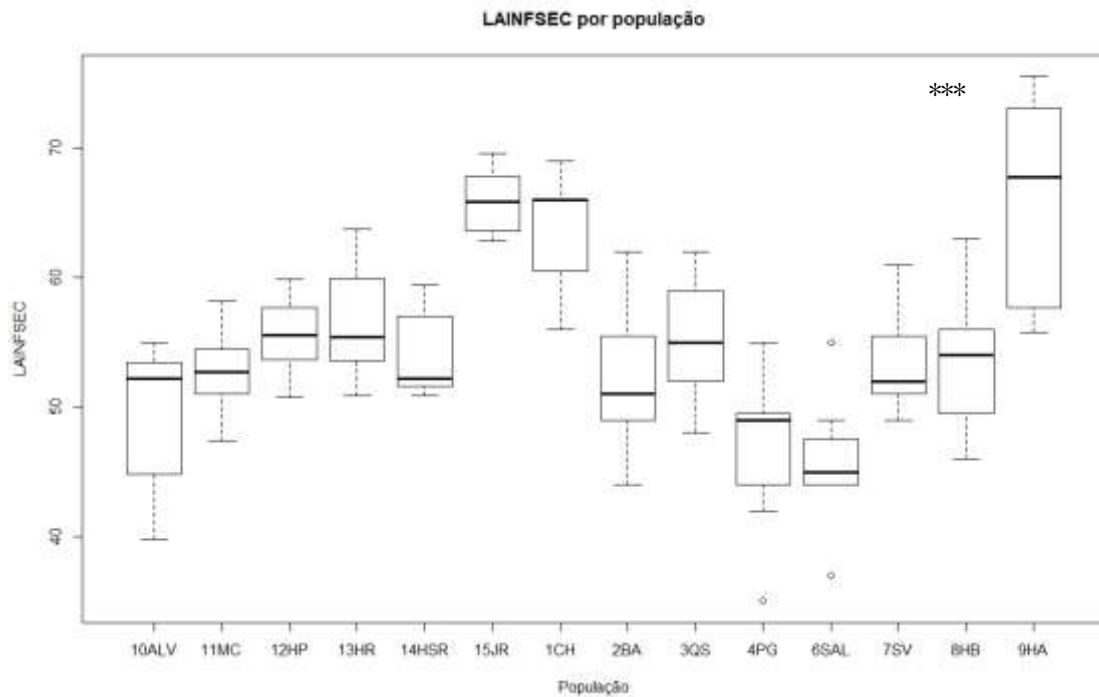


Figura 35 - Variabilidade da largura da inflorescência secundária por população. Legenda: LAINFSEC=largura da inflorescência secundária; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

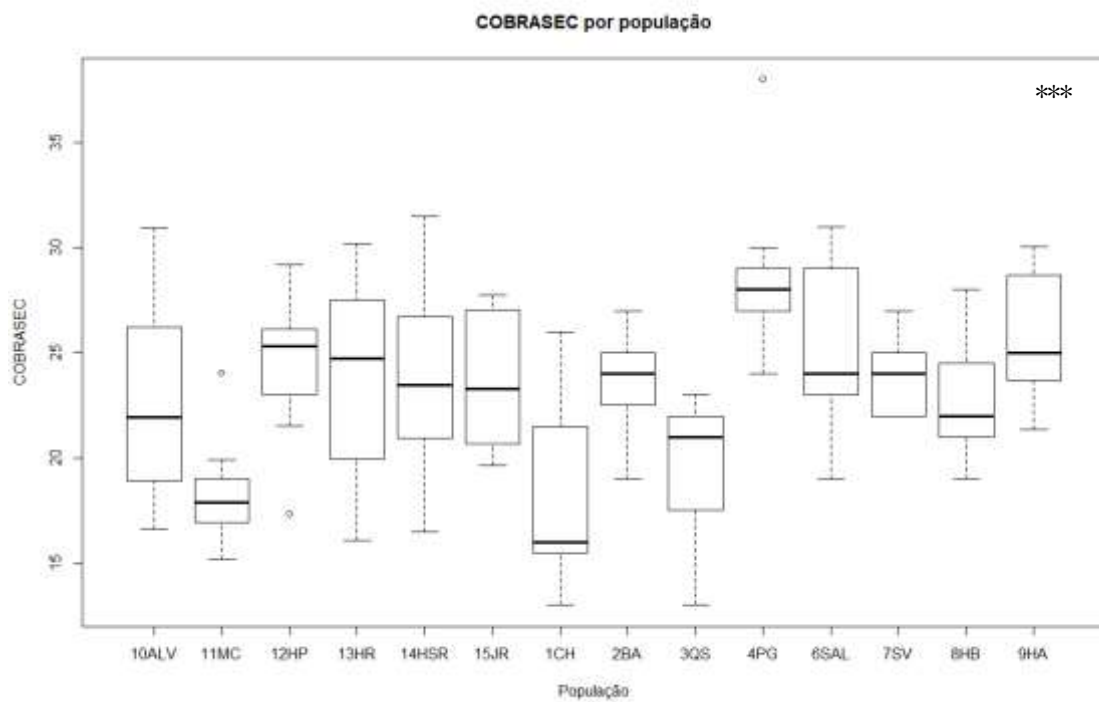


Figura 36 - Variabilidade do comprimento da bráctea da inflorescência secundária por população. Legenda: COBRASEC=comprimento da bráctea da inflorescência secundária; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

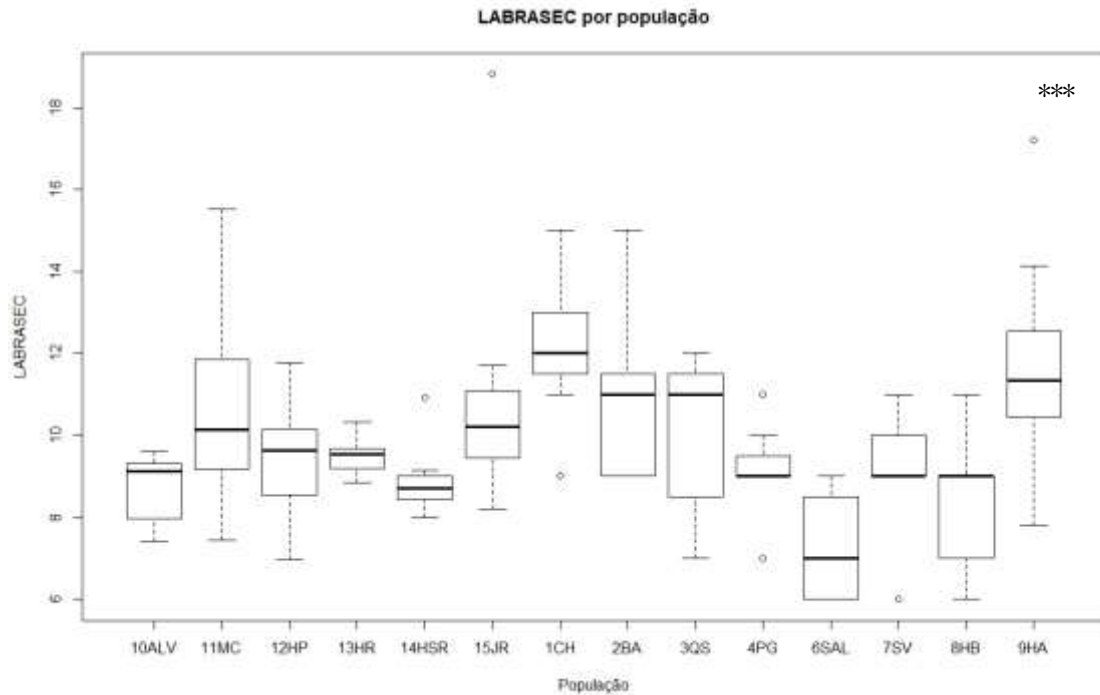


Figura 37 - Variabilidade da largura da bráctea da inflorescência secundária por população. Legenda: LABRASEC=largura da bráctea da inflorescência secundária; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

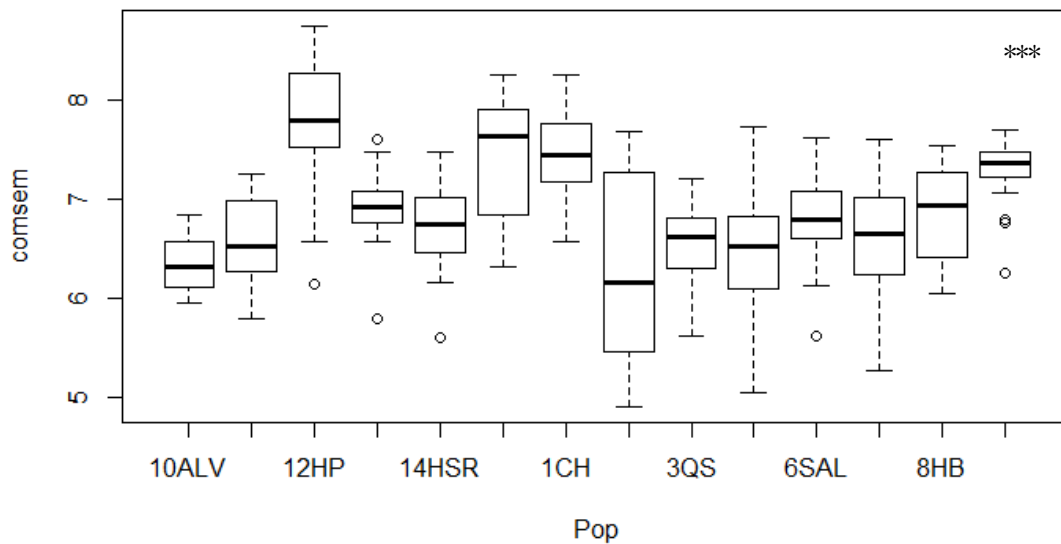


Figura 38 - Variabilidade do comprimento da semente por população. Legenda: comsem=comprimento da semente ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

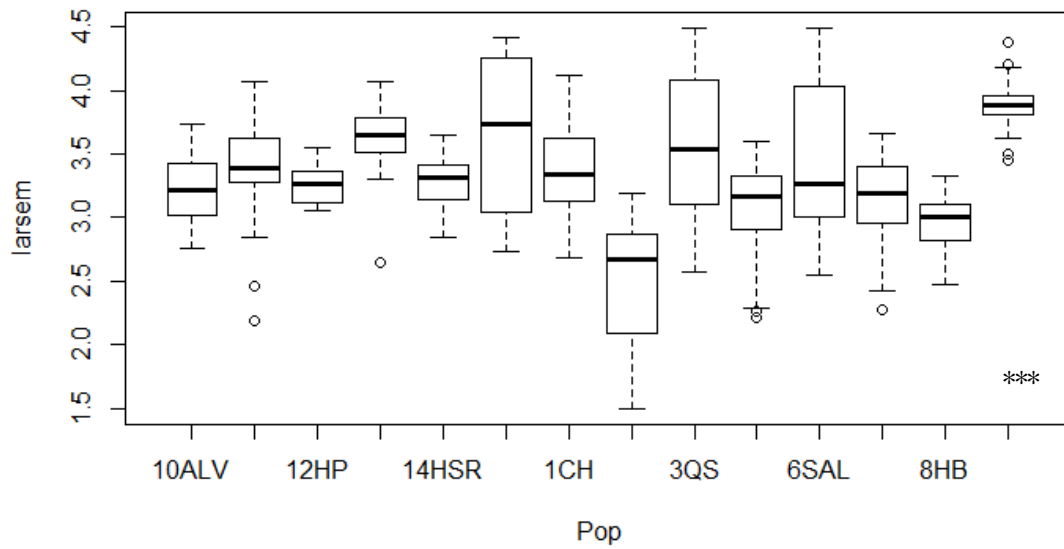


Figura 39 - Variabilidade da largura da semente por população. Legenda: larsem=largura da semente; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

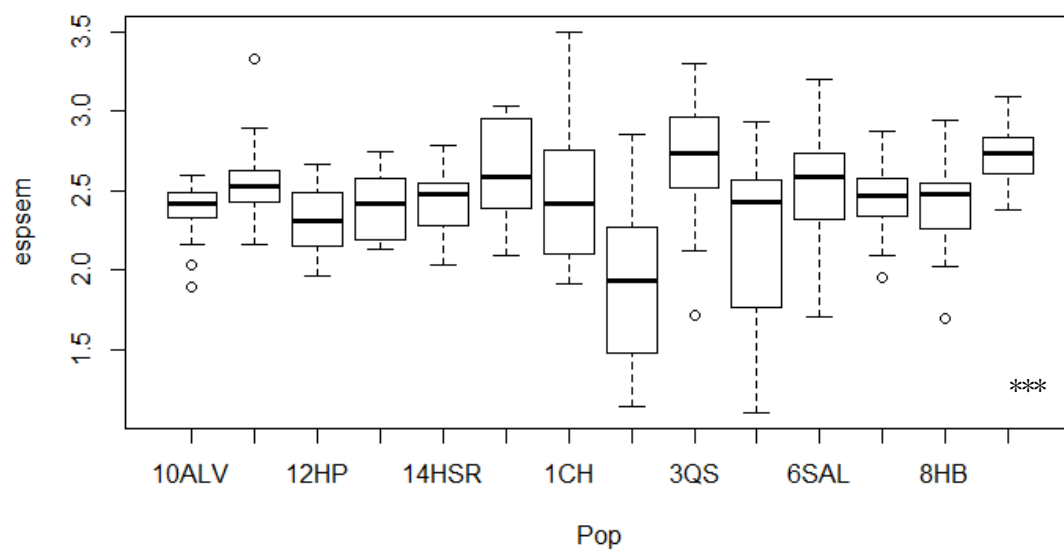


Figura 40 - Variabilidade da espessura da semente por população. Legenda: espsem=espessura da semente; ***= diferenças altamente significativas ($P < 0,001$).

