

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Lúcio Gabriel Scheffel

**INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO PRECOCE DE GENÓTIPOS DE  
TABACO PELA APLICAÇÃO DE HORMÔNIO E CULTIVO EM VASOS  
PEQUENOS**

Santa Maria, RS  
2021

**Lúcio Gabriel Scheffel**

**INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO PRECOCE DE GENÓTIPOS DE TABACO PELA  
APLICAÇÃO DE HORMÔNIO E CULTIVO EM VASOS PEQUENOS**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientadora: Dra. Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Santa Maria, RS  
2021

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Scheffel, Lúcio Gabriel  
INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO PRECOCE DE GENÓTIPOS DE TABACO PELA  
APLICAÇÃO DE HORMÔNIO E CULTIVOS EM VASOS PEQUENOS / Lúcio  
Gabriel Scheffel.- 2021.  
64 p.; 30cm

Orientadora: Nerinéia Dalfollo Ribeiro  
Coorientador: Alessandro Dal'Col Lúcio  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Rurais, Programa de Pós-graduação em Agronomia,  
Santa Maria, RS, 2021

1. *Nicotiana tabacum* L. 2. Indução floral 3 Ácido Giberélico  
4. Tamanho de vaso I. Dalfollo Ribeiro, Nerinéia II. Dal'Col  
Lúcio, Alessandro III. Título.

---

©2021

Todos os direitos autorais reservados a Lúcio Gabriel Scheffel. A reprodução de qualquer parte deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Manaus, 685, apto 201, Bairro Schulz, Santa Cruz do Sul – RS, 96.845-500.

Endereço eletrônico: lucioscheffel@gmail.com

**Lúcio Gabriel Scheffel**

**INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO PRECOCE DE GENÓTIPOS DE TABACO PELA  
APLICAÇÃO DE HORMÔNIO E CULTIVO EM VASOS PEQUENOS**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

**Aprovado em 27 de setembro de 2021:**

---

**Nerinéia Dalfollo Ribeiro, Dra. (UFSM) - Videoconferência**  
(Presidente/Orientador)

---

**Diego Nicolau Follmann, Dr. (UFSM) - Videoconferência**

---

**Sandra Maria Maziero, Dra. (UFFS) - Videoconferência**

**Santa Maria, RS**  
**2021**

## DEDICATÓRIA

Ao meu avô (*in memoriam*): Sildo Wilson Schoenfeldt  
Aos meus pais: Álvaro e Lizete Scheffel  
À minha sobrinha: Luiza Scheffel  
Ao meu irmão e cunhada: Lucas e Daiane Scheffel  
À minha namorada: Giordana Possebon

Essas pessoas ensinaram-me o valor do trabalho e não dos bens, fizeram parte da minha história, conhecem meus desafios e farão partes das minhas conquistas.

**Dedico este trabalho**

## AGRADECIMENTO

À Deus, por me ouvir todas as manhãs em oração, abençoando-me com sabedoria e colocando pessoas certas no meu caminho. Deus, obrigado pela saúde, pelo trabalho, pelos meus orientadores e por esta oportunidade ímpar que surgiu para abrilhantar minha carreira profissional.

À minha família, a qual nunca me negou incentivo e cuidados. Pai e mãe, aqui ficam os agradecimentos, mas o valor motivacional e encorajador vindo de vocês será eterno.

À ProfiGen do Brasil Ltda<sup>®</sup> por confiar no meu trabalho e investir na minha carreira profissional. Certamente esta oportunidade resultará em ótimos resultados aos nossos clientes.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ao Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela base na minha formação pessoal, profissional e oportunidade de realização deste mestrado.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nerinéia Dalfollo Ribeiro, pela oportunidade em ingressar no seu grupo de pesquisa com uma cultura diferente, agradeço pela sua dedicação, excelente condução e orientação ao transmitir valiosos ensinamentos durante a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, por dedicarem o seu tempo, visando a excelência deste trabalho.

À colega Sandra Maria Maziero pelo auxílio na realização das análises estatísticas e dicas sobre as melhores técnicas para análises estatísticas do meu trabalho.

Aos meus amigos, em especial, Philipe Boczianowsky Irala, Juliana Ávila, Sílvio Schaeffer, Giordana Possebon, Greice Rosana Kläsener, Adilson da Silveira, Joel Borges, Lucas Alberto Scheffel, Camila Becker, Valéria Bubans, Marcos Vinícius Loregian, Jéssica Cassol, Eduardo Tagliapietra, Alexandre Ferigolo, Michael Jede, Felipe Bolzan pelo incentivo, ideias, dicas, e principalmente pela ajuda com toda parte burocrática que o mestrado exige e que o estudo a distância impõe.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Melhoramento e Manejo do Feijão da UFSM, em especial, Fabricio Fuzzer de Andrade, Greice Godoy dos Santos e Henrique da Silva Argenta, pela troca de informações, ajuda e convivência.

**A todos, muito obrigado!**

## RESUMO

### INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO PRECOCE DE GENÓTIPOS DE TABACO PELA APLICAÇÃO DE HORMÔNIO E CULTIVO EM VASOS PEQUENOS

AUTOR: Lúcio Gabriel Scheffel  
ORIENTADORA: Nerinéia Dalfollo Ribeiro

A utilização de linhagens de tabaco de florescimento tardio torna-se essencial nos programas de melhoramento devido suas características morfológicas. Essas linhagens apresentam período vegetativo longo quando cultivadas em determinada época, dificultando a coleta de pólen e os cruzamentos. Os objetivos desse trabalho foram: induzir o florescimento precoce de genótipos de tabaco pela aplicação de ácido giberélico ( $GA_3$ ) e pelo cultivo em vasos com restrição radicular e analisar a viabilidade econômica em antecipar o florescimento de genótipos de tabaco. O delineamento inteiramente ao acaso foi utilizado, com cinco repetições, composto por um fatorial com cinco genótipos (K326, KM10, LF, TN90 e BU459) e quatro concentrações de ácido giberélico (0, 50, 100 e 200  $mgL^{-1}$  de  $GA_3$ ) e cinco tratamentos adicionais (genótipos em vasos menores). Os dados foram submetidos a uma análise de variância individual e para os caracteres número de flores no 5º; 10º; 20º; 30º dia; soma de flores; e massa de sementes foi realizada análise de regressão, sendo significativa a interação genótipo x concentração de  $GA_3$ . Para os adicionais, foi realizado um teste de médias. Os tratamentos fatoriais apresentaram indução floral antecipada para a maior concentração de  $GA_3$  nas duas épocas bem como os tratamentos adicionais, exceto os genótipos LF (exp. I) e TN90 (exp. II). A soma de flores e a massa de grãos apresentaram uma supressão com as maiores concentrações de  $GA_3$  e nos tratamentos adicionais. Uma economia de 14,5% foi obtida com a indução do florescimento precoce de genótipos de tabaco.

Palavras-chave: *Nicotiana tabacum* L. Indução floral. Ácido giberélico. Tamanho de vaso.

## ABSTRACT

### INDUCTION TO EARLY FLOWERING OF TOBACCO GENOTYPES BY APPLYING HORMONE AND CULTIVATION IN SMALL POTS

AUTHOR: Lúcio Gabriel Scheffel  
ADVISOR: Nerinéia Dalfollo Ribeiro

The use of late flowering tobacco lines becomes essential in breeding programs due to their morphological traits. These strains present a long vegetative period when cultivated at a given time, making it difficult to collect pollen and crosses. The objectives of this work were: to induce the early flowering of tobacco genotypes by the application of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) and by cultivation in root-restricted pots and to analyze the economic viability in anticipating the flowering of tobacco genotypes. The completely randomized design was used, with five replications, composed of a factorial with five genotypes (K326, KM10, LF, TN90 and BU459) and four concentrations of gibberellic acid (0, 50, 100 and 200 mgL<sup>-1</sup> of GA<sub>3</sub>) and five additional treatments (genotypes in smaller pots). The data were submitted to an analysis of individual variance and for the traits number of flowers in the 5<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> day; sum of flowers; and seed mass regression analysis was performed, and the genotype x GA<sub>3</sub> concentration interaction was significant. For the additional ones, a means test was performed. The factorial treatments showed early floral induction for the highest GA<sub>3</sub> concentration in both seasons as well as the additional treatments, except for LF genotypes (exp. I) and TN90 (exp. II). The sum of flowers and grain mass showed a suppression with the highest GA<sub>3</sub> concentrations and in the additional treatments. A savings of 14.5% was obtained by inducing early flowering of tobacco genotypes.

