

ZULMA PAOLA MOLANO AVELLANEDA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE MORANGUEIRO COM
APLICAÇÃO DE PROHEXADIONE CÁLCIO (ProCa)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Leo Rufato

Coorientador: Prof. Dr. Diego Miranda Lasprilla

Lages, SC
2020

ZULMA PAOLA MOLANO AVELLANEDA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE MORANGUEIRO COM
APLICAÇÃO DE PROHEXADIONE CÁLCIO (ProCa)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca examinadora:

Orientador:

Professor Dr. Leo Rufato
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membros:

Dr. Antonio Felipe Fagherazzi
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Dr. Carine Cocco
Universidade Caxias do Sul – UCS

Lages, 17 de dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as bênçãos.

A minha mãe Myriam Avellaneda por ser um exemplo de mulher, a qual sempre apoiou e incentivou buscar meus objetivos e ser uma pessoa melhor, pelo apoio e amor incondicional durante toda a minha vida.

À meu orientador, professor Leo Rufato, pela oportunidade de realização do mestrado, pela amizade, pelo apoio, e ensinamentos repassados durante a orientação

À meu coorientador, professor Diego Miranda por toda a ajuda ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Antonio Felipe Fagherazzi, pelo auxílio prestado ao longo deste trabalho.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, pelo ensino público e de qualidade, e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, de uma maneira ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Siempre parece imposible hasta que se hace”

NELSON MANDELA

RESUMO

MOLANO, Zulma Paola. **Produção e qualidade de mudas de morangueiro com aplicação de prohexadione cálcio (ProCa)**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC. 113p. Lages, SC, 2020.

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) tem grande importância no Brasil, porém a região sul apresenta uma crescente dependência dos produtores em utilizar mudas importadas. Com o intuito de diminuir essa situação, uma das alternativas é o uso de mudas nacionais de qualidade, que sejam compactas e com altas concentrações de carboidratos. Dentre as alternativas para isto, o uso de reguladores de crescimento contribui para o desenvolvimento tanto da planta quanto dos frutos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de prohexadione cálcio (ProCa) no controle do crescimento de mudas de raiz nua e de torrão de morangueiro em duas cultivares e o comportamento produtivo após o plantio dessas mudas. O trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC) no município de Lages/SC. O experimento 1 foi realizado em mudas de tipo torrão de morangueiro cv 'Pircinque' num delineamento em blocos ao acaso composto de um fatorial 5x2, com cinco concentrações de ProCa (0, 100, 200, 300 e 400 ppm) e duas épocas de aplicação: aos 20 e 30 dias após o período de plantio do estolão para enraizamento, contendo quatro repetições com dez plantas por parcela, avaliado no ciclo 2019/20. O delineamento do estudo 2 foi em parcelas subdivididas, onde a parcela principal foram testados dois meios de produção de mudas (solo e substrato), na sub parcela duas cultivares ('Pircinque' e 'San Andreas') e na sub subparcela as mesmas concentrações do experimento 1. Foram avaliadas variáveis morfológicas das mudas e plantas, assim como características produtivas e análises pós colheita dos frutos. No experimento 1, pôde-se observar que aplicações de concentrações de ProCa a partir de 200 mg L⁻¹ diminuíram significativamente o número de estolões por planta, característica desejada pelo produtor. No experimento 2, a aplicação de ProCa diminuiu a área foliar e a altura de planta para ambas as cultivares, reduzindo o crescimento vegetativo das mudas, mas com aumento no diâmetro de coroa. As concentrações de ProCa influenciaram negativamente no número de frutos e na massa de frutos por planta, mas não em seus parâmetros de qualidade.

Palavras-chave: *Fragaria* vs. *ananassa*, Regulador vegetal, Controle de crescimento.

ABSTRACT

MOLANO, Zulma Paola. **Production and quality of strawberry seedlings with prohexadione calcium application (ProCa)**. Master degree (Master in Crop Production) –Santa Catarina State University, UDESC. 113p. Lages, SC, Brazil, 2020.

Strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch) are of great importance in Brazil, but the southern region has a growing dependence on producers to use imported seedlings. In order to reduce this situation, one of the alternatives is the use of quality national seedlings, which are compact and with high concentrations of carbohydrates. Among the alternatives for this, the use of growth regulators contributes to the development of both the plant and the fruits. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of the application of prohexadione calcium (ProCa) in the control of the growth of bare root seedlings and strawberry clod in two cultivars and the productive behavior after planting these seedlings. The work was developed at the Center for Agricultural Sciences of the University of the State of Santa Catarina (CAV-UDESC) in the municipality of Lages / SC. Experiment 1 was carried out on strawberry cv. 'Pircinque' seedlings in a randomized block design composed of a 5x2 factorial, with five concentrations of ProCa (0, 100, 200, 300 and 400 ppm) and two application times : at 20 and 30 days after the planting period for rooting, containing four replications with ten plants per plot, evaluated in the 2019/20 cycle. The design of study 2 was in subdivided plots, where the main plot was tested two means of seedling production (soil and substrate), in the sub plot two cultivars ('Pircinque' and 'San Andreas') and in the sub-plot the same experiment concentrations 1. Morphological variables of seedlings and plants were evaluated, as well as productive characteristics and post-harvest analysis of the fruits. In experiment 1, it can be seen that applications of concentrations of ProCa from 200 mg L⁻¹ significantly decreased the number of stolons per plant, a characteristic desired by the producer. In experiment 2, the application of ProCa decreased the leaf area and plant height for both cultivars, reducing the vegetative growth of the seedlings, but with an increase in the crown diameter. The concentrations of ProCa had a negative influence on the number of fruits and fruit mass per plant, but not on its quality parameters.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch., advanced selections, breeding, dissimilarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Mudanças comerciais de morangueiro do tipo torrão do cv 'Pircinque' enraizado em bandejas.....43
- Figura 2 - Detalhe do ensaio de avaliação de mudas de morangueiro com aplicação de ProCa, no ciclo 2019/2020, logo após a sua implantação. Lages, .SC, CAV-UDESC, 201981
- Figura 3 - Variações de temperaturas mínima, máxima e média mensais no período experimental (Nov 2018 – Feb 2020)..... 48
- Figura 4 - Variáveis morfológicas de mudas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha. a) Número de folhas por planta e b) Área foliar em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.....50
- Figura 5 - Diâmetro de coroa de mudas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha, em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.....53
- Figura 6 - Variáveis morfológicas das mudas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha. a) Altura de planta e b) diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT..... 54
- Figura 7 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 6, floração. a) Número de folhas por planta e b) área foliar em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.....55
- Figura 8 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 6, floração a) Altura de planta e b) diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.....57
- Figura 9 - Número de estruturas reprodutivas (flores abertas, fechadas e frutos imaturos) de morangueiro cv 'Pircinque' no estado 6, floração, em função das concentrações de ProCa aos 20 (a) e 30 DAT (b).....59
- Figura 10 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 8, maturação do fruto a) Número de folhas por planta, b) área foliar e c) altura de planta em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.61
- Figura 11 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 8, a) Número de coroas por planta e b) diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.....62
- Figura 12 -Variáveis morfológicas das plantas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 8, a) Número de estolões e b) comprimento de estolões em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.64

- Figura 13 - Massa fresca (MF) e seca (MS) de folhas, coroa e raiz de morangueiro cv Pircinque no estado 8, maturação da fruta, em função das concentrações de ProCa aos 20 (A) e 30 DAT (B).....66
- Figura 14 - Parâmetros de produção. a) Número de frutos totais e b) comerciais por planta do morangueiro cv 'Pircinque' em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.....68
- Figura 15 - Parâmetros de produção. a) Produção total, b) Produção comercial e c) Massa média em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.....71
- Figura 16 - Parâmetros de qualidade. a) Sólidos solúveis, b) Acidez titulável, c) Relação sólidos solúveis / acidez titulável e d) Firmeza dos frutos de morango cv 'Pircinque' em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.76
- Figura 17 - Detalhe do campo de produção de mudas com raiz nua dos cultivares 'Pircinque' e San Andreas' a partir de plantas matrizes. Lages, SC, CAV-UDESC, 2018.....
- Figura 18 - Variáveis morfológicas de mudas de morangueiro cv 'Pircinque' e 'San Anreas' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha. a) Número de folhas por planta, b) Altura de planta e c) Diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de estruturas reprodutivas (flores abertas, fechadas e frutos imaturos) de morangueiro cv 'Pircinque' no estado 6, floração, em função das concentrações de ProCa aos 20 e 30 DAT.....	58
Tabela 2 - Massa fresca (MF) e seca (MS) de folhas, coroa e raiz de morangueiro cv 'Pircinque' no estado 8, maturação da fruta, em função das concentrações de ProCa aos 20 e 30 DAT.....	4365

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1 - Estádios de crescimento fenológico e chaves de identificação BBCH de morangueiro..... 107
- ANEXO 2 - Variáveis morfológicas de mudas e plantas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1,6 e 8 (E1, E6, E8) em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT..... 108
- ANEXO 3 - Variáveis de produção de morangueiro e de qualidade físicoquímica dos frutos da cv 'Pircinque' em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.....109
- ANEXO 4 - Variáveis morfológicas de mudas e plantas de morangueiro cv 'Pircinque' e 'San Andreas' no estágio principal 1 e 8 (E1, E8) em função das concentrações de ProCa e o meio de cultivo produzidas.....110
- ANEXO 5 - Variáveis de produção de morangueiro e de qualidade físicoquímica dos frutos das cvs 'Pircinque' e 'San Andreas' em função das concentrações de ProCa aplicada e o meio de cultivo produzidas.....112

LISTA DE ABREVIATURAS

Abr	Abril
AF	Área foliar
Ago	Agosto
AP	Altura de planta
AT	Acidez titulavel
BBCH	"Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemische Industrie"
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
CE	Comprimento de estolões
DAA	Dias após aplicação
DAT	Dias após transplante
DC	Diâmetro de coroa
Dez	Dezembro
E	Estádio
F	Firmeza
FA	Flores abertas
FF	Flores fechadas
FI	Frutos imaturos
Fev	Fevereiro
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Jan	Janeiro
Jul	Julho
Jun	Junho
Mai	Mai
Mar	Março
MF	Massa fresca
MFF	Massa fresca de folhas
MFC	Massa fresca de coroa
MFR	Massa fresca de raiz
MSC	Massa seca de coroa
MSF	Massa seca de folhas
MSR	Massa seca de raiz
MS	Massa seca
MMF	Massa média de frutos
NC	Numero de coroas
NF	Numero de folhas
DC	Diâmetro de coroa
NER	Numero de estruturas reprodutivas
NE	Numero de estolões
NF	Numero de folhas
NFC	Numero de frutos comerciais
NFT	Numero de frutos totais
Nov	Novembro
Out	Outubro
PT	Produção total
PC	Produção comercial

PIR	'Pircinque'
ProCa	Prohexadione Cálcio
RATIO	Relação sólidos solúveis / acidez titulável
SA	'San Andreas'
Set	Setembro
SS	Sólidos solúveis
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
cm	Centímetro
°C	Graus celsius
g	Gramas
mL	Mililitro
Cfb	Clima temperado quente com verão ameno
mm	Milímetro
m	Metro
g planta ⁻¹	Gramas por planta
L	Litro
N	Newtons
frutos planta ⁻¹	Frutos por planta
g fruto ⁻¹	Gramas por fruto
° Brix	Graus brix

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	288
1.1	OBJETIVOS	299
1.1.1	Objetivo Geral.....	299
1.2.2	Objetivos Específicos	299
1.2	HIPÓTESES	3030
1.3	JUSTIFICATIVA.....	3030
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	311
2.1	IMPORTANCIA ECONOMICA.....	31
2.2	ORIGEM E DESCRIÇÃO BOTÂNICA.....	311
2.3	FISIOLOGIA DO MORANGUEIRO.....	32
2.4	CULTIVARES UTILIZADOS.....	33
2.4.1	‘SAN ANDREAS’	333
2.4.2	‘PIRCINQUE’	344
2.5	PROPAGAÇÃO DO MORANGUEIRO	345
2.5.1	Qualidade da muda.....	366
2.6	USO DE REGULADORES VEGETAIS	377
2.6.1	Prohexadiona de Cálcio (ProCa)	388
3	CAPITULO I: APLICAÇÃO DE ProCa EM MUDAS DE TIPO TORRÃO	40
3.1	RESUMO.....	40
3.2	ABSTRACT.....	41
3.3	INTRODUCAO.....	42
3.4	MATERIAL E METODOS.....	43
3.4.1	LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	43
3.4.2	VARIÁVEIS ANALISADAS	45
3.4.2.1	Variáveis morfológicas	455
3.4.2.2	Variáveis de produção.....	466
3.4.2.3	Variáveis de qualidade	466
3.4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.5.1	Avaliação inicial das mudas de torrão prévio ao transplante ao campo,	

estádio principal 1, desenvolvimento da folha	49
3.5.1.1 Numero de folhas e area foliar	49
3.5.1.2 Altura de planta	50
3.5.1.3 Diametro de coroa.....	51
3.5.2 Avaliação na fase reprodutiva no estágio principal 6, floração	
.....	54
3.5.2.1 Numero de folhas e area foliar	54
3.5.2.2 Altura de planta	56
3.5.2.3 Diametro de coroa.....	56
3.5.2.4 Número de flores e frutos imaturos	57
3.5.3 Avaliação final no estágio 8, maturação do fruto	59
3.5.3.1 Numero de folhas e area foliar	59
3.5.3.2 Altura de planta	60
3.5.3.3 Número e diâmetro de coroa.....	61
3.5.3.4 Número e diâmetro de estolões	63
3.5.3.5 Particao de massa fresca e seca.....	64
3.5.4 Produção e qualidade fisicoquimica de morango cv ‘Pircinque’	
.....	66
3.5.4.1 Numero de frutos.....	66
3.5.4.2 Produção.....	68
3.5.4.3 Massa média dos frutos.....	69
3.5.4.4 Parâmetros de qualidade.....	71
3.5.4.4.1 Sólidos solúveis (SS)	71
3.5.4.4.2 Acidez titulável (AT)	73
3.5.4.4.3 Ratio(SS/AT).....	73
3.5.4.4. Firmeza de polpa.....	74
4 CAPITULO II: APLICAÇÃO DE ProCa EM MUDAS COM RAIZ NUA	
.....	77
4.1 RESUMO.	77
4.2 ABSTRACT	78
4.3 INTRODUCAO	79
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	4080
4.4.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	80
4.4.2 VARIÁVEIS ANALISADAS	81
4.4.2.1 Variáveis morfológicas	4581

4.4.2.2	Variáveis de produção.....	4682
4.4.2.3	Variáveis de qualidade	4682
4.4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	83
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	847
4.5.1	Avaliação inicial das mudas de torrão no estádio principal 1.....	849
4.5.1.2	Número de folhas	84
4.5.1.3	Altura de planta	84
4.5.1.4	Diâmetro de coroa.....	85
4.5.2	Avaliação final no estádio 8, maturação do fruto.....	87
4.5.3	Produção e qualidade fisicoquímica de morango.....	90
4.5.3.1	Parametros de producao.....	90
4.5.3.2	Parametros de qualidade	91
5	CONCLUSÕES	94
6	CONSIDERACIONES FINAIS	95
7	REFERÊNCIAS.....	96
8	ANEXOS.....	107

1 INTRODUÇÃO GERAL

A área cultivada com morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) no Brasil, tem crescido nos últimos anos. Pelos dados da Embrapa, Incaper-ES, Emater (DF, MG, PR, RS), APTA e Epagri-SC, os produtores brasileiros cultivaram cerca de 4.500 ha de morangueiro na safra 2019, gerando uma produção de cerca de 165.000 toneladas (CORREA; BONOW, 2020). Apesar deste potencial, a cultura apresenta alguns fatores limitantes, principalmente, a baixa disponibilidade de mudas nacionais de elevada qualidade fisiológica e sanitária (OLIVEIRA et al., 2010).

Embora o morangueiro seja fisiologicamente uma espécie perene, no sistema convencional de produção, normalmente, se realiza a renovação da lavoura após um ciclo produtivo devido aos problemas fitossanitários que limitam a produção (VERDIAL et al., 2009), gerando uma demanda nacional de 175 milhões de mudas por ano (ANTUNES; PERES, 2013), sendo a maior parte destas mudas importada da Argentina, Chile e Espanha (BARRETO et al., 2018). Outra preocupação da pesquisa é quanto ao desenvolvimento de sistemas de produção de mudas que, além da condição sanitária, tenham condições fisiológicas para acúmulo de reservas e diferenciação de flores, podendo competir em termos de precocidade de produção, calibre de fruta e sabor adocicado, com produtividade similar às importadas, buscando viabilidade econômica (CORREA; BONOW, 2020).

Nesse cenário, a fim de reduzir a dependência dos produtores brasileiros na aquisição de mudas importadas, a produção de mudas nacionais de morangueiro, com qualidade sanitária e fisiológica durante todo o período de plantio comercial (março-julho) é uma demanda em diferentes regiões produtoras do país. Para garantir isso, é necessário controlar o crescimento vegetativo excessivo da parte aérea a fim de acumular mais reservas na coroa e raiz e, assim, desenvolver mudas de melhor qualidade, pois estas serão produzidas no início do verão, mas plantadas apenas no final desta estação ou no outono do ano seguinte (COCCO et al., 2015).

Uma das alternativas para o controle de crescimento vegetativo de plantas, é o uso de reguladores de crescimento (HAWERROTH; PETRI, 2014; PASA; EINHORN, 2014), entre eles a prohexadiona de cálcio (3-óxido de cálcio - 4-propionil-5 - oxo-3-ciclohexano carboxilato), sendo descrito por alguns autores seu efeito para

retardar o crescimento de mudas de morangueiro (BLACK, 2004; REEKIE et al., 2005). Este fitorregulador pertencente à classe das acilciclohexanedionas, são hormônios vegetais que regulam a altura da planta, mas também desempenham um papel importante em outros fenômenos fisiológicos, como na iniciação floral e na fixação do fruto (*fruit set*) (TAIZ et al., 2017).

A ProCa é um fitorregulador que inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas reduzindo a ação da GA₂₀ 3β-hidroxilase, enzima que atua na conversão de GA₂₀ (giberelinas inativas) em GA₁ (giberelinas ativas) (HAWERROTH; PETRI, 2014) proporcionando diminuição do desenvolvimento vegetativo devido à redução dos níveis endógenos de giberelinas biologicamente ativas e acúmulo do seu precursor inativo. Desta forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito de diferentes concentrações e épocas de aplicação do ProCa no controle do crescimento de mudas de morango.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da aplicação de prohexadiona de cálcio (ProCa) na produção e na qualidade de mudas nuas e de torrão de morangueiro e seu impacto sobre aspectos da produção e da qualidade dos frutos do cv. Pircinque.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes concentrações de prohexadiona de cálcio (ProCa) e cultivares no controle de crescimento de mudas de morangueiro.
- Avaliar o efeito de diferentes concentrações e épocas de aplicação de ProCa no cultivar de morango 'Pircinque'.
- Avaliar os impactos na produção e qualidade dos frutos provenientes das mudas com aplicação de ProCa

1.2 HIPÓTESES

- A qualidade das mudas de morangueiro é influenciada pela aplicação de ProCa, com reflexos sobre a produção de frutas;
- A aplicação de ProCa proporciona uma diminuição do crescimento vegetativo;
- A eficácia da aplicação do ProCa é influenciada pela época de aplicação e o cultivar.

1.3 JUSTIFICATIVA

O suprimento da demanda de mudas nacionais com qualidade fisiológica e fitossanitária tem se configurado como uma necessidade para os novos sistemas de produção de morangueiro, a fim de reduzir a dependência dos produtores brasileiros, principalmente da região sul (OLIVEIRA et al, 2005) na aquisição de mudas importadas.

Neste sentido, a busca por técnicas de produção de mudas com qualidade é de grande importância. Por isso, um dos fatores a serem considerados é o controle do crescimento da parte aérea das mudas, buscando o acúmulo de reservas na coroa e na raiz, pois a produção destas mudas é realizada no início do verão, porém o plantio ocorre no final desta estação ou no outono do ano subsequente, período que em condições ambientais de temperaturas elevadas e fotoperíodo longo são favoráveis, além de apresentar um crescimento vegetativo excessivo da parte aérea com a diminuição do acúmulo de reservas na coroa e raízes.

Cultivares adaptados às condições edafoclimáticas do planalto sul catarinense são fator primordial à eficiência da produtividade da cultura do morangueiro nessa região, inclusive através do uso de reguladores de crescimento, tal qual a ProCa, como ferramenta para lograr essa eficiência. Corroborando com isso, as mudas produzidas para essa finalidade devem ser compactas e possuírem altas concentrações de carboidratos tanto nas raízes quanto na coroa, seus principais órgãos de armazenamento de hidratos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTANCIA ECONOMICA

A produção mundial do morango gira em torno de 10 milhões toneladas ao ano, sendo a China o maior produtor, com cerca de 3.717.283 toneladas de produção no ano de 2018, seguido na América por Estados Unidos, Mexico e Brasil (FAO, 2019). Segundo dados da Embrapa, Incaper-ES, Emater (DF, MG, PR, RS), APTA e Epagri-SC, o Brasil cultiva anualmente cerca de 4.500 ha de morangueiro, apresentando uma produção de cerca de 165.000 toneladas, próxima da alcançada pelo Japão, décimo primeiro maior produtor mundial, e é o maior produtor de morangos na América do Sul (ANTUNES et al., 2020).

Dentre o grupo das pequenas frutas (amora, framboesa, mirtilo, morango, physalis) o morangueiro é a espécie que possui maior relevância econômica, sendo a espécie de maior expressão em área cultivada e volume produzido (ANTUNES *et al.*, 2013), portanto constitui um mercado amplo em escala mundial, devido a ser um fruto com sabor agradável e cor atraente, além de apresentar uma fonte importante de vitamina C, antocianinas e atividades antioxidantes, as quais despertam interesse ao consumidor (TAZZO et al., 2015).

No estado de Santa Catarina, devido ao elevado valor agregado e por ser caracterizado como uma boa alternativa para a diversificação da propriedade rural, o cultivo do morangueiro está sendo uma importante fonte de renda para a agricultura familiar (FAGHERAZZI, 2017). Atualmente, 726 famílias no estado investem na produção do morango, cultivando em torno de 225 hectares, gerando uma produção anual de 9,9 mil toneladas (MOLINA, 2015).

2.2 ORIGEM E DESCRIÇÃO BOTÂNICA

A origem do morangueiro teve seus primeiros indícios na Europa, no século XVIII, no território francês, onde por muito tempo foi cultivado como planta ornamental e, desde então, é cultivado em diferentes regiões do mundo (CASTRO, 2004). A espécie cultivada do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é um híbrido natural resultante do cruzamento entre as espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloensis* (GRAHAM, 2005).

O morangueiro é uma planta herbácea de hábito perene e porte rasteiro (GOMES, 2007) pertencente à família Rosaceae, e ao gênero *Fragaria*, possuindo número básico de cromossomos igual a oito ($2n = 8x = 56$) (HANCOCK, 1999) e compreende 17 espécies silvestres classificadas em quatro grupos, e com relação ao seu nível de ploidia apresenta as seguintes nomenclaturas: diploide, tetraploide, hexaploide e octaploide (RIOS, 2007). As espécies diploides, tetraploides e hexaploides são comuns na Europa e Ásia, já as octaploides, podem ser encontradas nas Américas e na Ásia (ANTUNES; HOFFMANN, 2012).

2.3 FISILOGIA DO MORANGUEIRO

A escala fenológica é uma ferramenta responsável por representar as diferentes fases do crescimento de uma planta por meio de uma codificação composta por letras/ou números. Seu conhecimento permite, do ponto de vista agrônomo, planejar ou programar diversas atividades para a manutenção da cultura como aplicação de fertilizantes, fitossanitários, reguladores de crescimento, podas, entre outros (AGUILAR, 2011). A escala fenológica mais utilizada para culturas mono e dicotiledôneas é a BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Indústria Química), que foi desenvolvida na Alemanha e é composta por uma codificação decimal que descreve os Estádios de crescimento principal e secundário (MEIER et al., 1994).

No caso do morangueiro, a escala BBCH apresenta uma descrição dos principais Estádios de crescimento, que vão desde o Estádio de dormência e desenvolvimento do primeiro broto, até a senescência e um novo período de dormência (ANEXO 1), sendo caracterizadas para nosso estudo os estádios 1, 6, 7 e 9, correspondentes a desenvolvimento das folhas, floração, maturação do fruto e senescência e início de repouso vegetativo, respectivamente.

O morango cultivado é normalmente classificado em três categorias com base no padrão de floração em resposta ao fotoperíodo: de dia curto (SD), de dia longo (LD), e neutro (DN) (DARNELL et al., 2003). A floração do morango não é controlada apenas pelo fotoperíodo, mas pela interação entre vários fatores endógenos e exógenos. A transição do ápice vegetativo para o floral necessita de um processo de indução, que são desencadeados pelo ambiente (luz, temperatura,

concentração de CO₂) e pelo desenvolvimento da planta (TORRES-QUEZADA, 2015).

Nas cultivares de dia longo as plantas florescem quando o fotoperíodo é superior a 14 horas, sendo estas mais tolerantes a temperatura do ar mais elevada e não são cultivadas comercialmente no Brasil (FRONZA et al., 2017). Nas cultivares de dia curto as plantas que pertencem a este grupo florescem quando o fotoperíodo (comprimento do dia) é inferior a 12-14 horas e a temperatura média é inferior a 15°C. Cocco (2014) afirma que em cultivares de dias curtos a redução do fotoperíodo e da temperatura ambiente induzem ao florescimento. Caso ocorram condições de fotoperíodo e temperatura do ar diferente, a floração é inibida e ocorre a emissão de estolões.

Nas cultivares de dias neutros as plantas que pertencem a este grupo florescem continuamente, independente do fotoperíodo, desde que a temperatura média permaneça entre 10°C e 28°C (SANTOS, 2003). Estas cultivares florescem mais de uma vez no ano, o que possibilita seu cultivo em estufa (sistema hidropônico ou sistema de cultivo fora do solo) e colheita de morangos praticamente durante 12 meses do ano (FRONZA et al., 2017).

2.4 CULTIVARES UTILIZADOS

A escolha de cultivares de morangueiro é um dos fatores fundamentais para se obter êxito no cultivo, sendo que é recomendável selecionar cultivares para cada região considerando critérios como qualidade do fruto (produtividade, firmeza de fruto, coloração externa, forma, brilho, sabor) e tolerância ou resistência aos principais itopatógenos limitantes ao desenvolvimento da cultura (RADIN et al., 2011).

2.4.1 'SAN ANDREAS'

Este cultivar é considerado de dias neutros, lançada pela Universidade da Califórnia (EUA) em 2009, foi obtida por meio de um cruzamento realizado entre a cultivar Albion e a seleção CAL 97.86-1 (SHAW; LARSON, 2009), adaptada às costas central e sul da Califórnia. Possui frutas grandes, em torno de 30 gramas, de formato cônico alongado e uniforme, elevada firmeza de polpa, bom sabor e epiderme de coloração vermelha brilhante, o que torna a fruta muito atraente para os consumidores. Pode ser comercializada para o mercado *in natura* ou para decoração devido à sua

grande atratividade (RUAN, 2013). Possui resistência moderada ao oídio, à murcha de *Verticillium*, à podridão da coroa causada por *Phytophthora* spp. e à mancha de micosferela (*Mycosphaerella* spp), com tolerância ao ácaro rajado (ANTUNES et al., 2007).

2.4.2 'PIRCINQUE'

Cultivar de dias curtos obtido através do cruzamento entre Ventana x Nora pelos pesquisadores Walter Faedi e Gianluca Baruzzi (CRA-FRF), selecionada na área de experimentação de Scanzano Jonico (sul da Itália) no ano de 2006, com a identificação de PIR 04.228.5 e difundida comercialmente no ano de 2010 sob o número de registro italiano 2010/35654. Apresenta plantas com elevado vigor, enquanto ao desenvolvimento de novas coroas e produtividade média a elevada, frutas com maturação precoce, massa média elevada, formato cônico alongado e muito regular, elevada firmeza, coloração vermelho-brilhante, polpa vermelha-brilhante, consistência elevada, média acidez e muito doce (FAGHERAZZI, 2017).