- Anexo 4 – Testes de Tukey

95% family-wise confidence level

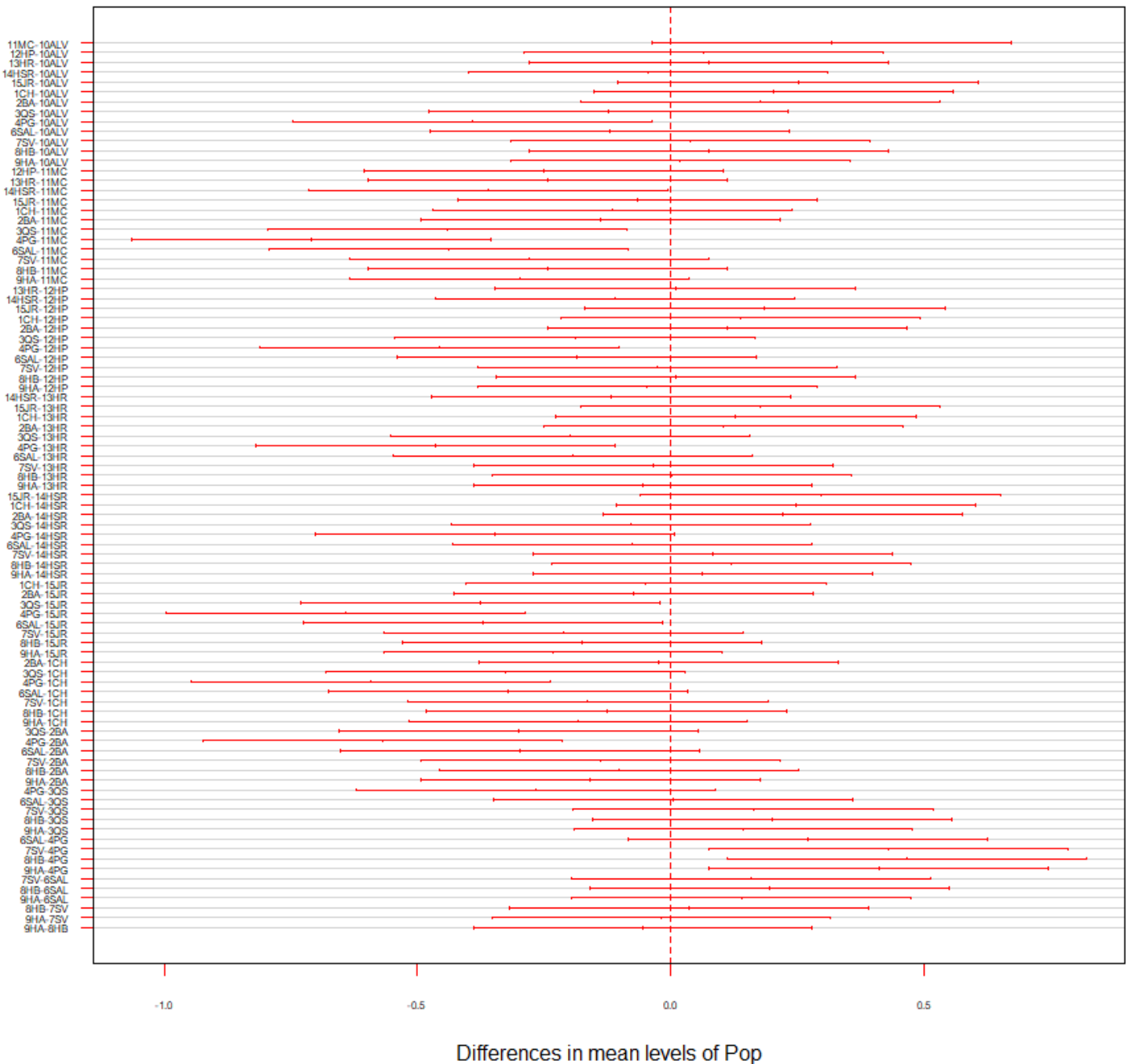


Figura 1 – Teste de Tukey para a altura. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

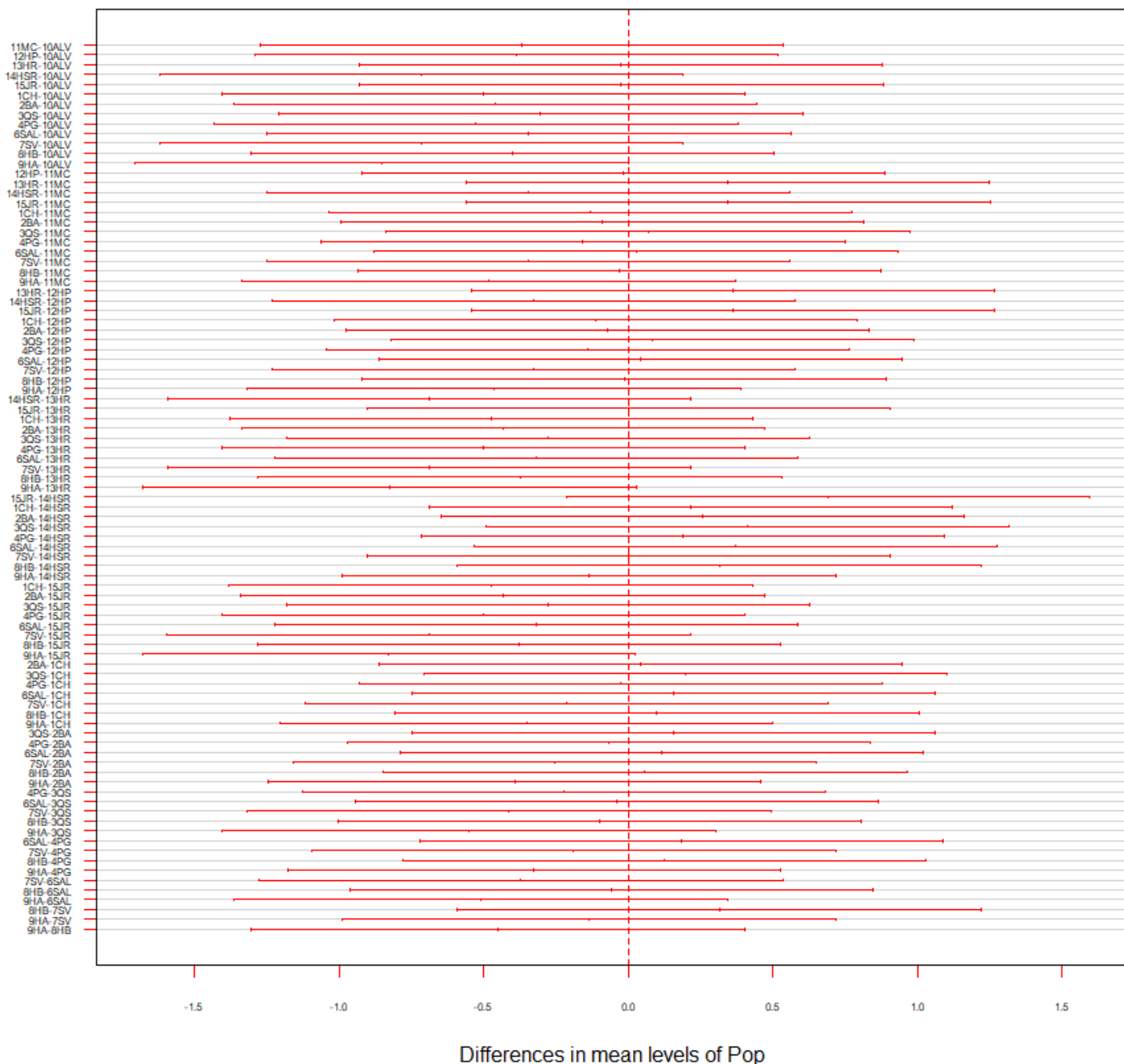


Figura 2 - Teste de Tukey para o número de rebentos. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

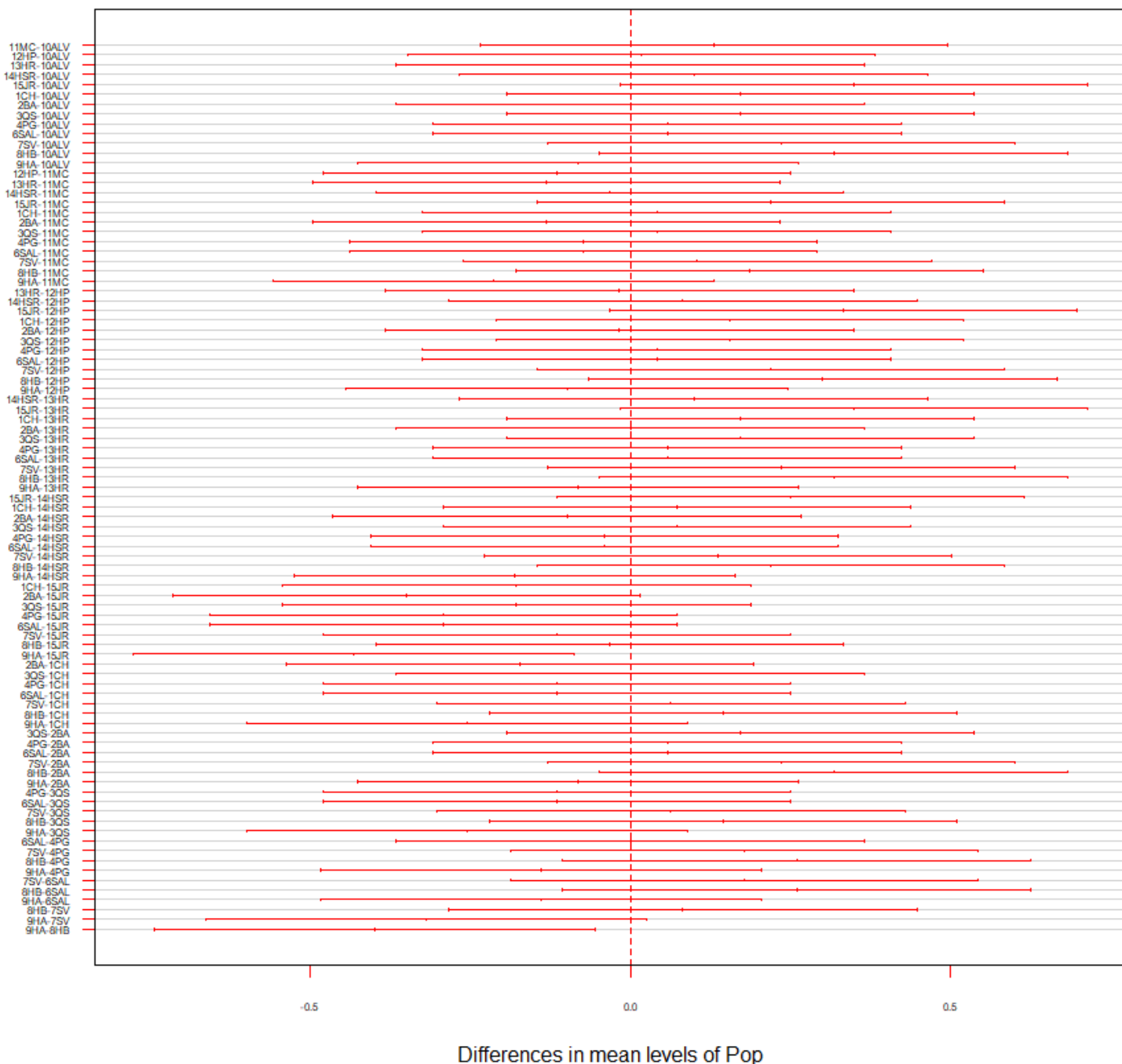


Figura 3 - Teste de Tukey para o número de ramificações florais primárias. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