Key words: *Nicotiana tabacum* L. Floral induction. Gibberellic acid. Vase size

## LISTA DE FIGURAS

### EXPERIMENTO I

- Figura 1 – Resposta do número de dias para a floração (A) e altura de planta (cm) (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico e, o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) no experimento I. .... 29
- Figura 2 – Resposta do número de flores no 5º (A), número de flores no 10º (B), número de flores no 20º dia (C) e número de flores no 30º dia (D) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, e o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) no experimento I..... 32
- Figura 3 – Resposta da soma de flores (A) e da massa de sementes (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, e o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) no experimento I. .... 34

### EXPERIMENTO II

- Figura 4 – Resposta do número de dias para a floração (A) e altura de planta (cm) (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico e, o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) no Experimento II ..... 41
- Figura 5 – Resposta do número de flores no 5º (A), número de flores no 10º (B), número de flores no 20º dia (C) e número de flores no 30º dia (D) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, no Experimento II.....42
- Figura 6 – Resposta da soma de flores (A) e da massa de sementes (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, no Experimento II. .... 44
- Figura 7 – Dados meteorológicos de precipitação acumulada (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e velocidade do vento (m/s) coletados durante a realização do Experimento I - período de cultivo ideal (A) e do Experimento II – período de cultivo não ideal (B) ..... 48

## APÊNDICES

Apêndice	1 – Detalhe do tamanho específico das sementes de tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) .....	62
Apêndice	2 – Técnica de semeadura utilizada para sementes nuas.....	62
Apêndice	3 – Tripé para condução da máquina de podar mudas.....	63

## LISTA DE TABELAS

### EXPERIMENTO I

- Tabela 1 – Análise da variância contendo quadrado médio, graus de liberdade (GL), média e coeficiente de variação experimental (CV) para número de dias para a floração (NDF, dias), altura de planta (ALT, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores - cápsulas formadas (SOMA) e massa de grãos (MASSA, g) avaliada em cinco genótipos de tabaco cultivados em quatro concentrações de ácido giberélico no experimento I, no campo experimental da empresa ProfiGen do Brasil, Santa Cruz do Sul/RS..... 28
- Tabela 2 – Valores médios observados para números de dias para a floração (NDF), altura de planta (ALTURA), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores-cápsulas formadas (SOMA) e massa de grãos (MASSA) de 20 tratamentos fatoriais e 5 tratamentos adicionais, avaliadas em cultivo de setembro/2018 em Santa Cruz do Sul – RS (Empresa ProfiGen do Brasil) ..... 37

### EXPERIMENTO II

- Tabela 3 – Análise da variância contendo quadrado médio, graus de liberdade (GL), média e coeficiente de variação experimental (CV) para número de dias para a floração (NDF, dias), altura de planta (ALT, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores - cápsulas formadas (SOMA) e massa de grãos (MASSA, g) avaliada em cinco genótipos de tabaco cultivados em quatro concentrações de ácido giberélico no experimento II, no campo experimental da empresa ProfiGen do Brasil, Santa Cruz do Sul/RS..... 38
- Tabela 4 – Valores médios observados para os caracteres número de flores no 5º e 10º dia após o estágio 59 (primeira pétala visível, mas não aberta). ..... 39
- Tabela 5 – Valores médios observados para números de dias para a floração (NDF), altura de planta (ALTURA), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores-cápsulas formadas (SOMA) e massa de grãos (MASSA) de 20 tratamentos fatoriais e 5 tratamentos adicionais, avaliadas em cultivo de fevereiro/2019 em Santa Cruz do Sul – RS (Empresa ProfiGen do Brasil) ..... 46
- Tabela 6 – Estimativa do valor por hectare de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aplicado seguindo a metodologia deste trabalho ..... 50
- Tabela 7 – Indicativo econômico viabilizado pela redução em 15 dias do período contratual das colaboradoras de campo, na Empresa ProfiGen do Brasil..... 51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1 A CULTURA DO TABACO.....	14
2.2 MELHORAMENTO DO TABACO.....	15
2.3 INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO .....	16
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
3.1 SEMEADURA .....	20
3.2 CUIDADOS E MANEJO .....	21
3.3 ADUBAÇÃO .....	22
3.4 PODA .....	22
3.5 TRANSPLANTE.....	23
3.6 APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO .....	24
3.7 AVALIAÇÕES.....	24
3.8 CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO ÁCIDO GIBERÉLICO ..	25
3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
4.1. EXPERIMENTO I - cultivo em época ideal (setembro/2018).....	27
4.2. EXPERIMENTO II - cultivo em época não-ideal (fevereiro/2019).....	37
4.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DA INDUÇÃO DO FLORECIMENTO PRECOCE.....	49
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	52
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54
<b>APÊNDICES</b> .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) é uma espécie pertencente à família Solanaceae de maior importância na indústria fabril de produto não comestível. Também, existem outras espécies de *Nicotiana* com menor valor comercial destinadas ao hábito de fumar (*N. rustica* L., *N. repanda*, *N. attenuata* e *N. quadrivalvi*), a ornamentação (*N. sylvestris*, *N. alata* e *N. langsdorffii*) e outros usos industriais (*N. rustica* L. e *N. glauca*) (LESTER; HAWKES, 2001).

Atualmente, existem vários programas de melhoramento de tabaco a nível mundial, destacando-se dentre os públicos os seguintes: University of North Carolina, Clemson University, Virginia Tech e Kentucky Tennessee Tobacco Improvement Initiative (Estados Unidos, EUA). Dentre os programas de melhoramento privados destacam-se a ProfiGen do Brasil (Brasil) com exportação de sementes para mais de 35 países; Cross Creek Seeds, R. J. Reynolds Tobacco Company, Gold Leaf Seed Company (EUA); Universal Leaf Tabacos, Souza Cruz e Alliance One (Brasil); Bergerac Seed & Breeding (França); Lowveld Agri Research & Support Service - LARSS (África do Sul); Kutsaga Research Station (Zimbabwe); e YuxiSeeds (China).

Os programas de melhoramento de *N. tabacum* iniciaram a partir de 1928, na região sudeste dos Estados Unidos. Anterior a este período, os produtores faziam espontaneamente os seus cruzamentos, comercializando as cultivares de melhor produtividade (BOWMAN; SISSON, 2000). Atualmente, o uso de cultivares híbridos em tabaco dos principais tipos: Virgínia e Burley, promoveu um crescimento espetacular na produtividade devido a uniformidade no estande de plantas e vigor híbrido.

A hibridação de tabaco foi uma importante técnica aplicada nos programas de melhoramento de tabaco, pois ofereceu constituições genéticas distintas ao híbrido, também favoreceu o vigor das plantas, a combinação de resistência a doenças, maior produtividade e também adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes, quando comparado a linhagens parentais de tabaco. A utilização de mecanismo de macho-esterilidade dispensou a realização da emasculação manual, considerada impraticável para os dias de hoje devido sua onerosidade, sobrecarregando a atividade (NIKOVA; VLADOVA, 2014).

A hibridação foi responsável não somente por agregar várias características importantes e desejáveis num único genótipo, mas principalmente proteger as futuras safras contra a produção caseira de variedades crioulas (NIKOVA e VLADOVA, 2018), para agregar qualidade e garantir produtividade aos produtores. Para tanto, foi necessário desenvolver um sistema de controle capaz de inviabilizar a produção de pólen funcional, a qual foi alcançada através da esterilidade masculina citoplasmática (cytoplasmatic male sterile – CMS), também chamada de

macho- esterilidade (HANSON et al., 1985; NIKOVA, 2005). Essa degradação citoplasmática foi gerada pela substituição do citoplasma nativo de *N. tabacum* cultivado com o citoplasma de uma espécie selvagem de *Nicotiana* (NIKOVA e VLADOVA, 2018). Essas combinações citoplasmáticas nucleares, que foram criadas por hibridação interespecífica seguida de retrocruzamento formaram os chamados estames feminizados, associados a uma desconfiguração fenotípica gravíssima do tecido reprodutivo (HANSON et al., 1985), inviabilizando a autofecundação em plantas de tabaco.

O sucesso de todo o programa de melhoramento de tabaco se deve ao conhecimento de cada espécie de *Nicotiana*, principalmente a duração do ciclo vegetativo ao reprodutivo, pois para o melhorista de plantas, quanto menor for o tempo até o florescimento, mais resultados ele conseguirá entregar em um ano de pesquisa, através de cruzamentos, avaliações e seleções. Para tanto, alguns trabalhos (LANG, 1989; McDANIEL, 1996) evidenciam que espécies e cultivares de *Nicotiana* possuem diferentes exigências para o controle da floração, com destaque para o fotoperiodismo.

O fotoperíodo está intimamente ligado a sinalização para a indução floral e associado a temperatura, permite melhor sincronização ao êxito reprodutivo de algumas espécies (SMYKAL et al., 2007) e para muitas espécies de *N. tabacum*, essa resposta ao florescimento é retardada sob condições de cultivo em dias longos, acarretando em desenvolvimento vegetativo superior a 155 dias. Nesse contexto, os primeiros trabalhos mencionados na literatura sobre a influência ambiental (fotoperíodo) em tabaco, foram registrados por Allard (1919) e Garner e Allard (1920), com o transplante de raízes e/ou caule de plantas de tabaco para vasos em casa-de-vegetação ao término do período de dia longo para analisar a indução floral, a partir do período do comprimento de dia curto. A metodologia utilizada neste trabalho promoveu o florescimento antecipado das plantas avaliadas e comprovou a existência de um sinal ambiental que estimula a indução de alguns genótipos de tabaco no estágio 50 (edema do botão floral, mas inflorescência não visível), de acordo com Papenfus e Billenkamp (2019).

Os caracteres poligênicos, como a altura de plantas de tabaco, número de folhas e número de flores (tamanho da inflorescência) são significativamente influenciados pelo ambiente e, conseqüentemente, é impossível agregar todos os alelos favoráveis em um único ciclo reprodutivo (RAMALHO et al., 2012). Desta forma, a indução para acelerar o ciclo da planta de tabaco ao desenvolvimento reprodutivo, torna-se de extrema importância para um programa de melhoramento que trabalha com introgressão de vários genes, segregação de

linhagens, o florescimento precoce é ideal e positivo para acelerar ciclos e chegar ao desenvolvimento de um novo híbrido que atenda as demandas dos produtores.