2.5 PROPAGAÇÃO DO MORANGUEIRO

A propagação do morangueiro pode ocorrer de duas formas, sexuada e assexuada. Sendo a propagação de mudas via sexuada, realizada através de sementes, utilizada quando se busca o melhoramento genético da espécie (OLIVEIRA; BONOW, 2012). Porém, comercialmente, a propagação do morangueiro ocorre de maneira assexuada, através da emissão de estolões da planta mãe em condições de fotoperíodo longo e temperatura alta (COCCO et al., 2011), que na maioria das variedades é o comprimento do dia superior a 12 horas e temperaturas acima de 22 C° (FACHINELLO et al., 1994). De tal modo, destaca-se que os fatores ambientais, principalmente temperatura, fotoperíodo e suas interações, exercem importante papel no crescimento, desenvolvimento e produção do morangueiro (SILVA et al., 2007).

No Brasil, o principal sistema de produção de mudas de morango é no solo, onde são produzidas mudas de raízes nuas, através do enraizamento dos estolões emitidos pelas plantas matrizes, mantidas em viveiros a céu aberto (COCCO et al., 2011) ou em ambiente protegido, reduzindo os efeitos causados pela chuva sobre a sanidade das mesmas. A produção de mudas a partir de matrizes ocorre de setembro

a maio e as mudas comerciais são formadas pela diferenciação do meristema, expansão das folhas e o crescimento de raízes na parte terminal dos estolões (ASSIS, 2004). Esse processo é contínuo e intenso durante o verão, porém cessa no outono com a redução do fotoperíodo e a diminuição das temperaturas noturnas.

Mudas de raízes nuas são aqueles tipos de mudas comercializadas com as raízes expostas, normalmente lavadas e livres de resíduos de solo ou substrato, podendo ser comercializadas e transplantadas logo após arrancadas (muda fresca) ou armazenadas a frio até o momento da comercialização (frigoconservada) (GONÇALVES et al., 2016).

As principais desvantagens nesse sistema são os estresses causados nas mudas durante o momento do arranque, e após o plantio, por geralmente ocorrer danos mecânicos no sistema radicular, contaminação por patógenos, retardando o desenvolvimento vegetativo e início de floração das plantas além de aumentar a taxa de mortalidade das plantas (DURNER et al., 2002), aumentando a exposição a doenças de solo. A exposição ao clima, como chuvas frequentes, aumenta o surgimento de doenças, reduzindo a qualidade fisiológica e fitossanitária das mudas (WREGGE et al., 2007).

Outra forma de produção de mudas, que é apresentada como uma alternativa viável economicamente e que oferece grandes vantagens em relação à produção no solo, é denominada de *plug plants* (plantas em torrão), cuja técnica consiste em plantar as mudas matrizes fora do solo e assim, as pontas dos estolões emitidas no verão são retiradas antes de enraizarem e colocadas para enraizar em bandejas com substrato, originando uma muda que é comercializada como torrão (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

Esta técnica tem como principal objetivo evitar a exposição das plantas a doenças de solo (LÓPEZ-GALARZA et al., 2009; BEYENE et al., 2012), garantindo a obtenção de plantas homogêneas com elevada taxa de sobrevivência após o plantio com maior qualidade fisiológica e fitossanitária uma vez que o sistema radicular permanece intacto e protegido pelo torrão de substrato (DURNER et al., 2002). Como consequência, a precocidade de produção é superior, possibilitando a produção de morango na entressafra, quando o valor do produto no mercado é maior (MENZEL; TOLDI, 2010).

Porém, de acordo com Guimarães et al. (2015), exige produção elevada de pontas de estolões em um curto espaço de tempo, a fim de produzir as mudas

comerciais destinadas à renovação anual das lavouras no início do outono e além disso, os estolões emitidos foram do período destinado à produção de mudas, são retirados das plantas matrizes e descartados, gerando desperdício e necessidade extra de mão de obra.

2.5.1 Qualidade da muda

Um dos insumos de maior importância no processo produtivo para obter boa produtividade e frutas de qualidade é a muda, sendo assim que, a qualidade da muda é o resultado de um conjunto de etapas referentes à obtenção de plantas matrizes e mudas comerciais, etapas que exigem rigoroso controle e assistência técnica qualificada (GONÇALVES et al., 2016).

Para o sistema de produção de mudas, deve-se adotar primeiramente o cultivo de produção de mudas matrizes, ou seja, selecionar as plantas de melhor qualidade e adotar o manejo correto e coerente com as mesmas, a fim de serem isentas de doenças. Quando cultivadas já na forma de estolões é necessário aplicar produtos preventivos contra fungos e bactérias, diminuindo então a infecção dos estolões (AQUINO e SILVA., 2019).

A qualidade de mudas está relacionada à tipologia e para cada categoria apenas determinados parâmetros qualitativos são prioritários e indispensáveis para alcançar o potencial produtivo para aquele tipo de material. Em geral, deve-se levar em consideração o número de inflorescências, a posição delas em relação à coroa e seu comportamento durante o ciclo produtivo (NERI et al., 2012). Além disso, existem alguns aspectos a serem observados para identificar a qualidade desta muda, como o tamanho, que deve ser de aproximadamente 15 cm, a presença de uma boa área foliar, não apresentar sintomas de ataque de doenças e pragas, e o devido conhecimento sobre a sua procedência e certificação (BERNARDI et al., 2005).

No caso de mudas com raízes nuas, os principais parâmetros que indicam boa qualidade são sistema radicular bem desenvolvido e de coloração clara e o diâmetro de coroa superior a 8 mm (GONÇALVES, 2016). Este último junto com as raízes são armazenadores de reservas na planta, podendo ser correlacionado positivamente com seu potencial produtivo (TORREZ- QUEZADA et al., 2015). Os carboidratos estocados nestes órgãos tem um papel muito importante na retomada do crescimento da planta após o transplante e na produção das primeiras flores e frutas

(ESHGHI et al., 2007).

Para mudas com torrão, a qualidade está diretamente relacionada com o equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular, que poderá proporcionar elevada taxa de sobrevivência no pós-plantio (GONÇALVES, 2016). Segundo Cocco et al. (2011), o diâmetro de coroa para esse tipo de muda não é um parâmetro diretamente relacionado com a produção de frutas. A época de plantio possui maior efeito sobre a concentração de carboidratos de reservas e afetam o crescimento da planta no campo (LIETEN, 2000).

2.6 USO DE REGULADORES VEGETAIS

Os reguladores vegetais são substâncias químicas, de origem natural ou sintética, que têm sido utilizados para manipular o crescimento e desenvolvimento das plantas (RODRIGUES; FIOREZE, 2015) focando em não reduzir a capacidade produtiva. Nesse sentido, os reguladores vegetais agem na planta de maneira semelhante aos hormônios vegetais modulando os processos fisiológicos: promovendo, inibindo ou até modificando (RODRIGUES; FIOREZE, 2015), sendo sua ação suscetível às condições ambientais e ao potencial do material genético (COSTA; DAROS; MORAES, 2011).

Deste modo, a utilização destas substâncias tornou-se um fator indispensável para atingir a produtividade de numerosas culturas (RODRIGUES; FIOREZE, 2015). Entre as limitações que podem ser encontradas nos reguladores vegetais utilizados na fruticultura temos a necessidade de aplicação no nível do solo, o que leva à persistência de resíduos por um período de tempo prolongado, causando problemas de replantio e renovação. Esse efeito negativo já foi observado no regulador vegetal daminozide (DMASA) e paclobutrazol (PBZ) (RADEMACHER; SPINELLI; COSTA, 2006).

No morangueiro, reguladores de crescimento como flurprimidol e paclobutrazol, têm sido usados no passado para controlar o crescimento vegetativo (ARCHBOLD, 1988), observando-se a permanência de resíduos no solo. Nesse sentido, como alternativa, Prohexadiona-Cálcio (ProCa) (3-óxido de cálcio-4-propionil-5-oxo-3-cicloexano carboxilato) aparece como um novo composto com características toxicológicas e ecotoxicológicas favoráveis, uma vez que não é persistente no meio ambiente e tem baixo potencial de bioacumulação (ILIAS; RAJAPAKSE, 2005).

2.6.1 Prohexadiona de Cálcio (ProCa)

A prohexadiona de cálcio (3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexeno-carboxilato) é um fitorregulador, classificado como inibidor da biossíntese de giberelinas, de nova geração que apresenta características de baixa toxicidade e persistência na planta (MANDEMAKER et al., 2005). É usado a fim de controlar o crescimento vegetativo para reduzir as atividades necessárias, mas trabalhosas, em fruteiras comerciais, como a poda, e visa promover o crescimento dos tecidos reprodutivos, o que leva ao aumento da produtividade (BISHT et al, 2018). No Brasil é comercializada pela empresa BASF com o nome de Viviful®.

Em nível bioquímico, o efeito desse regulador no crescimento das plantas está relacionado à inibição das reações de hidroxilação 3- β , atuando competitivamente em relação ao 2-oxoglutarato, um co-substrato necessário para as enzimas que realizam essas reações, que causam um acúmulo de GA₂₀ e outras formas biologicamente inativas de giberelinas em detrimento da produção de formas ativas GA1 (NAKAYAMA et al., 1990). Em última análise, isso inibe os processos realizados pela giberelina no tecido vegetal, entre os quais estão o alongamento do entrenó, dormência do meristema, germinação da semente, formação de estolões e inibição ou estimulação da floração (RADEMACHER, 2000).

ProCa também pode atuar como um inibidor da síntese de etileno (RADEMACHER et al., 2006; RADEMACHER, 2014), devido a sua relação estrutural com o ácido 2-oxoglutárico que poderia favorecer a redução na queda de frutos novos e conseqüentemente, aumento na fixação. Também interfere no metabolismo dos flavonoides (RADEMACHER, 2014).

O ProCa deve ser preparado em água com acidez (pH 4,0-5,5) ou pela adição de um condicionador de água (por exemplo, sulfato de amônio) e para evitar a adição de fertilizantes contendo alto teor de cálcio para aumentar sua atividade e deve ser pulverizado na folhagem com frequência para atingir controle a longo prazo do crescimento do rebento e, portanto, para aumentar o crescimento reprodutivo, começando logo na fase de queda das pétalas (RADEMACHER; KOBER 2003).

Estudos recentes têm destacado a aplicação de retardadores de crescimento em diferentes culturas de fruteiras, como maçã (DUYVELSHOFF; CLINE 2013), pera (EINHORN et al 2014), cereja doce (JACYNA; LIPA, 2010), abacate (MANDEMAKER et al., 2005) e framboesa (POLEDICA et al., 2012). No morango,

Reekie et al. (2005) mostraram que o tratamento com ProCa administrado no viveiro melhorou o estabelecimento de plantas no campo de produção, com efeitos positivos sobre a precocidade das culturas e o rendimento de frutas comercializáveis.

No entanto, Black (2004) expôs que, embora a aplicação da ProCa no outono tenha reduzido o crescimento dos estolões e aumentado a formação de coroas em 'Chandler', não afetou o número de inflorescências durante o ano seguinte. Além, em condições de dia longo, a diferenciação de gemas axilares para estolões e ramos da coroa pode ser regulada com o tratamento oportuno da ProCa, resultando em um aumento significativo no rendimento da floração e das frutas (HYTÖNEN et al., 2009).

3 CAPITULO I: APLICAÇÃO DE PROHEXADIONA DE CALCIO (ProCa) EM MUDAS DE TIPO TORRÃO

3.1 RESUMO

A utilização de mudas nacionais de morangueiro, com qualidade sanitária e fisiológica durante todo o período de plantio, é uma alternativa para diminuir a dependência dos produtores no uso de mudas importadas. Dentre as alternativas para o controle de crescimento vegetativo de plantas, o uso de reguladores de crescimento se apresenta como uma alternativa promissora, sendo relatada por alguns autores a supressão do crescimento de mudas de morangueiro com a aplicação de ProCa. O presente estudo objetivou avaliar o comportamento de mudas de tipo torrão cv 'Pircinque' submetidas a combinações de concentrações de ProCa e épocas de aplicação. O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC) no município de Lages/SC. O delineamento foi em blocos ao acaso composto de um fatorial 5x2, sendo cinco concentrações de ProCa (0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹) e duas épocas de aplicação: aos 20 e 30 dias após o período de plantio do estolão para enraizamento, contendo quatro repetições com dez plantas por parcela, avaliados no ciclo 2019/20. Ao longo do ciclo foram avaliadas variáveis: número de folhas e área foliar, número e diâmetro de coroa, altura de planta, número e comprimento de estolões, massa fresca e seca das folhas, coroas e raízes, assim como parâmetros produtivos e análises pós colheita dos frutos. Pode-se observar que a ProCa reduz significativamente o crescimento vegetativo e induz aumento de respostas fisiológicas em mudas de morangueiro 'Pircinque', já para concentrações superiores a 200 mg L⁻¹ compromete-se aspectos produtivos sem afetar a qualidade dos frutos. Os resultados foram relacionados ao fator época de aplicação, onde a aplicação aos 20 DAT apresentou os maiores valores das variáveis morfológicas das mudas e plantas.

Palavras-chave: *Fragaria ananassa*, muda nacional, inibidor de giberelina

3.2 ABSTRACT

The use of national strawberry seedlings, with sanitary and physiological quality throughout the planting period, is an alternative to reduce the dependence of producers on the use of imported seedlings. Among the alternatives for the control of vegetative growth of plants, the use of growth regulators presents itself as a promising alternative, being reported by some authors the suppression of the growth of strawberry seedlings with the application of ProCa. The present study aimed to evaluate the behavior of cv 'Pircinque' seedlings submitted to combinations of ProCa concentrations and application times. The study was carried out at the Center for Agricultural Sciences of the University of the State of Santa Catarina (CAV-UDESC) in the municipality of Lages / SC. The design was a randomized block composed of a 5x2 factorial, with five concentrations of ProCa (0, 100, 200, 300 and 400 mg L⁻¹) and two application times: at 20 and 30 days after the planting period. rooting stolon, containing four replications with ten plants per plot, evaluated in the 2019/20 cycle. During the cycle, variables were evaluated: number of leaves and leaf area, number and diameter of crown, plant height, number and length of stolons, fresh and dry mass of leaves, crowns and roots, as well as production parameters and post-harvest analysis of the fruits. It can be seen that ProCa significantly reduces vegetative growth and induces an increase in physiological responses in 'Pircinque' strawberry seedlings, with concentrations above 200 mg L⁻¹ compromising productive aspects without affecting fruit quality. The results were related to the time of application factor, where the application at 20 DAT presented the highest values of the morphological variables of the seedlings and plants.

Key words: *Fragaria ananassa*, National seedlings, Gibberellin inhibitor

3.3 INTRODUÇÃO

O Brasil tornou-se o maior produtor de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) na América do Sul, com cerca de 4.300 hectares cultivados com a cultura e onde são produzidas cerca de 155.000 toneladas de frutos (ANTUNES et al., 2017), resultando em uma produtividade média de 36 t ha⁻¹ (Zeist e Resende, 2019). Apesar desse potencial, a cultura apresenta alguns fatores limitantes, principalmente na obtenção de mudas, pois a maior parte das mudas utilizadas na região sul do país são importadas da Patagônia (Argentina e Chile), devido às excelentes condições de cultivo naquele lugar (ANTUNES ; PERES, 2013; GONÇALVES et al., 2016).

A produção de mudas no Brasil, portanto, carece de estratégias para reduzir a dependência dos produtores de mudas importadas. Uma alternativa proposta é a utilização de mudas obtidas de plantas-mãe cultivadas em ambientes protegidos durante a primavera e o verão (MENZEL; SMITH, 2012). Essas mudas serão produzidas em início do verão e plantado apenas no final desta temporada ou no outono da seguinte ano, sendo necessário controlar o seu crescimento para que o consumo das reservas não ocorra antes do plantio (Pereira et al., 2016; Barreto et al., 2018). Como há um crescimento vegetativo excessivo da parte aérea com a diminuição do acúmulo de reservas na coroa e raízes durante este período devido às favoráveis condições ambientais, reduzindo a qualidade das mudas (Cocco et al., 2015; Pereira et al. 2016).

Uma das alternativas para reduzir o crescimento vegetativo dos frutos é o uso de reguladores de crescimento (REZAZADEH; HARKESS, 2015; PASA; EINHORNET, 2017). Os reguladores de crescimento usados no cultivo de frutas incluem o ProCa, (3-óxido de cálcio - 4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato), tem sido utilizado em diversas culturas, como maçã e pêra, no controle vegetativo e produtivo das plantas (Pasa e Einhornet, 2017), e na fase de produção de mudas de manga (Mouco et al., 2010) e morango (Pereira et al., 2016), inibindo os estágios finais da biossíntese de giberelina, ao ser um co-substrato das dioxigenases que catalisam as hidroxilações envolvidas na biossíntese (Mouco et al., 2010; Kim et al., 2019).

Nesse contexto, a fim de reduzir a dependência dos produtores brasileiros na aquisição de mudas de morango importadas é necessário desenvolver mudas de melhor qualidade controlando o crescimento da parte aérea dessas mudas para

acumular mais reservas na coroa e raiz. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de ProCa em duas épocas de aplicação em mudas de morangueiro de tipo torrão cv. 'Pircinque' no controle do crescimento e seus possíveis impactos produtivos e da qualidade dos frutos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), no município de Lages-SC. As áreas experimentais estão localizadas nas coordenadas 27°47' de latitude Sul e 50°18' de longitude Oeste, a uma altitude de 922 metros. O clima local é classificado como subtropical úmido mesotérmico Cfb, pela classificação de Köppen.

As pontas de estolão de plantas da cultivar 'Pircinque' foram obtidas do viveiro Pasa, Farroupilha/RS no dia 21 de março de 2019, com um par de folhas e colocadas para enraizar em bandejas com 50 células de 80cc contendo substrato esterilizado a base de Pindstrup e Carolina soil(1:1).

Figura 1 - Mudas comerciais de morangueiro do tipo torrão do cv 'Pircinque' enraizado em bandejas.



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

As mudas permaneceram por 10 dias em câmara de nebulização com frequência de irrigação de dez segundos, a cada dez minutos, no período inicial de enraizamento aos oito dias. Posteriormente, as mudas foram mantidas em casa de vegetação por vinte dias sob irrigação controlada. Após o período de desenvolvimento, as mudas foram submetidas aos tratamentos, sendo realizada através de aspersão com pulverizador manual usando 200mL da solução por bandeja

no dia 05 e 15 de abril de 2019.

A segunda fase experimental foi conduzida a partir da manutenção dos tratamentos da fase de produção de mudas. Assim, após 15 dias de vernalização na câmara fria a 2,5-3 °C da temperatura, as mudas foram transplantadas, no dia 28 de junho de 2019, ao sistema convencional no solo. Foi instalado sobre quatro canteiros, correspondentes a cada um dos blocos, com 0,9m de largura por 30m de comprimento, cobertos com lona plástica de cor preta com 50 micras (mulching). O espaçamento entre as plantas foi de 0,3m e 3 linhas por canteiro através de cortes feitos na lona plástica.

A irrigação foi realizada por gotejamento com três fitas por canteiro e emissores a cada 0,15m, de forma a obter molhamento uniforme, conforme necessidade da cultura. A fertirrigação foi realizada a cada duas semanas, com auxílio de um sistema Venturi, e utilizando-se uma solução nutritiva. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas entre os canteiros e arranquio manual nas covas de plantio. O manejo fitossanitário foi realizado quando necessário, com produtos registrados pelo Ministério da Agricultura para a cultura.

Figura 2 - Detalhe do ensaio de avaliação de mudas de morangueiro com aplicação de ProCa, no ciclo 2019/2020, logo após a sua implantação. Lages, SC, CAV-UDESC, 2019.



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

3.4.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram avaliados parâmetros de crescimento em mudas do tipo torrão, plantio até colheita correspondente a safra 2019/2020. Nas mudas mantidas na estufa as avaliações realizaram-se a partir do dia 10 após aplicação dos tratamentos até o dia 59 do ciclo de produção. No plantio avaliou-se três estados de desenvolvimento, correspondentes a:

- E1: Desenvolvimento da folha
- E6: Floração
- E8: Maduração da fruta

As colheitas foram realizadas no período de 11 de outubro de 2019 a 08 de fevereiro de 2020, totalizando 25 colheitas.

3.4.2.1 Variáveis morfológicas

Foi determinado o número de folhas (NF), realizando-se a contagem de folhas plenamente abertas; a altura de planta (AP), medindo-se a distância entre a base da coroa até o ápice da última folha completamente expandida com o auxílio de uma régua milimetrada; o diâmetro da coroa (DC), medindo-se ao nível do solo com auxílio de paquímetro digital expresso em mm; o número de flores (abertas e fechadas) e frutos imaturos, sendo estes avaliados no mês de setembro. Para a estimativa da área foliar foi utilizada a metodologia proposta por Zeist et al. (2014), utilizando a soma do produto das duas dimensões dos folíolos, comprimento (C) e largura (L) em cada folha, conforme a equação (1):

$$AF \text{ (cm}^2\text{)} = [F1 \text{ (C x L)} + F2 \text{ (C x L)} + F3 \text{ (C x L)}] \quad (1)$$

As avaliações realizadas nas plantas ao final da fase produtiva da cultura foram: determinação do número de folhas, estolões e coroas, altura de planta e comprimento de estolões, ambos verificados com régua milimetrada e expressos em cm; diâmetro do caule com auxílio de paquímetro digital, expresso em milímetro; a área foliar (AF), estimada através do escaneamento das folhas por meio do integrador de área foliar (LI-COR, modelo 3100), o valor foi obtido em mm². Também, foi realizada a mensuração da massa fresca de folhas, coroa e raiz em balança analítica.

Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C até atingir massa constante. Após a mensuração, obteve-se massa seca de folhas, coroa e raiz, expressa em gramas.

3.4.2.2 Variáveis de produção

O ponto de colheita adotado foi quando os frutos atingiram aproximadamente 75% epiderme vermelha, correspondente ao estado 8 segundo a Norma Técnica Colombiana NTC 4103.

A cada colheita, os frutos foram classificados em comerciais (peso ≥ 10 g) e não comerciais (peso ≤ 10 g) por parcela, os quais foram contados e pesados. A partir desses dados, foram calculados: número total de frutos/planta (NFT) e número de frutos comerciais/planta (NFC), obtido a partir da razão entre a somatória dos frutos produzidos por parcela e o número de plantas úteis por parcela; produção total e comercial/planta (PT e PC, respectivamente), obtida a partir da razão entre o peso dos frutos por parcela e o número de plantas úteis da mesma; e massa média dos frutos (MMF), obtida a partir da razão entre a somatória do peso total dos frutos por parcela e o número de frutos.

3.4.2.3 Variáveis de qualidade dos frutos

As análises qualitativas foram realizadas durante a safra 2019-2020 no Laboratório de Fruticultura do CAV-UDESC. Determinou-se:

Firmeza de polpa: expressa em gramas de força necessárias para romper a epiderme das frutas (g fruta^{-1}). Valor mensurado com auxílio de um penetrômetro digital de bancada com ponteira de 6 mm de diâmetro, realizando-se duas leituras em lados opostos na zona equatorial das frutas. Os valores foram obtidos pela média de todas as leituras realizadas por cada repetição, tomando 5 frutos de cada uma;

Sólidos solúveis (SS): expressa pela percentagem do teor de açúcares e ácidos orgânicos que estão presentes nas frutas ($^{\circ}$ Brix). É determinado com auxílio de um refratômetro digital de bancada com correção de temperatura, sendo os resultados expressos em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de açúcares solúveis ($^{\circ}$ Brix), utilizando-se para a realização da leitura suco de uma amostra de morangos de uma mesma repetição;

Acidez titulável (AT): expresso pelo teor de ácido cítrico presente nas frutas (% ácido cítrico). É determinada com auxílio de um titulador digital de bancada por meio da titulação com solução de NaOH a 0,1N;

Relação SS/AT: calculado através da razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).

3.4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os tratamentos consistiam de cinco concentrações crescentes do regulador de crescimento vegetal prohexadiona de cálcio (ProCa) (Viviful® com 27,5% de i.a.) (0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹) e duas épocas de aplicação, aos 20 e 30 DAT (dias após o enraizamento do estolão) com quatro repetições, configurando um delineamento de blocos casualizados.

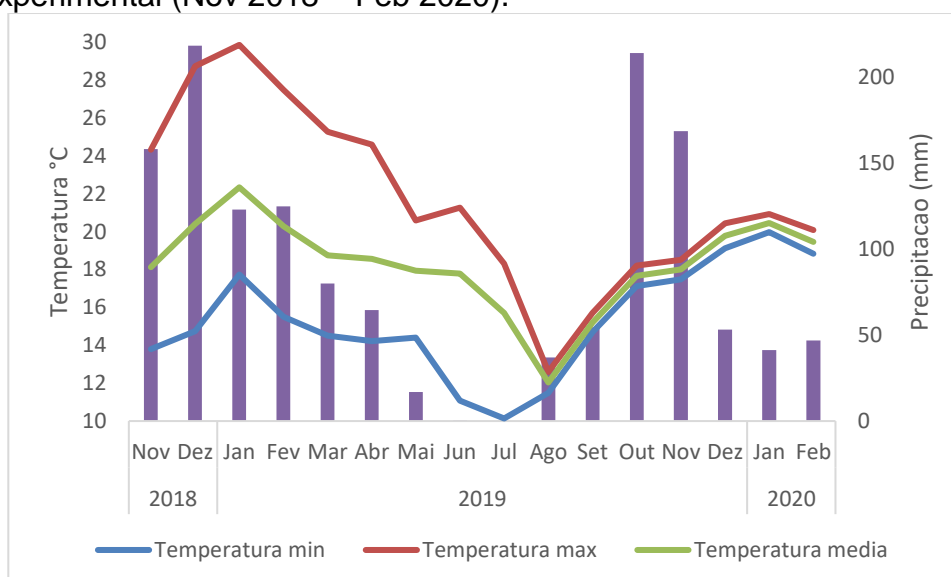
Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha=0,05$) para verificar a aderência à distribuição normal, os valores que não apresentaram normalidade foram transformados em $\sqrt{(x + 0,5)}$, onde x é a média obtida de cada variável. Posteriormente as médias foram submetidas à análise de variância e, quando observadas diferenças ao nível de 5% de probabilidade de erro tipo α , o teste Tukey ($\alpha=0,05$) foi utilizado para separação das médias e análise de regressão, onde a equação que melhor se ajustou aos dados foi escolhida com base na significância dos coeficientes de regressão ao nível de significância de 1% (**) e 5% (*) pelo teste F, e no maior coeficiente de determinação (R^2), e, utilizando-se o programa SAS University.

O monitoramento das condições climáticas foi realizado através da coleta de dados da Estação Meteorológica Automática de Lages A865 - SC, (27.8 S, 50.3W, 953m de altitude). Os dados foram coletados do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Os parâmetros climáticos foram: temperatura média do ar, (°C) e precipitação pluviométrica (mm).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura mínima e máxima diárias e a média para cada intervalo de trinta dias, para o período de novembro de 2018 a fevereiro de 2020, evidenciam que a média da temperatura foi de 20°C, com valores extremos de 29,87°C e 10,14°C (Figura 3). No início do desenvolvimento da cultura, referente a produção de mudas observou-se a maior amplitude termica, sendo que estas temperaturas mais baixas trouxeram crescimento mais lento e, com isso, o início da floração aconteceu de maneira mais tardia.

Figura 3 - Variações de temperaturas mínima, máxima e média mensais no período experimental (Nov 2018 – Feb 2020).



Fonte: INMET (2020). Estação A865 – LAGES. Código OMM: 86932. Registro: 18 UTC. Latitude: -27.802228. Comprimento y: -50.335457. Altitude: 953 m. Elaborado pela autora (2020).

Pode-se observar que as temperaturas observadas durante o período experimental favoreceram o desenvolvimento do morangueiro na região em estudo, sendo não se apresentaram valores abaixo da temperatura basal mínima para a cultura, que é de 7 °C, e acima da temperatura basal ótima, que é de 23 °C.

3.5.1 Avaliação inicial das mudas de torrão prévio ao transplante ao campo, estágio principal 1 (12-14), desenvolvimento da folha.

3.5.1.1 Número de folhas e área foliar

No momento de transplante a campo, as mudas apresentavam entre duas a quatro folhas, sendo o menor valor de 2,07 folhas para aqueles correspondentes ao tratamento controle, e até 3,93 para aqueles que receberam aplicação de 300mg L⁻¹ de ProCa aos 20 DAT. Apresentou-se diferença significativa para a interação entre o fator época de aplicação e concentração de ProCa (Anexo 2). Desta forma, o número de folhas das mudas tratadas ajustaram-se a um modelo quadrático (Figura 4a), observando-se aumento no número de folhas em relação ao controle quando foram utilizadas concentrações de 200 e 300 mg L⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Reekie (2005), que verificou incremento no número de folhas de morangueiro no 42º dia após aplicação de 62,5 mg L⁻¹ de ProCa.