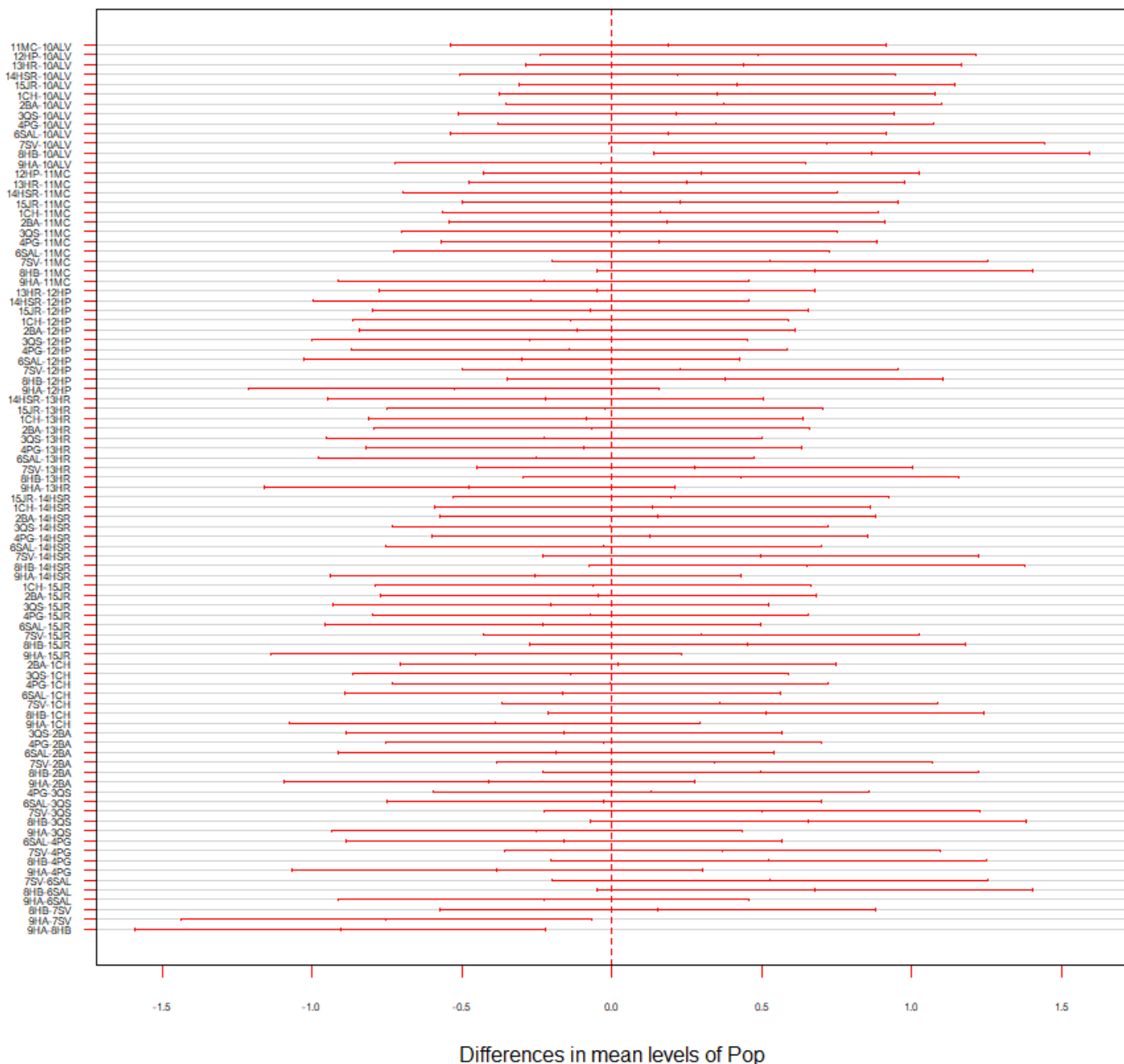


Figura 4 - Teste de Tukey para o número total de inflorescências da planta mãe. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

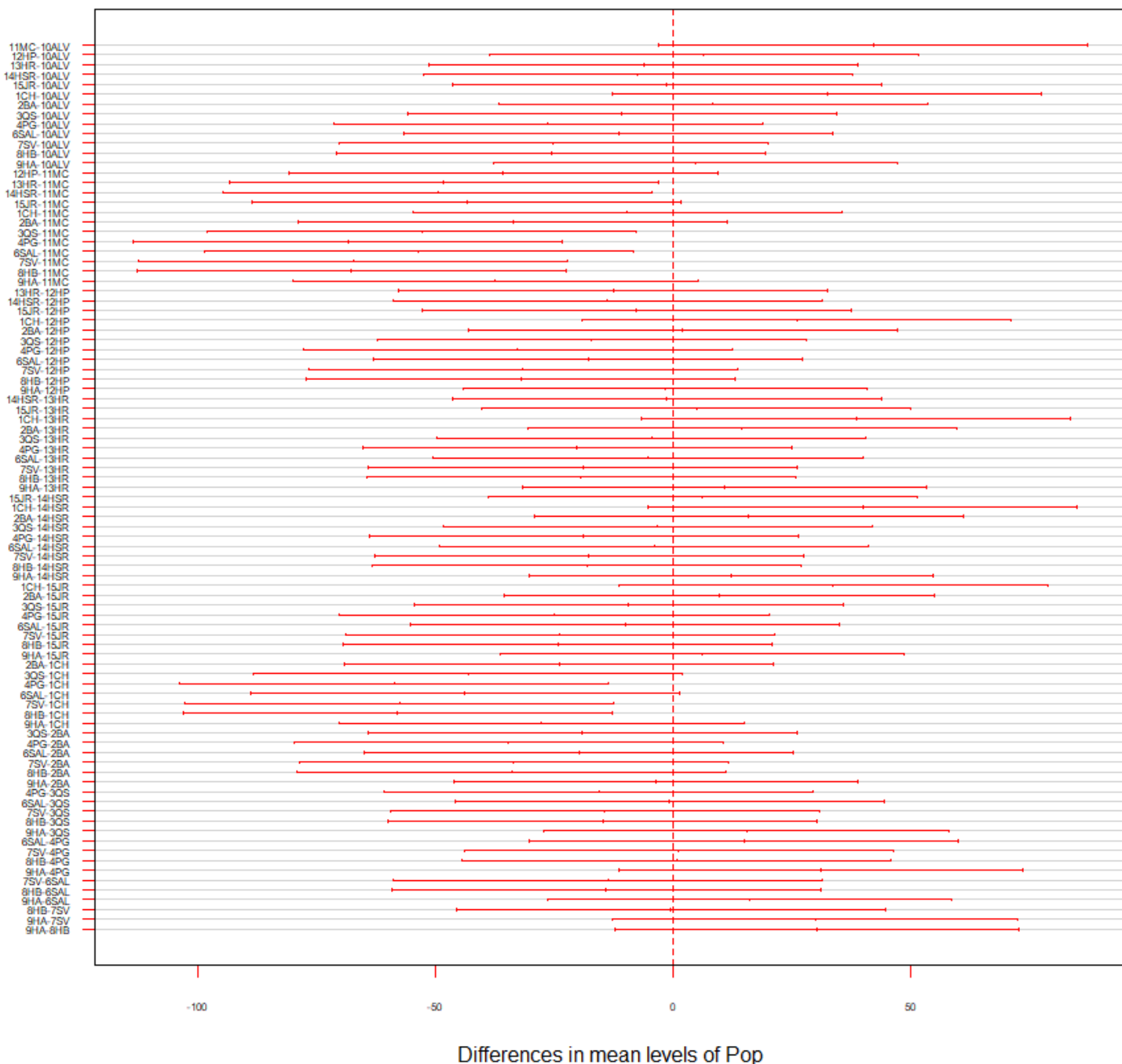


Figura 5 - Teste de Tukey para a altura da 1ª ramificação floral. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

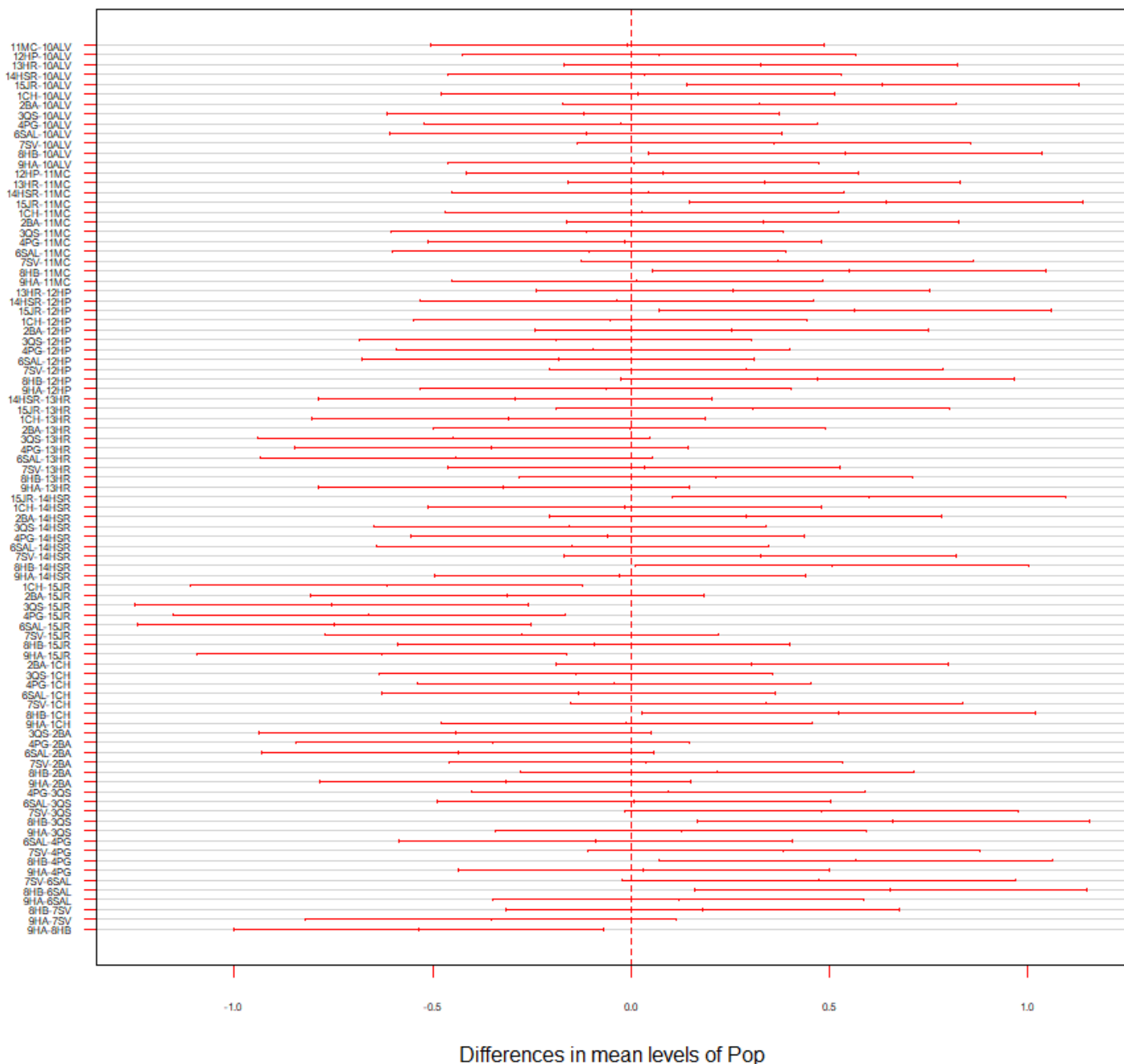


Figura 6 - Teste de Tukey para o comprimento da folha na 1ª ramificação floral. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

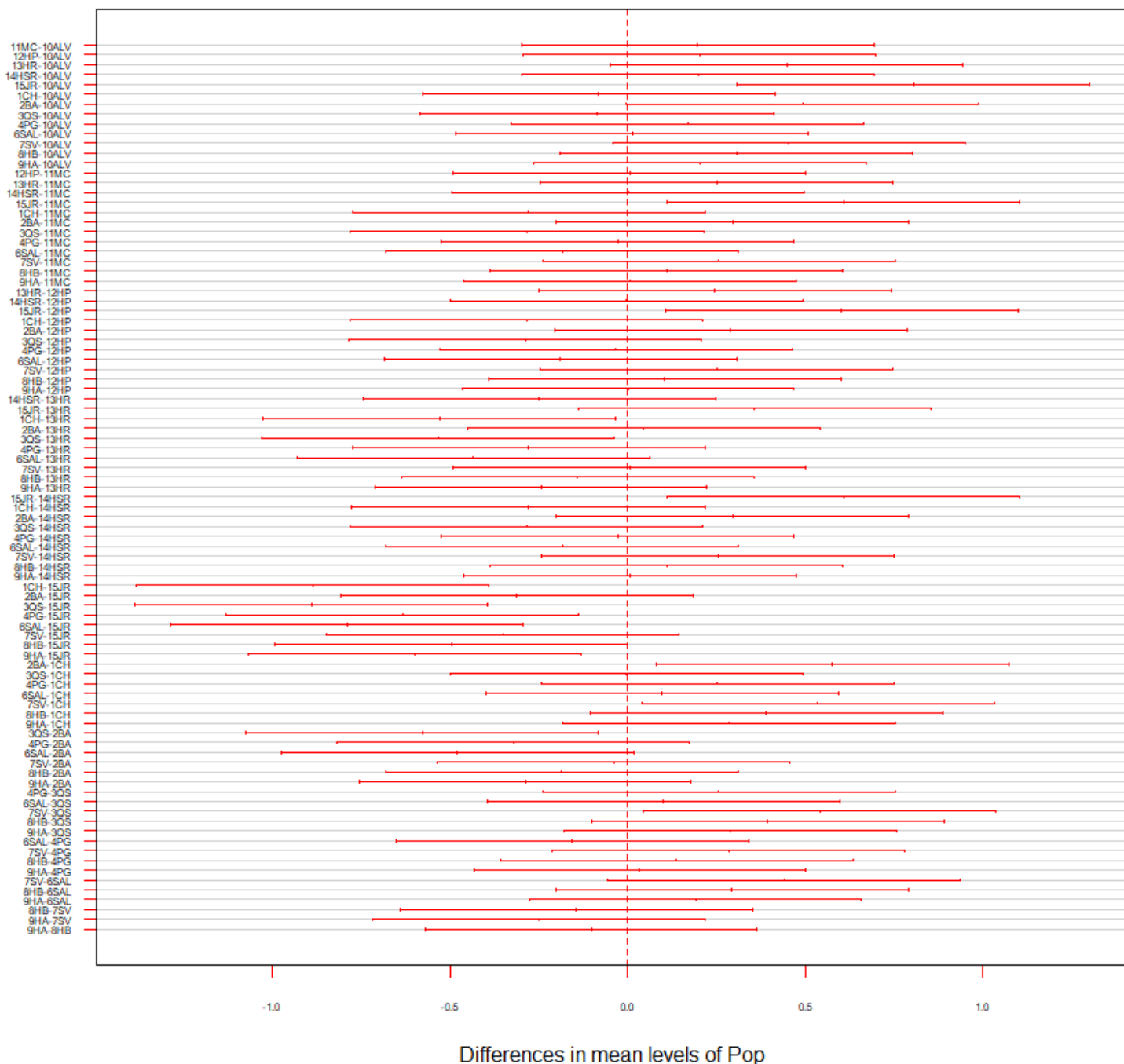


Figura 7 - Teste de Tukey para a largura da folha na 1ª ramificação floral. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