Para diminuir a influência causada pelo fotoperiodismo no desenvolvimento de algumas espécies, existem algumas formas para serem aplicadas através do manejo e uso de hormônios reguladores de crescimento. Via estímulos exógenos, a aplicação de reguladores de crescimento na linha das giberelinas, foram descritas e associadas à indução do florescimento em várias espécies de plantas (CARDOSO et al., 2010), bem como o cultivo em vasos de menor volume que possam restringir o crescimento radicular, visando um estresse vegetativo e, consequentemente, induzindo o florescimento precoce.

A planta modelo mais utilizada para os estudos de florescimento é a *Arabidopsis thaliana*. Nesta espécie, Fornara et al. (2010), Amasino (2010), Rivero et al. (2017) e Camara et al. (2018) perceberam que existem vários processos para desencadear e estimular o florescimento, podendo ser chamadas de vias endógenas e vias ambientais. Para Putterill et al. (2004) estas vias devem ser integradas numa única decisão para que a floração se inicie.

Para Mutasa-Göttgens; Hedden (2009), as giberelinas têm uma relação indireta com a competência reprodutiva e esta característica é facilmente percebida visualmente pelo alongamento de entrenós em plantas de *Arabidopsis thaliana*. Já, Lang (1957) descarta a possibilidade de que as giberelinas podem ser um estímulo universal para o florescimento.

A giberilina é componente de um grande grupo de hormônios caracterizados por exercer influência no crescimento de plantas, descobertos na década de 1930, obtidos através de plantas, fungos e bactérias (CAMARA et al., 2018), são responsáveis por regular a germinação de sementes, alongamento do caule, expansão foliar e diferenciação floral (MACMILLAN, 2010). O ácido giberélico ( $GA_3$ ) possui baixa capacidade de dissolução em água, apenas  $5 \text{ g L}^{-1}$  e alta decomposição em pH alcalinos e temperaturas altas (CAMARA et al., 2018).

Quanto a restrição radicular, Stevenson (1967) concluiu que existe uma relação de igualdade entre o padrão de crescimento da raiz e o crescimento do dossel da planta. Foi observado que plantas de tabaco cultivadas em casas-de-vegetação, na empresa ProfiGen do Brasil, tenderam a florescer precocemente quando transplantadas em vasos pequenos (2 a 4 L de volume) comparados a plantas transplantadas em vasos maiores (8 a 12 L). Para tanto, o crescimento aéreo acompanha o trabalho de Stevenson (1967), resultando em plantas menores para vasos menores e plantas maiores quando foram cultivadas em vasos maiores. Entretanto, característica oposta foi observada em um estudo sobre o crescimento, desenvolvimento e produção de morango, no qual, mudas provenientes de bandejas com alvéolos maiores (320

mL) propiciaram precocidade na produção quando comparadas com aquelas provenientes de bandejas com alvéolos menores (50 mL) (COCCO et al., 2015).

Nesse contexto, a influência da restrição radicular e o uso de ácido giberélico (hormônio regulador de crescimento) no florescimento precoce de genótipos de tabaco pode apresentar contribuições significativas para o planejamento dos cruzamentos, pressupondo que a data de transplante de genótipos de ciclo rápido ( $\pm 110$  dias), intermediário ( $\pm 140$  dias) e longo ( $>155$  dias) coincidem. É comum o uso de linhagens doadoras (pólen) de ciclo longo, definidos como *late flowering* (LF) devido as características fenotípicas (maior número, volume e arranjo de folhas, facilidade para colheita e cura, são algumas qualidades) e resistências (a viroses, nematoides e déficit hídrico), usadas em cruzamentos com linhagens receptoras (CMS), de ciclo curto/normal em busca de híbridos de alta performance.

A preferência ao optar pelo uso do pólen pode ser explicada pelo fato das linhagens LF expressarem uma inflorescência muito pequena e um período vegetativo muito extenso, com poucas flores. No entanto, seria inviável utilizar esses genótipos como fonte receptora (CMS), pois dessa maneira, o número de cruzamentos seria afetado e esses cruzamentos iriam ser realizados no verão, durante a estação quente. É altamente não aconselhável a execução de cruzamentos a partir das 11 horas da manhã, nos meses de dezembro e janeiro para a região de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, devido à alta temperatura e a baixa porcentagem de fecundação das flores polinizadas, podendo reduzir a porcentagem de eficiência desses cruzamentos.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram: (1) induzir o florescimento precoce de genótipos de tabaco pela aplicação de ácido giberélico ( $GA_3$ ) e pelo cultivo em vasos com restrição radicular; e (2) analisar a viabilidade econômica em antecipar o florescimento de genótipos de tabaco para o programa de melhoramento genético da empresa ProfiGen do Brasil.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A CULTURA DO TABACO**

A cultura do tabaco movimenta muitas engrenagens na economia brasileira, gerando renda ao pequeno produtor rural. Desde 1993, o Brasil é líder absoluto nas exportações de tabaco, baseado na qualidade inquestionável do seu produto, tendo como principais destinos Bélgica, Estados Unidos, China, Itália e Rússia (SINDITABACO, 2019). Atualmente, o Brasil

é o segundo maior produtor de tabaco, atrás da China e a frente da Índia, Estados Unidos e Indonésia, que juntos respondem por aproximadamente 70% da produção mundial da folha (SINDITABACO, 2018).

No Brasil, a região Sul apresenta grande importância em relação ao total de tabaco exportado, indicando participação média de 99,4% (AFUBRA, 2019). De acordo com essa fonte, os tipos de tabaco mais exportados pelo Brasil são: não manufaturado, total ou parcialmente destalado em folhas secas do tipo Virgínia (67,3%) e não manufaturado, total ou parcialmente destalado em folhas secas do tipo Burley (8,7%).

Existem 556 municípios na região Sul ligados com a cultura do tabaco, sendo que 67 municípios obtêm mais de 50% do valor bruto de produção agrícola derivado do tabaco (SINDITABACO, 2018). Essa importância relatada a cada safra pela AFUBRA demonstra que no ano agrícola 2018/2019, 149.350 famílias produziram tabaco, ocupando uma área superior a 297 mil hectares, alcançando a produtividade de 685.683 toneladas, o que resultou no valor bruto de R\$ 6.278.431.840,85 na economia dos municípios produtores (AFUBRA, 2019).

O tabaco assegurou a permanência de aproximadamente 149 mil famílias em suas propriedades, de toda região Sul do Brasil (safra 2018/2019) e também, a oportunidade de ocupação para mais de 596 mil pessoas dentro da cultura (AFUBRA, 2019). A garantia de venda do produto, a alta rentabilidade por área e a oferta de assistência técnica, são questões abordadas pelos produtores para permanência na cultura e também decisivos para não trocar de atividade, mas sim, diversificar com outras culturas para tornar a permanência no campo competitiva e economicamente viável.

## 2.2 MELHORAMENTO DO TABACO

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L.;  $2n=4x=48$ ) é uma planta alotetraplóide obtida pela hibridação de dois genitores diplóides ( $2n=24$ ), *N. sylvestris* e *N. tomentosiformis* (OKAMURA; GOLDBERG, 1985). A espécie tornou-se planta modelo em linhas de pesquisa, pela facilidade de manipulação, flores grandes, estruturas reprodutivas bem visíveis e rápido desenvolvimento. Por essas características positivas, as primeiras plantas transgênicas foram produzidas em tabaco, assim como experimentos direcionados a expressão e a estabilidade gênica das plantas (GANAPATH et al., 2004).

Em tabaco, a hibridação por meio da técnica de CMS agregou segurança aos programas de melhoramento. Esse método surgiu do cruzamento interespecífico de algumas linhagens, através da ação combinada do núcleo de *N. tabacum* e dos genes do citoplasma de espécies

selvagens popularmente utilizadas como, *N. glauca*, *N. suaveolens*, *N. longiflora* e *N. africana* (NIKOVA e VLADOVA, 2018), via retrocruzamento recorrente com, por exemplo, K326 (tipo Virgínia) e TN90 (tipo Burley) para desenvolver plantas análogas de CMS. Todos os citoplasmas produzem esterilidade masculina, e existe a necessidade de alguns retrocruzamentos com o recorrente escolhido para que haja pureza, e que esse genótipo possa ser usado como planta doadora para novos cruzamentos em busca de novos híbridos.

Para Gavilano et al. (2006) os principais objetivos dos programas de melhoramento genético de tabaco são: melhorar a qualidade e aumentar a produtividade das cultivares; obter genótipos com resistência as doenças viróticas Potato Vírus “Y” (PVY), Tobacco Mosaic Vírus (TMV), murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) e nematoides (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*); e cultivares com altos teores de açúcares e baixos níveis de conversores endógenos, que podem levar a formação de compostos cancerígenos (nitrosaminas).

Novas técnicas estão sendo incorporadas aos programas de melhoramento de tabaco, a citar a fenotipagem para a caracterização das plantas, a cultura de tecidos, a fusão de protoplastos, a transgenia (AMABILE; VILELA; PEIXOTO, 2018), a seleção assistida com marcadores moleculares e a seleção gênica (HEFFNER; SORRELLS; JANNINK, 2009; VOSS-FELS; COPPER; HAYES, 2019).