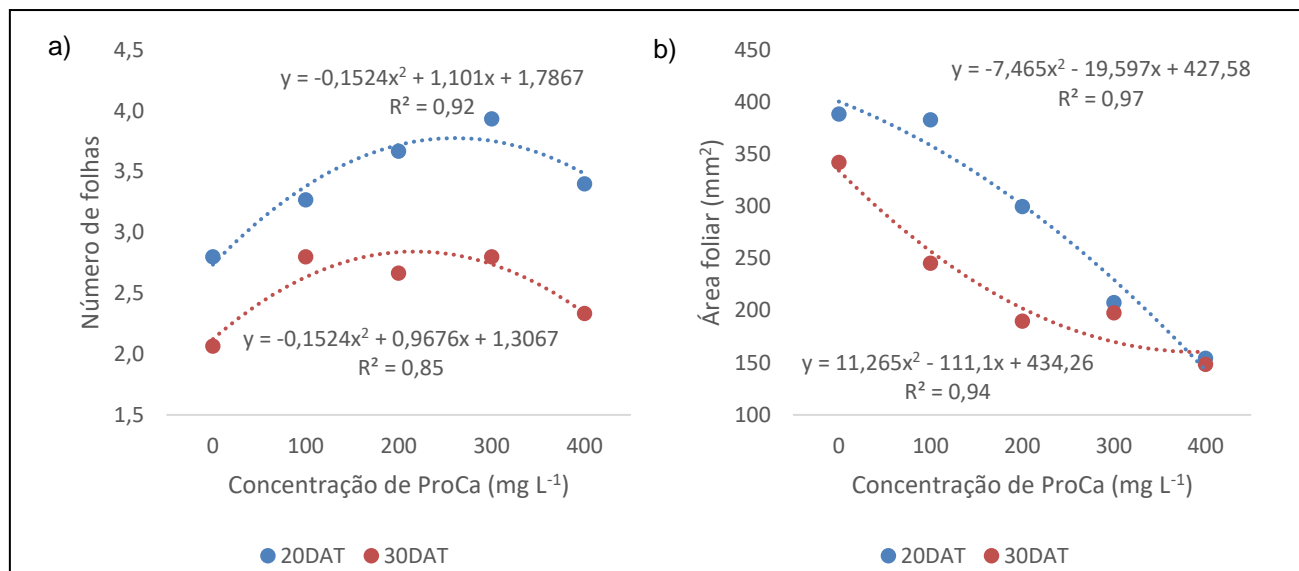
O número de folhas pode ser atribuído às características genéticas da planta, porém, eventualmente, as aplicações de reguladores vegetais podem interferir na expressividade de genes e, assim, influenciar nessa variável (KIM et al., 2019). As folhas exercem importantes funções, destacando-se por ser um dos principais órgãos pelos quais as plantas normalmente competem pela luz solar, absorvendo-a e influenciando nas taxas fotossintéticas e o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

De igual forma, o comportamento da área foliar (AF) em resposta à aplicação de ProCa, seguiu um modelo quadrático (Figura 4b), no qual a variável diminui à medida que aumenta a concentração do produto. No caso da aplicação mais cedo (20DAT) observou-se o menor valor, 154,32mm² com a concentração de 400 mg L⁻¹, reduzindo a área foliar 61,56% comparado com o tratamento controle. No entanto, o efeito aos 30DAT não foi muito acentuado. Além disso, houve diferença significativa entre as épocas de aplicação para as concentrações abaixo de 200mg L⁻¹ de ProCa (Anexo 2). O maior valor de área foliar é uma característica de grande importância na produção das mudas, visto que estas apresentarão maior área fotossintética.

Esta redução da área foliar foi observada por PEREIRA et al. (2016), que em mudas de morangueiro 'Camarosa' encontraram redução de 32%, 26% e 17% da área foliar total, em resposta às concentrações 200, 400 e 800 mg L⁻¹ de ProCa, respectivamente, o que possivelmente ocorreu devido à regulação hormonal exercida

pelo ProCa. Isso significa que, quando este fitorregulador é aplicado, induz uma redução dos níveis de GA que inibe o alongamento celular e o crescimento foliar (PETRI et al., 2016).

Figura 4 - Variáveis morfológicas de mudas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha. a) Número de folhas por planta e b) Área foliar em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.1.2 Altura de planta

A altura de planta (AP) do morangueiro cv. Pircinque foi significativamente afetada pelas concentrações de ProCa aplicadas, com um ajuste dos dados polinômial quadrático ($R^2 = 0,93$ e $0,89$ para 20 e 30 DAT, respectivamente; figura 6a). Houve diferença significativa para o fator época de aplicação para as concentrações do produto inferiores a 400 mg L^{-1} (Anexo 2). Observou-se redução na altura de planta conforme o aumento das concentrações, observando-se que a maior altura de planta, $48,94 \text{ mm}$ foi alcançada pelas mudas sem aplicação do produto, enquanto a concentração de 300 mg L^{-1} promoveu uma redução de $45,9\%$, em relação ao controle.

Os resultados das plantas submetidas à aplicação de ProCa em relação à altura das plantas foram similares aos encontrados por (REEKIE; HICKLENTON, 2002) os quais mencionam que o ProCa reduziu o crescimento dos pecíolos jovens, que se alongavam no momento do tratamento, mas os pecíolos que começaram a aparecer 2 ou 4 semanas após o tratamento já não eram afetados de forma significativa. Isso é consistente com observações anteriores onde a altura das plantas retorna ao nível anterior ao tratamento perto de 3 semanas após sua aplicação.

Sabe-se que a Prohexadiona-Ca (ProCa) é um inibidor da biossíntese de giberelina de nova geração (MANDEMAKER et al. 2005), que tem se mostrado uma ferramenta útil para o controle do crescimento vegetativo excessivo em algumas culturas. Em berinjela (*Solanum melongena*), Ozbae e Ergun (2015) também relataram redução na altura de plantas proporcional à variação das concentrações utilizadas, apresentando redução de 38% nas concentrações de 150 mg L⁻¹ do produto. No tomate, a altura da planta foi reduzida pelo ProCa sem afetar o número de folhas durante o período de crescimento da muda (ALTINTAS, 2011). Esses resultados são explicados pelo fato de que o GA regula o alongamento celular ao invés da divisão celular.

No maracujá, foi observado um efeito inibitório sobre a muda, o que pode estar relacionado à quantidade endógena de hormônios já satisfatória para o desenvolvimento das plantas, visto o maior comprimento das plantas não tratadas, de modo que, após as aplicações, os níveis endógenos aumentaram, provocando efeito fitotóxico (LACERDA et al., 2020)

3.5.1.3 Diâmetro de coroa

A análise estatística mostrou diferenças nos valores médios desta variável em decorrência da aplicação de diferentes concentrações de ProCa (Anexo 2). O diâmetro da coroa das plantas do cultivar Pircinque, submetidas a concentrações crescentes de ProCa, apresentou tendência de aumento nos diferentes tratamentos, cujas curvas foram ajustadas ao modelo quadrático, tanto para as aplicações do produto realizadas aos 20 DAT quanto para as realizadas aos o 30DAT (Figura 5).

Aos 20 DAT, os menores diâmetros de coroa corresponderam às plantas controle com diâmetros que variaram entre 5,3 e 7,3 mm aos 12 e 59 dias respectivamente, sendo os menores diâmetros obtidos. Com relação às concentrações do produto, até 45 DAA, não houve diferenças nos diâmetros de coroa (6,6 a 7,2 aprox), para as concentrações avaliadas, em comparação com as plantas controle (5,6 aprox), sem diferenças estatísticas significativas. Aos 52 e 60 DAA, houve diferenças significativas entre os diâmetros das coroas das plantas que receberam 400 mg L⁻¹ (8,9 mm aprox) em comparação com o diâmetro das plantas controle com 7,3 mm.

Por outro lado, nas aplicações aos 30 DAT, o diâmetro da coroa foi aumentando, mas esta vez as plantas submetidas à concentração de 200 mg L⁻¹ de ProCa mostrou os maiores diâmetros (5,9 a 7,4 mm aprox.), sendo estatisticamente superiores aos obtidos nas plantas controle (5,5 a 6,8 aprox.). Concentrações superiores a 200 mg L⁻¹ apresentaram efeito deletério do diâmetro de coroa tanto aos 49 quanto aos 58 DAA.

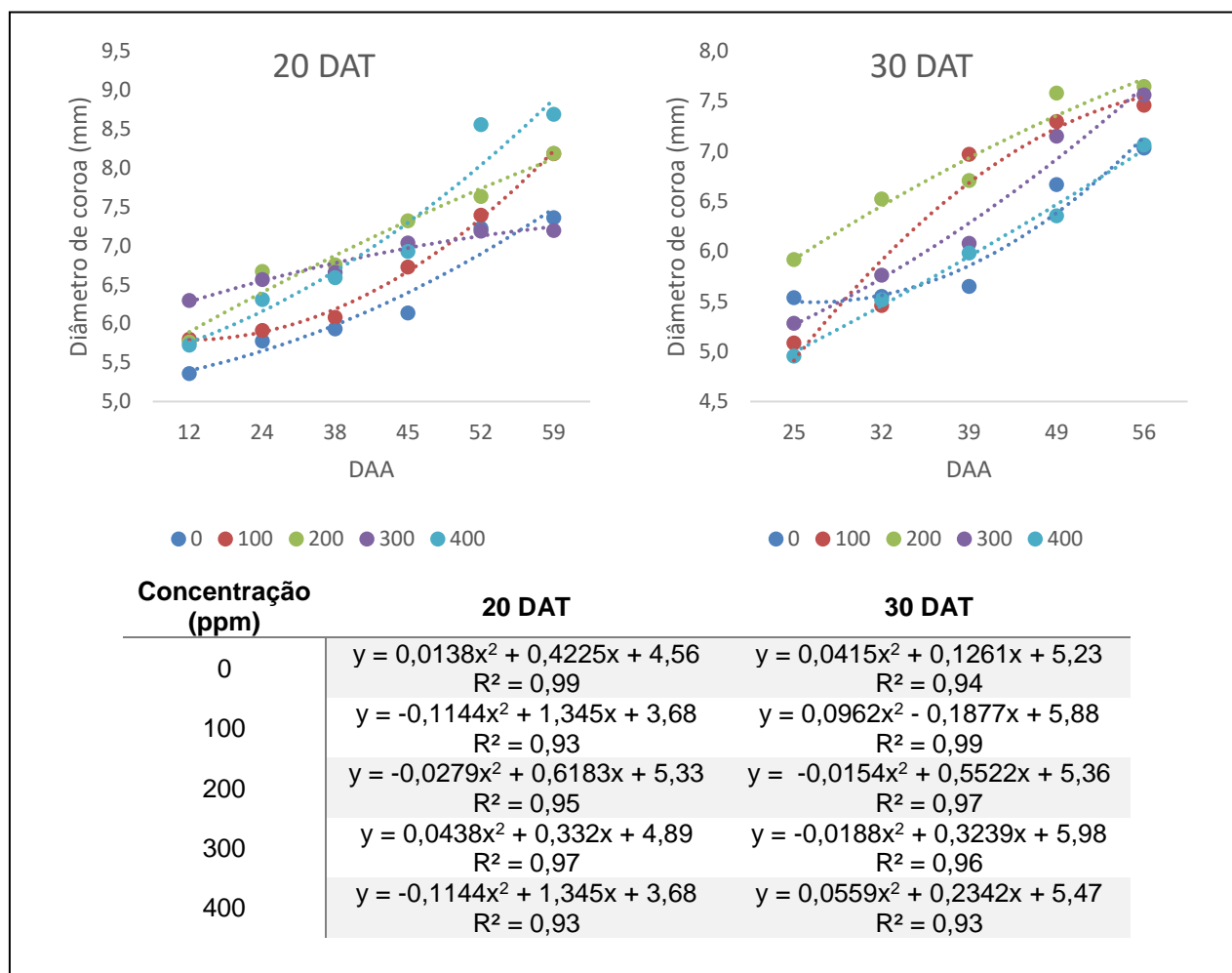
A produção de mudas com torrão permite formação de mudas com alta qualidade, baixa infestação por patógenos e plantio na época adequada, proporcionando, assim, aumento na produção de frutos na entressafra (GIMÉNEZ et al., 2008; JANISCH et al., 2012) com maior lucro para os produtores.

Alguns dos principais parâmetros para determinar a qualidade das mudas de morango no momento do transplante estão relacionados ao tamanho da coroa, uma vez que se estabeleceu uma relação positiva entre seu diâmetro, sua massa e o potencial produtivo das plantas (COCCO et al., 2011; TORRES-QUEZADA et al.; 2015). Uma grande variação no tamanho das coroas afeta diretamente o vigor da planta e a uniformidade no estolhonamento. Foi hipotetizado que transplantes maiores resultariam em maior produção de morango (MENZEL; SMITH, 2012).

A média do diâmetro de coroa (8,95 mm) alcançado por efeito da aplicação de ProCa foi superior ao estabelecido para ser considerada uma muda de boa qualidade fisiológica (HOCHMUTH et al., 2006), valor que está dentro das faixas propostas por outros autores (COCCO et al., 2011), os quais encontraram em mudas de raiz nua, que o diâmetro da coroa deveria ser maior que 8 mm.

Foi observado aumento quadrático do diâmetro de coroa em resposta ao aumento da concentração de ProCa, porém não foi suficiente para diferir de forma significativa da testemunha (Figura 6b). Assim, o comportamento foi diferenciado para cada uma das épocas de aplicação do produto. Aos 20 DAT, para as mudas que receberam a maior concentração, 400mg L⁻¹ observou-se um aumento de 9% no diâmetro em resposta às concentrações crescentes do produto em relação às plantas controle, enquanto aos 30 DAT o aumento foi de 3%.

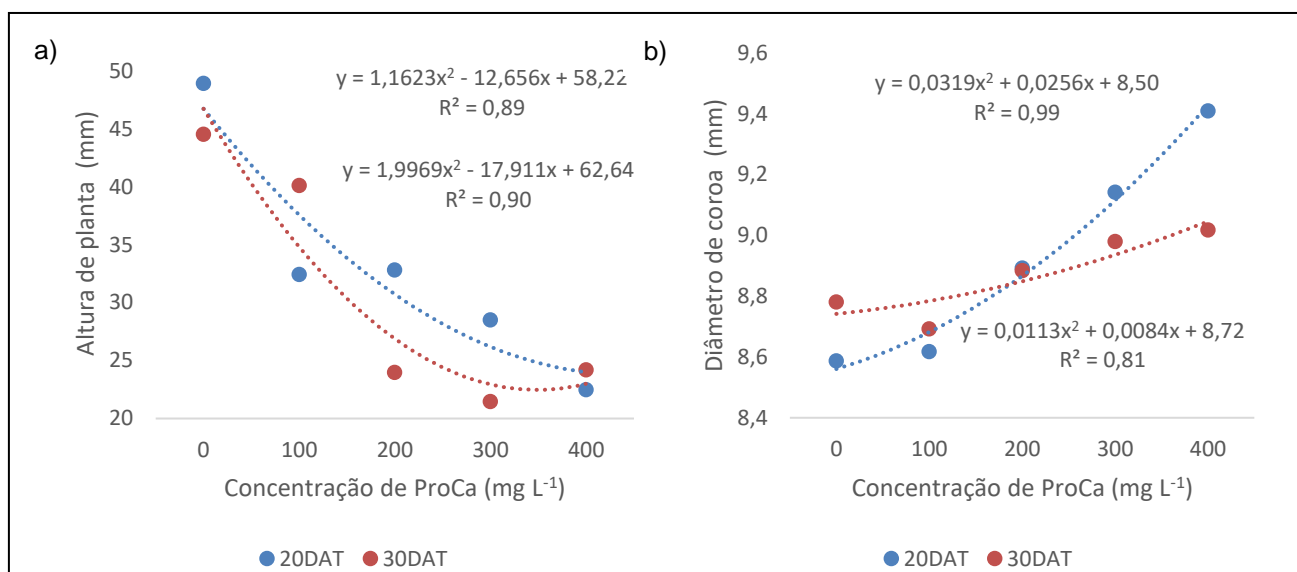
Figura 5 - Diâmetro de coroa de mudas de morangueiro cv 'Pircinque' no estadio principal 1, desenvolvimento da folha, em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Barreto et al. (2018), que usaram concentrações de ProCa entre 0 e 400 mg L⁻¹ aplicadas aos 20 ou 30 DAT em cultivares de morango 'Camarosa' e 'Aromas', constataram que o diâmetro da copa diminuiu em até 15,6 % com concentrações de 400 mg L⁻¹, embora apenas a cultivar 'Camarosa' tenha apresentado redução significativa.

Figura 6 - Variáveis morfológicas das mudas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha. a) Altura de planta e b) diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.2 Avaliação na fase reprodutiva no estágio principal 6, floração

3.5.2.1 Número de folhas e área foliar

Houve interação significativa entre a concentração e a época de aplicação (Anexo 2). No desdobramento da interação, verificou-se que o número de folhas se ajustou à função quadrática de regressão tanto aos 20 DAT quanto aos 30DAT (figura 7a). As plantas submetidas às concentrações crescentes de ProCa mostraram diminuição no número de folhas conforme aumentaram-se as concentrações do regulador de crescimento, sendo que os valores mínimos foram obtidos com as concentrações de 200 e 300mg L⁻¹ aos 20DAT e 30DAT, respectivamente.

Segundo Francescangeli (2006) o maior crescimento vegetativo está associado com taxas de crescimento mais elevadas da área foliar da cultura, a qual aumenta a quantidade de assimilados produzida e estocada, melhorando assim a qualidade da muda. Provavelmente, esse efeito se deve a função de regulação hormonal exercida pelo ProCa, ou seja, a sua aplicação induz redução dos níveis de GAs, inibindo a alongação celular e conseqüentemente o crescimento das folhas.

Além disso, não houve efeito negativo no desenvolvimento de novas folhas nos tratamentos com ProCa, exceto para os tratamentos com 200 mgL⁻¹. Da mesma

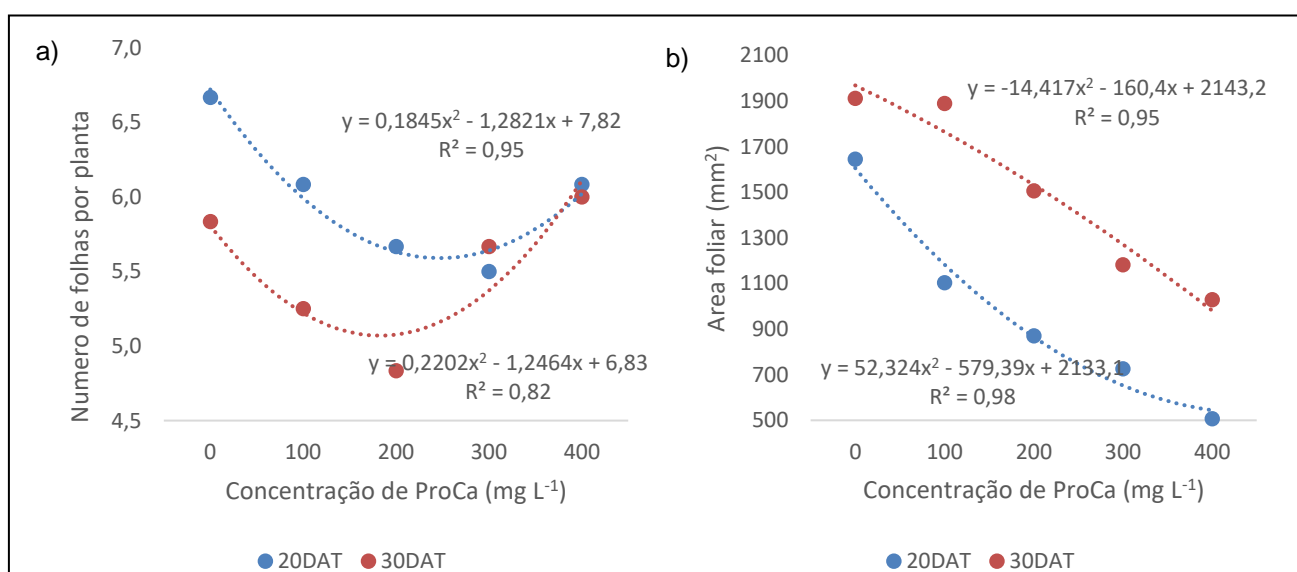
forma, Reekie et al. (2005) observaram que o número de folhas não foi afetado por $62,5 \text{ mg L}^{-1}$ de ProCa aplicado em aspersão foliar nas cultivares de morango 'Sweet Charlie' e 'Camarosa'.

Diferentes trabalhos com outras culturas demonstraram resultados diferentes. Oliveira et al. (2005) demonstram que a aplicação de Cloruro De Cloromequat (CCC) em plantas de *Passiflora alata* na concentração de 50 mg L^{-1} acarretou no aumento do número de folhas aos 49 dias após a semeadura, porém a concentração de 100 mg L^{-1} resultou na redução no número de folhas.

Na figura 7b foi observado comportamento da área foliar dependente da concentração de ProCa seguindo um modelo quadrático, com diminuição significativa em resposta ao aumento da concentração do produto, para as duas épocas de aplicação. As plantas com aplicação de ProCa aos 30DAT mostraram um maior desenvolvimento apresentando a maior área foliar, $2244,26 \text{ mm}^2$ para o tratamento controle. Inversamente, a menor área foliar, $506,88 \text{ mm}^2$ foi obtida com a aplicação de 400 mg L^{-1} aos 20DAT, sendo 54% menor.

Com base nos resultados da análise de variância, verificou-se efeito positivo da época de aplicação, 20 e 30 DAT, sobre a área foliar ao nível de 5% de probabilidade. Este comportamento dos resultados mostra a forte influência da época de aplicação sobre as variáveis fenológicas avaliadas.

Figura 7 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 6, floração. a) Número de folhas por planta e b) área foliar em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.2.2 *Altura de planta*

Não houve interação entre os fatores, época de aplicação e concentração de ProCa (Anexo 2). A Figura 8a apresenta a influência da concentração de ProCa em relação à média de altura de morangueiro em início de produção, que segue um modelo polinomial de segunda ordem. Nota-se que, ao avaliar no terceiro mês de cultivo, a maior concentração, dentro do limite de 100 a 400mg L⁻¹ provocou a menor altura, 76,84mm, o que significou uma redução de 40% em comparação com o tratamento controle, sendo uma relação inversa entre a aplicação de ProCa e a altura de planta, para as duas épocas de aplicação.

O aumento da concentração de ProCa causou uma redução no crescimento vegetativo na cultivar de morango Maeyang, onde comprimento do pecíolo foi significativamente inibido no tratamento de concentração de 200 mgL⁻¹ (KIM et al., 2019). Da mesma forma Barreto et al. (2018) relataram que as concentrações de 200 e 400 mg L⁻¹ de ProCa reduziram significativamente os indicadores de crescimento vegetativo, como comprimento do pecíolo e área foliar nas cultivares de morangueiro 'Camarosa' e 'Aromas'.

3.5.2.3 *Diâmetro de coroa*

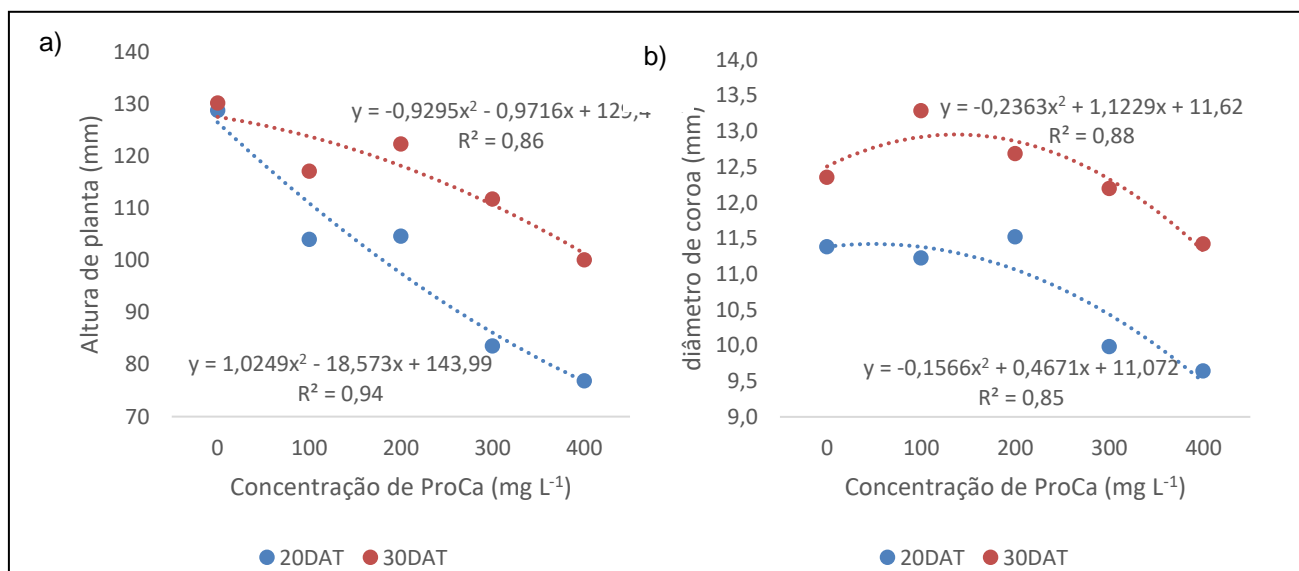
A aplicação de ProCa promoveu menor diâmetro de coroa, com coeficiente angular negativo, seguindo um modelo de regressão quadrática para as duas épocas de aplicação, 20 e 30 DAT (Figura 8b) apresentando máxima eficiência técnica para uma concentração de ProCa de aproximadamente 100 mgL⁻¹. De acordo á análise de regressão estima se que a partir dos 62,5mg L⁻¹ aos 20DAT, o diâmetro de coroa decresceu quadraticamente até chegar a 9,64 mm, sendo 15,3% menor respeito ao tratamento controle. Somente, para 200mg L⁻¹ nenhuma interação significativa foi encontrada entre os fatores, época de aplicação e concentração (Anexo 2).

Linzmeeer Júnior et al. (2008) constataram resposta polinomial quadrática do diâmetro de caule ao aumento da concentração de etil-trinexapac aplicada à cultura da soja. Os referidos autores atribuíram tal resultado ao fato de que o etil-trinexapac inibe a síntese de giberelina e, assim, as plantas sintetizam giberelinas menos eficientes, reduzindo o alongamento celular e o engrossamento de entrenós, sem

causar deformação morfológica do caule, conforme destacado por Taiz e Zeiger (2017).

A aplicação da ProCa favoreceu o desenvolvimento da coroa das plantas do morangueiro, em espessura, aos 15 e 30 DAT, quando as plantas que receberam aplicação do regulador tiveram maior diâmetro. Hastes com maior calibre podem ser favoráveis à manutenção da planta e da produção durante o período à campo, atuando contra possíveis quebras propiciadas por fatores abióticos como vento e chuva.

Figura 8 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 6, floração a) Altura de planta e b) diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

3.5.2.4 Número de flores e frutos imaturos

Os fatores concentração e época de aplicação de ProCa não tiveram efeito no número de flores e frutos imaturos nas plantas de morangueiro cv. 'Pircinque' avaliados durante o início da floração e frutificação, estágio 6 (Tabela 1). Assim, aos 89 DAT, se apresentaram em média, uma flor fechada e aberta e dois frutos imaturos por planta sem diferir estatisticamente da testemunha, o que representa que no presente estudo a aplicação de ProCa não antecipou a colheita nem promoveu incremento no número de estruturas reprodutivas por planta (Figura 9).