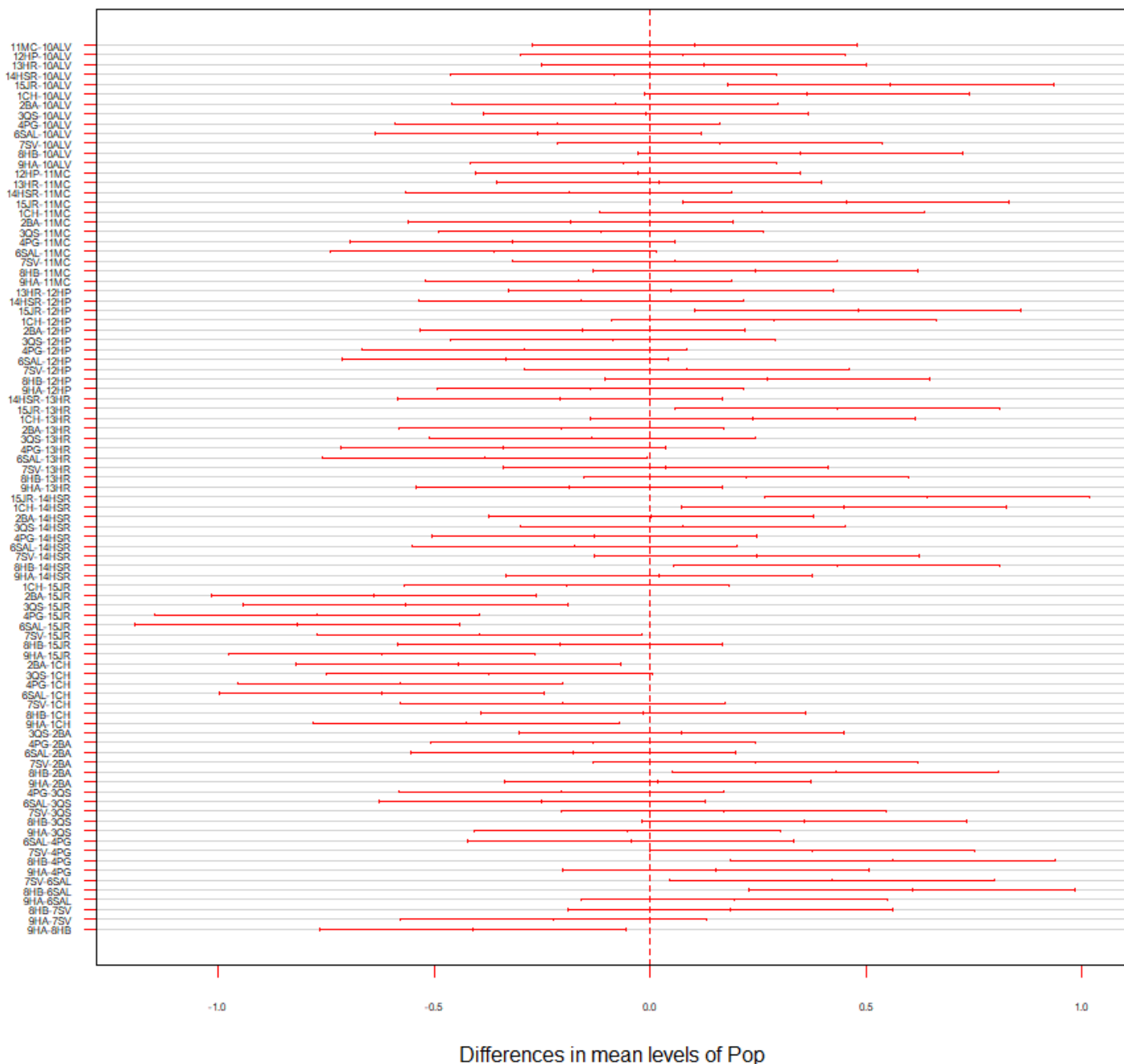


Figura 8 - Teste de Tukey para o diâmetro mínimo na base do caule. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

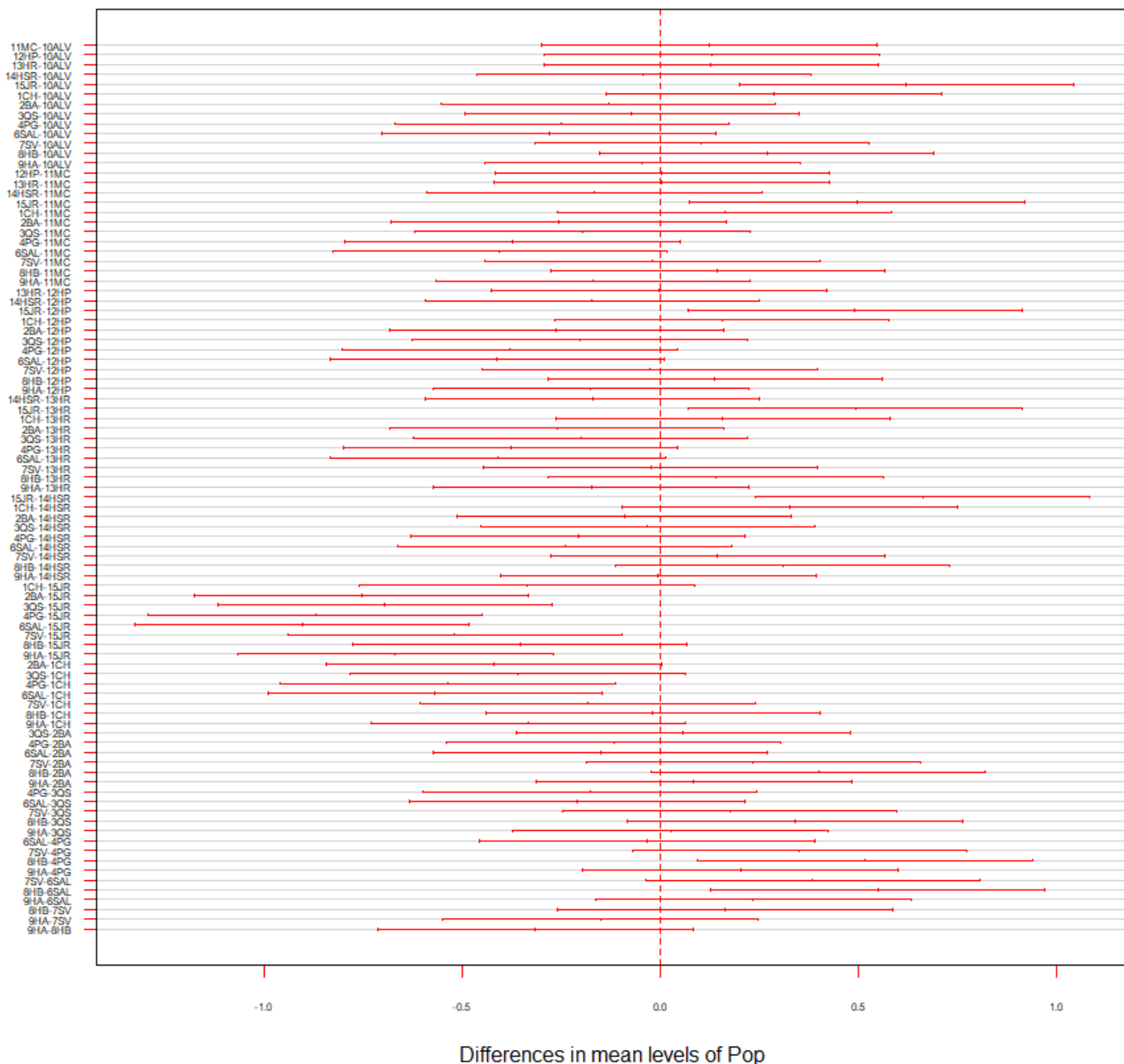


Figura 9 - Teste de Tukey para o diâmetro máximo na base do caule. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

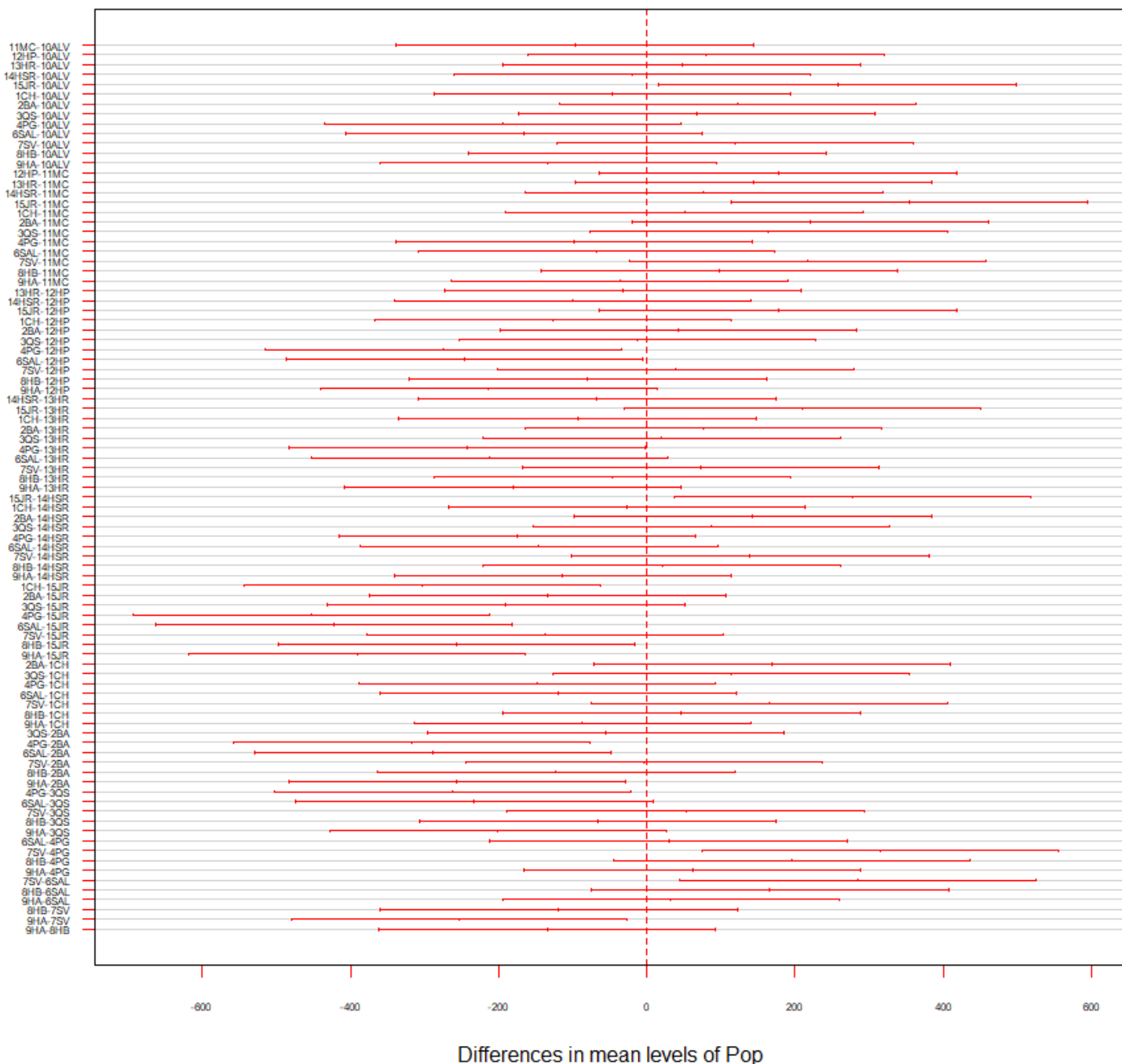


Figura 10 - Teste de Tukey para o comprimento da folha. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