No melhoramento genético clássico do tabaco, o modelo atual é baseado em cruzamentos dirigidos e na seleção fenotípica à campo, que é oneroso e demanda um longo período de tempo para o lançamento de uma cultivar (VAN NOCKER; GARDINER, 2014). Todavia, a incorporação de técnicas de biotecnologia e de seleção assistida com marcadores moleculares têm contribuído para diminuir o intervalo entre as gerações e, conseqüentemente, o tempo para o lançamento de uma nova cultivar.

### 2.3 INDUÇÃO AO FLORESCIMENTO

Para Jung e Müller (2009), o tempo de desenvolvimento fenológico é essencial para a produção agrícola das culturas. Hickey, Chiurugwi e Mackay (2017) enfatizaram que os ciclos reprodutivos e/ou gerações podem ser encurtados com investimento estratégico em pesquisa.

No melhoramento genético de tabaco, os estudos para induzir o florescimento precoce, a fim de diminuir o intervalo entre as gerações segregantes, têm obtido sucesso com a transgenia (MAURO et al., 1996; RAMSEY; KERNODLE, 2009). Todavia, a aplicação da transgenia não tem mercado na cultura do tabaco. A utilização de cultivares transgênicas de tabaco apresenta restrição por parte dos pesquisadores, agentes de saúde, ambientalistas e consumidores. Isso

porque há o entendimento de que mesmo havendo a possibilidade de identificar, remover, alterar ou silenciar genes indesejáveis pela biotecnologia, a necessidade da realização de uma série de análises de risco por meio de cultivos em experimentos de campo é enorme, a fim de sanar dúvidas e evitar problemas de saúde das pessoas que utilizarão o produto derivado da espécie modificada geneticamente.

Em reconhecimento a esta necessidade de avaliação de riscos, a autorização de cultivo de plantas transgênicas é supervisionada por agentes políticos de diferentes países, como Estados Unidos e países membros da Comunidade Europeia (DALE; IRWIN; SCHEFELER, 1993). No Brasil, a supervisão é feita pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), segundo a Resolução nº 18, de 23 de março de 2018, do Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2018).

O ambiente e o manejo são variáveis fundamentais na seleção de genótipos superiores. Kasperbauer (1966, 1969, 1970), Kasperbauer e Lowe (1966), Hopkinson e Hannam (1969) e Shinohara (1971) realizaram trabalhos mostrando a importância e os efeitos da temperatura e do fotoperíodo sobre a cultura do tabaco durante a seleção. Já, Hopkinson (1969) verificou que a manutenção das mudas de tabaco por período maior de tempo ao transplante em bandejas, pode responder ao florescimento precoce devido à restrição imposta ao crescimento radicular, acarretando em estresses fisiológicos na planta. Para Blümel, Dally e Jung (2015) muitas espécies de interesse agrícola, após a domesticação, seleção e reprodução apresentaram transformação em genes específicos como por exemplo, os genes que conferem adaptações a dias longos e a vernalização. Porém, estudar os genótipos e entender as respostas a essas transformações permite direcionar a linha de pesquisa aos objetivos propostos e, conseqüentemente, efetivar a qualidade do programa de melhoramento genético de plantas, e para isso é importante a busca pelo entendimento ao fotoperíodo e sua magnitude na cultura do tabaco.

Algumas linhagens de tabaco possuem genes indutivos que respondem ao fotoperíodo, chamadas de plantas de dia curto, e outras não induzidas, denominadas de plantas de dia neutro. A manifestação desses genes indutivos, associado ao comprimento do dia, cria uma insensibilidade a floração fora da época ideal para determinadas cultivares de tabaco. Langridge (1957) observou que a espécie *Bryophyllum crenatum*, planta ornamental de origem africana, é um exemplo ao fotoperiodismo, pois é estimulada a florescer em dias curtos e um alongamento dos entrenós é observado em dias longos. Allard (1919) revelou que um tipo de *Nicotiana*, Maryland Mammoth, considerada planta de dia curto, possui genes que induzem ao gigantismo,

quando cultivada em dias longos, e apresenta caráter recessivo, no cruzamento entre Mammoth x Burley. Esse cruzamento gerou plantas de porte baixo e uniformes em F<sub>1</sub> e a autofecundação das plantas F<sub>1</sub> resultou em segregação na geração F<sub>2</sub> ocasionando o surgimento de plantas gigantes na proporção de ¼ (25% plantas gigantes e 75% plantas normais).

A indução floral, muitas vezes não é manifestada, pois a planta necessita de um determinado período juvenil (SINGER et al., 1992; THOMAS; VINCE-PRUE, 1997) sob condições naturais. Essa juvenildade é facilmente percebida em tabaco até os 60 dias, aproximadamente, em que a planta emite muitas folhas e um entrenó curto. Jackson (2009) relacionou a necessidade requerida pela planta para o período juvenil, para sustentar flores e frutos e, conseqüentemente, à uma mudança fenotípica acompanhada entre a passagem das fases juvenil, adulta e reprodutiva (POETHIG, 1990; TSAI et al., 1997). Essa mudança é pertinente ao modelo de melhoramento clássico, pois facilita a seleção de plantas à campo com o fenótipo desejado.

A existência de genótipos de tabaco com diferentes ciclos de desenvolvimento gera dificuldades no planejamento de cruzamentos dentro de um programa de melhoramento clássico, devido as diferentes épocas de floração. Para isso, é importante buscar a uniformidade na indução floral entre esses genótipos, possibilitando, dentro de um mesmo período de tempo, a seleção de plantas por meios fenotípicos e dessa forma, padronizando a coleta de pólen, cruzamentos e a colheita das sementes.

Para este propósito, pode-se usar compostos orgânicos, chamados de reguladores de crescimento (RC), com a finalidade de promover, inibir ou modificar processos fisiológicos diante da aplicação em baixas quantidades (SAJID et al., 2006; PETRI et al., 2016), para reduzir, talvez até inibir, a interação da via fotoperiódica de regulação a floração em tabaco. Em estudos de Medina e Saavedra (1999) e Taiz e Zeiger (2017), o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) foi usado como promotor no crescimento da parte aérea de várias espécies de plantas comerciais. Nesses trabalhos, foi observado um incremento na extensão dos entrenós, um aumento do crescimento foliar, um maior diâmetro do caule da planta e do número de flores, resultando na indução a floração, reforçando o trabalho de Pradeepkumar et al. (2020), que as giberelinas atuam em todos os estádios de desenvolvimento da planta, interferindo e interagindo nos diversos processos fisiológicos das mesmas. O GA<sub>3</sub> foi considerado a melhor opção para melhorar os atributos vegetativos e principalmente à indução da floração para *Callistephus chinensis* (L.) Nees (MISHRA et al., 2018).

Reghin, Otto e Rocha (2000) testaram concentrações de 0, 10, 20, 30, 40 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> na indução ao florescimento de duas cultivares de alface e verificaram a precocidade da ântese em parcelas tratadas com as maiores concentrações deste produto. Para Aguiar (1982), o efeito das concentrações de 0, 5, 10 e 15 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> na altura e na precocidade do florescimento sobre a alface foram efetivos a partir do uso de 10 e 15 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. Cid (2000) e Cardoso, Ono e Rodrigues (2010) verificaram que a aplicação exógena de reguladores de crescimento vegetal do grupo das giberelinas resultaram no maior crescimento das pétalas e à indução floral de orquídeas híbridas de dia longo cultivadas em condições de dias curtos.

O ácido giberélico foi testado em tabaco nas seguintes situações: avaliação do crescimento, desenvolvimento e produtividade (ALMEIDA; VIEIRA, 2010); investigação da sua ação no conteúdo de alcaloides em diferentes espécies de *Nicotiana* (BURK; TSO, 1958); regulação dos níveis de amido e de açúcar nas folhas de tabaco (LEE; ROSA, 1969); e interferência de níveis de ácido giberélico na eficiência da captura de luz e acúmulo de matéria seca (FALCIONI et al., 2018). Porém, não foram localizados na literatura trabalhos prévios de avaliação do GA<sub>3</sub> na indução do florescimento precoce em plantas de tabaco.

Não foram encontrados trabalhos prévios na literatura mostrando a relação entre a restrição do desenvolvimento radicular para a indução ao florescimento precoce em plantas de tabaco. NeSmith, Bridges e Barbour (1992) observaram respostas positivas ao surgimento antecipado de flores, cultivando pimentão sobre restrição radicular. Os demais estudos caracterizaram a restrição do crescimento radicular com a capacidade das plantas em absorver nutrientes em arroz (MEDEIROS; SOARES; GUIMARÃES, 2005), produtividade de soja (CARDOSO et al., 2006), produtividade de milho (FREDDI et al., 2007) e déficit hídrico (CORREIA et al., 2009). Por isso é importante buscar respostas a essas lacunas em estratégias que induzem o florescimento precoce em plantas de tabaco.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho científico foi dividido em Experimento I e Experimento II, conduzidos em setembro/2018 e em fevereiro/2019, respectivamente. Ambos os experimentos foram instalados na área da empresa ProfiGen do Brasil®, no município de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. As coordenadas geográficas da área são: latitude 29°43'03"S, longitude 52°25'32"W e altitude de 69 m. O clima da região é classificado como subtropical úmido com

verões quentes e sem uma estação seca definida (ALVARES et al., 2013). A caracterização das condições meteorológicas, temperatura (mínima e máxima), velocidade do vento e precipitação, ocorridas durante o período de realização dos experimentos, foram coletadas na Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Rio Pardo – RS – A813 (latitude: 29°87'21”S, longitude: 52°38'19”W e altitude de 107 m), localizada a aproximadamente 17 km da área experimental.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Um total de 25 tratamentos foram avaliados, sendo 20 tratamentos fatoriais e cinco tratamentos adicionais, totalizando 125 unidades experimentais. Os tratamentos fatoriais foram compostos pela combinação de cinco genótipos de tabaco, a citar: três linhagens de ciclo tardio (KM10, LF e BU459) e duas cultivares comerciais de ciclo normal (TN90 e K326), cultivados em vasos de 9 L, e quatro concentrações de ácido giberélico ( $GA_3$ ): 0, 50, 100 e 200  $mgL^{-1}$ . Os tratamentos adicionais foram constituídos pelos cinco genótipos descritos, cultivados em vasos menores, de 2 L, nos quais não se aplicou ácido giberélico.