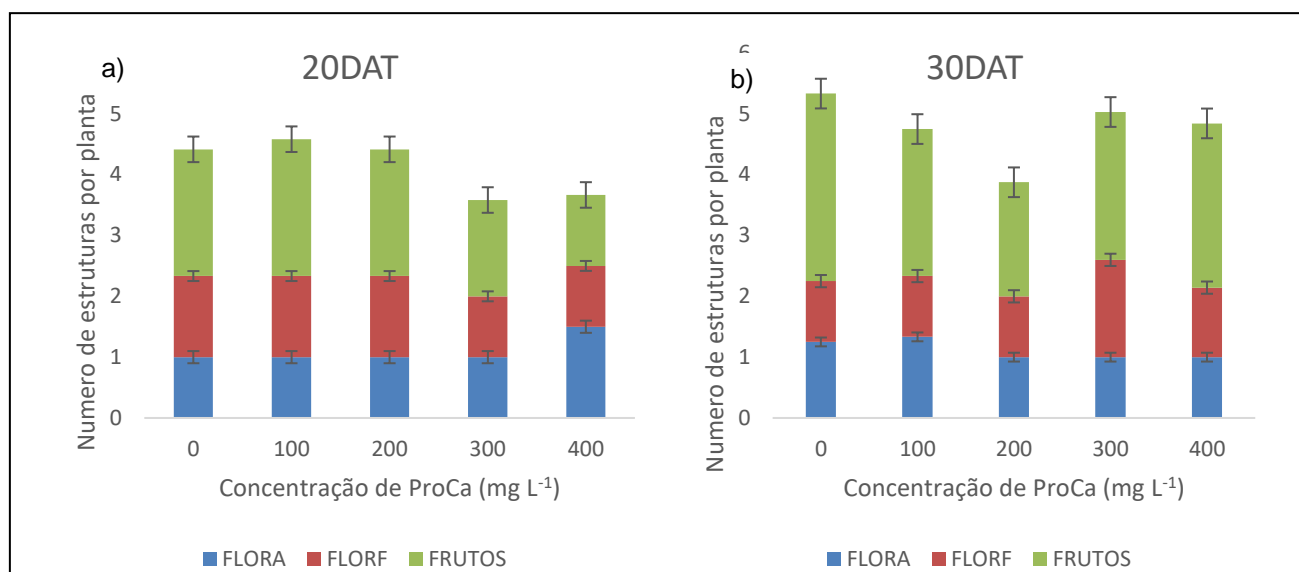
Tabela 1 - Número de estruturas reprodutivas (flores abertas, fechadas e frutos imaturos) de morangueiro cv 'Pircinque' no estado 6, floração, em função das concentrações de ProCa aos 20 e 30 DAT.

Epoca de aplicação (DAT)	Concentração ProCa (mg L ⁻¹)	FLORES ABERTAS	FLORES FECHADAS	FRUTOS IMATUROS
20	0	0,83 a	2,50 a	2,08 a
	100	2,50	2,50 a	2,25 a
	200	2,50	2,50 a	2,08 a
	300	1,67	5,83 a	1,58 a
	400	1,67	2,50 a	1,67 a
30	0	3,33 a	3,33 a	3,31 a
	100	5,00 a	0,83 a	2,42 a
	200	4,17 a	1,67 a	1,25 a
	300	0 a	4,17 a	2,00 a
	400	3,33 a	5,83 a	2,25 a
Valor p				
Concentração		0,3098	0,1861	0,4710
Época		0,1547	1,000	0,3548
Concentração x época		0,5761	0,4340	0,5384

* Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Tais dados confirmam os resultados encontrados no trabalho de Black (2004) o qual relatou que as aplicações de ProCa no ano de plantio não tiveram efeito sobre o número de inflorescências em 'Chandler' em um sistema de produção anual de clima frio, embora o número de coroas tenha aumentado durante o outono. No mesmo sentido, alguns outros estudos com maçã (MEDJDOUB et al. 2004) e pera (SOUTHWICH et al. 2004) não relataram nenhum efeito significativo do ProCa na iniciação floral. Além disso, Palonen e Mouhu (2008) verificaram que uma redução no retorno de florescimento foi associada ao uso de ProCa em framboesas.

Figura 9 - Número de estruturas reprodutivas (flores abertas, fechadas e frutos imaturos) de morangueiro cv 'Pircinque' no estado 6, floração, em função das concentrações de ProCa aos 20 (a) e 30 DAT (b).



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.3 Avaliação final no estágio 8, maturação do fruto

3.5.3.1 Número de folhas e área foliar

A maior média de folhas com atividade fotossintética (38 folhas), ocorreu nas plantas sem aplicação do fitoregulador, sendo que a média foi diminuindo ajustando-se a um modelo matemático de regressão polinomial quadrática, à medida que se aumenta a concentração até chegar a 23 folhas, correspondendo a concentração de 300mgL⁻¹, como mostrado na figura 10a. Yen et al. (2006) afirmam que a presença de dez folhas por planta é suficiente para manter boa produção e frutas de qualidade. No entanto, Casierra Posada et al. (2012) relatam que o aumento deste número de folhas por planta proporciona incremento na produção e tamanho das frutas, desde que as plantas estejam bem cuidadas com folhas saudáveis e funcionais.

Segundo Bartczak et al. (2010), a produção de frutas do morangueiro depende da produção fotossintética, a qual está estreitamente relacionada ao tamanho do aparato de assimilação da planta. Assim, também se evidenciou a existência de relação entre produtividade e área foliar, pois as plantas com maior número de folhas interceptam mais radiação solar, resultando em melhor suprimento de carboidratos durante a frutificação (ROSA et al., 2013).

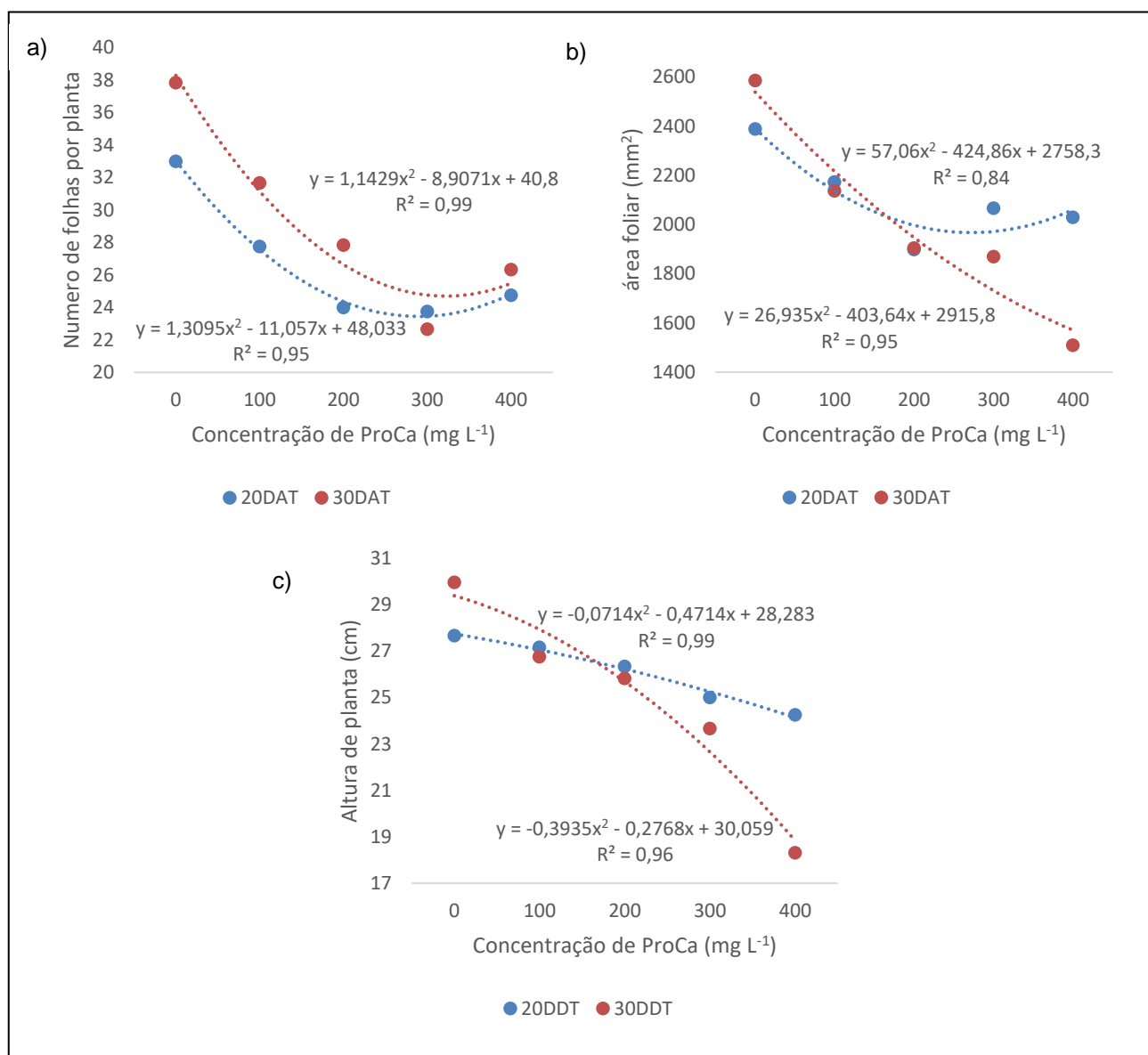
A área foliar do morangueiro foi influenciada pela interação entre as concentrações e as épocas de aplicação de ProCa (Anexo 2). O comportamento desta variável, diminui de maneira significativa, ajustando-se a um modelo de regressão quadrática, com áreas foliares mais expressivas na aplicação aos 20DAT (Figura 10b). Assim como o parâmetro anterior (número de folhas), a partir de 100mgL^{-1} a área foliar começa a reduzir. O maior valor alcançado, $2673,49\text{ mm}^2$, foi obtido pelo tratamento controle, em tanto a aplicação de 400 mgL^{-1} resultou numa redução de 44,51% respeito ao mesmo, com $1509,69\text{mm}^2$.

3.5.3.2 *Altura de planta*

Ao final do ciclo produtivo a variável altura de planta (AP) ainda se adequou ao modelo de regressão quadrática em resposta à aplicação de ProCa, mostrando decréscimo em função do incremento da concentração (Figura 10c). Aos 30 DAT o efeito foi mais significativo, com uma redução de 39% com respeito ao controle para a aplicação da maior concentração, 400mg L^{-1} obtendo a menor altura, 18,31cm (Anexo 2).

Os resultados obtidos nesse experimento são semelhantes aos de Hytönen et al. (2008) os quais observaram que as concentrações de ProCa (100 e 200 mg L^{-1}) afetaram o crescimento vegetativo de morangueiro, mas o efeito foi mais pronunciado com a concentração mais alta. E aos obtidos por Reekie e Hicklenton. (2002) que mencionam que o crescimento do morangueiro pode ser influenciado pelo ProCa e, dentre as concentrações estudadas, $62,5\text{ mg L}^{-1}$ foi eficaz no controle da altura da planta por mais de 3 semanas. Isso é obtido através do bloqueio das etapas finais na biossíntese de giberelinas (GAs), que são catalisadas por dioxigenases que requerem ácido 2-oxoglutaric como co-substrato. O efeito de redução do crescimento transitório do ProCa e o subsequente crescimento vigoroso podem ser explicados pela meia-vida curta do ProCa de cerca de 2 semanas em plantas superiores (EVANS et al., 1999).

Figura 10 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 8, maturação do fruto a) Número de folhas por planta, b) área foliar e c) altura de planta em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.3.3 Número e diâmetro de coroa

Houve interação significativa entre o fator concentração e época de aplicação (Anexo 2). O número de coroas por planta como resultado da aplicação de ProCa ajustou-se a modelos quadráticos com coeficientes de determinação $R^2 = 0,95$ e $0,96$ aos 20 e 30 DAT, respectivamente (figura 11a). Para as duas épocas de aplicação o comportamento foi semelhante, havendo redução no número de coroas conforme as concentrações de ProCa aumentaram. Dessa forma, o menor valor em média, 1,76

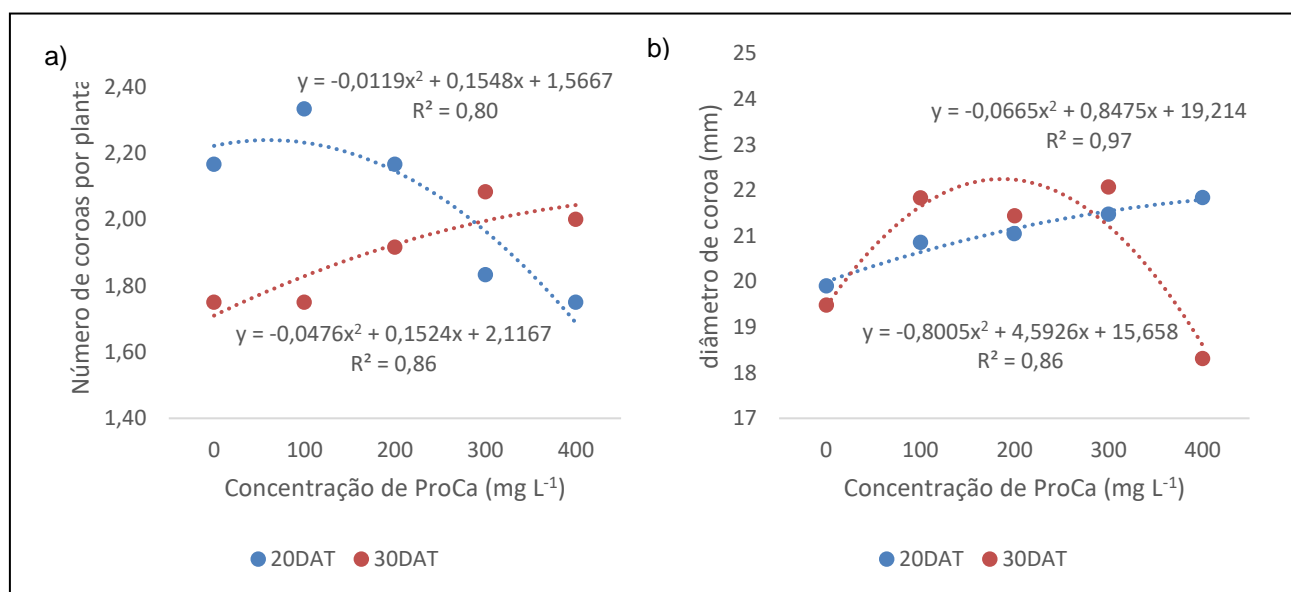
coroas, foi obtido com a concentração de 400mg L⁻¹ aos 20 DAT. Por outro lado, para a aplicação realizada 30 DAT o menor valor, 1,58 foi dado com o tratamento controle.

Por sua vez, o diâmetro de coroa no estágio principal 8 foi afetado pelo fator concentração e época de aplicação de ProCa, de forma isolada, mas as interações estudadas não foram significativas. A maior média, 22,1mm, foi obtida com a aplicação de 300mgL⁻¹, enquanto, com o tratamento controle, o diâmetro médio foi de 19,7mm. Esses dados em função da concentração de ProCa se ajustaram aos modelos de regressão testados ($R^2 = 0,86$ e $R^2 = 0,97$; figura 11b).

A coroa tem função de regular as atividades metabólicas das plantas, além de manter flores e frutas durante períodos de condições climáticas desfavoráveis (HANCOCK, 1999). Segundo Han et al. (1993), variáveis produtivas são altamente relacionadas ao diâmetro e número de coroas, podendo prever o potencial produtivo das plantas em função destas estruturas de reserva.

No morangueiro, as aplicações repetidas levam a um aumento no número de coroas de ramos e a uma diminuição no número de estolões em comparação com as aplicações únicas, mesmo em baixas concentrações de 62,5 mg L⁻¹ (BLACK, 2004; REEKIE et al., 2005a). Também na maçã e na pera, as aplicações repetidas foram mais eficazes do que os tratamentos individuais no controle do crescimento do rebento (RADEMACHER et al., 2004; SUGAR et al., 2004; MEDJDOUB et al., 2005).

Figura 11 - Variáveis morfológicas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 8, a) Número de coroas por planta e b) diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.3.4 Número e comprimento de estolões

As médias no número de estolões por planta em relação às concentrações de ProCa foi distinta para cada época de aplicação (Anexo 2), 20 e 30 DAT, onde a equação de regressão apresentou ajuste aos dados ($R^2 = 0,81$ e $R^2 = 0,76$, respectivamente (Figura 12a). Aos 20DAT, a aplicação de 300 a 400 mgL⁻¹ de ProCa produziu uma redução no número de estolões em relação a testemunha. Da mesma forma, Reekie e Hicklenton (2002) e Black (2004) relataram que um único tratamento com concentração baixa de ProCa (abaixo de 100 mg.L⁻¹) não teve efeito significativo no número de estolões em 'Chandler', 'Camarosa' e 'Sweet Charlie', mas concentrações de 120 mg L⁻¹ ou mais limitaram o crescimento do estolões de maneira dependente da concentração.

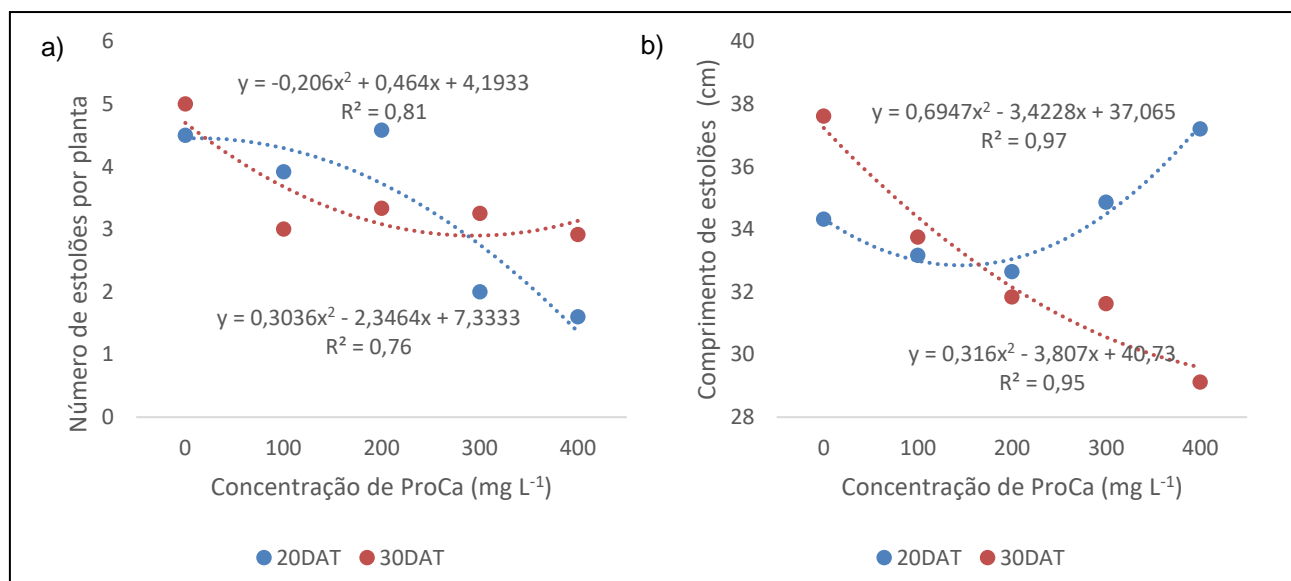
Além da concentração, o tempo adequado do tratamento é crucial para a redução bem-sucedida do crescimento dos estolões. Assim, aos 30DAT foi observado uma tendência semelhante em resposta a estas concentrações, sendo significativamente menores que a testemunha. Concentrações maiores de 200mg L⁻¹ produziram decréscimo no número de estolões, diferindo da testemunha. A combinação de uma concentração relativamente elevada com o tratamento precoce é fundamental para o bom controle dos estolões durante o ciclo de produção dos frutos.

No entanto, o efeito da aplicação de ProCa sobre o comprimento dos estolões não foi significativo. Na figura 11b observou-se uma relação direta entre as concentrações de ProCa e o comprimento dos estolões, seguindo um modelo quadrático ($R^2 = 0,95$ e $0,93$) com valor mínimo, 32,6cm, para as plantas com aplicação de 200 mgL⁻¹ de ProCa aos 20 DAT. Nota-se uma relação inversa entre as concentrações de ProCa em aplicações realizadas aos 30 DAT, provocando uma diminuição em média do comprimento de estolão de 23% com a aplicação de 400 mg L⁻¹ com relação ao controle (Anexo 2).

Nossos resultados indicaram diminuição no número de estolões por planta com o incremento da concentração de ProCa. Em conformidade, Hytönen et al. (2008) em morangueiro mostraram que o ProCa em concentrações de 100 mg L⁻¹ e 200 mg L⁻¹ reduziu o número de estolões apenas 9% e 32%, respectivamente. Outros trabalhos mostraram que ProCa diminuiu a formação de estolões nos cultivares de morango californiano 'Chandler', 'Sweet Charlie' e 'Camarosa', indicando o potencial deste regulador de crescimento para controle de estolões no campo de frutificação (BLACK,

2004; REEKIE et al., 2005). Finalmente, para nossas condições experimentais a prohexidiona-cálcio reduz significativamente a produção de estolões às custas dos parâmetros de rendimento do cultivo, como reportaram Duval e Golden (2007).

Figura 12 - Variáveis morfológicas das plantas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 8, a) Número de estolões e b) comprimento de estolões em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.3.5 Partição de massa fresca e seca

No estágio 8, o peso fresco e seco do morangueiro mostrou diferenças em resposta a aplicação de ProCa, onde as plantas controle apresentaram a maior massa fresca com efeito negativo do produto. Assim mesmo, o componente da interação entre os fatores concentração e época de aplicação foi estatisticamente significativo (Tabela 2). O peso fresco da parte aérea (folhas e coroa), evidenciou efeito dependente das concentrações de ProCa, ou seja, uma redução maior foi obtida quando maiores concentrações de ProCa foram aplicadas, porém com comportamento diferenciado para o peso fresco da coroa, sendo o maior valor, 12g obtido com a concentração de 100mg L⁻¹, sendo 32% superior ao controle. Assim, resultados semelhantes foram registrados com o peso seco da planta.

Quanto ao efeito da aplicação de diferentes concentrações de ProCa em duas épocas, o menor valor em média de massa fresca, 8,90 e 13,26 g planta⁻¹, aos 20 e 30 DAT respectivamente, foi obtido com a aplicação de 400 mgL⁻¹, diminuindo 45 e

50% em relação às plantas controle, representando um efeito significativo sobre a massa fresca de raiz (figura 13). Resultados semelhantes foram registrados com o peso seco da planta. Isso mostra que diferentes concentrações de ProCa afetaram significativamente tanto o desenvolvimento da parte aérea quanto o sistema radicular das mudas de morangueiro avaliadas.

Tabela 2 - Massa fresca (MF) e seca (MS) de folhas, coroa e raiz de morangueiro cv Pircinque no estado 8, maturação da fruta, em função das concentrações de ProCa aos 20 e 30 DAT.

Época de aplicação (DAT)	Concentração ProCa (mg L ⁻¹)	MFF (g planta ⁻¹)	MSF (g planta ⁻¹)	MFC (g planta ⁻¹)	MSC (g planta ⁻¹)	MFR (g planta ⁻¹)	MSR (g planta ⁻¹)
20	0	112,76 b	37,96 b ²	8,80 a	3,40 a	17,73 a	12,95 a
	100	99,73 b	37,96 a	12,95 b	2,85 a	17,62 a	8,80
	200	90,75 b	29,34 b	8,13 b	2,33 b	10,49 b	8,13 b
	300	89,79 b	30,85 b	9,97 a	3,14 b	9,66 b	9,97 c
	400	84,27 b	20,58 a	7,10 a	2,23 a	8,90 a	7,10 d
30	0	200,56 a	55,82 a	13,50 a	4,11 a	29,41 a	10,60 a
	100	130,38 a	41,39 a	10,55 c	3,45 b	20,04 c	5,69 b
	200	120,20 a	34,18 a	10,49 a	4,00 c	17,20 bc	9,30 bc
	300	115,77 a	39,57 a	8,83 a	3,18 b	21,31 d	7,57 d
	400	104,45 a	20,62 a	7,89 a	2,34 a	13,26 b	8,40 c
Valor p concentração		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Época		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
concentração x época		<0,0001	0,032	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0589

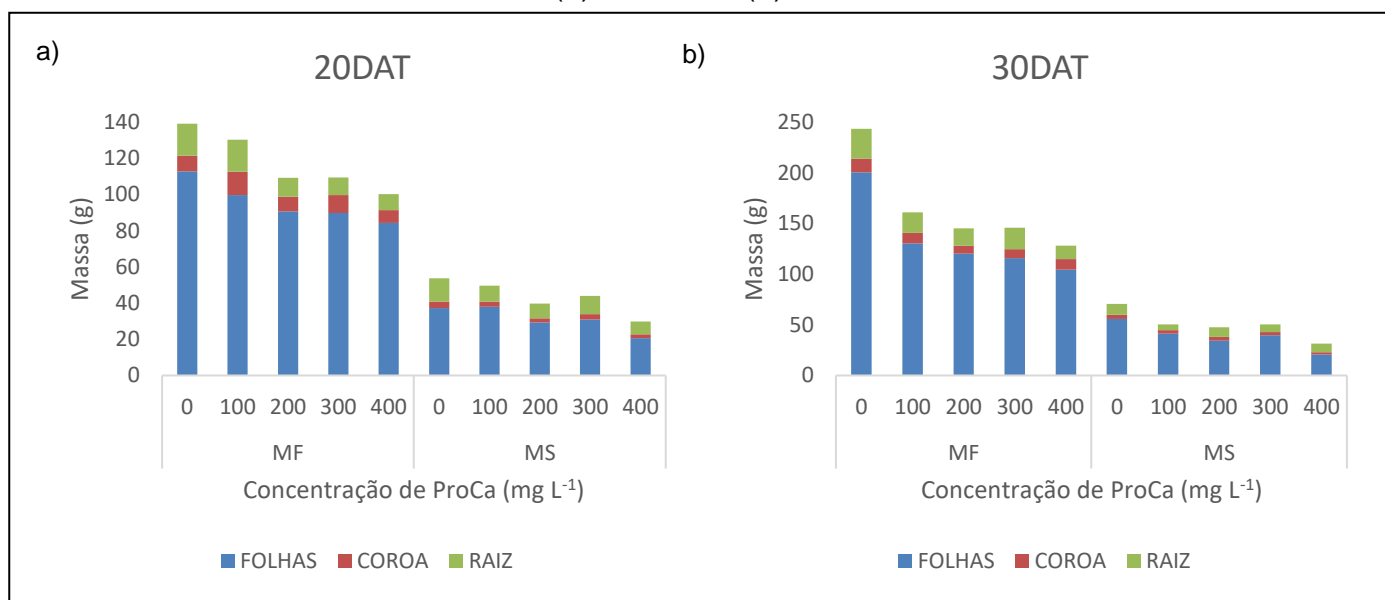
* Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora, 2020

O acúmulo e a mobilização de carboidratos têm um papel importante no desenvolvimento das plantas, e as reservas de amido da coroa representam uma fonte crucial de carboidratos para o desenvolvimento das plantas (MACIAS-RODRIGUEZ et al., 2002). Conforme Taiz e Zeiger (2010) o balanço ideal para o crescimento dos diferentes órgãos vegetais é variável, podendo, uma determinada concentração endógena, favorecer o crescimento de um órgão e inibir o crescimento de outro.

De acordo com Das e Prasad (2014) o uso de reguladores vegetais promove maiores médias de massa seca de parte aérea e também de raízes. Em experimentos realizados com as cultivares 'Darselect' e 'Jewel', Greene e Schloemann (2010) mostraram que a aplicação de pelo menos 62,5 mg L⁻¹ teve um resultado estimulante na massa seca e fresca da parte aérea, embora precisaram-se três aplicações para

obter um efeito significativo; porém tal efeito não foi observado neste trabalho, o que pode ter ocorrido devido a níveis já satisfatórios, de hormônios vegetais, presentes nas plantas, consequentemente, as aplicações promoveram efeito em detrimento. Por sua vez Hytönen et al. (2008) estudaram os efeitos de 100 mg L^{-1} de ProCa nos níveis de carboidratos e nutrientes minerais em diferentes órgãos da planta, reportando que três semanas após o tratamento, ProCa não promoveu efeito no peso seco das folhas, ou raízes por planta.

Figura 13 - Massa fresca (MF) e seca (MS) de folhas, coroa e raiz de morangueiro cv Pircinque no estado 8, maturação da fruta, em função das concentrações de ProCa aos 20 (a) e 30 DAT (b).



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.4 Produção e qualidade físicoquímica de morango cv 'Pircinque'

A produtividade e a qualidade dos frutos no morangueiro são determinadas em função do número de frutos produzidos por planta, influenciado pelos elementos meteorológicos e pelas práticas de manejo empregadas no cultivo e da massa média dos frutos. Esta última, por sua vez, é uma das características com a qual se obteve sucesso nos programas de melhoramento (ZANIN, 2019).