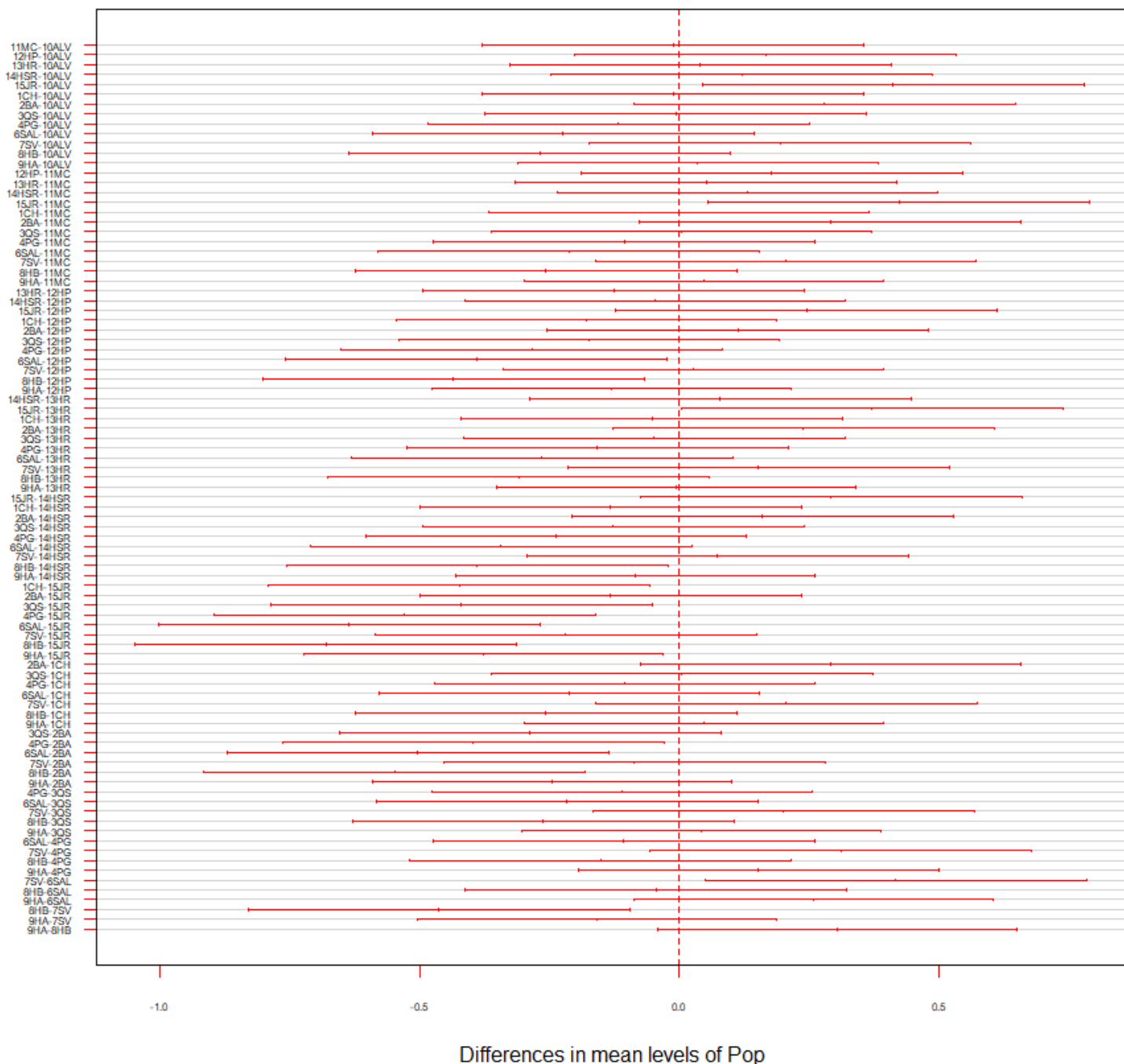


Figura 11 - Teste de Tukey para a largura da folha. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

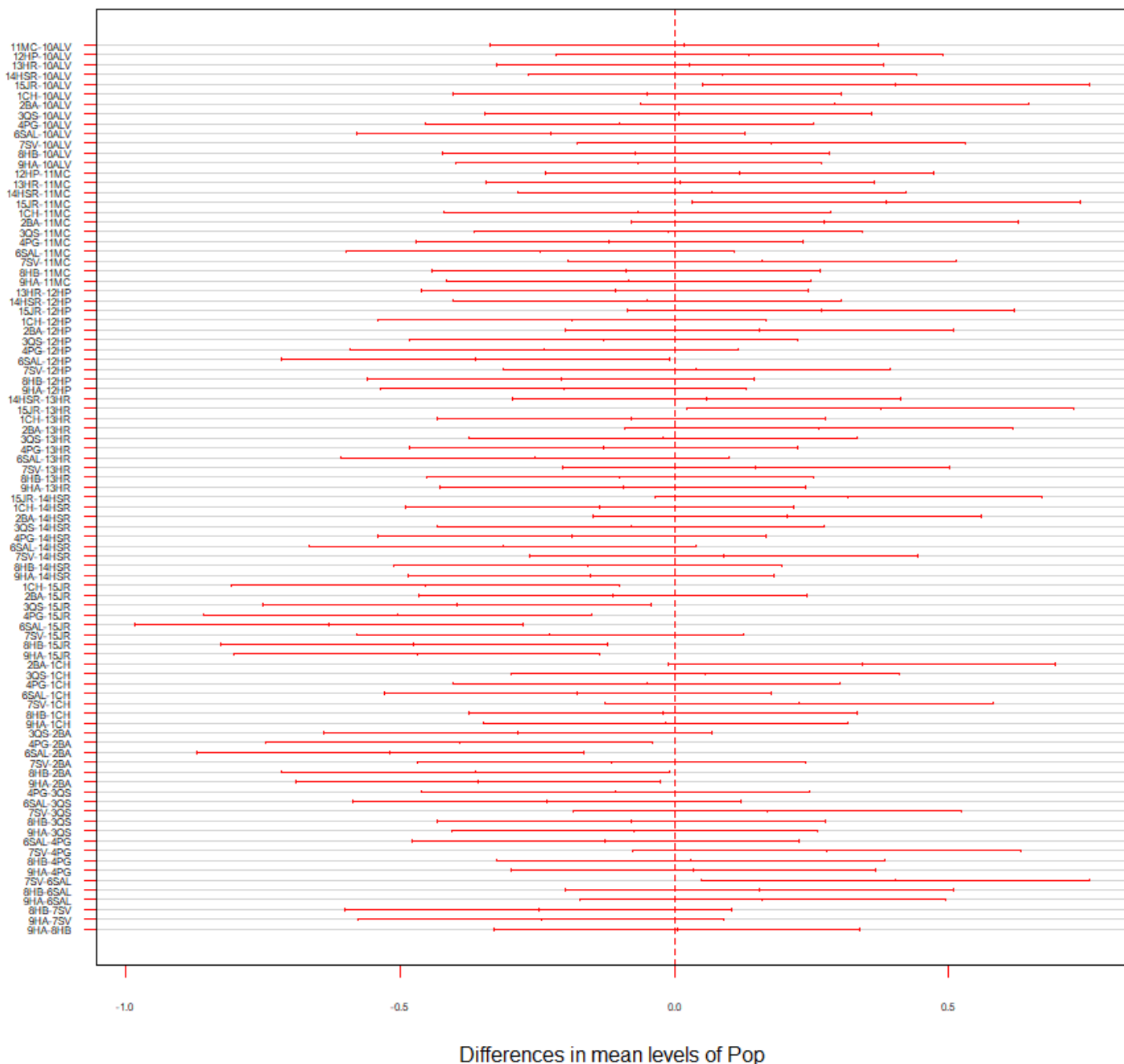


Figura 12 - Teste de Tukey para o comprimento do folíolo primário da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

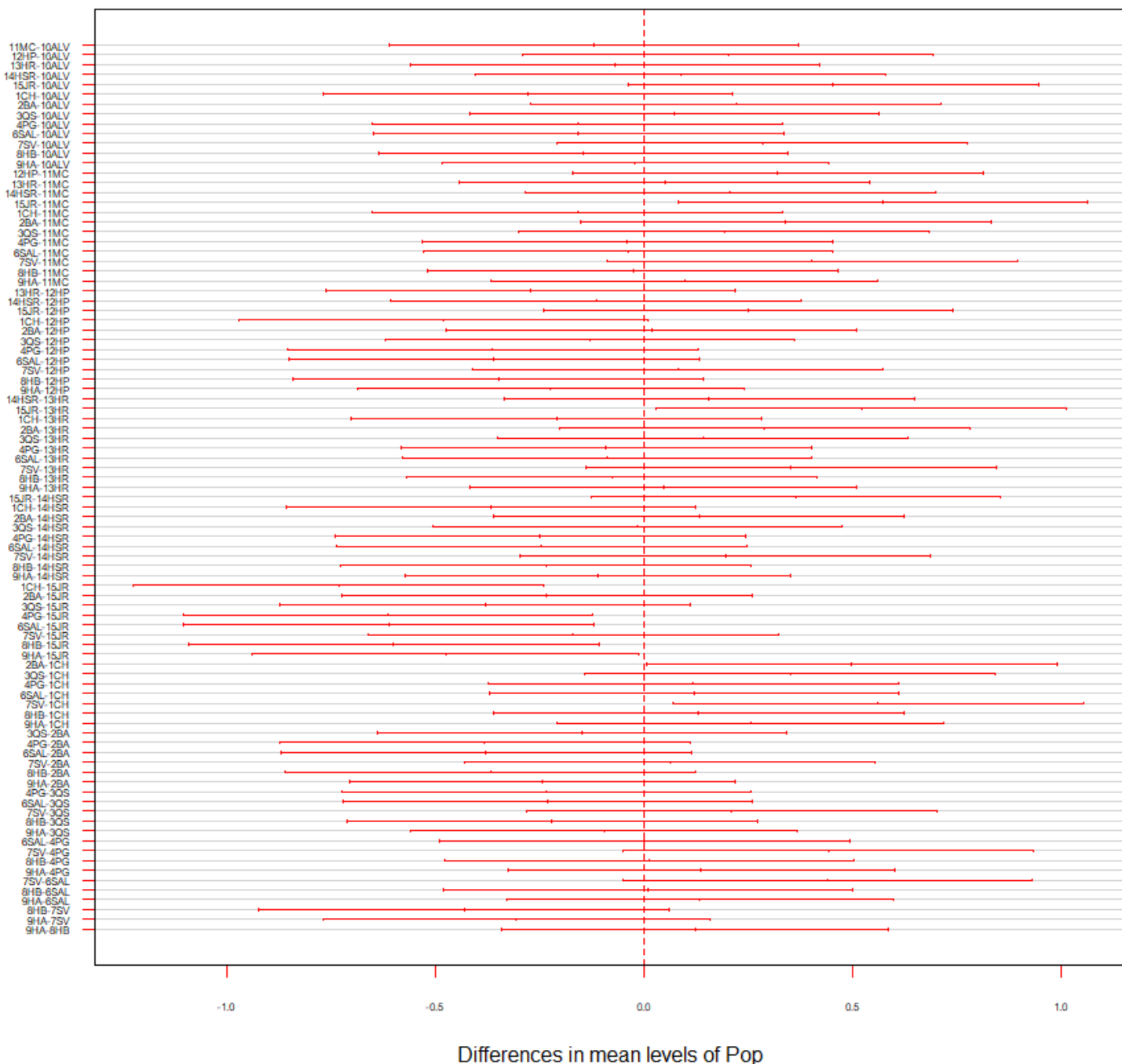


Figura 13 - Teste de Tukey para a largura do folíolo primário da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

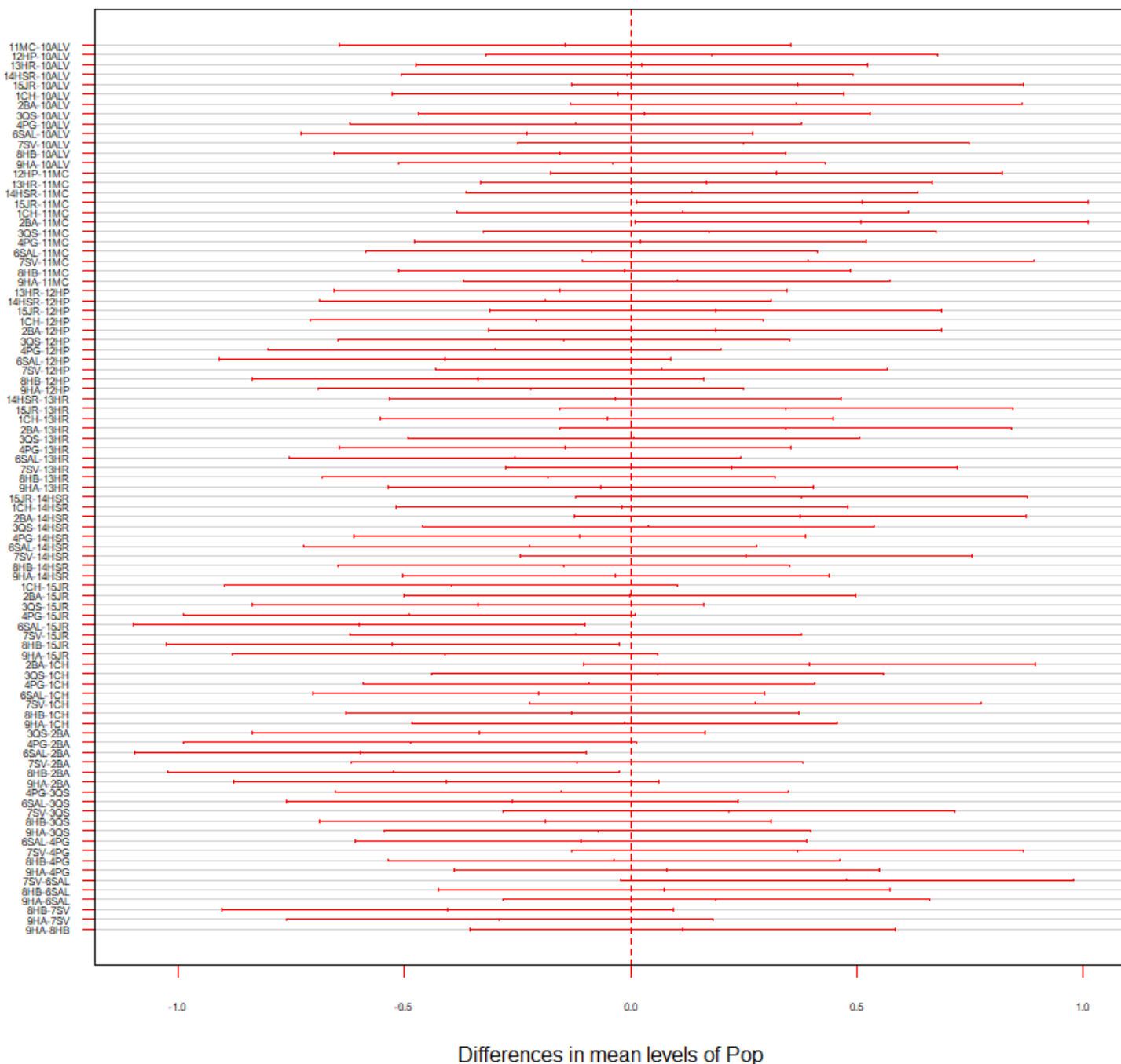


Figura 14 - Teste de Tukey para o comprimento do fólíolo secundário da folha. Legenda CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