Os genótipos de Burley (BU459 e TN90) e Virgínia (K326, KM10 e LF) foram obtidos junto ao banco de germoplasma da Empresa ProfiGen do Brasil. São dois tipos diferentes de tabaco, sendo que o tipo Burley apresenta desenvolvimento superior em altitudes maiores e terrenos declivosos; sua cura ocorre com o corte da planta e a suspensão da mesma ao ar livre, em galpões abertos, o período de cura pode chegar a 60 dias e a cor das folhas tem tonalidade castanha claro-escuro. Já, o tipo Virgínia adaptou-se bem as regiões baixas e depressões dos Estados do Sul do Brasil; sua cura ocorre em etapas, coletando-se as folhas maduras debaixo para cima da planta e realiza-se a cura em estufa de ar controlado; o período de cura dura aproximadamente sete dias (variando de 55 a 145°C) e a coloração é amarelo claro ao laranja.

### 3.1 SEMEADURA

A semeadura do experimento I foi realizada no dia 16/07/2019 e do experimento II, em 11/12/2019. O substrato Agrinobre® foi usado, o qual apresentava as seguintes características: textura 4; argila 5; índice SMP 6,8; saturação de bases 89,1%; saturação por alumínio 0%; CTC efetiva 13,8; CTC pH 15,5, de acordo com o laudo apresentado pelo Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. Para o preparo do substrato foram adicionados 5 L de água para cada 25 kg de substrato e misturados dentro de uma betoneira. A adição de água é indicada para facilitar a absorção d'água nas bandejas, segundo as

recomendações técnicas do fabricante do substrato. Após 5 min de homogeneização, o substrato foi distribuído sobre as bandejas de 25 células. Na sequência foram semeadas três bandejas de cada genótipo para se dispor da quantidade necessária de mudas, inclusive prevendo a reposição dessas.

Em cada célula da bandeja foram depositadas duas sementes, com a ajuda de uma tabua perfurada, confeccionada especialmente para ajudar na semeadura. Com um palito de madeira, devidamente esterilizado e com a ponta levemente umedecida em um copo contendo algodão úmido, foi encostado na semente de tabaco e direcionando a semente aderida no palito aos orifícios da tabua (Apêndice 2), toques leves e sutis foram executados para que as sementes caíssem nos orifícios.

Essa placa foi criada como um meio para facilitar a semeadura de tabaco através de semente nua e, serviu como um molde de deposição de semente e orientação de cada célula da bandeja por meio dos orifícios. Com uma das mãos foi feito o movimento da tábua sobre as células da bandeja e com a outra foi realizada a semeadura segurando o palito.

### 3.2 CUIDADOS E MANEJO

As bandejas receberam uma identificação individual escritas a mão em placas plásticas, sendo esse o último processo da semeadura antes de serem levadas para a piscina. O sistema *floating* é o método mais utilizado pelos produtores de tabaco para a produção de mudas (ProfiGen do Brasil, 2021), pois propicia as melhores condições para a germinação das sementes e para a condução das mudas em ambiente protegido.

No sistema *floating* existem dois tipos de piscinas: (1) com base de concreto, nas quais as bandejas de plásticos ficam apoiadas e (2) piscinas plásticas convencionais, muito utilizadas pelos produtores, na qual a lâmina d'água é maior e opta-se pelo uso de bandejas de isopor que flutuam sobre a lâmina d'água. O sistema utilizado para este trabalho foi *floating* com base de concreto. Após a alocação das bandejas na piscina, lado a lado, foi estendido sobre a mesma um tecido leve de TNT (material polipropileno 100% virgem) para evitar que algum fator externo biótico (pássaros) ou abióticos (ventos) provocassem a mistura dos genótipos.

A semente de tabaco tem resposta positiva a germinação sobre fatores ambientais favoráveis como a luminosidade e a temperatura moderada. A semeadura realizada no experimento I levou, aproximadamente, oito dias para que mais de 50% das bandejas iniciassem o estágio seis (alongamento da radícula e desenvolvimento de raízes secundárias) segundo

Papenfus e Billenkamp (2019). Da mesma forma, no experimento II foram necessários, aproximadamente, cinco dias para atingir o estágio seis (PAPENFUS e BILLENKAMP, 2019), devido a maior luminosidade e temperatura mais alta quando comparado ao experimento I. Após 21 dias foi feito o desbaste das mudas.

O desbaste foi feito utilizando uma pinça de aço, esterilizada em água fervente, para evitar a proliferação de doenças. Apenas uma plântula por célula foi mantida, visando uniformizar o crescimento das plantas e facilitar, posteriormente, o transplante.

Os tratos culturais iniciaram logo após o desbaste das mudas por se tratar de uma fase delicada, favorável a doenças. Os seguintes defensivos químicos recomendados para a cultura foram usados: os fungicidas a base de Metalaxil-M + Mancozebee Iprodiona e os inseticidas a base de Deltametrina, de forma preventiva, nas concentrações de  $2 \text{ g L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ g L}^{-1}$  e  $1 \text{ mL L}^{-1}$  respectivamente, e Imidacloprido + Beta-ciflutrina, na dose de  $2,5 \text{ g L}^{-1}$ , 15 dias após o transplante. Todos os tratamentos seguiram as recomendações do fabricante. Todas as aplicações foram realizadas com um regador de crivos semelhantes para uniformizar o posicionamento da calda, com capacidade para 10 L, exceto as aplicações de inseticida, que foram realizadas com pulverizador Guarany 10 L para Deltametrina e jato dirigido ao colo da planta para o Imidacloprido + Beta-ciflutrina. O uso do regador para práticas de tratamentos químicos nas mudas de tabaco é muito empregado, porque muitos produtos devem chegar até a base das plantas através do escorrimento, para que sua efetividade seja atingida, desta forma, o critério calda/hectare fica desbalanceado devido aos crivos do regador e a constância das passadas do aplicador.

### 3.3 ADUBAÇÃO

A adição do adubo hidrossolúvel YaraMila 16-16-16 (nitrogênio nítrico e amoniacal: 16%, fósforo: 16% e potássio: 16%) foi iniciada três dias após o repique das mudas. A quantidade de adubo utilizada foi estimada para manter a condutividade elétrica entre 0,8 a  $1,0 \text{ uS cm}^2$ . A partir do segundo desbaste, foi utilizada uma maior quantidade de adubo para elevar a condutividade elétrica para  $\pm 2 \text{ uS cm}^2$ , em ambos os experimentos, de modo que a lâmina de solução cobrisse aproximadamente 1,5 cm da base das bandejas.

### 3.4 PODA

Aproximadamente 45 dias após a semeadura, foi necessário realizar a poda das mudas mais vigorosas. Essa atividade foi feita visando desacelerar o vigoroso crescimento inicial das mudas, dessa forma, as mudas com crescimento mais lento puderam reagir e voltaram a competir na mesma proporção, por luminosidade e nutrientes. Mais podas foram necessárias, visando o estímulo do engrossamento do caule semelhante a circunferência de uma caneta e/ou lápis, para que fosse levada a campo com adequada turgência e uniformidade.

No experimento I foram realizadas três podas e no experimento II, quatro podas, por ser fora de época, semeado no verão, o que favoreceu o maior crescimento das mudas. A poda foi executada mecanicamente, com uma máquina de cortar grama a gasolina, acoplada a um tripé, com regulador de altura (Apêndice 3). Após, cada uso, o conjunto de corte da máquina foi fervido por 10 minutos, evitando dessa forma, a proliferação de viroses entre as mudas, como o Vírus do Mosaico do Tomate (TMV). A poda normalmente ocorria semanalmente. Contudo, o crescimento das mudas, estágio de desenvolvimento, temperatura e adubação eram levados em consideração para tomada de decisão do momento de realizar a poda.

### 3.5 TRANSPLANTE

As mudas do experimento I foram transplantadas no dia 17 de setembro de 2019 e as mudas do experimento II, no dia 10 de fevereiro de 2020. Ambos os experimentos tiveram a mesma distribuição, utilizando um arranjo de cinco linhas, com 25 vasos espaçadas em 1,2 m e com 0,7 m entre vasos, semelhante ao distanciamento recomendado em nível de campo. Cada muda foi transplantada para um vaso e a densidade de plantas usada foi de 0,84 plantas m<sup>-2</sup>.