3.5.4.1 Número de frutos

Pode-se observar na figura 14a que a aplicação de ProCa afetou negativamente o número de frutos total por planta na medida que aumentaram as

concentrações, seguindo um modelo quadrático com $R^2 = 0,87$ e $0,97$, para aplicações aos 20 e 30DAT, respectivamente. O menor número de frutos, 9,8 foi obtido nas plantas submetidas à concentração de 400mg L^{-1} de ProCa, correspondendo a uma redução de 28% em relação ao controle. De acordo com os resultados obtidos, concentrações inferiores a 200mg L^{-1} apresentaram um aumento no número de frutos totais planta¹, enquanto concentrações superiores produziram uma redução de 40% respeito a testemunha.

O crescimento do fruto está relacionado à divisão e expansão celular. A divisão celular cessa cerca de 7 dias após o florescimento, enquanto a expansão celular é em média 30 dias, dependendo da temperatura (DARNELL, 2003). Diferentes cultivares produzem frutos de tamanhos diferentes, dependendo da duração da divisão celular em cada etapa. Galletta e Bringham (1990) relataram que 20 a 50 dias são necessários desde a polinização até o amadurecimento, dependendo da temperatura, disponibilidade de pólen, tamanho do fruto e nutrição da planta.

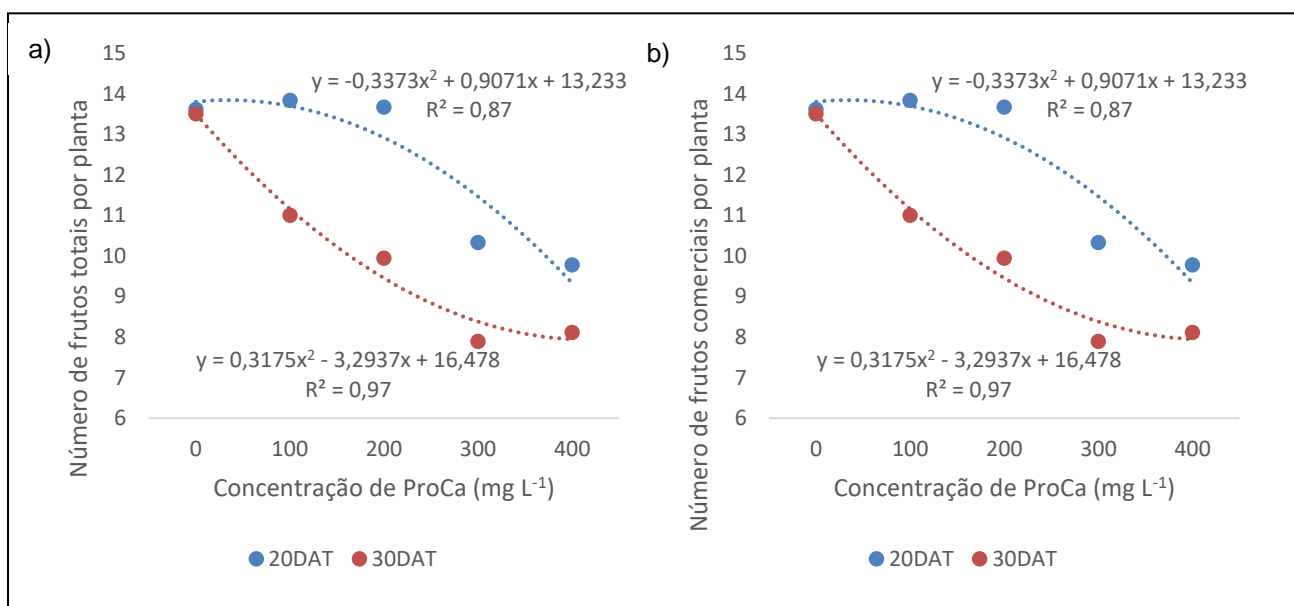
O rendimento do morangueiro é dependente do número de inflorescências iniciadas nos meristemas apicais das coroas principal e ramificada (HYTONEN et al., 2008). As condições de dias curtos induzem a formação de coroa a partir dos botões axilares da coroa principal, enquanto as condições de dias longos promovem a formação de estolões. A influência do ProCa no aumento de frutos por planta foi observada em diferentes espécies frutíferas como maçã (BASAK; RADEMACHER, 2000) e pera (COSTA et al., 2004b); estes efeitos estiveram relacionados com a fixação de frutos (RADEMACHER; KOBBER, 2003) por reduzir a competição por reservas entre a parte vegetativa e produtiva (RADEMACHER et al., 2014).

Embora o objetivo principal da aplicação de inibidores de GAs seja o controle do crescimento vegetativo, outros processos fisiológicos são afetados. Por exemplo, devido a ação inibitória da síntese de etileno, ProCa pode provocar a redução da queda de frutos após a floração, aumentando a carga de frutos por planta em plantas fruteiras como maçã (RADEMACHER, 2014), o que estimula uma mudança na translocação dos assimilados e conseqüentemente em mais frutos por planta (RAMÍREZ et al., 2009).

De forma semelhante, a aplicação de ProCa resultou em redução do NFC colhidos inversamente ao aumento das concentrações utilizadas, ajustando-se a modelos quadráticos com $R^2 = 0,96$ e $0,87$, para aplicações aos 20 e 30 DAT, respectivamente (figura 13b). Assim, o tratamento controle até a concentração de

200mg L⁻¹ de ProCa apresentou o melhor resultado para esta variável, com 12 e 13 frutos comerciais planta⁻¹, sendo 38% superior respeito as plantas tratadas com a maior concentração. A época de aplicação do produto teve diferença significativa (Anexo 3).

Figura 14 - Parâmetros de produção. a) Número de frutos totais e b) comerciais por planta do cv 'Pircinque' em função da concentração de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.4.2 Produção

A produção total, expressa em gramas de frutos colhidos por planta, com no mínimo 75% de maturidade, foi influenciada pela aplicação do ProCa, ajustando-se a um modelo do tipo quadrático (figura 15a). Para a aplicação aos 20 DAT observou-se um incremento na produção total, em resposta às concentrações de até 200 mgL⁻¹ de ProCa e a partir desta, o efeito na produção foi em decréscimo, chegando até 89,13 g planta⁻¹ em resposta a aplicação de 400 mgL⁻¹, correspondendo a uma redução de 50,5% em comparação ao controle; por outro lado aplicações realizadas aos 30 DAT mostraram uma relação inversa à medida que a concentração de ProCa aumenta. A análise estatística não mostrou efeito significativo para a interação concentração e época de aplicação (Anexo 3).

A produção comercial se refere a frutos com uma massa igual ou superior a 10 gramas. A aplicação de ProCa afetou a produção comercial de frutos, gerando

diminuição desta variável em resposta ao incremento da concentração de ProCa. Ajustou-se a um modelo quadrático com $R^2 = 0,97$ e $0,89$ para aplicações realizadas aos 20 e 30 DAT, respectivamente (Figura 15b). Estas respostas foram semelhantes as obtidas para a produção total.

Estes resultados coincidem com os obtidos em pesquisas realizadas por Greene e Scholoemann (2010), os quais mostraram um efeito positivo da aplicação do ProCa na produtividade de cultivares 'Darselect' e 'Jewel' quando as plantas foram submetidas a concentrações de ProCa superiores a $62,5 \text{ mgL}^{-1}$ em três épocas de aplicação. Na cultivar 'Camarosa' Reekie et al. (2005) com uma única aplicação de ProCa de $62,5 \text{ mgL}^{-1}$ conseguiram um aumento significativo na produção total por planta, sendo maior quando aplicado em épocas próximas à colheita, confirmando os resultados encontrados por Greene (2008), que descreve a redução do tamanho de frutos sem o aumento da produtividade, sendo efeito direto da ProCa.

A ação da giberelina principalmente nas células jovens (KERBAUY, 2004), confirma os resultados encontrados, demonstrando que o inibidor da biossíntese de giberelina não permitiu o desenvolvimento máximo do fruto através da limitação da divisão e expansão de suas células. Estes resultados demonstram que a inibição da síntese de giberelina ocorreu de forma geral na planta, não interferindo somente no desenvolvimento vegetativo, mas também no desenvolvimento reprodutivo, não atingindo o objetivo proposto, pois houve influência negativa das concentrações aplicadas de ProCa no tamanho e qualidade dos frutos.

3.5.4.3 *Massa média dos frutos*

A massa média de frutos não teve diferenças significativas em resposta a aplicação de ProCa (Anexo 3), as curvas se ajustaram a modelos quadráticos, com $R^2 = 0,98$ e $0,93$, aos 20 e 30 DAT, respectivamente, porém, a menor massa fresca, $9,3\text{g}$ foi obtida com a concentração de 400mg L^{-1} aos 20DAT, sendo este valor 27% inferior comparado com o tratamento controle (Figura 15c).

Os resultados encontrados neste experimento corroboram com o exposto por Ramírez et al. (2005) que não relataram diferença significativa, entretanto, observaram uma tendência nítida de frutos com menor peso em concentrações maiores de ProCa; resultados semelhantes foram relatados por Delazeri (2020), na cultura da amoreira cv. Tupy, os quais demonstraram que a aplicação de diferentes

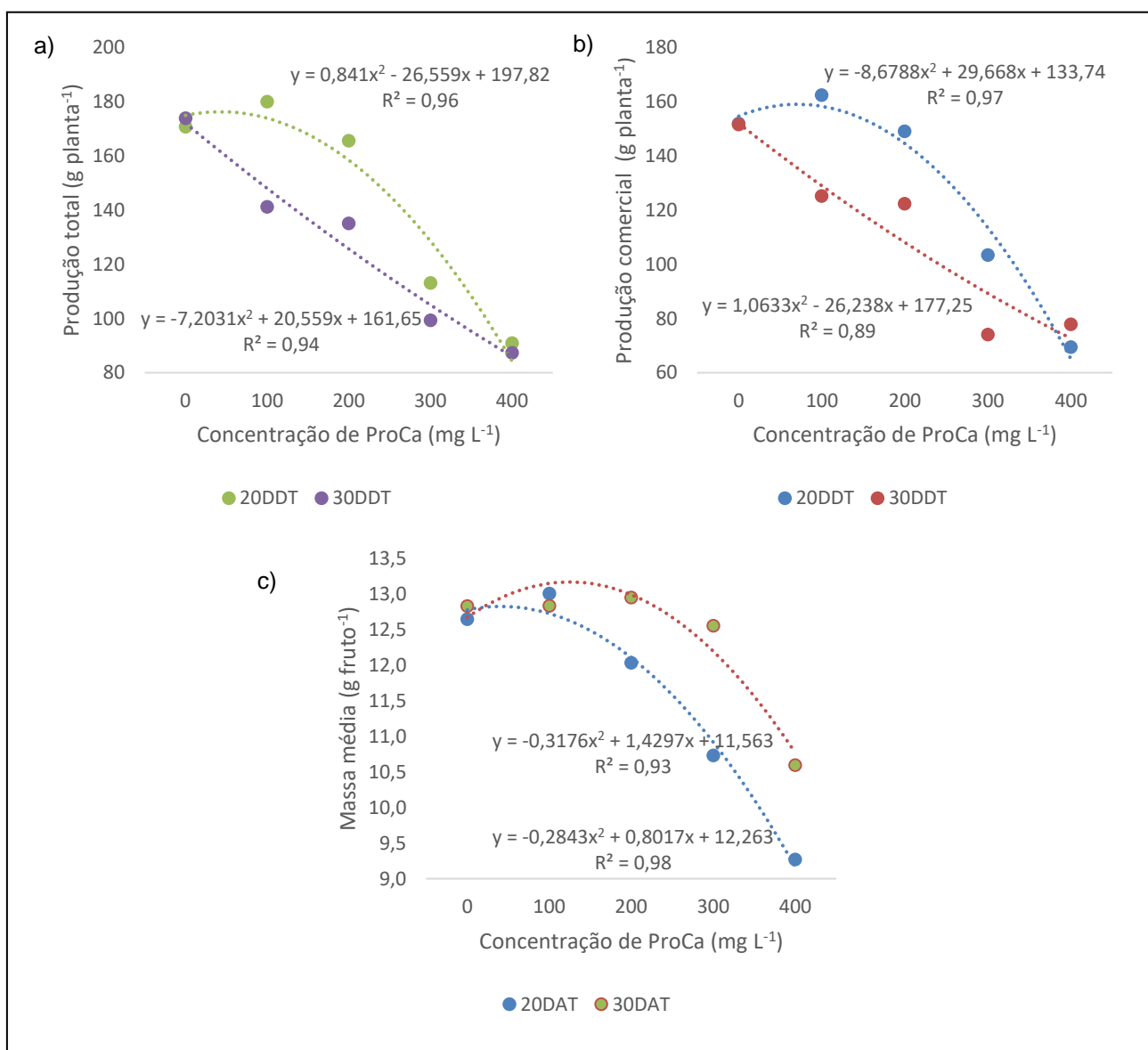
concentrações de ProCa interferiu significativamente no peso médio de frutas, onde as concentrações de 400 e 800 mg L⁻¹ tendem a diminuir a massa média de frutas em 22,7 e 18,3%, respectivamente, afetando negativamente a produtividade.

Nesse estudo, a média geral obtida para a massa dos frutos (11,9 g fruto⁻¹) foi ligeiramente inferior à encontrada por Ruan et al. (2011), para as quais a média geral do peso de fruto foi de 18,3 g com as cultivares Albion e San Andreas. Greene, (2008) considera possíveis fatores que contribuem para a redução do tamanho dos frutos, a diminuição da divisão celular ocasionada pela prohexadiona de cálcio, e a redução da área foliar que o retardante proporciona, embora não tenha avaliado em seus trabalhos.

Em contraste, Chang (2016) em estudo realizado em relação à influência da prohexadiona de cálcio no crescimento e na qualidade da goiaba 'Jen-Ju Bar' não relatou efeito no peso do fruto, o que segundo Privé (2006) pode estar relacionada à inibição do crescimento do caule e à competição constante entre o crescimento vegetativo e reprodutivo. Em fruteiras como a videira (*Vitis vinifera* L.) 'Shiraz' Ramírez et al. (2017) não encontraram variação com relação ao peso do fruto, no entanto, esses mesmos autores indicam que o Estadio fenológico em que o ProCa é aplicado pode influenciar nessa característica física do fruto. A esse respeito, Ramírez et al. (2012) indicam que quando a aplicação de prohexadiona de cálcio é realizada durante o período de floração, ocorre um bloqueio na síntese das giberelinas, o que induz uma redução no tamanho e no peso do produto colhido.

A resposta obtida no presente trabalho e as considerações de outros autores corroboram que a ProCa inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas por interferir na 3 β-hidroxilação, diminuindo o desenvolvimento vegetativo devido à redução dos níveis endógenos de giberelinas biologicamente ativas (GA₁) e acumulando seu precursor biologicamente inativo (GA₂₀). Desta forma, ocorre um menor alongamento celular, justificando o menor crescimento e peso de diferentes fruteiras (RADEMACHER et al., 2006).

Figura 15 - Parâmetros de produção. a) Produção total, b) Produção comercial e c) Massa média de morango cv 'Pirquinque' em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.5.4.4 Parâmetros de qualidade

3.5.4.4.1 Sólidos solúveis (SS)

Analisando o efeito das concentrações de ProCa sobre os sólidos solúveis, constatou-se, através da análise de regressão, que o modelo matemático que melhor se ajustou para as duas épocas de aplicação foi o quadrático (Figura 16a), porém não houve diferença significativa nesta variável tanto para as concentrações, quanto as épocas de aplicação (Anexo 3). Assim, a concentração de ProCa que proporcionou o maior teor de sólidos solúveis em média, 10,9, foi 300 mg L⁻¹, somente sendo superior

10% em comparação com os frutos das plantas controle, com 9,8°Brix. Em morangos, é esperada variação nos teores de sólidos solúveis de 4 a 11 °Brix, sendo recomendado 7 (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de sólidos solúveis é um caráter determinado geneticamente (COCCO et al., 2015; PINELLI et al., 2011) e influenciado pelas condições climáticas, o que explica as diferenças encontradas entre diferentes cultivares. Em morangos, é encontrado na literatura uma ampla faixa nos teores de sólidos solúveis, variando de 4 a 11 °Brix, devido às diferenças genéticas de cada cultivar, o estado de maturação e o período do ano em que se realiza a colheita (ANTUNES et al., 2010; COPETTI, 2010; CAMARGO et al., 2011; CECATTO et al., 2013; LEMISKA et al., 2014).

A doçura das frutas pode ser mensurada através da quantificação do conteúdo de sólidos solúveis por refratometria (° Brix) pois as frutas são constituídas em sua maior parte por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose, os quais representam mais de 99% do total de açúcares presentes na fruta madura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Delazeri et al. (2020) encontraram nas frutas de amoreira-preta, que concentrações crescentes de ProCa resultam em crescimento exponencial do teor de sólidos solúveis, estando relacionado ao menor tamanho da fruta, o que ocasiona uma maior concentração de sólidos solúveis nos mesmos. Resultados semelhantes foram obtidos por Medjdoub et al. (2004) em frutos de maçã 'Smoothie Golden Delicious' que relacionam o aumento da quantidade de sólidos solúveis com a quantidade de água na fruta. Desta forma, quanto maior a fruta, maior a quantidade de água e mais dissolvidos estão os açúcares e os sólidos solúveis, ocorrendo o inverso com a diminuição do tamanho do mesmo.

Diversos são os trabalhos realizados com aplicação de ProCa em frutíferas, porém, resultados referentes ao teor de sólidos solúveis (SS) são distintos aos encontrados no presente trabalho. Atay e Kyoncu (2017), ao avaliarem aplicações de PCa durante três anos em macieiras do cultivar Golden Delicious, não encontraram mudanças nos teores de sólidos solúveis, e, em pereiras do cultivar D'Anjou; Einhorn, Pasa e Turner (2014) demonstraram diminuição nos valores de SS. Estes resultados demonstram que existe variabilidade nas respostas a aplicação de ProCa para as diferentes espécies.

3.5.4.4.2 Acidez titulável (AT)

Quanto aos resultados obtidos, a acidez titulável (AT) dos frutos apresentou comportamento quadrático em relação a aplicação de ProCa, sem diferença significativa entre os tratamentos, ainda assim, o menor valor, 0,6, foi obtido nos frutos de plantas sometidos a 400mg L⁻¹ de ProCa aos 20 DAT (figura 16b). Em contraste, com a aplicação de ProCa aos 30 DAT não houve diferença significativa, o que significa que o fator época de aplicação não teve efeito significativo (Anexo 3). Trabalhos em amoreira preta também reportam que a variável acidez titulável (AT) não apresentou diferença significativa entre as concentrações avaliadas de PCa, com valores que variam de 1,03 (testemunha) a 1,38 mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de amostra (concentração 800 mg L⁻¹) (DELAZERI et al., 2020).

A acidez titulável é um parâmetro relacionado com o estágio de maturação dos frutos, normalmente em maior concentração em frutos verdes e menor em frutos maduros, resultante de processos fisiológicos regulado pela produção de etileno no interior dos frutos, e associada à maturação dos mesmos (OETIKER; YANG, 1995). O ácido de maior concentração no morango é o ácido cítrico, embora também se verifiquem quantidades consideráveis de ácido málico e em menor proporção, de ácido isocítrico, succínico, oxalacético, glicérico e glicólico (AZEVEDO, 2007).

De acordo com nossos resultados, a média para acidez titulável, 0,75, está na faixa relatada por diversos autores (0,48 a 1,12%) para este parâmetro (ANTUNES et al., 2010; CAMARGO et al., 2011; CECATTO et al., 2013; LEMISKA et al., 2014). Para outras fruteiras a acidez titulável nos frutos da manga 'Kent', tratados com ProCa ficou entre 0,83% e 0,91% (variação de 10%) na colheita; possivelmente relacionado ao efeito deste regulador na inibição da síntese de etileno.

3.5.4.4.3 Ratio (SS/AT)

Na figura 16c observou-se que o ratio ajustou-se a modelos quadráticos ($R^2 = 0,97$ e $0,86$ para 20 e 30 DAT, respectivamente), apresentando uma tendência crescente com o aumento da concentração a partir de 200 mg L⁻¹, mas sem apresentar-se diferenças entre os tratamentos, ainda assim, a aplicação de 400 mg L⁻¹ aplicado aos 20 DAT provocou o maior valor, 17,59, devido a diminuição de AT. Resultados semelhantes foram obtidos para outros frutos, como mangas, onde essa relação aumenta em função do aumento de SS e diminuição de AT. Em contraste, a

aplicação de ProCa aos 30 DAT não promoveu incremento significativo. Não houve efeito estatisticamente significativo para a época de aplicação de ProCa sobre o índice de maturação (Anexo 3).

A relação sólidos solúveis/acidez titulável, fornece uma medida precisa da qualidade organoléptica dos frutos, sendo uma das formas mais utilizadas como indicativo do sabor, por ser mais representativa que as medidas isoladas dos teores de açúcares ou de acidez, demonstrando o equilíbrio entre esses dois componentes (ANTUNES et al., 2010; CECATTO et al., 2013).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), espera-se que morangos apresentem relação mínima de 8,75, o qual observou-se nos frutos de todos os tratamentos, com valores superiores ao intervalo ideal para esta variável (12,3 a 17,6). o que reforça seu potencial de produção para consumo *in natura*, sendo a acidez elevada um fator indesejável para a aceitação sensorial (RESENDE et al., 2008). Estes resultados concordam com o reportado por alguns autores, (ZANIN., 2017, WURZ et al., 2019), os quais destacam as cultivares italianas, 'Pircinque' e 'Jonica' por apresentar uma concentração superior, ratios entre 12 e 14 em relação à média de outros genótipos.

3.5.4.4 Firmeza de polpa

O comportamento desta variável ajustou-se a um modelo quadrático com $R^2 = 0,97$ e $0,94$ aos 20 e 30 DAT, respectivamente. A partir do ponto de inflexão, 200mgL^{-1} , a curva de regressão torna-se crescente até chegar aos maiores valores de firmeza de polpa (3,1 e 3,5N) com a concentração de 400mgL^{-1} , representando um aumento entre 10 e 34% em relação ao tratamento controle (Figura 16d). Estes resultados concordam com Yoder et al. (1999) que mencionam como efeito do ProCa o aumento da firmeza de polpa dos frutos de maçã, característica que vai influenciar na qualidade pós-colheita da fruta.

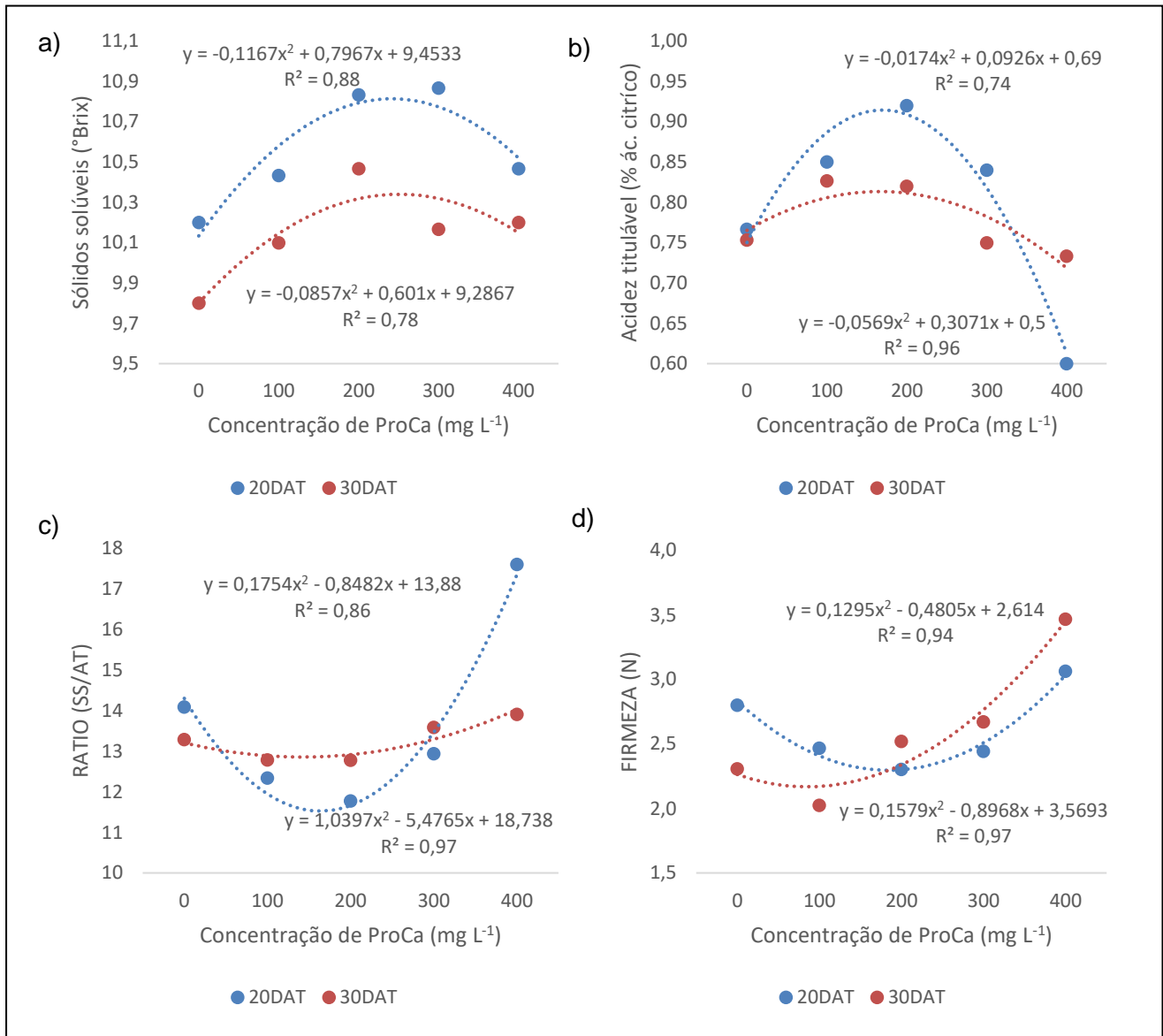
A firmeza de polpa, é uma das características mais importantes desde o ponto de vista da capacidade de conservação em pós-colheita (BRACKMANN et al., 2011), pelo fato de o morango ser um fruto altamente perecível, difícil de se transportar para locais distantes ou armazenar por um período de tempo prolongado, assim, este atributo de qualidade converte-se entre as mais buscadas no melhoramento genético da espécie (ZUEK, 2019), podendo ser influenciada pelo manejo do produtor na

cultura, pela irrigação e pela nutrição (CANTILLANO, 2010; OLIVEIRA; BONOW, 2012).

De maneira geral, a firmeza de polpa de frutos produzidos no presente ensaio foi diferente em comparação com os valores obtidos por Zanin, (2019) de 5,52 N, em avaliação agrônômica para o cultivar Pircinque, no mesmo local, o Planalto Sul Catarinense na safra 2017/2018 e os obtidos por Dantas (2017), para frutos dos cultivares Albion e San Andreas, com 10,6 N e 13,0 N respectivamente, para o estágio de maturação comercial (80% vermelho) no estado da Bahia. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de a firmeza estar relacionado com fatores genéticos e ambientais (CAMARGO et al., 2011), altas temperaturas e alta umidade relativa no verão, que conferem aos frutos uma textura menos firme (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Asín e Vilardell (2006) a eficiência dos resultados com reguladores vegetais é dependente do clima, vigor da planta, época, em função da fenologia da planta, concentração e intervalo em que as pulverizações são feitas. Basak e Krzewińska (2006) encontraram que no segundo ano de aplicação, os frutos de plantas tratadas com ProCa, apresentaram índices menores de firmeza, quando comparados com os frutos do controle. Por sua parte, Carra et al. (2017) encontraram que a aplicação de prohexadiona de cálcio não afetou o comportamento de firmeza dos frutos armazenados a frio na variedade de pera 'Smith'. Resultados semelhantes foram relatados por Ramírez et al. (2003), em frutos de tomate 'saladete', e por Greene (1999), em frutos de maçã antes de serem armazenados.