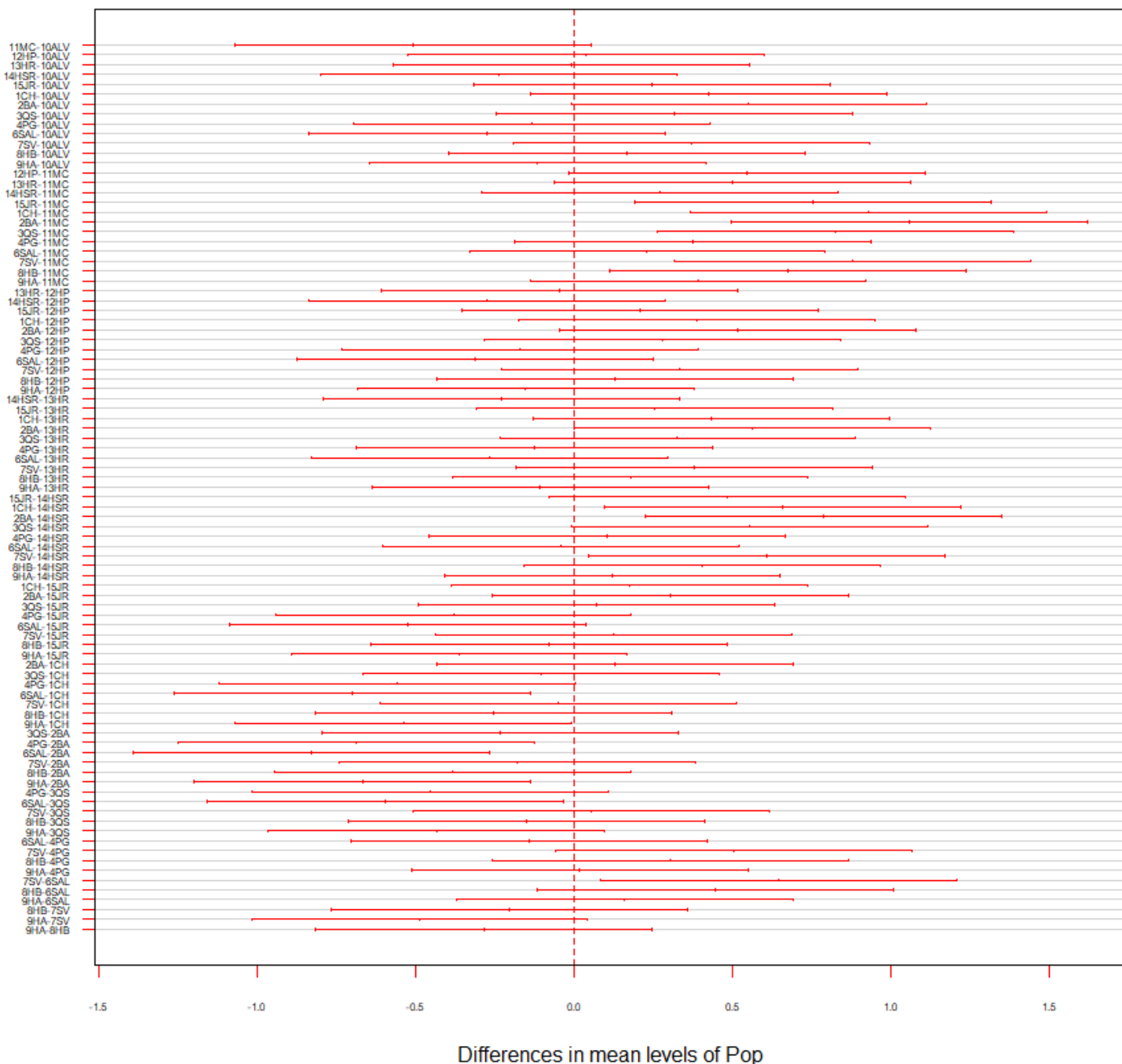


Figura 15 - Teste de Tukey para a largura do folíolo secundário da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR=Juromenha.

95% family-wise confidence level

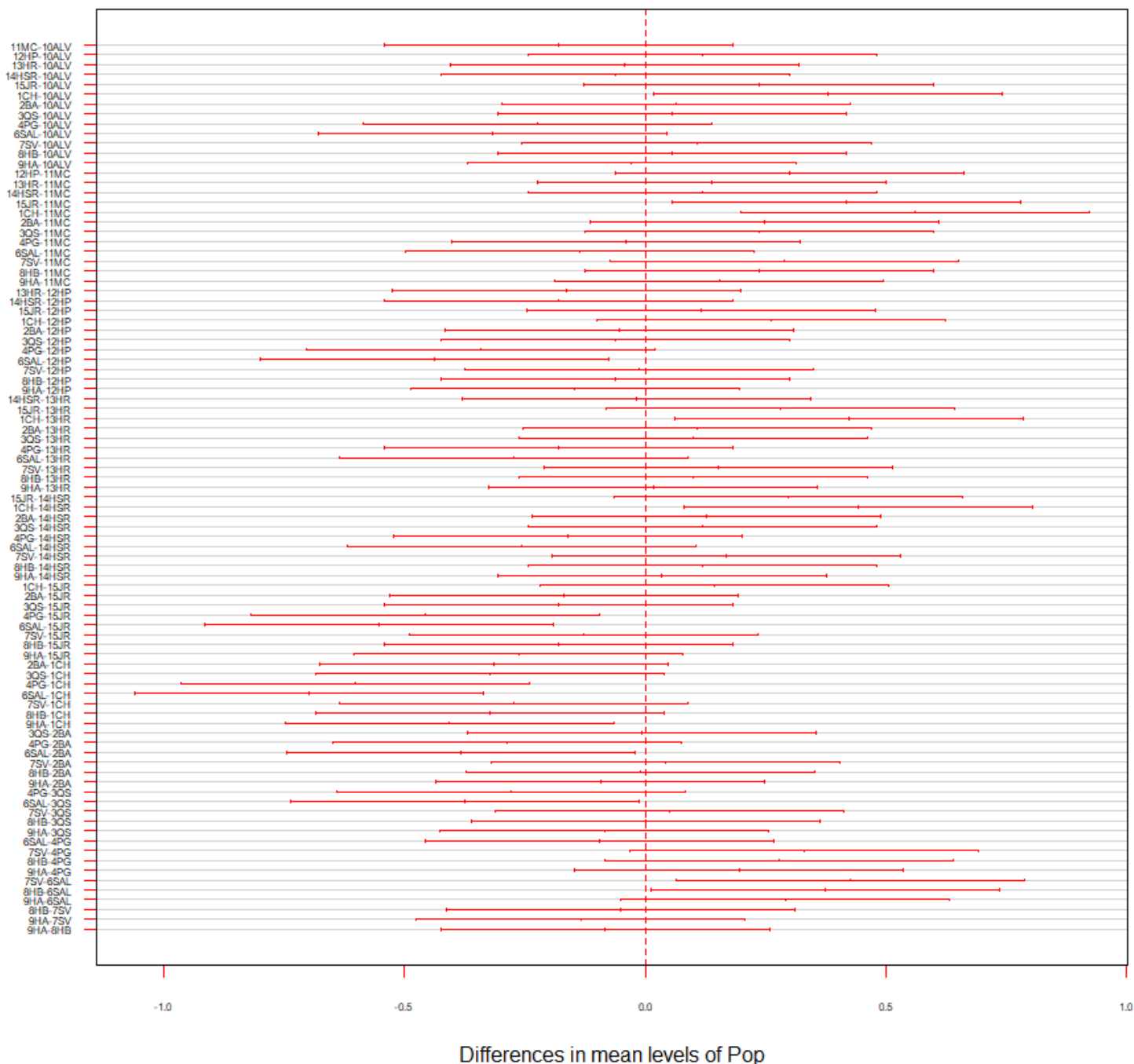


Figura 16 - Teste de Tukey para a espessura do pecíolo da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

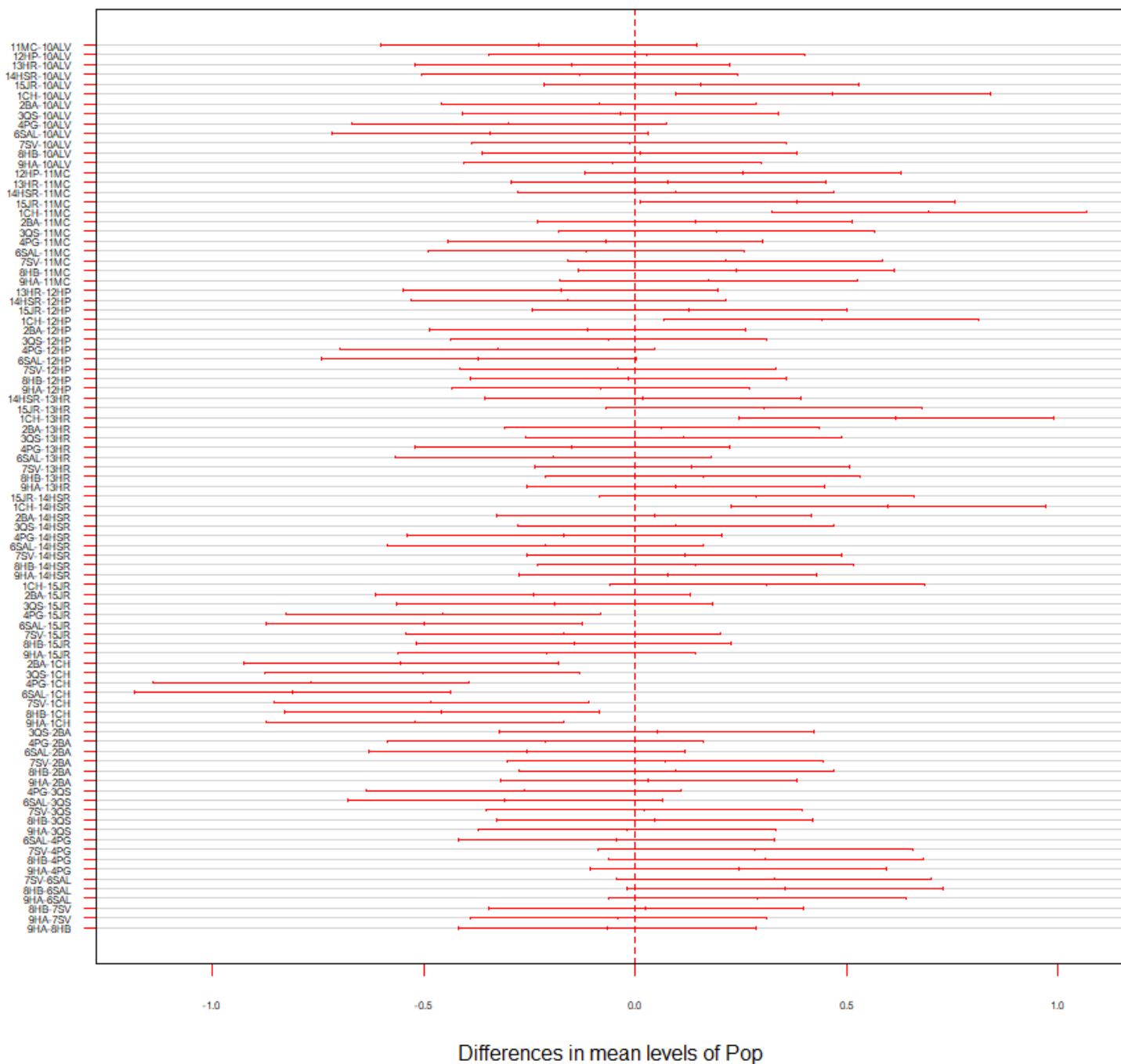


Figura 17 - Teste de Tukey para a largura do pecíolo da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