A distribuição do sistema de gotejamento por vaso também foi dimensionada conforme o tamanho do vaso, escolhendo botões com vazões de 3 e 8 L h<sup>-1</sup> para os vasos de 2 L (tratamentos adicionais) e de 9 L (tratamentos fatoriais), respectivamente. Os botões foram utilizados para fazer a ligação entre a linha secundária da irrigação com o microtubo conectado no vaso. A irrigação foi realizada de acordo com a demanda das plantas demonstradas pelo murchamento, por um tempo variável, para evitar o encharcamento dos vasos.

No preparo do substrato para o transplante das mudas nos vasos, foi adicionado adubo Yara 14-16-10 (ureia: 14% de nitrogênio, superfosfato: 16% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e potássio: 10% de K<sub>2</sub>O). O total de vasos em cada experimento foi de 125, no entanto, foi calculado 30 g de adubo por vaso, totalizando 3,75 kg e homogeneizado por 15 minutos com o substrato. A adubação utilizada nos experimentos foi a mesma de campo, totalizando 500 kg de adubo de base por

hectare. Duas adubações de cobertura foram realizadas com 10 g do adubo 15-00-14 (ureia: 15% de nitrogênio e potássio: 14% de  $K_2O$ ) aos 15 e 30 dias após o transplante (DAT), diretamente sobre os vasos, abaixo do ponto de gotejamento, totalizando 333 kg por hectare.

Após 30 dias de transplante, foi necessário tutorar todas as parcelas, para evitar o tombamento e quebra de plantas. O tutoramento foi realizado em plantas individualmente, passando um barbante desde a base até a parte superior das plantas, em forma de espiral. Esse barbante foi amarrado numa linha mais alta, na qual as demais plantas da linha de transplante também foram presas.

### 3.6 APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO

As aplicações de ácido giberélico (Pro-Gibb<sup>®</sup> 10%) foram realizadas aos 45, 52 e 60 dias após o transplante (DAT) com auxílio de um pulverizador de 5 L de alta pressão. As aplicações iniciaram pelas maiores concentrações e foi utilizada água deionizada para preparo das soluções. Um alçapão de ferro revestido com tecido foi construído para encaixar em cada unidade experimental a ser pulverizada para evitar a contaminação por deriva nas demais. A regulagem da gota foi feita no próprio pulverizador, por ser peça conjunta e durante a pulverização evitou-se que houvesse escorrimento foliar da calda entre as folhas.

### 3.7 AVALIAÇÕES

As avaliações compreenderam aspectos fenológicos, morfológicos e produtivos. Na avaliação fenológica foi determinado o número de dias para floração, em dias, que compreendeu o período entre o transplante das mudas e o desenvolvimento da primeira flor, pois a partir do transplante, as mudas não receberam mais podas e foram induzidas a expressar seu desenvolvimento e crescimento em ambiente não controlado (à campo). Como parâmetro para definir os estádios fenológicos, foi utilizada a escala proposta por Papenfus e Billenkamp (2019) a qual é utilizada para fins de experimentação e Boas Práticas Agrícolas e serve para todos os tipos de tabaco, seja cultivado para folhas ou sementes, uma vez que não existe uma escala fenológica publicada para a cultura do tabaco

O desenvolvimento da primeira flor correspondeu ao estágio 59 (primeira pétala visível, mas não aberta). O dia em que cada unidade experimental atingiu o estágio 59 foi registrado através de dias julianos, a contar do dia do transplante. Para identificar as plantas que entraram

no período de floração, foi pintada a corola de cada flor com spray. No mesmo momento, foi realizado a avaliação morfológica, que consistiu da altura da planta (cm), compreendendo a medida entre a base da planta e a última folha expandida.

As demais avaliações morfológicas compreenderam o número de flores observados no 5º, 10º, 20º e 30º dia após a floração (estádio 59), atentando para a contagem e pintura exata das flores. A maturação fisiológica correspondeu ao estágio 80 (início do amadurecimento e escurecimento das cápsulas de sementes mais antigas), porém, a parcela só foi colhida após as flores do 30º dia atingirem o estágio 80.

As avaliações de produtividade foram contabilizadas pelo número de cápsulas produzidas por planta, considerando o somatório das avaliações produzidas após o 5º, 10º, 20º e 30º dias após a floração. As sementes de tabaco são minúsculas e leves, no entanto, o peso de sementes por cápsulas variou de 0,8 a 1,6 g, sendo que cada grama de semente tabaco corresponde a aproximadamente 11.000 sementes. A massa de sementes foi determinada pela pesagem de todas as sementes de cada unidade experimental, expressa em g. Para tanto, se utilizou uma balança de precisão, marca BEL L-1002.

### 3.8 CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO ÁCIDO GIBERÉLICO

Para estimar o custo de aplicação do hormônio regulador de crescimento ( $GA_3$ ) por hectare, foram levados em consideração os pontos de máxima eficiência técnica (PMET) do variável número de dias para floração (NDF) dos Experimentos I e II.

O PMET foi essencial para este cálculo, pois mostrou, para a principal variável estudada, NDF, a melhor concentração de  $GA_3$  para induzir o florescimento precoce. Para tanto, o ajuste de um modelo de regressão de segundo ou de terceiro grau foi fundamental para se conhecer quais foram estes PMET, e prosseguir com os cálculos.

Em conjunto com os PMET ajustados, o cálculo para avaliar os benefícios em antecipar o florescimento de genótipos de tabaco contou com dados fornecidos pela empresa. Foram necessárias informações como o valor do salário nacional das duas safras avaliadas, o número de colaboradoras temporárias, o número de dias trabalhados (admissão ao término de contrato) e o número de dias reduzidos com a indução precoce do florescimento de genótipos de tabaco. O número de dias reduzidos foi definido como a média entre genótipos LF que obtiveram semelhança na indução precoce ao florescimento.

### 3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Inicialmente, foram estimados os dados para as parcelas perdidas dos experimentos I e II com auxílio do Programa Genes, na qual as células das parcelas perdidas foram identificadas com o código “-9”. Após, foram testados os pressupostos da análise de variância. Para atender o pressuposto da normalidade dos erros (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009; PINO, 2014), os dados de altura de planta, número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia e massa de semente foram transformados pelo método da raiz quadrada, por meio da equação:  $\sqrt{x + 0,5}$ , em que  $x$  é o valor do caractere (OSBORNE, 2010). A partir desse ajuste, a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo foi inferior a sete para todos os caracteres avaliados, de acordo com o previsto por Cruz e Regazzi (1997).

Na sequência, foi realizada a análise de variância individual para os experimentos I e II, adotando-se o modelo AxB+K, no qual o fator A representou os tratamentos qualitativos (genótipos), o fator B simbolizou os tratamentos quantitativos (concentrações de GA<sub>3</sub>) e o fator K representou os tratamentos adicionais. Para os caracteres com interação significativa genótipo x concentração foi efetuada a análise de regressão. Para as funções polinomiais de segundo grau, o PMET foi obtido pela equação:  $\hat{Y} = -\hat{b}_1/2\hat{b}_2$  e para as de terceiro grau foi

usada a seguinte equação:  $\frac{-2*b_2 \pm \sqrt{4*b_2^2 - 12*\hat{b}_1*\hat{b}_3}}{6*\hat{b}_3}$ , nas quais  $\hat{b}_1$  equivaleu ao coeficiente de primeiro grau,  $\hat{b}_2$  correspondeu ao coeficiente de segundo grau e  $\hat{b}_3$  refletiu ao coeficiente de terceiro grau, visando obter o valor de X da variável independente para o qual Y da variável dependente é máximo. Já, para os caracteres com interação não significativa foi realizado o teste de comparação de média de Scott- Knott, a 5% de probabilidade de erro.

A precisão experimental foi avaliada por meio do coeficiente de variação experimental (CV), calculado pela estatística  $CV (\%) = \frac{100\sqrt{QMe}}{\hat{m}}$  em que,  $QMe$  = quadrado médio do erro e  $\hat{m}$  = média geral do experimento. Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do software Genes (CRUZ, 2016), as análises de regressão foram feitas no Programa Sisvar (FERREIRA, 2011) e os gráficos foram elaborados no software SigmaPlot 13 (Systat Software, Inc. San Jose, Califórnia).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. EXPERIMENTO I - CULTIVO EM ÉPOCA IDEAL (SETEMBRO/2018)

A interação genótipo x concentração foi significativa para todos os oito caracteres em estudo (Tabela 1), o que indica variabilidade entre os tratamentos definidos. O efeito significativo da interação genótipo x concentração, é indicativo do comportamento diferenciado dos genótipos sobre as diferentes concentrações de ácido giberélico aplicadas para todos os caracteres. Efeito significativo foi observado para todos os caracteres avaliados para a fonte de variação contraste fatorial x testemunhas (F x T), indicando desempenho diferenciado entre os tratamentos fatoriais e as testemunhas (Tabela 1).

Em relação a fonte de variação testemunhas (adicionais), foi verificado diferenças significativas para todos os caracteres, exceto para a massa de sementes (g). Nesse caso, é possível inferir que um ou mais genótipos apresentaram comportamento diferente com a restrição radicular.

O coeficiente de variação (CV) experimental oscilou de 2,44% (altura de planta) a 20,91% (número de flores no 30º dia). Os CV foram classificados por Pimentel-Gomes (1990) da seguinte forma, de acordo com seus ensaios agrícolas: baixos, quando inferiores a 10%; médios, entre 10 e 20%; altos quando estão entre 20 e 30%; e muito altos, quando são superiores a 30%.