Figura 16 - Parâmetros de qualidade. a) Sólidos solúveis, b) Acidez titulável, c) Relação sólidos solúveis / acidez titulável e d) Firmeza de morango cv 'Pirquinque' no estado 8, maturação do fruto em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30DAT.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4 CAPÍTULO II: APLICAÇÃO DE ProCa EM MUDAS DE RAIZ NUA

4.1 RESUMO

Para o cultivo do morangueiro, na região sul do Brasil, existe a dependência dos produtores em utilizar mudas importadas. Com intuito de reduzir essa dependência, uma das alternativas é a produção de mudas nacionais com qualidade sanitária e fisiológica durante todo o período de plantio, sendo necessário controlar o crescimento para diminuir os gastos energéticos das plantas. Dentre as alternativas para o controle de crescimento vegetativo de plantas, o uso de reguladores de crescimento se apresenta como uma alternativa promissora, sendo descrita por alguns autores a supressão do crescimento de mudas de morangueiro com a aplicação de ProCa. O presente estudo objetivou avaliar o comportamento de mudas de tipo de raiz nua submetidas a combinações de concentrações de ProCa em diferentes meios de produção das mesmas. O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC) no município de Lages/SC. O experimento foi conduzido em delineamento de parcelas sub subdivididas, com quatro repetições por tratamento. Na parcela principal foram testados dois meios de produção de mudas (solo e substrato), na sub parcela duas cultivares ('Pircinque' e 'San Andreas') e na sub subparcela cinco concentrações de ProCa (0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹), contendo quatro repetições com dez plantas por parcela, avaliados no ciclo 2019/20. Avaliaram-se nas mudas: número de folhas, altura de planta e diâmetro de coroa. Já, nas plantas foram avaliadas variáveis: número de folhas e área foliar, número e diâmetro de coroa, altura de planta, número e comprimento de estolões, massa fresca e seca das folhas, coroas e raízes, assim como parâmetros produtivos e análises pós colheita dos frutos. Pode-se observar que a aplicação de entre 100 a 300 mg L⁻¹ de ProCa diminuiu a área foliar e a altura de planta para ambas as cultivares, reduzindo o crescimento vegetativo das mudas. As concentrações de ProCa não influenciaram no número de frutos e na massa de frutos por planta, e os resultados foram relacionados ao fator cultivar

Palavras-chave: *Fragaria ananassa*, propagação, controle do crescimento

4.2 ABSTRACT

For the strawberries crop, in the south of Brazil, there is a dependence on producers to use imported seedlings. In order to reduce this dependence, one of the alternatives is the production of national seedlings with sanitary and physiological quality during the entire planting period, being necessary to control growth in order to reduce the energy costs of plants. Among the alternatives for the control of vegetative growth of plants, the use of growth regulators presents itself as a promising alternative, with some authors describing the suppression of the growth of strawberry seedlings with the application of ProCa. The present study aimed to evaluate the behavior of bare root seedlings submitted to combinations of concentrations of ProCa in different means of production. The study was carried out at the Center for Agricultural Sciences of the University of the State of Santa Catarina (CAV-UDESC) in the municipality of Lages / SC. The experiment was conducted in a sub-divided plot design, with four replicates per treatment. In the main plot, two means of seedling production (soil and substrate) were tested, in the sub plot two cultivars ('Pircinque' and 'San Andreas') and in the sub-plot five concentrations of ProCa (0, 100, 200, 300 and 400 mg L⁻¹), containing four replicates with ten plants per plot, evaluated in the 2019/20 cycle. Seedlings were evaluated for number of leaves, plant height and crown diameter. In the plants, variables were evaluated: number of leaves and leaf area, number and diameter of crown, plant height, number and length of stolons, fresh and dry mass of leaves, crowns and roots, as well as productive parameters and post harvest analysis of the fruits. It can be seen that the application of between 100 to 300 mg L⁻¹ of ProCa decreased the leaf area and plant height for both cultivars, reducing the vegetative growth of the seedlings. ProCa concentrations did not influence the number of fruits and fruit mass per plant, and the results were related to the cultivar factor

Key words: *Fragaria ananassa*, propagation, growth control

4.3 INTRODUÇÃO

A obtenção de mudas é o principal fator limitante da cultura, uma vez que a maioria das mudas utilizadas na região sul do Brasil são importadas da Argentina, Chile e Espanha (Barreto et al., 2018). A produção de mudas nacionais de morangueiro, com qualidade sanitária e fisiológica é uma demanda nas regiões produtoras do país. Desta forma, nos últimos anos, foram iniciadas pesquisas para a produção de mudas no verão, as quais foram plantadas apenas no final da temporada ou na primavera seguinte. Nesse período, ocorre o desenvolvimento excessivo da parte aérea, o que torna necessário o controle do crescimento das plantas (PEREIRA et al., 2016).

A qualidade de mudas está estreitamente relacionada à tipologia e para cada categoria apenas determinados parâmetros qualitativos são prioritários e indispensáveis para alcançar o potencial produtivo para aquele tipo de material. No caso de mudas com raízes nuas, os principais parâmetros que indicam boa qualidade são sistema radicular bem desenvolvido e de coloração clara e o diâmetro da coroa superior a 8 mm (PERTUZÉ et al., 2006), uma vez que estes órgãos são armazenadores de reservas na planta. Os carboidratos estocados nestes órgãos tem um papel muito importante na retomada do crescimento da planta após o transplante e na produção das primeiras flores e frutas (ESHGHI et al., 2007). Estes processos fisiológicos são dependentes das reservas acumuladas, até que a planta tenha autonomia na produção e no fornecimento de energia (BARTCZAK et al., 2010).

De forma a garantir a produtividade dos pomares e para melhorar a qualidade da fruta, é essencial na frutificação controlar o crescimento vegetativo (Carra et al., 2017), que pode ser realizado com o uso de reguladores de crescimento, entre eles a prohexadiona cálcio (ProCa), um fitorregulador que inibe a biossíntese de giberelinas pertencentes ao classe de acilciclohexanodionas, que são hormônios vegetais que regulam a altura da planta. Seus níveis são geralmente relacionados ao comprimento da haste, mas também desempenham um importante papel em outros fenômenos fisiológicos, como na floral iniciação e pegamento de frutas (Taiz et al., 2017).

Nesse contexto, a fim de reduzir a dependência dos produtores brasileiros na

aquisição de mudas de morango importadas é necessário desenvolver mudas de melhor qualidade controlando o crescimento da parte aérea dessas mudas para acumular mais reservas na coroa e raiz. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de ProCa em mudas de morangueiro de tipo raiz nua nos cultivares 'Pircinque' e 'San Andreas' no controle do crescimento e seus possíveis impactos produtivos e da qualidade dos frutos.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), no município de Lages-SC. As áreas experimentais estão localizadas nas coordenadas 27°47' de latitude Sul e 50°18' de longitude Oeste, a uma altitude de 922 metros. O clima local é classificado como subtropical úmido mesotérmico Cfb, pela classificação de Köppen.

Para a produção de mudas com raízes nuas foram utilizadas matrizes das cultivares 'Pircinque' e 'San Andreas', classificadas como cultivares de dias curtos e neutros, respectivamente, provenientes do viveiro Pasa, no município de Farroupilha, RS. O experimento iniciou com o plantio destas plantas no dia 10 de novembro de 2018 e foi conduzido até o dia 17 de março de 2020, quando as colheitas foram encerradas e o posterior arranquio das plantas foi feito para avaliação.

As matrizes foram plantadas em canteiros preparados com encanteiradora, após concluída a etapa de calagem. Em cada um deles adotou-se uma linha de plantio central, deixando espaço de 1m entre elas para o desenvolvimento dos estolões a partir da planta matriz (Figura 2). Inicialmente foi instalado uma linha de irrigação por gotejamento sendo depois incluído a microaspersão, sendo que as fitas possuíam gotejadores espaçados entre 0,15 m.

Após o término do período de desenvolvimento, no dia as mudas foram submetidas aos tratamentos para o controle de crescimento. Sendo realizada nas horas da manhã através de aspersão com pulverizador manual. Assim, as mudas com raízes nuas foram coletadas no dia 09 de junho de 2019, completando 7 meses para o desenvolvimento dos estolões ao redor da planta matriz, tempo no qual as temperaturas diminuiram.

Figura 17 - Detalhe do campo de produção de mudas com raiz nua dos cultivares 'Pircinque' e San Andreas' a partir de plantas matrizes. Lages, SC, CAV-UDESC, 2018



Fonte: Elaborado pela autora, 2020

Aos 15 dias de vernalização na câmara fria com temperatura entre 2,5 e 3°C, as mudas com raízes nuas foram, lavadas e homogeneizadas de acordo com o diâmetro da coroa, de modo que houvesse uma homogeneização da condição inicial delas em cada um dos blocos para ser transplantadas, no dia 28 de junho de 2019, não sendo efetuado nenhum tipo de poda do sistema radicular antes do plantio.

O manejo de plantas daninhas, a remoção de folhas secas ou com sintomas de doenças, de estolões e de frutos com sintomas de doenças foram realizados manualmente durante todo o ciclo da cultura. A fertirrigação foi feita semanalmente, através do sistema de irrigação por gotejo, levando em consideração as recomendações técnicas para a cultura (SANTOS e MEDEIROS, 2003). A irrigação foi realizada conforme a necessidade hídrica.

4.4.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.4.2.1 Variáveis morfológicas

No momento do plantio a campo, no estado 1, correspondente a desenvolvimento da folha, amostras constituídas de 20 mudas por tratamento foram

selecionadas para realizar as seguintes avaliações: número de folhas (NF), realizando-se a contagem de folhas plenamente abertas; altura de planta (AP), medindo-se a distância entre a base da coroa até o ápice da última folha completamente expandida com o auxílio de uma régua milimetrada; o diâmetro da coroa (DC), com auxílio de paquímetro digital expresso em mm.

Avaliou-se aos 89 dias após o transplante ao campo (DAT), correspondente ao estado 7, desenvolvimento da fruta, número de folhas, estolões e coroas, altura de planta e comprimento de estolões, ambos verificados com régua milimetrada e expressos em cm; diâmetro do caule com auxílio de paquímetro digital, expresso em milímetro; a área foliar (AF), estimada através do escaneamento das folhas por meio do integrador de área foliar (LI-COR, modelo 3100), o valor foi obtido em mm².

4.4.2.2 Variáveis de produção

As colheitas foram realizadas no período de 16 de setembro de 2019 a 08 de fevereiro de 2020, totalizando 28 colheitas. O ponto de colheita adotado foi quando os frutos atingiram aproximadamente 75% epiderme vermelha, a partir do estágio 85 segundo a escala BBCH.

A cada colheita, os frutos foram classificados em comerciais (peso ≥ 10 g) e não comerciais (peso ≤ 10 g) por parcela, os quais foram contados e pesados. A partir desses dados, foram calculados: número total de frutos/planta (NFT) e número de frutos comerciais/planta (NFC), obtido a partir da razão entre a somatória dos frutos produzidos por parcela e o número de plantas úteis por parcela; produção total e comercial/planta (PT e PC, respectivamente), obtida a partir da razão entre o peso dos frutos por parcela e o número de plantas úteis da mesma; e massa média dos frutos (MMF), obtida a partir da razão entre a somatória do peso total dos frutos por parcela e o número de frutos.

4.4.2.3 Variáveis de qualidade dos frutos

As análises qualitativas foram realizadas durante a safra 2019-2020 no Laboratório de Fruticultura do CAV-UDESC. Determinou-se:

Firmeza de polpa: expressa em gramas de força necessárias para romper a epiderme das frutas (g fruta⁻¹). Valor mensurado com auxílio de um penetrômetro

digital de bancada com ponteira de 6 mm de diâmetro, realizando-se duas leituras em lados opostos na zona equatorial das frutas. Os valores foram obtidos pela média de todas leituras realizadas por cada repetição, tomando 5 frutos de cada uma;

Sólidos solúveis (SS): expressa pela percentagem do teor de açúcares e ácidos orgânicos que estão presentes nas frutas (° Brix). É determinado com auxílio de um refratômetro digital de bancada com correção de temperatura, sendo os resultados expressos em g 100 g⁻¹ de açúcares solúveis (° Brix), utilizando-se para a realização da leitura suco de uma amostra de morangos de uma mesma repetição;

Acidez titulável (AT): expresso pelo teor de ácido cítrico presente nas frutas (% ácido cítrico). É determinada com auxílio de um titulador digital de bancada por meio da titulação com solução de NaOH a 0,1N;

Relação SS/AT: calculado através da razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).

4.4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas sub subdivididas, com quatro repetições por tratamento. Na parcela principal foram testados dois meios de produção de mudas (solo e substrato), na sub parcela duas cultivares ('Pircinque' e 'San Andreas') e na sub sub parcela cinco concentrações crescentes do regulador de crescimento vegetal prohexadione cálcio (ProCa) (Viviful® com 27,5% de i.a.) equivalentes a 0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹. Sendo realizada através de aspersão com pulverizador manual. Cada parcela foi composta por 8 plantas, totalizando 640 plantas.

Posteriormente as médias foram submetidas à análise de variância e, quando observadas diferenças ao nível de 5% de probabilidade de erro tipo α , o teste Tukey ($\alpha=0,05$) foi utilizado para separação das médias e análise de regressão, onde a equação que melhor se ajustou aos dados foi escolhida com base na significância dos coeficientes de regressão ao nível de significância de 1% (**) e 5% (*) pelo teste F, e no maior coeficiente de determinação (R^2), e, utilizando-se o programa SAS University.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Avaliação inicial das mudas de raiz nua prévio ao transplante ao campo, estágio principal 1, desenvolvimento da folha

4.5.1.1 Número de folhas

Foi verificado efeito significativo entre o meio de cultivo, a cultivar e as concentrações de ProCa sobre o número de folhas. As mudas produzidas no solo produziram maior número de folhas, 9,88 em média, em relação às mudas produzidas em substrato com 4,68. (Anexo 4). A cultivar com maior número de folhas foi 'Pircinque' com 8,44 folhas, enquanto em 'San Andreas' foram observadas 6,12 folhas (Anexo 4). No momento de transplante ao campo, as mudas encontravam-se com entre quatro a doze folhas, para 'Pircinque' e quatro e oito para 'San Andreas', apresentando diferenças significativas para as concentrações de 100 e 200 mgL⁻¹ de ProCa, porém não houve interação significativa entre os dois cultivares com respeito as concentrações, existindo somente para a maior concentração avaliada (Figura 18a).

Reekie et al. (2006) mencionam que os caracteres morfológicos como altura da planta, diâmetro da coroa e número de folhas das cultivares responderam de forma semelhante aos tratamentos com ProCa, roçada e sua combinação em plantas de morangueiro reduziram a altura das plantas 10 dias após o tratamento.

4.5.1.2 Altura de planta

Houve interação entre os fatores cultivar, meio de cultivo e concentração de ProCa. Mudas cultivadas no solo obtiveram, 29,95mm de altura em média, comparado com as plantas cultivadas em substrato com 21,97mm (Figura 18b). Para esta variável, as cultivares avaliadas não apresentaram diferenças significativas, com valores de 25,6 e 26,3 mm para 'San Andreas' e 'Pircinque' respectivamente (Anexo 4).

No anexo 4 observa-se o efeito das concentrações sobre a altura, com efeito significativo para a concentração de 100mgL⁻¹ nas cultivares do estudo, afetando de maneira indistinta. Nesta mesma data de avaliação pode-se verificar que houve queda acentuada devido à aplicação de ProCa para a cultivar 'Pircinque', comprovando o

que já tinha sido observado, ou seja, que a ProCa apresenta efetividade no controle do crescimento vegetativo, com comportamento dependente da cultivar. Ozbae e Ergun (2015) também relataram redução na altura de plantas proporcional à variação das concentrações utilizadas, apresentando redução de 38% nas concentrações de 150 mg L⁻¹ do regulador.

4.5.1.3 Diâmetro de coroa

O diâmetro da coroa está diretamente relacionado ao acúmulo de reservas, ou seja, à concentração de carboidratos das mudas, podendo ser correlacionado positivamente com o potencial produtivo das mesmas (COCCO et al., 2015). Plantas que possuem coroas de tamanho grande contêm altas concentrações de carboidratos de reserva, resultando em crescimento vigoroso após o transplante, boa produção de flores e elevada qualidade de frutas (KIRSCHBAUM et al., 1998).

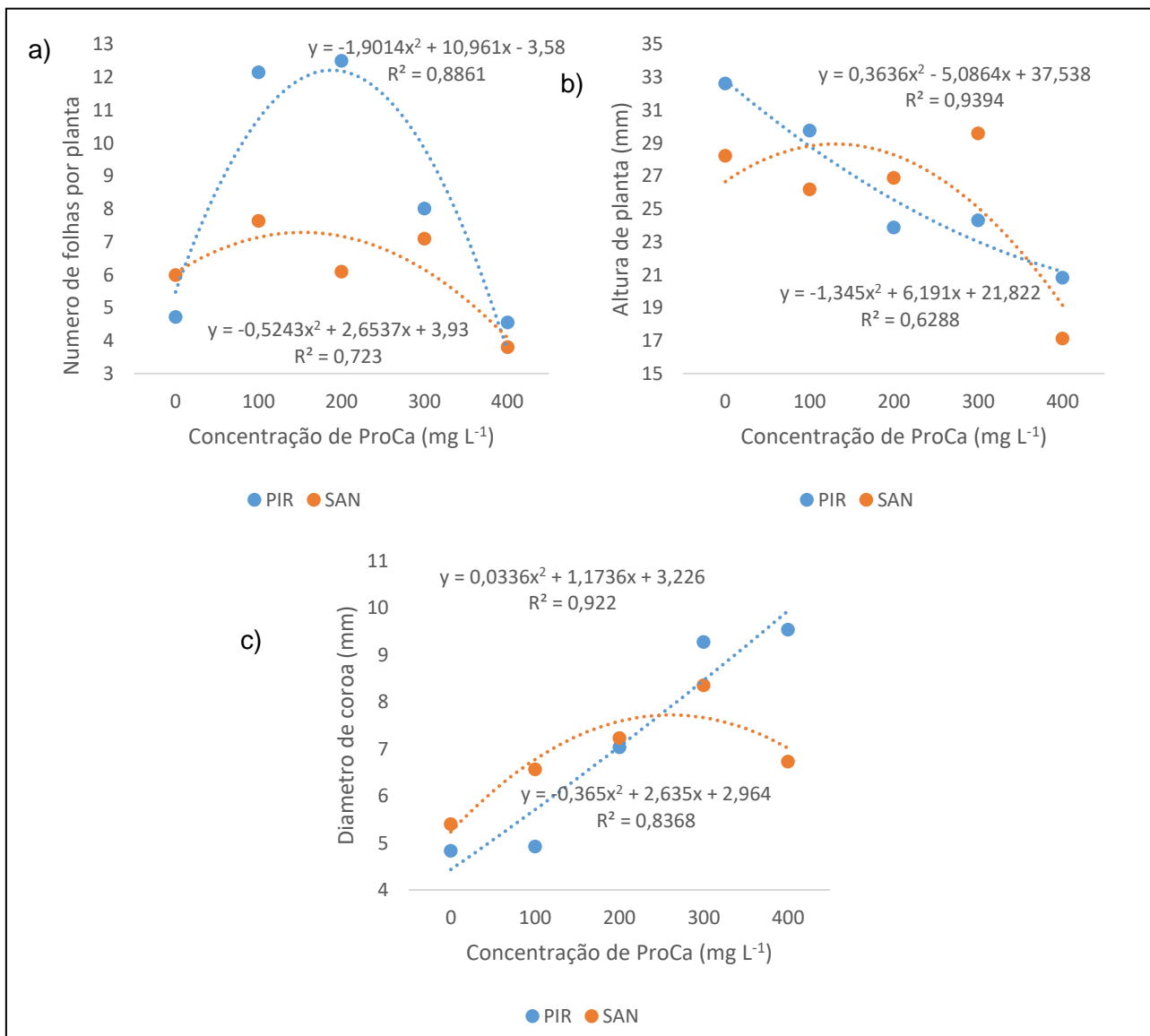
Na fase de transplante, observou-se interação entre as cultivares, o meio no viveiro e a concentração de ProCa, afetando significativamente o diâmetro da coroa. O anexo 4 mostra que as mudas produzidas em solo produziram em média um diâmetro de coroa maior (9,23 mm) do que as plantas produzidas em substrato (4,74 mm), sendo esses valores significativamente diferentes. Em nenhum caso, a cultivar 'San Andreas' apresentou diâmetro de coroa estatisticamente diferente em relação ao obtido por 'Pircinque' (7,15 e 6,83 mm; respectivamente). Neste sentido, a concentração teve efeito significativo em relação ao cultivar, enquanto ao final do ciclo o efeito de produto não afeta esta variável, confirmando que a eficácia do produto depende do cultivar e a concentração utilizada.

De acordo á análise de regressão, o diâmetro de coroa foi influenciado pela concentração de ProCa e apresentou comportamento quadrático positivo (Figura 18c). Essa ocorrência sugere a existência de diferenças significativas entre as concentrações; Além disso, nota-se uma interação significativa entre a concentração estimada de 250 mg L⁻¹ de ProCa e o diâmetro de coroa, o que significa que este parâmetro apresenta mudança visíveis quando é submetido a esta concentração, afetando igualmente as duas cultivares.

Para mudas de raízes nuas, o diâmetro da coroa deve ser superior a 8 mm (Cocco et al., 2011), valor alcançado com as concentrações superiores a 200 mg L⁻¹ de ProCa. Conforme Barreto et al. (2018), usaram concentrações de ProCa entre 0 e

400 mg L⁻¹ aplicados a 20 ou 30 DAT nas cultivares de morango 'Camarosa' e 'Aromas', constataram que o diâmetro de coroa diminuiu em até 15,6% com concentrações de 400 mg L⁻¹, embora apenas a cultivar 'Camarosa' tenha apresentado redução estatisticamente significativa. Confirmando a resposta a aplicação de ProCa dependente do cultivar.

Figura 18 - Variáveis morfológicas de mudas de morangueiro cv 'Pircinque' e 'San Andreas' no estágio principal 1, desenvolvimento da folha. a) Número de folhas por planta, b) Altura de planta e c) Diâmetro de coroa em função das concentrações de ProCa



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.5.2 Avaliação final, estágio principal 8, maturação do fruto

O anexo 4 mostra que o efeito individual do meio, cultivar e concentração de ProCa sobre o número de folhas de morangueiro foi significativo. Com a utilização do solo como meio de produção das mudas, observou-se em média 30,41 folhas, sendo significativamente superior, em relação à observada no substrato, 28,49. Da mesma forma, a aplicação de ProCa em diferentes concentrações afetou significativamente o número de folhas obtidas, gerando o maior valor, 34,31 folhas, com a concentração de 300 mg L⁻¹ e com a aplicação de 100 mg L⁻¹, foi obtido o menor valor, 25,35.

Houve efeito significativo dos componentes sobre o número de folhas. A interação meio x concentração mostrou que, as plantas das mudas produzidas em substrato, o maior número de folhas foi obtido com a concentração de 300 mg L⁻¹ (36,21 folhas); o menor valor de folhas, 24,13 folhas, foi observado no tratamento controle. Por fim, a interação cultivar x concentração mostrou que o número de folhas em 'Pircinque' com 300 mg L⁻¹ produziu em média 30,00 folhas, valor mais alto e significativo.

O efeito individual dos fatores meio, cultivar e concentração de ProCa sobre a área foliar da planta no estágio 8 foi significativo. Em relação ao meio de produção das mudas, observou-se diferença significativa, sendo 1829,69 mm², para aquelas produzidas no solo e 2226,38 mm² as correspondentes a substrato. O efeito da cultivar mostrou que 'Pircinque' teve área foliar significativamente superior a 'San Andreas', com 2771,41 mm² e 1284,66 mm² respectivamente. Da mesma forma, observou-se que a maior área foliar, foi obtida com a aplicação de 300 mg L⁻¹ de ProCa.

O efeito combinado das variáveis independentes meio, cultivar e concentração de ProCa sobre a área foliar foi significativo em todos os casos, exceto para a interação meio x cultivar. Na interação cultivar x concentração, observou-se que na cultivar 'San Andreas', os únicos valores de área foliar que apresentaram diferenças significativas com aplicação de ProCa foram 0 e 400 mg / L, que obtiveram 2.024,90 e 3326,45 mm², e que corresponderam aos menores e maiores valores obtidos entre as testadas concentrações, respectivamente (Anexo 4). O que significa que a resposta à aplicação de ProCa é dependente da cultivar

Reduções induzidas por ProCa no crescimento da folha do morango foram relatados sendo acompanhados por aumentos em ramificação da coroa e no crescimento das raízes (REEKIE et al., 2003). Da mesma forma, Preto (2004) encontraram uma inibição geral do crescimento de morango cv. 'Allstar' devido aos tratamentos ProCa no 'Honeoye' (Karhu e T. P. Hytönen, 2006).

Para a variável altura de planta observou-se efeito individual significativo entre os fatores meio, cultivar e concentração de ProCa aplicada. As plantas das mudas produzidas no solo, alcanzaram a menor altura, 235,1 mm, comparado com aquelas do substrato. Da mesma forma, entre as cultivares 'Pircinque' e 'San Andreas' observou-se uma diferença significativa de 5,94 cm, sendo a média desta última (28,05 cm) o maior valor observado. Por sua vez, a aplicação de 300 mg L⁻¹ gerou o menor valor de altura de planta, 200,71 mm, entre as concentrações testadas.

Todos os fatores tiveram efeito significativo na altura da planta. Para a cultivar 'San Andreas' a altura foi significativamente superior no substrato, 274,4 mm, em relação à observada no solo, 248,8 mm (Anexo 4). As plantas das mudas produzidas no substrato obtiveram o maior valor de altura, 308,1 mm, com concentrações de 200 mg L⁻¹, e o menor valor de altura no substrato, 232,9 mm, foi registrado com o controle.

Já, a interação cultivar e concentração permitiu verificar que a altura de planta da cultivar 'San Andreas' aumentou significativamente em comparação com o controle através de aplicações crescentes de ProCa; entretanto, a altura média das plantas de 'Pircinque' foi superior com a aplicação de 300 e 200 mg L⁻¹, que obtiveram 26,46 e 24,37 cm, respectivamente; a menor altura nesta cultivar, 18,88 cm, foi observada com 400 mg L⁻¹. Ou seja, de acordo com Reekie et al., (2005) ProCa tem um efeito curto nas plantas, após algum tempo, crescimento vegetativo pode ser retomado e as mudas de morango tratadas podem crescer rapidamente.

Apenas o fator cultivar teve efeito sobre o número médio de coroas do morangueiro. Nesse sentido, a cultivar 'San Andreas' com, 2,51 coroas foi significativamente menor, com o observado em 'Pircinque', 3,39 (Anexo 4). Observou-se que o número de coroas obtidas para cada cultivar diferiu quando as mudas foram plantadas no solo. Além disso, houve uma interação significativa entre a concentração estimada de 250 mgL⁻¹ de ProCa e o diâmetro de coroa, o que significa que este parâmetro apresenta mudança visível quando é submetido a esta concentração,

afetando igualmente as duas cultivares. Nota-se que ao final do ciclo produtivo o efeito de ProCa não afeta esta variável, confirmando que a eficácia do produto depende do cultivar e a concentração utilizada.

Para mudas de raízes nuas, o diâmetro da coroa deve ser superior a 8 mm (COCCO et al., 2011), valor alcançado com as concentrações superiores a 200 mg L⁻¹ de ProCa. Conforme Barreto et al. (2018), os quais usaram concentrações de ProCa entre 0 e 400 mg L⁻¹ aplicados a 20 ou 30 DAT nas cultivares de morango 'Camarosa' e 'Aromas', constataram que o diâmetro de coroa diminuiu em até 15,6% com concentrações de 400 mg L⁻¹, embora apenas a cultivar 'Camarosa' tenha apresentado redução significativa. Confirmando a resposta a aplicação de ProCa dependente do cultivar.

Hytönen et al. (2008) também obteve um aumento na formação do número de copas com plantas tratadas com ProCa em relação às plantas do tratamento de controle. A concentração de 100 mg L⁻¹ dobrou e a dose de 200 mg L⁻¹ até triplicou o número de coroas de ramos em comparação com as plantas de controle. Em concordância, no trabalho de Pereira et al. (2016) a aplicação ocorreu 12 dias após o plantio em relação a esta pesquisa, onde as mudas podem ter translocado reservas de copa para o emissão de raízes e folhas, apresentando menores valores de diâmetro da coroa no momento da avaliação.