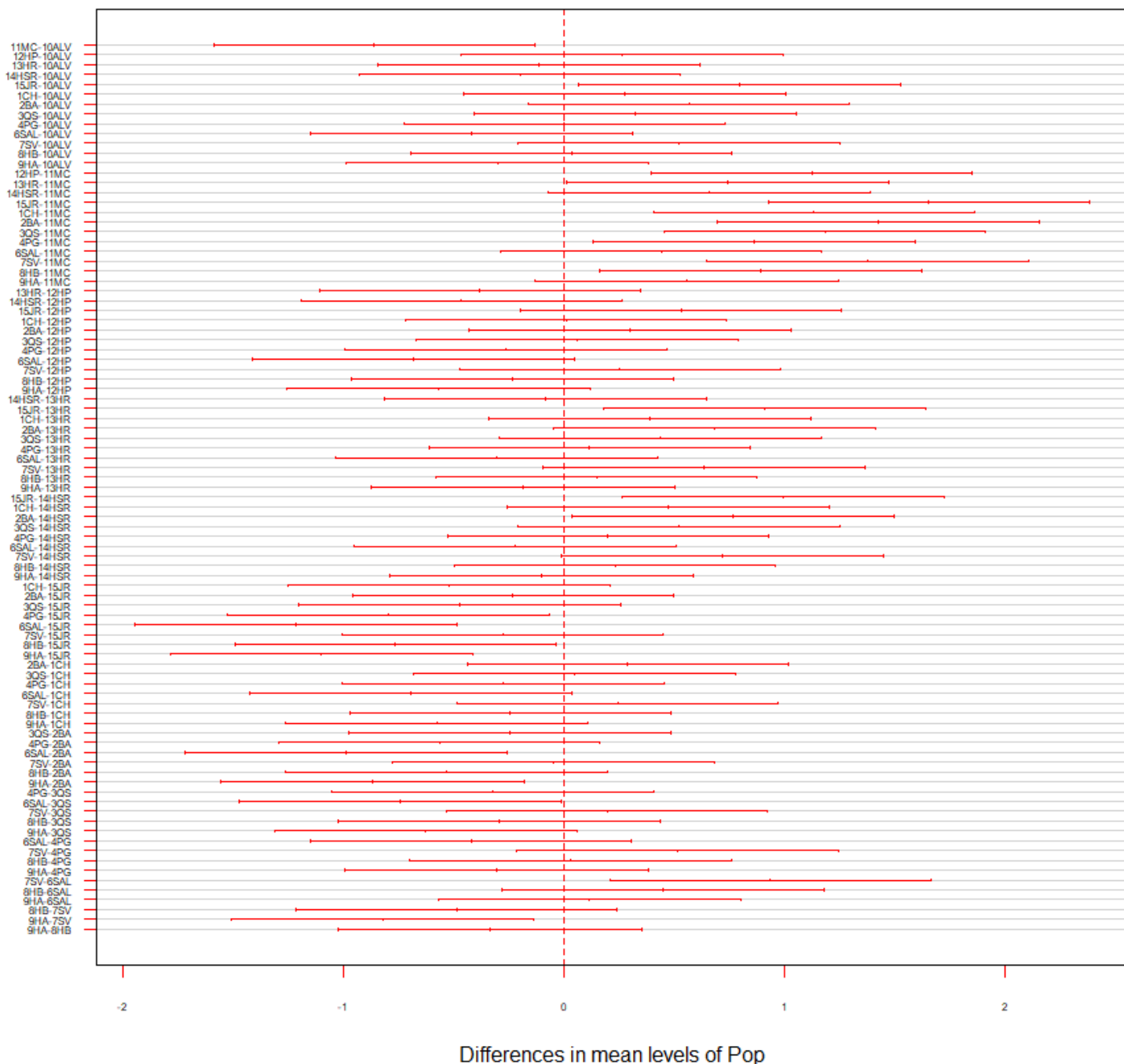


Figura 18 - Teste de Tukey para a peso fresco da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

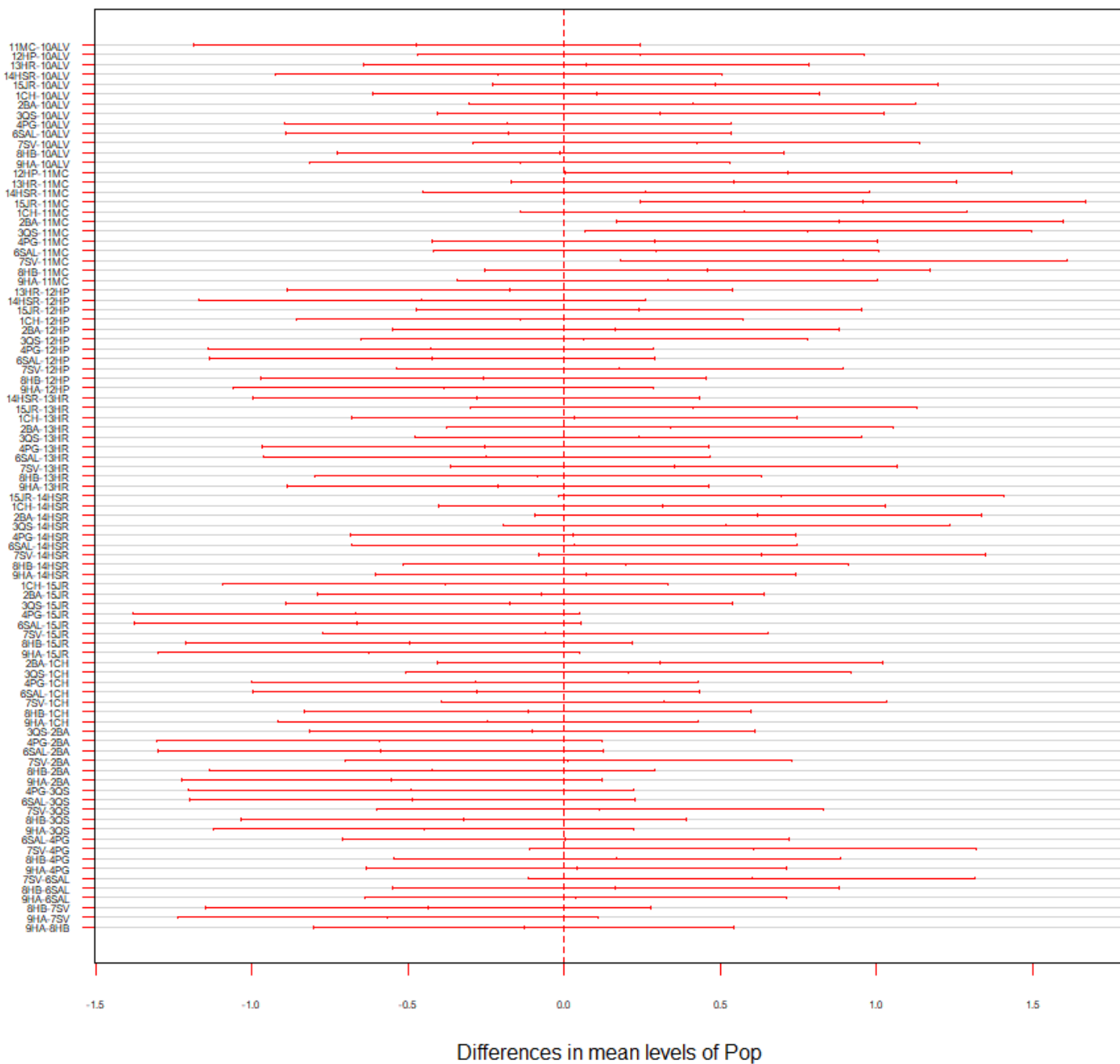


Figura 19 - Teste de Tukey para a peso seco da folha. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

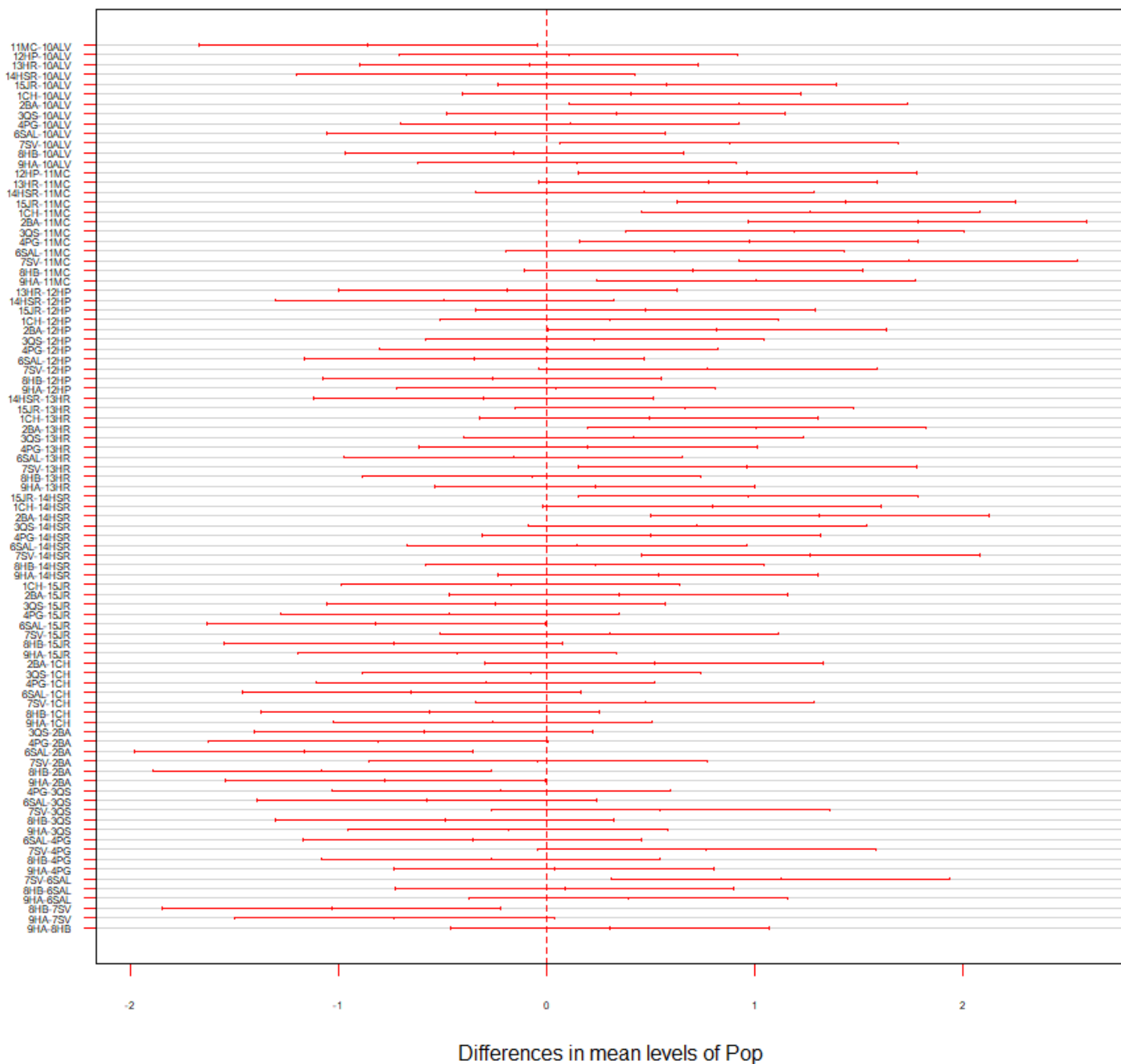


Figura 20 - Teste de Tukey para a peso fresco do folíolo. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

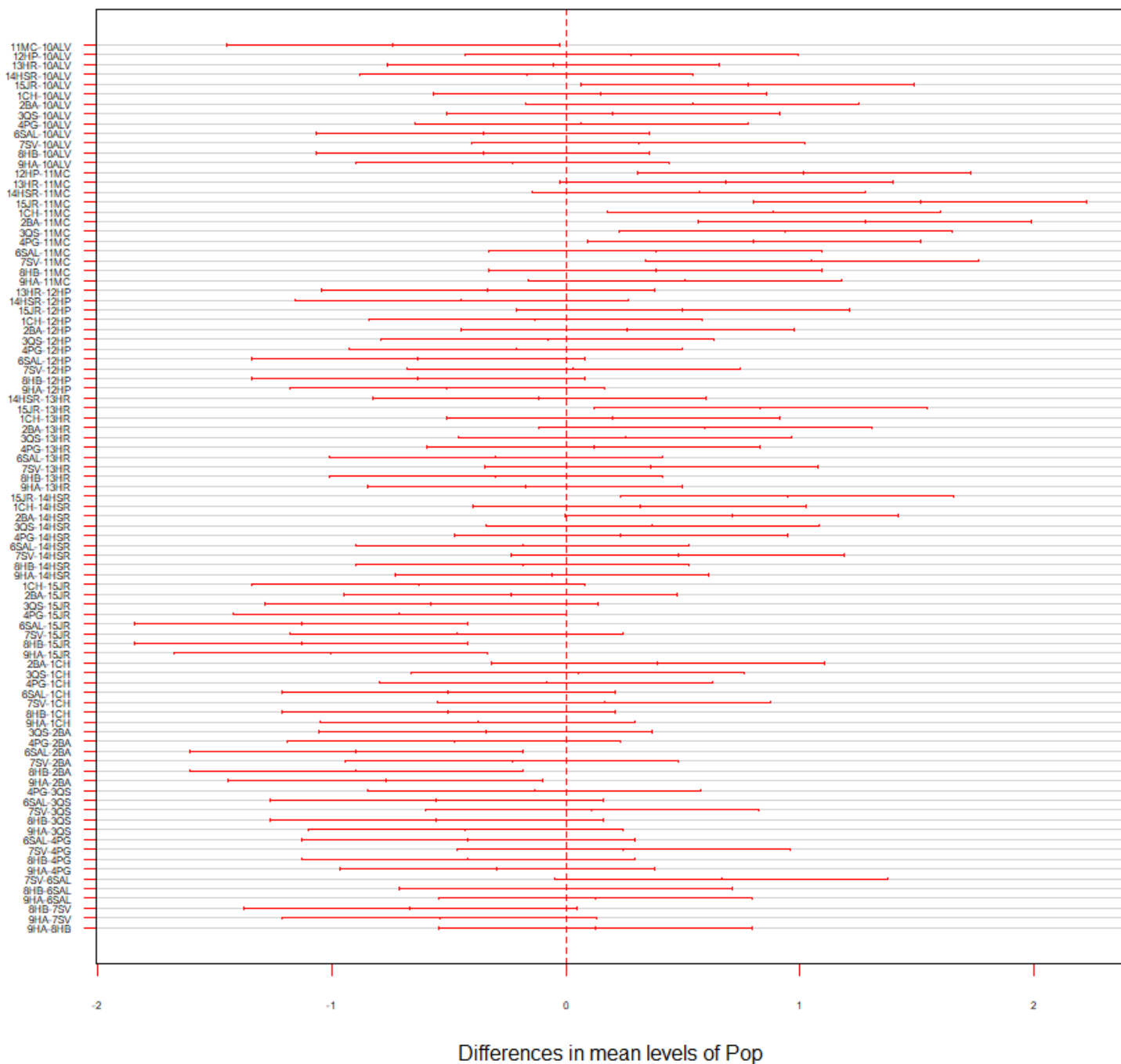


Figura 22 - Teste de Tukey para a peso fresco do limbo da folha. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