Tabela 1- Análise da variância contendo quadrado médio, graus de liberdade (GL), média e coeficiente de variação experimental (CV) para número de dias para a floração (NDF, dias), altura de planta (ALT, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores - cápsulas formadas (SOMA) e massa de sementes (MASSA, g) avaliada em cinco genótipos de tabaco cultivados em quatro concentrações de ácido giberélico no experimento I, no campo experimental da empresa ProfiGen do Brasil, Santa Cruz do Sul/RS.

Fonte de variação	GL	NDF	ALT	F5	F10	F20	F30	SOMA	MASSA
Tratamentos	24	41807,90 *	0,17 *	10,79 *	10,02 *	14,48 *	11,58 *	11213,13 *	2,05 *
Fatorial (F)	19	39936,70 *	0,12 *	10,10 *	9,66 *	14,01 *	11,09 *	10952,18 *	2,08 *
Genótipo (G)	4	185899,88 *	0,52 *	39,69 *	30,94 *	56,18 *	47,98 *	40691,16 *	5,15 *
Concentração	3	1977,02 *	0,04 *	2,41 *	4,81 *	2,24 *	1,84 *	4654,35 *	3,21 *
Genótipo x Concentração	12	772,23 *	0,00 *	2,17 *	3,77 *	2,89 *	1,11 *	2613,64 *	0,77 *
Testemunha (T)	4	58029,34 *	0,18 *	3,86 *	1,70 *	1,61 *	1,68 *	913,16 *	0,06 <sup>ns</sup>
F x T	1	12475,01 *	1,14 *	51,65 *	50,16 *	74,86 *	60,37 *	57372,40 *	9,37 *
Média		122,18	1,90	16,95	22,98	22,83	15,46	78,22	5,00
CV%		4,51	2,44	17,53	17,29	14,90	20,91	17,04	7,15

\* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t. <sup>ns</sup> não significativo.

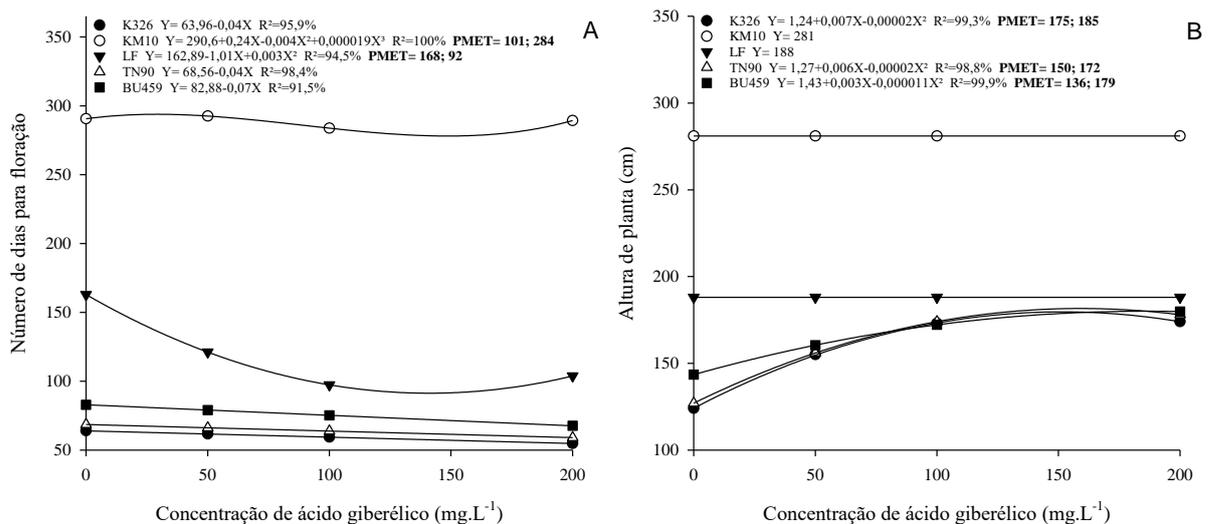
O decréscimo em dias para a floração (NDF) dos genótipos em resposta ao aumento da concentração de GA<sub>3</sub> confirma a proposta do trabalho, e os genótipos mais favoráveis à floração precoce foram as linhagens LF e BU459 (Figura 1A). A linhagem KM10 teve tímida indução precoce de acordo com o aumento das concentrações de GA<sub>3</sub>, denotando semelhanças no desenvolvimento quando cultivada no mesmo período à campo. A busca para indução do florescimento precoce é justamente para essas linhagens, que possuem ciclo muito extenso (>150 dias) para o programa de melhoramento, dificultando a obtenção de sementes via autofecundação e principalmente para coleta de pólen, porém, o que foi observado no comportamento da Figura 1A, justifica a recomendação do uso de reguladores de crescimento (GA<sub>3</sub>) para antecipar a floração em linhagens de tabaco.

Também foi observado que a maior redução no NDF aconteceu para o genótipo LF (63 dias), seguido do genótipo BU459 (15 dias). Esse resultado abriu novo conceito sobre como manejar genótipos de tabaco de florescimento tardio no campo (quando cultivados em período de dias longos), pois há muitas linhagens parentais e com desenvolvimento semelhante aos genótipos LF e BU459 em fase de segregação e avaliação de performance, viabilizando, no entanto, a aplicação da prática deste estudo. Para este manejo, há a possibilidade de execução via aplicação mecanizada (autopropelido), de alto nível tecnológico, com controle de calda/ha

e uniformidade na aplicação. Os genótipos K326 e TN90 tiveram decréscimo em dias até a floração de menor expressão (8 e 9 dias, respectivamente) quando comparado aos demais mesmo assim, esse resultado foi positivo lembrando que esses híbridos foram considerados de ciclo normal ( $\pm 130$  dias).

O ponto de máxima eficiência técnica foi estipulado para as linhagens KM10 e LF (101; 284 dias e 168; 92 dias, respectivamente) como sendo o melhor ajuste para a caractere número de dias para a floração, ou seja, a concentração de  $101 \text{ mg L}^{-1}$  estimulou o florescimento aos 284 dias para o genótipo KM10 e a concentração de  $168 \text{ mg L}^{-1}$  estimulou o florescimento aos 92 dias para o genótipo LF. Esses valores satisfazem o objetivo do trabalho e proporcionaram vantagens para o programa de melhoramento, pois houve florescimento precoce, beneficiando também a coleta de pólen. Os demais tratamentos não ajustaram equações para promover o ajuste do ponto de máxima eficiência técnica. A indução no florescimento, também, foi observada no trabalho de Sharma e Singh (2009) quando aplicado  $75 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$  na cultura do morango em apenas um estágio de desenvolvimento, assemelhando com as concentrações utilizadas neste trabalho, caracterizando bons resultados na busca pela indução floral.

Figura 1 - Resposta do número de dias para a floração (A) e altura de planta (cm) (B) a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico e o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) no experimento I.



Fonte: o autor.

Na Figura 1B é possível constatar um estímulo ao crescimento da planta de acordo com o aumento da concentração de  $\text{GA}_3$  para a maioria dos genótipos, confirmando as características

descritas por Medina e Saavedra (1999) e Taiz e Zeiger (2017) favoráveis ao alongamento das plantas após aplicação de GA<sub>3</sub>. As linhagens KM10 e LF apresentaram significância para o caractere altura de planta (cm), pois foi avaliado ser uma característica única devido ao bom número de folhas (>50) e entrenós longos quando comparados com os híbridos K326 e TN90 de razoável número de folhas (±20) e entrenós curtos, respondendo dessa forma, com maior resistência à interferência na altura de planta final.

As concentrações que resultaram em plantas mais altas foram 175, 150 e 136 mg L<sup>-1</sup> para os híbridos K326 e TN90, e para a linhagem BU459, respectivamente. Foram desenvolvidos muitos híbridos com características de entrenó longo, no entanto, a recomendação desses híbridos foi para produtores que usam a mecanização agrícola para a colheita do tabaco, devido a maior facilidade de ajustar a altura das barras de corte do equipamento nestes híbridos de maior altura. Ou seja, plantas mais altas correspondem a entrenós mais longos, corroborando com o estudo de Janowska et al. (2018), no qual destaca que o GA<sub>3</sub> (hormônio regulador de crescimento), foi responsável, primeiramente pelo crescimento por alongamento, mas que também essa característica foi dependente da espécie, cultivar, concentração e metodologia de aplicação. Nas Figuras 2A, B, C, D, houveram diferentes comportamentos diante do número de flores com o aumento da concentração de GA<sub>3</sub>, teve interação genótipo x concentração significativa para ambos caracteres, mas não foi possível ajustar um modelo matemático que descrevesse um comportamento ideal para os genótipos, por isso que, vários genótipos foram definidos apenas por uma simples linha paralela ao eixo x, representando a média. Foi possível observar que quando teve interação entre os tratamentos, a tendência foi de diminuição do número de flores, fator esse negativo para o programa de melhoramento, pois também há redução de pólen, forçando o melhorista a aumentar o número de plantas para compensar a redução no número de flores.

Para a linhagem KM10 não houve o ajustamento de nenhuma equação, desta forma, nenhuma concentração teve interferência significativa dentro de cada caractere avaliado. A linhagem BU459 não respondeu aos tratamentos dentro do caractere número de flores no 20º dia, bem como para o caractere número de flores no 30º dia, acompanhado dos híbridos K326 e TN90.