O número de estolões por planta apresentou diferenças significativas em função do efeito individual dos fatores avaliados. Assim, para o fator cultivar, 'Pirquinque' gerou um maior número de estolões significativo, 3,45, enquanto para 'San Andreas' foi de 1,81 (Anexo 4). Por outro lado, a aplicação das concentrações de 300 e 200 mg L⁻¹ de ProCa gerou as menores médias de estolões por planta, 3,92 e 3,10. Todas as interações decorrentes dos fatores meio, cultivar e concentração de ProCa tiveram efeito significativo sobre o número de estolões, exceto para a interação meio x cultivar (Anexo 4).

Sabe-se que no viveiro a produção de estolões é dependente de determinadas cultivares, frequentemente são produzidas plantas com altura excessiva da planta e com elevada área foliar, fazendo com que as mudas se tornem propensas a danos durante o manuseio e o transporte, que pode afetar negativamente a precocidade da colheita e diminuir significativamente o rendimento total da fruta, além de acentuar a perda de água após o plantio (DUVAL et al., 2002). Com resultados semelhantes,

Black (2004) constatou que apenas com a aplicação de 480 mg L⁻¹ de ProCa em estolões da cultivar de morango 'Chandler', foram obtidos comportamentos variáveis em relação ao controle, dependendo da época do ano em qual o tratamento foi aplicado.

4.5.2.1 Produção e qualidade físicoquímica de morango

4.5.2.1.1 Parâmetros de produção

Considerando o efeito individual dos fatores meio, cultivar e concentração de ProCa, o número de frutos totais e comerciais não mudou significativamente (Anexo 5). Da mesma forma, não foram encontrados efeitos significativos das interações entre os fatores analisados, exceto para a interação entre meio e cultivar, na qual, observou-se maior número de frutos totais e comerciais pela cultivar 'Pircinque com a utilização de solo como meio de produção de mudas, comparado com 'San Andreas'.

De igual forma, nenhum dos fatores, meio, cultivar e concentração de ProCa tiveram efeito individual significativo sobre a produção total e comercial de morango, exposto como o peso em gramas dos frutos coletados por planta. Somente foi encontrada diferença significativa na interação entre meio e cultivar, na qual, a cultivar 'Pircinque', a partir de mudas produzidas no solo, produziu mais frutos comerciais e com maior peso, em relação a cultivar 'San Andreas', demonstrando que houve maior adaptação às condições do experimento pela cultivar 'Pircinque' que pôde expressar seu potencial produtivo independente do tratamento utilizado.

Neste caso isto pode ser devido a ação temporária do regulador que significou que até o início da produção de frutas, não teve um efeito sobre essas variáveis. Para Reekie et al. (2005), a curta duração do ProCa não compromete a produção de frutos de morango após o plantio, só atrasa o crescimento vegetativo das mudas.

O efeito individual dos fatores cultivar e concentração de ProCa, exerceram efeito significativo sobre a massa média do fruto. A cultivar que obteve o maior valor médio foi 'Pircinque', 10,81 g planta⁻¹, valor significativamente diferente do obtido por 'San Andreas', 9,94 g planta⁻¹ (Anexo 5). De outro lado, o maior valor, 11,67 g planta⁻¹, foi obtido com a aplicação de 300 mg L⁻¹ de ProCa. Em relação à interação entre os

fatores nenhum efeito significativo foi encontrado, exceto para a interação tripla (meio x cultivar x dose, valor de $p = 0,039$).

O peso do fruto é uma das características de maior importância agrônômica na produção comercial do morango, pois está diretamente relacionada ao tamanho do mesmo. Frutos grandes tornam o processo de colheita e embalagem mais rápido além da sua valorização pelo mercado consumidor, resultando em maiores ganhos ao produtor Conti (2002). Os valores encontrados no presente trabalho para 'San Andreas' que ficaram próximos de 10 g fruta^{-1} , são menores que os verificados por Marques (2016) e Carvalho (2013) para esta cultivar, em que o mesmo obteve $12,47 \text{ g.planta}^{-1}$, em cultivo convencional.

4.5.2.1.2 Parâmetros de qualidade

O anexo 5 refere-se às características físico-química, sendo elas firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, acidez titulável e a relação entre sólidos solúveis dos frutos apresentados nas cultivares 'San Andreas' e Pircinque'. Os parâmetros de qualidade não foram influenciados pela interação entre as cultivares e as concentrações de ProCa. Apenas a interação entre meio e cultivar teve efeito significativo na produção total e comercial. Na qual, novamente a cultivar 'Pircinque' destaca-se

O teor de sólidos solúveis (SS), expresso em graus Brix, de morango foi significativamente influenciado pelo efeito individual do meio, cultivar e concentrações de ProCa (Anexo 5). Assim, o uso do solo como meio de produção de mudas foi 8% significativamente superior em relação ao obtido com substrato. E a cultivar 'Pircinque' destacou-se ao apresentar o maior valor de SS, $10,02^\circ \text{ Brix}$. A aplicação de diferentes concentrações teve um efeito significativo no teor de SS, onde o maior valor, $10,2^\circ \text{ Brix}$ foi obtido com 100 mg L^{-1} de ProCa.

Todas as interações derivadas dos fatores mencionados tiveram um efeito significativo no teor de SS. Quando foi utilizado solo como meio de produção de mudas, observou-se o maior valor, $10,79^\circ \text{ Brix}$ foi obtido na Pircinque'. No caso da interação cultivar x concentração, a aplicação de 400 mg L^{-1} ProCa provocou uma redução de 31% nos sólidos solúveis em relação ao controle, $12,05^\circ \text{ Brix}$, que demonstra que esse tratamento apresenta melhor sabor em relação aos demais.

Verifica-se, também, que a redução na permanência do fruto na planta diminuiu o acúmulo de açúcares (DARNELL, 2003). Assim, o teor de sólidos solúveis totais fornece um indicativo referente à quantidade de açúcar presente nos pseudofrutos, sendo que para as condições experimentais a cultivar 'Pircinque' apresentou pseudofrutos mais doces, em relação à cultivar San Andreas, sendo que todas apresentaram mais que 7% de sólidos solúveis, estando dentro do parâmetro aceitável de sabor do morango.

A interação do meio de produção das mudas, cultivar e concentração de ProCa não tiveram efeito significativo sobre a acidez titulável (AT), expressa como a porcentagem de ácido cítrico em frutos de morango (Anexo 5). Da mesma forma, a aplicação de ProCa em plantas de morangueiro não influenciou significativamente sobre os valores médios desta variável (valor p, 0,19).

A acidez titulável indica a quantidade de ácidos orgânicos presentes nos frutos, que em balanço com os teores de açúcares, influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade (CECCHI.,2003). Muitos desses ácidos são voláteis, contribuindo dessa forma para o aroma característico das frutas (KLUGE et al., 2002). Os tratamentos apresentaram os maiores valores de acidez titulável, 0,75 e 0,76% respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. Entretanto todos mantiveram seus valores acima do valor máximo de acidez titulável para o fruto do morangueiro, 0,8% sendo uma característica usada também como referência do grau de maturação (CHITARRA, 2005).

A relação acidez titulável e sólidos solúveis é usada para a avaliação do sabor do fruto, sendo que o equilíbrio entre elas permite um melhor sabor do fruto (CHITARRA, 2005). Somente a interação meio x concentração teve efeito significativo na relação de maturidade para o caso do substrato. O anexo 5 mostra que os frutos das mudas produzidas no solo foram significativamente maior do que o registrado para o substrato. Por sua vez, a cultivar 'Pircinque' apresentou um valor médio de 6,15, sem diferir ao observado em 'San Andreas' com 6,38 (Anexo 5). Ao contrário do que foi registrado com a aplicação do ProCa com concentrações entre 0 e 400 mg L⁻¹, que não teve efeito significativo.

A cultivar San Andreas teve um resultado semelhante em relação ao obtido por Antunes (2013), que foi de 6,53 demonstrando um sabor mais ácido e não tão

saboroso ao paladar. O sabor do morango é um dos mais importantes aspectos de qualidade exigidos pelo consumidor, sendo condicionado em parte pelo balanço açúcar/acidez da fruta (PINTO et al., 2008).

Em relação à firmeza dos frutos de morango, ou seja, a força mínima necessária para gerar fratura na superfície do fruto, o anexo 5 mostrou um efeito significativo dos fatores individuais, cultivar e concentração de ProCa. Assim, as plantas da cultivar 'Pircinque' necessitaram de uma média de 3,12 N para produzir fratura nos frutos, que foi um valor significativamente superior à média de 2,46 N observada nas plantas de 'San Andreas' (Anexo 5). A aplicação de ProCa em concentrações entre 0 e 400 mg L⁻¹ teve efeito significativo na firmeza dos frutos de morango (Anexo 5). As concentrações em que foram observados os maiores valores médios foram 100 e 200 mg L⁻¹, com 3,30 e 3,00 N, respectivamente.

Por outro lado, o efeito das interações resultantes entre os fatores meio, cultivar e concentração de ProCa sobre a firmeza dos frutos foi significativo em todos os casos, exceto para o meio x cultivar. No caso do meio x concentração, o maior valor, 3,68 N foi obtido nas mudas desenvolvidas em substrato aplicação de 200 mg L⁻¹. Em relação à interação cultivar x concentração, observou-se que a aplicação de diferentes concentrações de ProCa tanto na cultivar 'San Andreas' quanto na 'Pircinque' não resultou em diferenças significativas entre os valores médios de firmeza dos frutos.

A manutenção da firmeza da polpa dos frutos é um importante parâmetro observado na qualidade no manejo pós-colheita, visto que está associada às melhores condições de conservação e aspecto visual (Brackmann et al., 2011). Segundo Conti (2002) valores de 0,84 N são considerados pouco firmes, demonstrando que os genótipos avaliados obtiveram baixa firmeza, provavelmente devido à maturação adiantada no momento da análise.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação de ProCa teve efeito sobre a produção e qualidade de mudas nuas e de torrão de morangueiro das cultivares 'Pircinque' e 'San Andreas' com efeito mais significativo no diâmetro de coroa, altura de planta e área foliar no estágio 1, desenvolvimento da folha.

Dependendo a época de aplicação, a ProCa afetou o crescimento vegetativo das mudas estabelecidas no campo, encontrando melhores respostas em aplicações mais cedo, especialmente nas variáveis de altura de planta e área foliar.

A aplicação de Proca apresentou efeito diferencial nas cultivares avaliadas, sendo a 'Pircinque', a que foi o mais afetada para altura de planta e diâmetro de coroa, variáveis de interesse no estudo, em comparação com a cultivar 'San Andreas'. O que demonstra a boa resposta do cultivar a este tipo de tratamentos.

Nas mudas de torrão a aplicação de ProCa afetou negativamente parâmetros de produção dos frutos, contudo obtendo frutos com maior firmeza. Comparativamente, esses mesmos parâmetros nas mudas de raiz nua não foram afetados nem os demais parâmetros de qualidade foram comprometidos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo confirmaram a influência da Prohexadiona de Cálcio (ProCa) no controle do crescimento vegetativo em mudas de morangueiro. Junto com outros reguladores vegetais, como paclobutrazol, etil-trinexapac, cloreto de cloromequat (Rademacher, 2005) e tratamentos mecânicos como a remoção de estolões (Black, 2004), a aplicação de ProCa tem mostrado eficácia no controle do crescimento de mudas de várias espécies frutíferas (Petraceck, et al., 2003; Bisht et al., 2018) , a fim de minimizar os danos mecânicos e a perda de água devido à transpiração que é acentuada quando apresentam grandes pecíolos e folhas (Duval et al., 2002).

O impacto da ProCa no crescimento vegetativo das plantas está diretamente relacionado à sua capacidade de alterar a produção de giberelina por meio do acúmulo desse hormônio em formas biologicamente inativas (Nakayama et al., 1990), afetando indiretamente os processos que esse hormônio realiza.

Pelos resultados obtidos nas condições avaliadas, a capacidade de controle vegetativo foi testada em mudas de 'Pircinque' e 'San Andreas' com a aplicação de ProCa nas concentrações de 200 ou 300 mg L⁻¹, dependendo do órgão a tratar. Esta informação representa uma contribuição para a melhoria do manejo de mudas de morango das cultivares 'Pircinque' e 'San Andreas', visto que a preferência pelo seu uso vem crescendo, o que se reflete no aumento da área plantada com esses materiais vegetais (Fagherazzi, 2017). Por sua vez, o controle do crescimento vegetativo nas mudas com raiz nua não foi relacionado a um prejuízo nos componentes produtivos e de qualidade dos frutos de morango.

A falta de efeito positivo nos componentes da qualidade dos frutos pela aplicação da Proca, conforme relatado em pesquisas utilizando diferentes cultivares de morango, bem como a falta de evidências de controle vegetativo em estádios tardios de desenvolvimento da planta, promove a necessidade de investigar a influência do uso da ProCa em mais de uma aplicação..

7. REFERÊNCIAS

- AGUILAR, T. **Demanda Nutricional de cuatro variedades de Fresa (*Fragaria x ananassa*), cultivadas en la región de Zamora Michoacán**. Tesis Maestro en Ciencias (Postgrado de Edafología). Colegio de Postgraduados Institución de enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. 140 p. 2011.
- ALMEIDA, I. V.; ANTUNES, L. E. C. Necessidades climáticas e influência do clima sobre adaptação, produção e qualidade. In: ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. (Ed.) **Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, Embrapa: 2012. p. 41-50.
- ALTINTAS, S. Effects of chlormequat chloride and different rates of prohexadione-calcium on seedling growth, flowering, fruit development and yield of tomato. **African Journal of Biotechnology**, v.10, p.17160–17169, 2011.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócio HF**, v. 37, p. 88-92, 2020.
- ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. **Pequenas frutas: o produtor pergunta, a embrapa responde**. 1a ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012.
- ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n.1-2, p.156-161, 2013.
- AQUINO, M. SILVA, M. Produção de mudas do morangueiro em diferentes ambiente de cultivo. **Revista científica eletrônica de xx da faef**, v. 36, n. 2, 2019.
- ARCHBOLD, D.D. and R.L. HOUTZ Photosynthetic characteristics of strawberry plants treated with paclobutrazol or flurprimidol. **HortScience**, v. **23**, p.200–202, 1988.
- ASIN, L.; VILARDELL, P. Effect of paclobutrazol and Prohexadione-Calcium on shoot growth rate and growth control in “Blanquilla” and “Conference” Pear. **Acta Horticulturae**, n. 727, p. 133-138, 2006.
- ASSIS, M. Produção de matrizes e mudas de morangueiro no Brasil. In: **SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO**. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 45-50.
- ATAY, A. N.; KOYONCU, F. Impact of repeated yearly applications of prohexadione-calcium on vegetative and reproductive Growth of ‘golden delicious’/m.9 apple trees. **Journal of Horticultural Research**, Skierniewice, vol. 25, n. 1, p. 47–54, 2017.

AZEVEDO, S. M. C. **Estudo de taxas de respiração e de factores de qualidade na conservação de morango fresco (Fragaria x ananassa Duch.)**. 2007. 225f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar). Universidade Aberta, Portugal.

BARRETO, C. F. L. V.; FERREIRA, S. I.; COSTA, A. V.; SCHIAVON, T. B.; BECKER, G. K.; VIGNOLO, L. E. C. ANTUNES. 2018. Concentration and periods of application of prohexadione calcium in the growth of strawberry seedlings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, p.1937-1944, 2018.

BARTCZAK, M.; LISIECKA, J.; KNAPLEWSKI, M. Correlation between selected parameters of planting material and strawberry yield. **Folia Horticulturae**, v. 22, n. 1, p. 9-12, 2010.

BASAK, A.; KRZEWINSKA, D. Effect of Prohexadione-Ca (Regalis®) on the effectiveness of NAA and BA used for fruitlet thinning in apple trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 727, p.139-144, 2006

BERNARDI, J. et al. **Sistema de produção de Morango para mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**. EMBRAPA UVA E VINHO, 2005

BEYENE, G. T.; KEHOE, E.; MACSIURTAIN, M.; HUNTER, A. Effect of different transplanting dates and runner types on quality and yield of 'Elsanta' strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 926, p. 483-489, 2012.

BISHT, T. S.; RAWAT, L.; CHAKRABORTY, B.; YADAV, V.. A Recent Advances in Use of Plant Growth Regulators (PGRs) in Fruit Crops - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.7, n.5, p.1307-1336, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.159>

BLACK, B. Prohexadione-calcium decreases fall runners and advances branch crowns of 'Chandler' strawberry in a cold-climate annual production system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.129, p.479-485, 2004.

BRACKMANN, A. et al. Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 542-547, 2011.

BRAUN, J. W., GARTH, J. K. L. Strawberry vegetative and fruit growth response to paclobutrazol. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.** 111: 364–367. 1986.

CAMARGO, L.K.P.; RESENDE, J.T.V.; TOMINAGA, T.T.; KURCHAIT, S.M.; CAMARGO, C.K.; FIGUEIREDO, A.S.T. Postharvest quality of strawberry fruits produced in organic and conventional systems. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.4, p.577-583, 2011.

CANTILLANO, R. F. F.; SILVA, M. M. **Manuseio pós-colheita de morangos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 37p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 318).

- CARRA, B.; FACHINELLO, J. C.; ABREU, E. S.; PASA, M. S.; SPAGNOL, D.; GIOVANAZ, M. A.; SILVA, C. P. Control of the vegetative growth of “Shinseiki” pear trees by prohexadione calcium and root pruning. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, V.52, p.177-185, 2017.
- CARVALHO, S. Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Brasil, 2013.
- CASIERRA-POSADA, F.; TORRES, I. D.; RIASCOS-ORTIZ, D. H. Growth partially defoliated strawberry plants cultivated in the tropical highlands. **Revista Actualidad e Divulgación Científica**, v. 15, n. 2, p. 349-355, 2012.
- CASTRO, R.L. de. **Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil**. SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO, 2, ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1. (Ed.) Raseira, et al. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 296 p, 2004.
- CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; MENDONÇA, H. F. C.; PAZZINATO, A. C. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003.
- CHANG, P. T. Influence of Prohexadione-Calcium on the growth and quality of summer ‘Jen- Ju Bar’ guava fruit. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.35, p.980-986, 2016.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L.; SCHMITT, O. J. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 489-493, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000400015>
- COCCO, C.; GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; FERREIRA, L. V.; ANTUNES, L. E. C. Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.919-927, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-250/14>
- CONTI, J. H; MINAMI, K; TAVARES, F. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, 20.1: 10-17. Brasil, 2002.
- COPETTI, C. **Atividade antioxidante in vitro e compostos fenólicos em morangos (Fragaria X ananassa Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

COSTA, N.L.; DAROS, E.; MORAES, A. Utilização de bioestimulantes na cultura da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 5, n. 22, 2011.

COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; BOMBEN, C.; VIZZOTTO, G. Two years of application of prohexadione-Ca on apple: Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. **Acta Horticulturae**, v.653, p.35-40, 2004.

DARNELL, R. L. Strawberry growth and development. In: CHILDERS NF (ed). **The strawberry: a book for growers, others**. Gainesville: University of Florida. p. 3-10. 2003.

DAS, A.K.; PRASAD, B. Effect of plant growth regulators on rooting survival of air layering in litchi. **Advanced Research Journal of Crop Improvement**, v. 5, n. 2, p. 126-130, 2014. <http://dx.doi.org/10.15740/HAS/ARJCI/5.2/126-130>

DELAZERI, et al. Respostas a aplicação de concentrações de prohexadione cálcio em amoreira-preta (*Rubus spp.*) cv. Tupy. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 6, n.2, p. 137-143, 2020.

DURNER, E.F.; POLING, E.B.; MAAS, J.L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, n. 4, p. 545-550, 2002.

DUYVELSHOFF, C. J. A. CLINE. Ethephon and Prohexadione-Calcium Influence the Flowering, Early Yield, and Vegetative Growth of Young 'Northern Spy' Apple Trees. **Scientia Horticulturae**, v.151, p.128-134, 2013.

EINHORN, T. C., PASA, M. S. AND TURNER, J. 'D'Anjou' pear shoot growth and return bloom, but not fruit size, are reduced by prohexadione-calcium. **HortScience**, v.49, p.180-187, 2014.

ESHGHI, S.; TAFAZOLI, E.; DOKHANI, S.; RAHEMI, M.; EMAM, Y. Changes in carbohydrate contents in shoot tips, leaves and roots of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) during flower-bud differentiation. **Scientia Horticulturae**, v. 113, n. 3, p. 255–260, 2007.

EVANS, J.R.; EVANS, R. R.; REGUSCI, C. L.; RADEMACHER, W. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, Prohexadione-calcium. **HortScience**, v.34, p.1200–1201, 1999.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Ed. UFPEL, 179 p. 1994.

FAGHERAZZI, A. F.; BORTOLINI, A. J.; ZANIN, D. S.; BISOL, L.; SANTOS, A. M.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A. A.; BARUZZI, G.; FAEDI, W.; LUCCHI, P.; RUFATO, L. New strawberry cultivars and breeding activities in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.1156, p.167-170, 2017.

FAO. **FAOSTAT – Agriculture**. 2019. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em ago. 2020.

FERREIRA, J. F. S. et al. Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 401-410, 2019.

FILGUEIRA FAR. 2008. **Novo Manual de olericultura**. 3ª. ed., Viçosa: UFV. 421p.

FRANCESANGELI, N.; SANGIACOMO, M.A.; MARTI, H. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. **Scientia Horticulturae**, v.110, n.2, p.135-143, 2006.

FRONZA, Diniz.; HAMANN, Jonas Janner.; Cultivo de Morangueiro Fertirrigado. Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, 2017. 11 – 268p.

GALLETA, G. J.; BRINGHURST, R. S. Strawberry management. In: GALLETA, G. J.; HIMELRICK, D. G. (Ed.). **Small fruit crop management**. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. p. 83-93.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; JANISCH, D.I.; GODOI, R.S. Closed soilless growing system for producing strawberry bare root transplants and runner tips. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1757-1761, 2008.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 13. ed. São Paulo: Nobel, p. 342-348. 2007.

GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; VIGNOLO, G. K.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L. E. C. Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir de mudas com Torrão. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 2, n. 3, p. 277-283, 2016.

GRAHAM, J. Fragaria strawberry. In: LITZ, R.E. (Ed.), **Biotechnology of Fruit and Nut Crops**. Chapter: 24, pp 456-474. CABI Publishing, 2005.

GREENE, D. W. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with Prohexadione-Calcium (BAS–125). **HortScience**, v. 34, p. 1209-1212, 1999.

GREENE, D. W. The effect of repeat annual applications of prohexadione–calcium on fruit set, return bloom, and fruit size of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 2, p. 376-379, 2008

GREENE, D.W.; SCHLOEMANN, S.G. Prohexadione-calcium inhibits runner formation and enhances yield of strawberry. **Journal of the American Pomological Society**, v. 64, n. 3, p. 120-139, 2010.

GUIMARAES, A.G. et al. Productive potential of strawberry cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, 112-120, 2015.

HAN, W.; KIM, Y. D.; KANG, S. G.; MONN, J. S.; SONG, C. H.; CHANG, J. I.; PARK, Y. B. Studies on the establishment of hydroponics. 1. The effect of media on the

quality and yield of strawberry in hydroponics. **Journal of Agricultural Science Horticulture**, v. 35, n. 2, p. 401- 409, 1993.

HANCOCK, J.F. (Ed.). **Strawberries**. CABI Publishing, Cambridge, UK, 1999.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. Crescimento vegetativo de macieiras 'Fuji suprema' sob influência da época de aplicação de proexadione cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 373-380, 2014.

HENZ G.P. Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p.260-265, 2010.

HYTÖNEN, T.; MOUHU, K.; KOIVU, I.; ELOMAA, P.; JUNTTILA, O. Prohexadione-calcium enhances the cropping potential and yield of strawberry. **European Journal of Horticultural Science**, v.73, p.210-215, 2008.

HYTÖNEN, T.; ELOMAA, P.; MORITZ, T.; JUNTTILA, O. Gibberellin mediates daylength-controlled differentiation of vegetative meristems in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). **BMC Plant Biology**, v.9, p.1-18, 2009.

ILIAS I.F., RAJAPAKSE N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. **Scientia Horticulturae**, p.190-202, 2005.

JACYNA, T.; LIPA, T. Direct and apparent residual effects of prohexadione-calcium applied to young cropping sweet cherry trees. **Acta Agrobotanica**, v.63, p.87-92, 2010.

JANISH, D.I.et al.Nitrogen for growth of stock plants and production of strawberry runner tips. **Bragantia**, v.71, n.3, p. 394-399,out., 2012.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, Brasil, 452p, 2004.

KIM, H. M.; LEE, H. R.; KANG, H. J.; HWANG, S. J. Prohexadione-calcium application during vegetative growth affects growth of mother plants, runners, and runner plants of Maehyang strawberry. **Agronomy**, v.9, p.155-166, 2019.

KIRSCHBAUM, D. S.; CANTLIFFE, D. J.; DARNELL, R. L.; BISH, E. B. CHANDLER, C. K. Propagation site latitude influences initial carbohydrate concentration and partitioning, growth, and fruiting of 'Sweet Charlie' strawberry transplants grown in Florida. **Proceedings of the Flórida State Horticultural Society**, v. 111, p. 93-96, 1998.

LACERDA, E.G; FERREIRA DE JESUS,S. L; OLIVEIRA,Q.J; PEREIRA DA SILVA, C.; MENDONÇA, M.A; GOMES DE MORAIS, J.U. Efeito do bioestimulante no desenvolvimento de mudas de maracajueiro (*Passiflora alata*) em condições de canteiro. **Revista Agrária Acadêmica.**, v.3, n.2, 2020.

LEMISKA, A.; PAULETTI, V.; CUQUEL, F. L.; ZAWADNEAK, M. A. C. Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação de boro. **Ciência Rural**, v.44, n.4, p.622-628, 2014.

LIETEN, P. Strawberry production in central Europe. **International Journal of Fruit Science**, v. 5, n. 1, p. 91-105, 2005.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

LÓPEZ-GALARZA, S.; SAN BAUTISTA, A.; MARTÍNEZ, A.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V. Strategies for autumn strawberry plantings using different plug plant formats in mild winter climates . **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 995-998, 2009.

MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; QUERO, E.; LÓPEZ, M. G. Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria x ananassa*) during plant development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 11, p. 3317-3321, 2002.

MANDEMAKER, A. J.; CUTTING, J. G. M.; SMITH, D. B.; DIXON, J. Effect of prohexadione -calcium on shoot growth, fruit set and retention in 'hass' avocado in New Zealand. New Zealand Avocado Growers' Association **Annual Research Report**, v.5, p.35–42, 2005.

MEIER U., GRAF H., HACK H., HESS M., KENNEL W., KLOSE R., MAPPES D., M SEIPP D., STAUSS R., STREIF J., VAN DEN BOOM T. Phänologische entwicklungsstadien des kernobstes (*Malus domestica* Borkh.und *Pyrus communis* L.), des steinobstes (Prunis-arten), der johannisbeere (Ribes-arten) und der erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, v.46, p.141-153, 1994.

MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoother Golden Delicious' apple trees. **Scientia Horticulturae**, v. 101, p. 243-253, 2004.

MENZEL, C. M.; SMITH, L. Effect of Time of Planting and Plant Size on the Productivity of 'Festival' and 'Florida Fortuna' Strawberry Plants in a Subtropical Environment. **HortTechnology**, v. 3, n.22, p. 330-337, 2012.

MOLINA, A.R. **A cultura do morangueiro (*fragaria x ananassa* duch.) no estado de Santa Catarina: sistemas de produção e riscos climáticos**. 195p (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2016.

NAKAYAMA, I. et al. Effects of a new plant regulator prohexadione calcium (BX-112) on shoot elongation caused by exogenously applied gibberellins in rice (*Oriza sativa* L.) seedlings. **Plant Cell Physiology**, v.31, p.195–200, 1990.

NERI, D. et al. Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. **Canadian Journal of Plant Science**, v.92, n.6, 1021-

1036, 2012.

OLIVEIRA, A. B. C.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 21-26, 2012.

OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; SCIVITTARO, W.B. Mudanças certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v.108, n.655, 2005.

OLIVEIRA, I. P.; BELARMINO, L. C.; BELARMINO, A. J. Viabilidade da produção de morango no sistema semi-hidropônico recirculante. **Custos e Agronegócio**. v.13, p.315-332, 2017.

OZBAE, N.; ERGUN, N. Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.50, n.10, p.932 – 938, 2015.