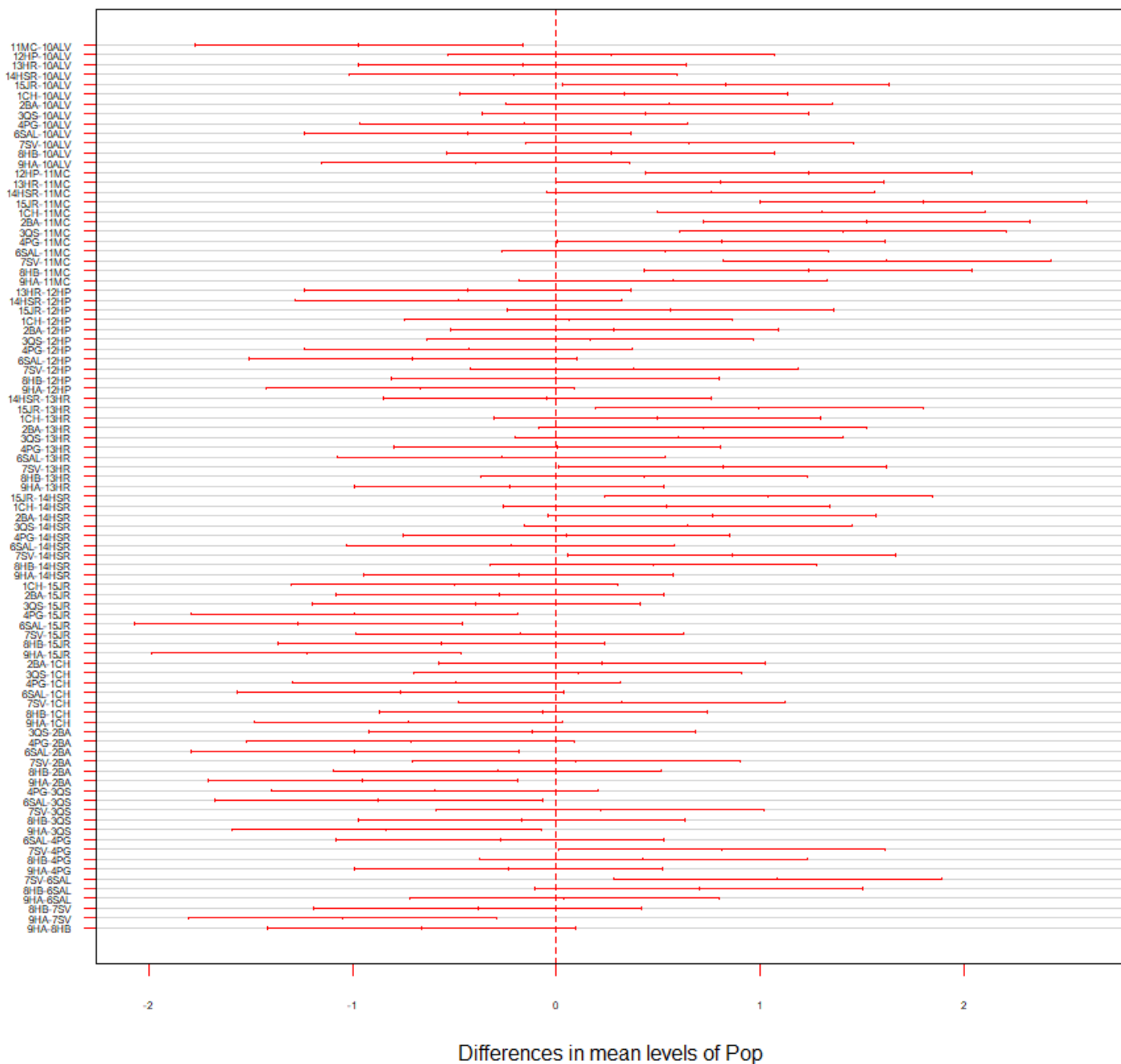


Figura 23 - Teste de Tukey para a peso fresco do pecíolo da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

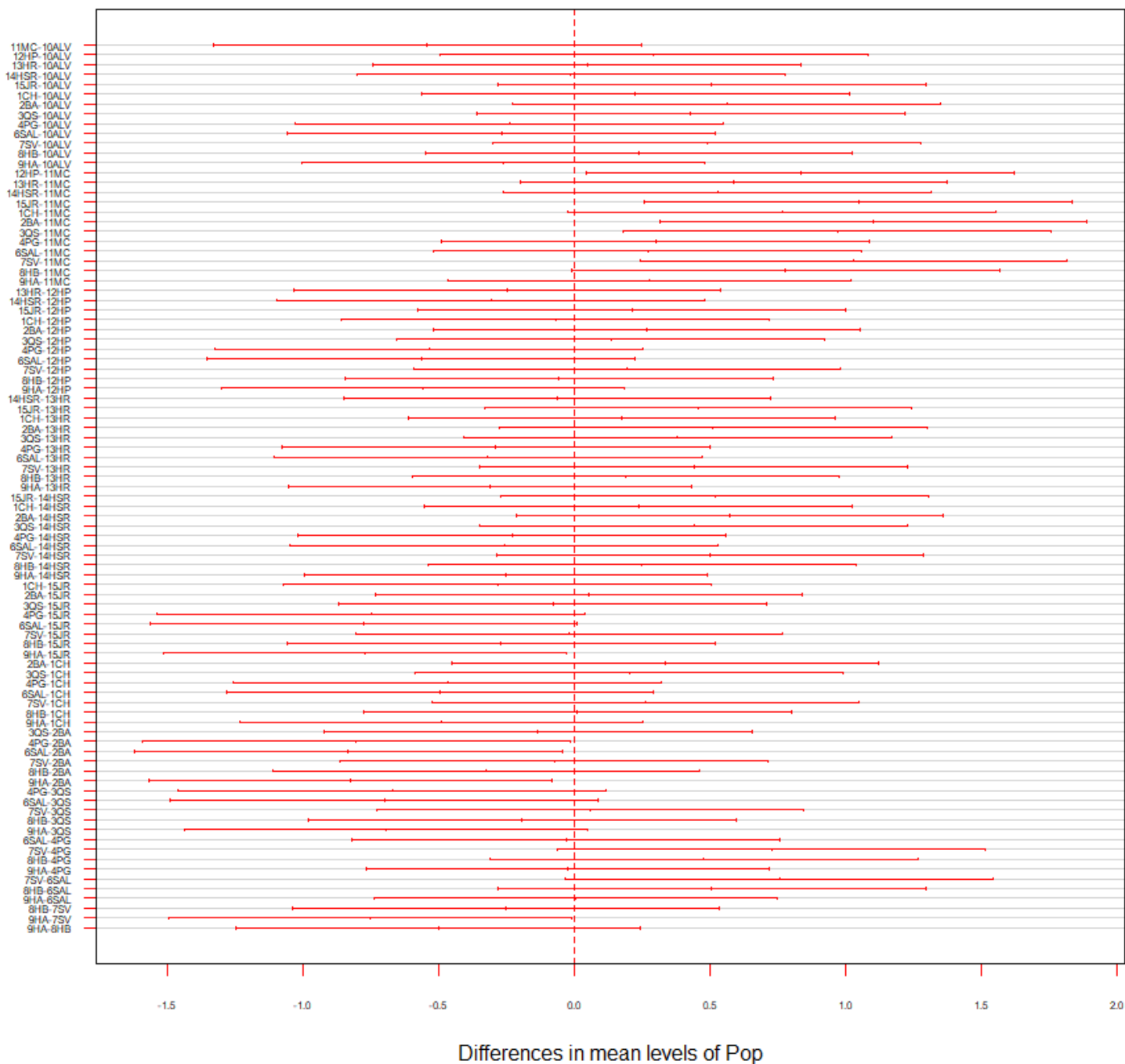


Figura 24 - Teste de Tukey para a peso seco do pecíolo da folha. Legenda: CH=Centro Hortofrutícola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.

95% family-wise confidence level

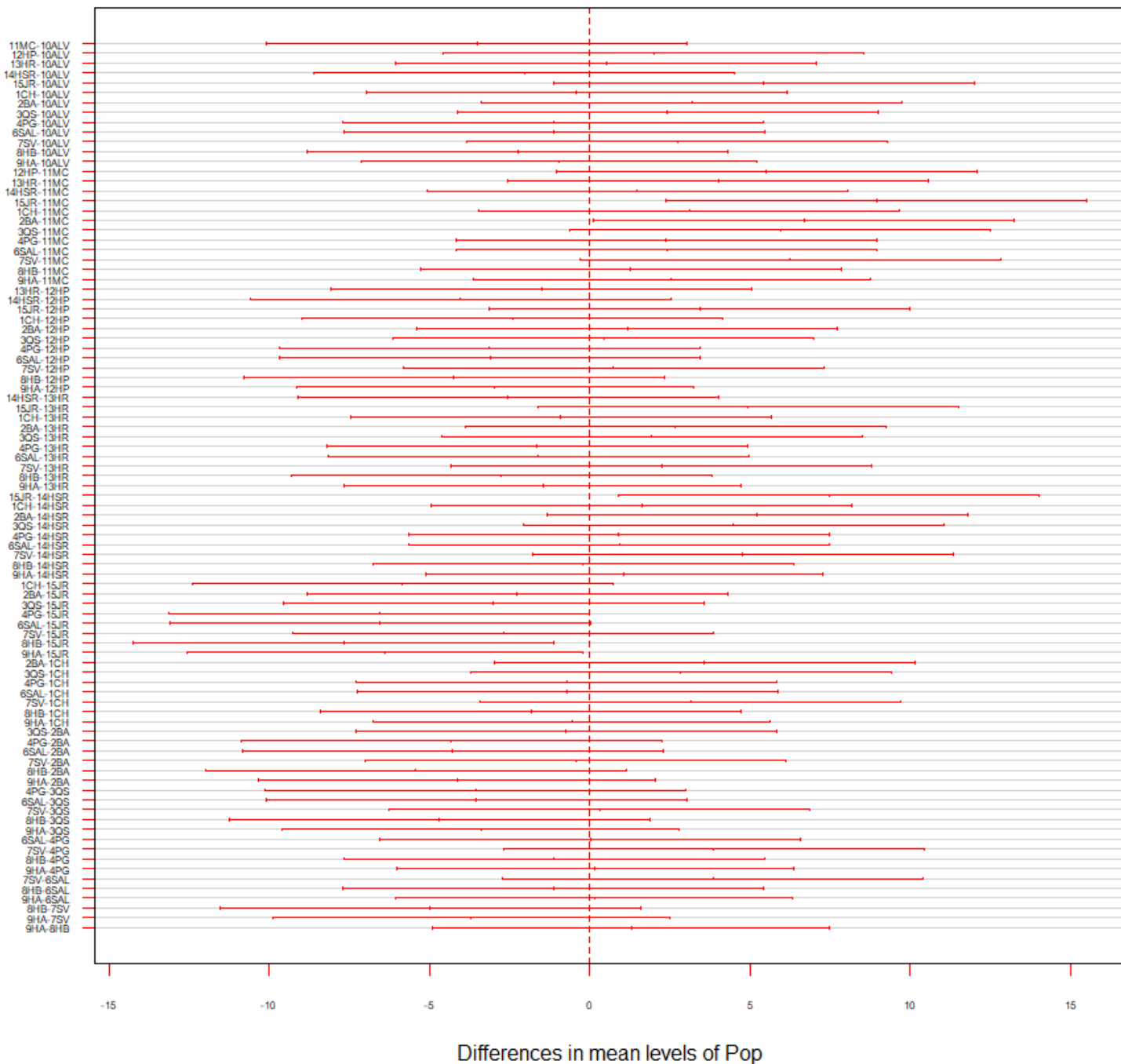


Figura 25 - Teste de Tukey para a peso seco do limbo da folha. Legenda: CH=Centro Hortofruticola; BA=Base Aérea, QS=Quinta da Saúde, PG=Penedo Gordo, SAL=Salvada, SV=Santa Vitória, HB=Herdade dos Barretos, HA=Herdade da Abobada, ALV=Alvito, MC=Monte da Chaminé, HP=Herdade do Peral, HR=Herdade da Revilheira, HSR=Herdade de São Romão, JR= Juromenha.