PALONEN, P.; MOUHU, K. Prohexadione-calcium treatments reduce vegetative growth of primocane fruiting raspberry 'Ariadne'. **Acta Hort**, v.777, p.257–261, 2008.

PASA, M. S.; EINHORNET, T. C. Prohexadione calcium on shoot growth of "Starkrimson" pear trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.75-83, 2017.

PEREIRA, I.D.S.; GONCALVES, M.A.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C. Prohexadione-calcium growth control of 'Camarosa' strawberry seedlings cultivated in commercial substrate. Amazon. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v.59, p.93-98, 2016.

PETRI, J. L., HAWERROTH, F. J., LEITE, G. B., SEZERINO, A. A., & COUTO, M. Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Florianópolis. 2016.

PINELLI, L.D.L.D.O. et al. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, p.11-16, 2011.

PINTO, M. da S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria X ananassa* Duch.). **Food Chemistry**. Philadelphia, v. 107, p.1629-1635, 2008.

POLEDICA, M., MILIVOJEVIĆ, J., RADIVOJEVIĆ, D., AND DRAGIŠIĆ MAKSIMOVIĆ, J. Prohexadione-Ca and young cane removal treatments control growth, productivity, and fruit quality of the 'Willamette' raspberry. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.36, p.680–687, 2012.

PRITTS, M.P.; WORDEN, K.A. Effects of duration of flower and runner removal on productivity of three photoperiodic types of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, p.185-189, 1998.

PRIVÉ, J. P.; CLINE, J.; FAVA, E. Influence of prohexadione calcium (Apogee®) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. **Canadian Journal of Plant Science**, v.86, p.227-233, 2006.

RADEMACHER, W. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**, v.51, p.501–531, 2000.

RADEMACHER, W. Prohexadione-ca and trinexapac-ethyl: similarities in structure but differences in biological action. **Acta Horticulturae**, v. 1042, p. 33-41, 2014.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, v. 727, p. 97-106, 2006

RAMÍREZ, H.; MÉNDEZ-PAREDES, O.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; AMADOR-RAMÍREZ, C. Influencia de prohexadiona-Ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina C en chile jalapeño. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v.15, p.231-236, 2009.

RAMÍREZ, H. et al. Prohexadione-Ca reduces plant height, improves yield and fruit quality on solanaceous crops. **Acta Horticulturae**, v.936, p.457-462, 2012.

Ramírez H, Álvarez-Maldonado VM, Aguilar CN, Wong-Paz JE, Zermeño-González A, Vázquez-Badillo ME, Zavala-Ramírez MG, Mendoza-Castellanos J (2017). La prohexadiona-Ca aumenta rendimiento y contenido de antioxidantes en vid cultivar Shiraz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4: 13-20.

RESENDE, J. T. V. et al. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 371-374, jul./set. 2008.

REEKIE, J.Y. C.; HICKLENTON, P.R. Strawberry growth response to prohexadione-calcium. **Proc. North America Strawberry Conference**, v.5, p.147–152, 2002.

REEKIE, J. Y.; HICKLENTON, P. R.; STRUIK, P. C. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. **Canadian Journal of Plant Science**, v.85, 671-677, 2005. <http://dx.doi.org/10.4141/P04-113>

RIOS, S. A. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, p.14-19, 2007.

RODRIGUES, J.D.; FIOREZE, L.S. Compostos: Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão agrícola**, v. 13, 2015.

ROSA, H.T.; STRECK, N.A.; WALTER, L.C.; ANDRIOLO, J.L.; SILVA, M.L. Crescimento vegetativo e produtivo de duas cultivares de morango sob épocas de plantio em ambiente subtropical. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, 2013.

RUAN, J.; YEOUNG, Y. R.; LARSON, K. D. Influence of cultivar, planting date, and planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea. **Horticulture, environment, and biotechnology**, v. 52, n. 6, p. 567-575, 2011.

RUAN, J.; LEE, Y.H.; YEOUNG, Y.R. Flowering and Fruiting of Day-neutral and Ever-bearing Strawberry Cultivars in High-elevation for Summer and Autumn Fruit Production in Korea. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v.54, n.2, p.109-120, 2013.

SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. Produção de mudas comerciais. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Ed.). **Morango**; produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.35-38. (Frutas do Brasil, 40).

SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.167–177, 2005.

SHAW, DOUGLAS V.; LARSON, KIRK D. **Strawberry plant named 'San Andreas'**. U.S. Patent n. PP19,975, 12 de maio, 2009.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, p.7-13, 2007.

SOUTHWICK, S. M.; INGELS, C.; HANSEN, R.; GLOZER, K. The effects of Apogee on shoot growth, secondary flowering, fire blight, fruit quality, yield and return bloom in 'Bartlett' pear growing in California. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.79, p.380-389, 2004.

SUGAR, D.; ELFVING, D. C.; MIELKE, E. A. Effects of pro- hexadione-calcium on fruit size and return bloom in pear. **HortScience**, v.39, p.1305–1308, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Exigência térmica de duas Seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no Planalto Catarinense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 37, n. 3, p. 550– 558, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>

TORRES-QUEZADA, E. A.; ZOTARELLI, L.; WHITAKER, V. M.; SANTOS, B.M.; HERNANDEZCHOA, I. Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. **HortTechnology**, Alexandria, v. 25 n. 2, p.203-208, 2015.

TWORKOSKI, T. J.; BENASSI, T. E.; FUMIOMI TAKEDA, F. The effect of nitrogen on stolon and ramet growth in four genotypes of *Fragaria chiloensis* L. **Scientia Horticulturae**, v.88, p.97-106, 2001.

VERDIAL, M. F.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K.; SCARPARE FILHO, J. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; BARELA, J. F.; DEL AGUILA, J. S.; KLUGE, R. A. Fisiologia de mudas de morangueiro produzidas em sistema

convencional e em vasos suspensos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 524-531, 2009.

WREGGE, M. S.; REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. de.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.; JOAO, P. L.; SANTOS, A. M. dos. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 187), 2007.

WURZ, D. A. et al. **Desempenho agrônômico de novos genótipos de morangueiro com potencial de cultivo no Planalto Norte Catarinense**. In 10^o Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas. Anais...Vacaria, p. 1-5, 2019.

YEN, Y. F.; HSIEH, F. C.; HUANG, T. B. Effects of crown size of plantlets and thinning leaves on growth and yield of strawberry. **Journal of the Taiwan Society for Horticultural Science**, v. 52, p. 139-148, 2006.

YOLDER, K.S.; MILLER, S.S.; BYERS, R.E. Suppression of fire blight in apple shoots by prohexadione-calcium following experimental and natural inoculation. **HortScience**, v. 34, p. 1202-1204, 1999.

ZANIN, D. S. et al. Avaliação de genótipos de morangueiro submetidos a diferentes manejos de solo em pré-plantio. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, v. 14, n. 14, p. 787-803, 2017.

ZANIN, D. S. **Divergência genética morfoagronômica e seleção de genótipos avançados de morangueiro**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC. 221 p. Lages, SC, 2019.

ZEIST, A. R.; OLIVEIRA, J. R. F.; LIMA FILHO, R. B.; SILVA, M. L. S.; RESENDE, J. T. V. Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 20, ns.1/2, p. 33-40, 2014.

8. ANEXOS

ANEXO 1- Estádios de crescimento fenológico e chaves de identificação BBCH de morangueiro

Estádios de crescimento fenológico e chaves de identificação BBCH de morangueiro	
Código	Descrição
Estádio principal 0: Brotação	
00	Dormência: folhas prostrado e parcialmente morto
03	Inchaço do botão principal
Estádio de crescimento principal 1: desenvolvimento da folha	
10	Primeira folha emergindo
11	Primeira folha desdobrada
12	2ª folha desdobrada
13	3ª folha desdobrada ¹
1	Estádios contínuos até...
19	9 ou mais folhas desdobradas
Estádio de crescimento principal 4: Desenvolvimento de estolões e plantas jovens	
41	Início da formação do estolão: estolões visíveis (cerca de 2 cm de comprimento)
42	Primeira planta filha visível
43	Início do desenvolvimento da raiz na primeira planta filha
45	Primeira planta filha com raízes (pronta para o plantio)
49	Várias plantas filhas com raízes (prontas para o plantio)
Estádio de crescimento principal 5: emergência da inflorescência	
55	Primeiro conjunto de flores na parte inferior da roseta
56	Alongamento da inflorescência
57	Os primeiros botões de flores surgiram (ainda fechados)
58	Estádio inicial do balão: primeiras flores com pétalas formando uma bola oca
59	A maioria das flores com pétalas formando uma bola oca
Estádio de crescimento principal 6: Floração	
60	Primeiras flores abertas (flor primária ou A)
61	Início da floração: cerca de 10% das flores abrem
65	Floração completa: flores secundárias (B) e terciárias (C) abertas, primeiras pétalas caindo
67	Flores murchando: maioria das pétalas caídas
Estádio de crescimento principal 7: Desenvolvimento da fruta	
71	Receptáculo saindo do verticilo sépala
73	Sementes claramente visíveis no tecido do receptáculo
Estádio de crescimento principal 8: maturação da fruta	
81	Início da maturação: a maioria das frutas de cor branca
85	Os primeiros frutos têm cor específica do cultivar
87	Colheita principal: mais frutas coloridas
89	Segunda colheita: mais frutas coloridas
Estádio de crescimento principal 9: Senescência, início da dormência	
91	Início da formação do botão axilar
92	Folhas novas com lâmina menor e caule encurtado visível
93	Folhas velhas morrendo, folhas novas se enrolando; folhas velhas de cor específica de cultivares
97	Folhas velhas mortas

ANEXO 2 - Variáveis morfológicas de mudas e plantas de morangueiro cv 'Pircinque' no estágio principal 1,6 e 8 (E1, E6, E8) em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT.

Época de aplicação (DAT)	Concentração ProCa (mg L ⁻¹)	Altura de planta (mm)			Área foliar (mm ²)			Número de folhas			Diâmetro de coroa (mm)			Número de coroas	Comprimento de estolão (mm)	Numero de estolões
		E1	E6	E8	E1	E6	E8	E1	E6	E8	E1	E6	E8	E8	E8	E8
20	0	48,94 a	123,73 a	276,7 a	421,9 a	1478,31 a	2138,66 a	2,80 a	6,67 a	31,83a	8,59 a	11,3 ab	22,41	2,41 a	34,32 a	4,50
	100	32,44 b	104,01 b	271,7 a	382,9 a	1104,0 b	2173,35 a	3,27 b	6,08 ab	27,7a	8,62 a	11,1 ab	20,86	2,33 ab	33,17 a	3,92
	200	32,82 bc	104,61 b	263,3 ab	299,9 b	8707,5 c	1898,91 a	3,67 ac	5,67 b	24,0b	8,89 a	11,52b	21,05	2,17 abc	32,64 a	4,58
	300	28,51 cd	83,55 c	250,00 ab	207,6 c	725,68 d	2066,49 a	3,93 d	5,50 b	23,7b	9,14 b	9,98 ac	21,48	1,83 bc	34,86 a	2,00
	400	22,49 d	76,84 c	242,50 b	154,3 d	506,88 e	2029,59 a	3,41 ae	6,08 a	24,7b	9,41 ab	9,64 c	21,84	1,75c	37,20 a	1,60
30	0	44,55 a	135,13 a	299,6 a	282,2 a	2244,26 a	2752,66 a	2,07 a	5,83 a	45,92a	9,84 a	13,41 a	18,65	1,58 a	37,61 a	5,00
	100	40,12 a	117,09 ab	267,5 b	245,6 b	1888,61 b	2137,03 b	2,80 b	5,25 ab	31,7b	8,69 ab	13,29 a	21,84	1,75 ab	33,75 a	3,00
	200	24,00 b	122,29 ab	258,2 bc	190,0 c	1505,73 c	1903,96 b	2,67 b	4,83 b	27,8bc	8,88 ab	12,20 a	21,45	1,92 ab	31,84 ab	3,33
	300	21,47 b	111,73 bc	236,7 cd	197,9 c	1182,53 d	1869,33 b	2,80 b	5,67 ab	22,7bc	8,98 ab	11,42 a	22,07	2,00 b	31,62 a	3,25
	400	24,22 b	100,06 c	183,1 d	148,5 d	1029,45 d	1509,69 c	2,33 a	6,00 a	26,3bc	9,02 b	12,71 a	18,31	2,08 b	29,12 ac	2,92
Valor p																
Concentração			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001		0,24	0,0002		0,614		
Época		<0,0001	<0,0001	0,482	<0,0001	<0,0001	0,1879	<0,0001	0,0005		0,98	<0,0001		0,0019	0,816	
Concentração x época			0,178	0,132	<0,0001	0,0132	<0,0001	<0,0001	0,0235		0,0004	0,655		<0,0001	0,0005	

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora, 2020

ANEXO 3 - Variáveis de produção de morangueiro e de qualidade físicoquímica dos frutos da cv 'Pircinque' em função das concentrações de ProCa aplicada aos 20 e 30 DAT

Época de aplicação (DAT)	Concentração ProCa (mg L ⁻¹)	Produção total (g)	Produção comercial (g)	Numero de frutos totais	Numero de frutos comerciais	Massa média de frutos (g)	Firmeza (N)	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez titulável (%)	RATIO (SS/AT)
20	0	170,80 a	151,93 a	13,30 a	12,11 a	12,65 a	2,80 a	10,20 a	0,77 ab	14,09 a
	100	180,03 a	162,48 a	13,83 a	12,50 a	13,01 a	2,47 a	10,43 a	0,85 ab	12,34 a
	200	165,57 a	149,10 a	13,67 a	12,22 a	12,04 a	2,30 a	10,83 a	0,92 b	11,77 a
	300	113,13 a	103,48 a	10,30 a	9,28 a	10,73 a	2,44 a	10,87 a	0,84 ab	12,93 a
	400	90,93 a	69,10 a	9,77 a	7,56 a	9,27 a	3,06 a	10,47 a	0,60 a	17,60 a
30	0	173,97 a	151,60 a	13,50 a	11,78 a	12,84 a	2,30 a	9,80 a	0,75 a	13,28 a
	100	141,20 a	125,22 a	11,00 a	9,78 ab	12,84 a	2,02 a	10,10 a	0,83 a	12,78 a
	200	135,13 a	122,36 a	9,93 a	9,00 ab	12,96 a	2,52 ab	10,47 a	0,82 a	12,78 a
	300	99,37 a	74,11 a	7,87 a	5,89 b	12,56 a	2,67 ab	10,17 a	0,75 a	13,58 a
	400	87,33 a	77,86 a	8,10 a	7,39 ab	10,60 a	3,47 b	10,20 a	0,73 a	13,90 a
Valor p Concentração		0,0026	0,0023	0,0029	0,0021	0,0584	0,0049	0,9386	0,0148	0,2453
Valor p Época		0,2157	0,1884	0,0102	0,0153	0,2309	0,9059	0,4244	0,5956	0,6384
Valor p Concentração x época		0,8267	0,7295	0,6246	0,4662	0,31	0,2297	0,9990	0,2555	0,5820

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora, 2020

ANEXO 4 - Variáveis morfológicas de mudas e plantas de morangueiro cv 'Pircinque' e 'San Andreas' no estádio principal 1 e 8 (E1, E8) em função das concentrações de ProCa e o meio de cultivo produzidas.

		Número de folhas		Diâmetro de coroa (mm)		Altura (mm)		Área foliar (mm ²)	Comprimento de raiz (cm)	Número de estolões	Número de coroas
		E1	E8	E1	E8	E1	E8	E8	E8	E8	E8
Fatores individuais											
<i>Meio</i>	Solo	9,89 a	30,41 a	9,24 a	16,68 a	21,97 a	235,1 a	1829,69 a	17,08 a	1,52 a	3,05 a
	Sustrato	4,68 b	28,49 a	4,74 b	16,57 a	29,95 b	266,5 b	2226,38 b	18,44 b	3,73 b	2,85 a
<i>Cultivar</i>	San Andreas	6,13 a	23,02 a	6,83 a	15,03 a	25,61 a	221,1 a	1284,66 a	15,69 a	1,80 a	2,51 a
	Pircinque	8,44 b	35,88 b	7,15 b	18,23 b	26,31 a	28,05 b	2771,41 b	19,83 b	3,45 b	3,39 b
<i>Concentração (mg L⁻¹)</i>	0	9,89 a	28,19 ac	8,25 a	17,06 ab	30,42 a	230,0 a	1819,91 a	16,26 ab	2,58 ab	2,65 a
	100	5,41 b	25,35 a	5,73 b	16,65 a	23,56 b	247,8 ab	1845,79 a	17,39 b	1,75 b	2,98 a
	200	7,02 c	31,56 bc	6,22 bc	16,86 a	25,30 b	263,8 bc	1910,61 a	19,88 c	3,10 ac	3,38 a
	300	4,18 d	34,31 b	6,59 c	17,98 b	20,71 c	272,8 c	2587,35 b	15,69 a	3,92 c	2,98 a
	400	9,80 a	27,83 ac	8,13 a	14,59 c	29,68 a	239,7 a	1976,52 a	19,58 c	1,79 b	2,78 a
Interações											
<i>Meio x cultivar</i>											
Solo	San Andreas	7,44 a	22,88 a	8,91 a	15,80 a	19,79 a	193,3 a	1125,79 a	13,85 a	0,48 a	2,18 a
	Pircinque	12,27 b	37,93 b	9,55 a	17,56 b	24,02 b	277,0 b	2533,59 a	20,31 b	2,56 a	3,92 b
Sustrato	San Andreas	4,81 a	23,15 a	4,80 b	14,26 a	31,41 a	248,9 a	1443,53 a	17,52 a	3,13 a	2,83 a
	Pircinque	4,50 a	33,83 b	4,67 b	18,89 b	28,53 b	284,1 b	3009,23 a	19,36 b	4,33 a	2,87 a
<i>Meio x concentração</i>											
Solo	0	14,59 a	24,13 ab	11,76 a	16,63 a	26,84 ac	227,1 a	1067,75 be	16,05 a	0,54 abc	2,54 a
	100	7,54 b	29,75 abc	7,28 b	16,26 a	21,48 bc	213,3 a	1697,77 ace	17,36 a	1,75 abcd	2,75 a
	200	9,11 c	32,96 acd	7,62 b	15,67 a	24,63 abc	219,6 a	2057,21 ac	20,44 b	3,04 a	3,50 a
	300	4,30 d	36,21 cde	8,43 b	19,31 b	13,33 d	286,9 b	3034,39 d	16,69 a	1,29 abcd	3,50 a
	400	13,75 a	29,00 abce	11,07 a	15,50 a	23,24 bc	228,8 a	1291,33 bce	14,85 a	1,00 ab	2,97 a
Sustrato	0	5,20 a	26,63 a	4,74 a	17,50 a	34,00 a	232,9 ad	1582,60 ac	16,45 a	2,96 abe	2,75 a
	100	3,18 b	26,58 a	4,19 a	17,04 a	25,55 b	282,2 bcd	2623,82 bc	17,42 a	3,42 abce	3,21 a
	200	4,99 a	30,17 a	4,81 a	18,04 a	26,12 b	308,1 bc	2661,70 bc	23,07 c	5,21 ace	3,25 a
	300	4,05 b	32,42 a	4,75 a	16,64 a	28,09 b	258,8 ab	2123,45 abc	18,72 a	4,79 abc	2,58 a
	400	5,85 a	26,67 a	5,19 a	13,64 b	36,11 a	250,5 ad	2140,31 bc	16,53 a	2,29 ab	2,46 a

Interacções											
<i>Cultivar x concentração</i>											
'San Andreas'	0	5,99 b	16,54 a	5,40 c	14,02 b	28,22 a	194,3 abf	1902,37 ad	12,79 bd	2,46 abcd	2,25 a
	100	7,64 a	20,96 a	6,56 a	16,56 a	26,19 a	214,2 abcf	1614,92 abcd	15,99 ade	0,83 abde	2,62 a
	200	6,09 b	27,38 b	7,23 a	16,21 a	26,88 a	243,7 ace	1218,30 abc	19,51 c	4,25 ac	2,67 a
	300	7,10 ab	30,00 b	8,35 a	16,55 a	29,58 a	264,6 ce	1061,13 abce	15,83 ade	1,04 abde	3,12 a
	400	3,80 d	20,21 a	6,73 a	11,81 c	17,13 b	188,8 abf	626,58 ce	14,30 abde	0,46 bde	1,87 a
'Pircinque'	0	4,72 b	35,42 a	4,83 b	17,57 a	32,62 a	245,8 a	2024,90 ab	16,53 a	2,71 a	3,04 a
	100	12,15 a	34,17 a	4,92 b	19,28 b	29,77 a	301,3 b	2473,27 abc	21,99 bce	2,67 a	3,33 a
	200	12,50 a	35,75 a	7,03 c	19,41 b	23,87 b	283,9 b	2760,09 bcd	20,24 bc	1,96 a	4,08 a
	300	8,01 c	38,63 a	9,27 a	17,50 a	24,30 b	281,0 b	3272,34 cde	17,08 a	6,79 b	3,68 a
	400	4,55 b	35,46 a	9,53 a	17,36 a	20,83 b	290,6 b	3326,45 de	23,33 be	3,13 a	2,83 a
Valor p											
<i>Meio</i>		<0,0001	0,0268	<0,0001	0,6564	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	0,2576
<i>Cultivar</i>		<0,0001	<0,0001	0,0478	<0,0001	0,1607	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<i>Concentração</i>		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1091
<i>Meio x cultivar</i>		<0,0001	0,0118	0,0047	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3203	<0,0001	0,0945	<0,0001
<i>Meio x concentração</i>		<0,0001	0,1519	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0021	0,0801
<i>Cultivar x concentração</i>		<0,0001	0,0012	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0037
<i>Meio x cultivar x concentração</i>		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora, 2020

ANEXO 5 - Variáveis de produção de morangueiro e de qualidade físicoquímica dos frutos das cvs 'Pircinque' e 'San Andreas' em função das concentrações de ProCa aplicada e o meio de cultivo produzidas.

Fatores individuais		Produção total (g)	Produção comercial (g)	Número de frutos totales	Número de frutos comerciais	Massa média do fruto (g)	Firmeza (N)	Sólidos solúveis (°Brix)	Ratio (SS/AT)	Acidez titulável (%)
<i>Meio</i>	Solo	85,17 a ¹	54,89 a	8,05 a	4,12 a	10,14 a	2,80 a	9,68 a	6,24 a	1,58 a
	Sustrato	67,08 a	49,93 a	6,18 a	3,73 a	10,61 a	2,83 a	8,92 b	6,29 a	1,43 b
<i>Cultivar</i>	San Andreas	65,05 a	44,12 a	6,22 a	3,24 a	9,93 a	3,06 a	8,56 a	6,38 a	1,37 a
	Pircinque	87,19 b	60,38 a	8,01 a	4,58 a	10,81 b	2,58 b	10,02 b	6,15 a	1,64 b
<i>Concentração (mg L⁻¹)</i>	0	102,53 a	76,76 a	8,62 a	5,45 a	11,67 a	2,69 a	9,96 ab	6,42 a	1,58 a
	100	75,06 a	45,73 a	7,36 a	3,54 a	9,99 b	3,00 ab	10,20 b	6,61 a	1,56 a
	200	80,35 a	51,22 a	8,00 a	4,00 a	9,45 b	3,30 b	8,69 ac	6,18 a	1,42 a
	300	77,37 a	54,36 a	6,78 a	3,94 a	11,82 a	2,54 a	8,36 c	5,96 a	1,44 a
	400	48,46 a	32,73 a	5,03 a	2,62 a	9,07 b	2,56 a	9,45 abc	6,21 a	1,55 a
Interacciones										
<i>Meio x cultivar</i>										
Solo	San Andreas	55,94 a	31,62 a	5,74 a	2,42 a	9,59 a	2,95 a	8,62 a	6,29 a	1,40 a
	Pircinque	111,32 b	73,21 b	10,06 b	5,46 b	10,80 a	2,69 a	10,79 b	6,27 a	1,75 a
Sustrato	San Andreas	73,72 a	52,18 a	6,64 a	3,80 a	10,34 a	2,46 a	8,63 a	6,51 a	1,35 a
	Pircinque	60,46 a	44,08 a	5,74 a	3,42 a	10,83 a	3,12 a	9,38 a	6,07 a	1,54 a
<i>Meio x concentração</i>										
Solo	0	87,44 a	63,01 a	7,72 a	4,76 a	11,27 a	2,81 a	9,56 a	6,53 a	1,53 a
	100	69,36 a	33,78 a	7,04 a	2,53 a	9,96 a	3,39 a	9,62 a	6,56 a	1,48 a
	200	101,63 a	63,45 a	9,86 a	4,82 a	9,43 a	2,91 a	9,11 a	6,25 a	1,45 a
	300	102,92 a	72,14 a	8,92 a	5,18 a	11,36 a	2,63 a	9,81 a	5,75 a	1,74 a
	400	56,79 a	29,70 a	5,96 a	2,41 a	8,96 a	2,37 a	10,43 a	6,33 a	1,68 a
Sustrato	0	102,03 a	77,39 a	8,33 a	5,23 a	11,92 a	2,53 a	10,25 abce	6,55 a	1,57 abc
	100	82,40 a	58,51 a	7,73 a	4,56 a	10,10 a	2,54 a	11,11 ab	6,52 a	1,71 ab
	200	59,07 a	36,02 a	6,13 a	3,00 a	9,47 a	3,68 b	8,28 acde	6,13 a	1,39 abc
	300	51,83 a	36,58 a	4,64 a	2,71 a	12,27 a	2,45 a	6,91 cde	6,18 a	1,14 bc
	400	40,13 a	32,14 a	4,11 a	2,56 a	9,18 a	2,76 a	8,48 acde	6,08 a	1,42 abc

¹ Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora, 2020

Interações		Produção total (g)	Produção comercial (g)	Número de frutos totais	Número de frutos comerciais	Massa fresca do fruto (g)	Firmeza (N)	Sólidos soluveis (°Brix)	Acidez titulavel (%)	Ratio (SS/AT)
<i>Cultivar x concentração</i>										
San Andreas	0	100,70 a	77,86 a	5,55 a	5,34 a	12,06 a	2,73 ab	9,33 a	6,77 a	1,39 a
	100	87,41 a	62,65 a	5,63 a	4,64 a	10,91 a	3,05 abc	8,69 a	6,54 a	1,35 a
	200	52,62 a	25,90 a	7,77 a	2,06 a	9,54 a	3,77 ac	7,90 a	6,35 a	1,26 a
	300	49,12 a	24,37 a	8,14 a	1,98 a	8,73 a	2,97 abc	8,43 a	6,31 a	1,37 a
	400	34,31 a	18,74 a	3,85 a	1,53 a	8,61 a	2,66 ab	8,78 a	6,03 a	1,50 a
Pircinque	0	88,78 a	62,55 a	7,91 a	4,65 a	12,72 a	2,29 abc	12,05 abe	6,53 a	1,84 a
	100	99,14 a	66,38 a	9,21 a	5,03 a	11,13 a	2,83 abc	10,49 abce	6,31 a	1,71 a
	200	111,58 a	75,11 a	10,36 a	5,83 a	10,53 a	3,19 ab	9,49 acde	6,39 a	1,58 a
	300	67,34 a	46,08 a	6,22 a	3,45 a	10,17 a	2,41 abc	10,13 abcde	6,03 a	1,59 a
	400	32,60 a	43,10 a	5,80 a	3,23 a	9,54 a	2,16 ac	8,30 cde	5,61 a	1,51 a
Valor p										
<i>Meio</i>		0,0991	0,5830	0,0503	0,5630	0,1798	0,7993	0,0109	0,8096	0,0114
<i>Cultivar</i>		0,0501	0,0869	0,0672	0,632	0,0129	0,0005	<0,0001	0,2116	<0,0001
<i>Concentração</i>		0,0844	0,1100	0,1907	0,2352	<0,0001	0,0012	0,0007	0,1856	0,3079
<i>Meio x cultivar</i>		0,0024	0,0050	0,0082	0,0099	0,2022	0,1127	0,0295	0,1677	0,2917
<i>Meio x concentração</i>		0,1398	0,1182	0,2493	0,1813	0,8535	0,0091	<0,0001	0,7783	0,0003
<i>Cultivar x concentração</i>		0,0806	0,0583	0,1496	0,0653	0,1535	0,0107	0,0119	0,3412	0,2097
<i>Meio x cultivar x concentração</i>		0,2836	0,2014	0,4218	0,2404	0,0386	0,0411	0,0046	0,0256	0,0061