O modelo de regressão linear foi ajustado para os genótipos K326 e BU459 (caractere número de flores no 5º dia), TN90 e BU459 (caractere número de flores no 10º dia) e TN90 (caractere número de flores no 20º dia). Ambos os modelos lineares ajustados tiveram relação decrescente com o aumento das concentrações de GA<sub>3</sub> exceto a linhagem LF no caractere

número de flores no 10º dia que teve aumento no número de flores de acordo com as maiores concentrações de GA<sub>3</sub>. Há uma solução para reduzir as inúmeras equações lineares decrescentes, partindo do aumento do número de tratamentos com GA<sub>3</sub>, objetivando alcançar mais equações de modelo quadrático e dessa forma definindo com maior exatidão a melhor concentração de GA<sub>3</sub> e número de flores para ambos caracteres.

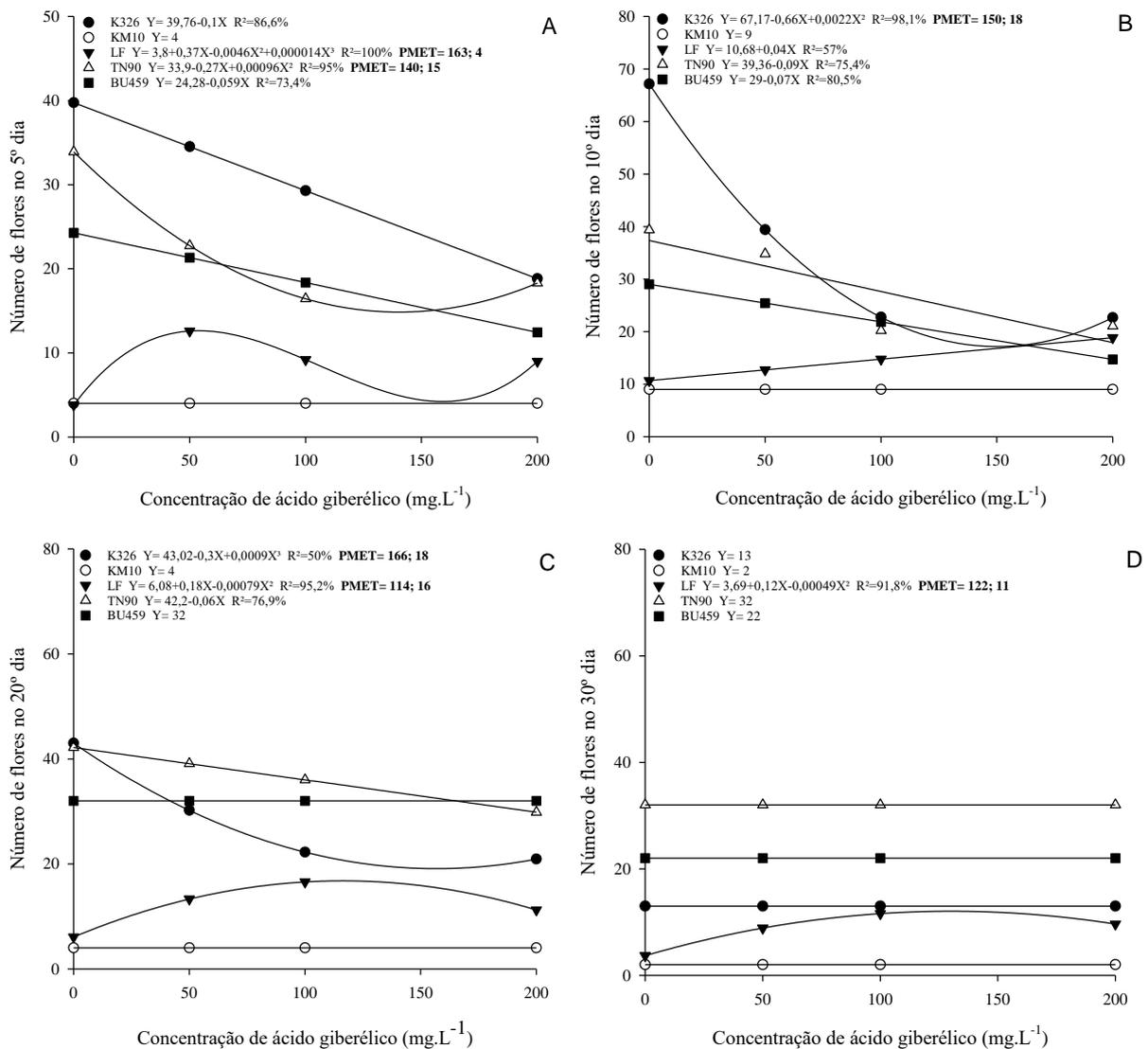
O modelo de regressão de segundo grau foi entoadado para o híbrido TN90 (caractere número de flores no 5º dia) com PMET encontrado não satisfatório (140 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) devido ao menor número de flores que essa concentração formou. No entanto, a concentração 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> obteve maior representatividade na oferta de flores. Também, houve ajuste de equação quadrática para K326 (caractere número de flores no 10º) e, novamente, o PMET não foi satisfatório devido ao menor número de flores estipulado, repetindo o comportamento do híbrido TN90 (caractere número de flores no 5º dia) em que a concentração 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> apresentou maior número de flores. Para os genótipos K326 e LF (caractere número de flores no 20º dia) foi encontrado um único PMET satisfatório para o genótipo LF, definido em 114 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> para obter o maior número de flores neste caractere. O híbrido K326 apresentou um desempenho semelhante à Figura 2B, sendo que na concentração 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> foi observado o maior número de flores. Para a linhagem LF (caractere número de flores no 30º dia) foi ajustado PMET em 122 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> para obter o maior número de flores (Figura 2A, B, C, D). Para tanto, somente uma linhagem (LF) respondeu positivamente as maiores concentrações de GA<sub>3</sub> (Figuras 2C, D), porém de modo sutil. Dessa forma, ficou determinado que a avaliação de concentrações dentro da faixa de 0 a 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> seria fundamental para exprimir qual a concentração ideal que estimularia a maior produção de flores para os genótipos de tabaco avaliados.

Também foi ajustado um único modelo de regressão de terceiro grau (dentro de todos os caracteres avaliados – número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia) para o genótipo LF, delimitado no caractere número de flores no 5º dia. Como o PMET ajustado (163 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) definiu um valor que não expressou a quantidade máxima de flores deste genótipo e para este caractere, tornando assim um ajuste negativo para este tipo de avaliação e não ideal para o planejamento de cruzamentos e coleta de pólen de um programa de melhoramento de tabaco.

No geral, o número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia tiveram depreciação conforme aumento das concentrações de hormônio regulador de crescimento. Um bom número de flores garante: quantidade de pólen, alto número de cruzamentos e maior volume de sementes obtidas nos cruzamentos. Para amenizar essas perdas, o melhorista deverá aumentar o número de

plantas, acarretando em aumento de área e insumos agrícolas. Um generoso número de flores permitiria o escalonamento e o ajustamento do período das atividades afetadas por: muitos dias de chuva sem coleta de pólen, necessidade de muitas gramas de semente/planta derivadas de cruzamentos e, primordial e satisfatório volume de pólen para armazenamento, são exemplos da complexidade envolvendo a necessidade de muitas flores nas inflorescências de tabaco.

Figura 2 - Resposta do número de flores no 5º (A), número de flores no 10º (B), número de flores no 20º dia (C) e número de flores no 30º dia (D) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, no Experimento I.



Fonte: o autor.

Como reflexo das variáveis anteriores, a linhagem KM10 não respondeu significativamente às concentrações para o caractere soma de flores (cápsulas formadas), correspondendo a uma linha simples, representando a média, ou seja, seu comportamento foi similar para ambas concentrações (Figura 3A). Para a linhagem BU459 foi ajustado um modelo de regressão linear; já, para a linhagem LF foi obtido o modelo de regressão quadrática, sendo o seu PMET positivo ( $126 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ ) relacionando a maior concentração com a maior massa de sementes (Figura 3A). Essa positividade condiz com o comportamento dos caracteres avaliados nas Figuras 2B, C, D, em que o aumento da concentração de  $\text{GA}_3$  resultou em mais flores, conseqüentemente houve maior massa de semente para essa linhagem.

Os híbridos K326 e TN90 apresentaram um modelo de regressão cúbica semelhante. O genótipo K326 teve uma perda significativa na soma de flores até a concentração de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , ao aumentar para  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , obteve um resultado similar a concentração  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , mas mesmo assim, seu valor foi bem inferior a concentração  $0 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ . Já, o genótipo TN90 apresentou maior soma de flores em  $0 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , reduzindo a soma para  $50$  e  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$  (ambas com valores semelhantes) e novamente perda da soma de flores para a maior concentração ( $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ ). Para ambos, o único PMET válido, que representou maior soma de flores (cápsulas formadas) foi para o genótipo TN90, ajustando em  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$  (Figura 3A).

A redução da soma de flores foi responsável por interferir num importante componente de produtividade da cultura, no entanto, como foi proposto nos caracteres número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia, que o aumento do número de plantas seria necessário para suprir a perda do número de flores aos genótipos K326, TN90 e BU459. O trabalho de Muñoz-Fambuena et al. (2012), foi de encontro com os resultados encontrados neste caractere, confirmando que a diminuição do número de flores *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, usando somente  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , o mesmo porém, objetivaram a redução de flores nas inflorescências desta cultivar partenocárpica para promover a qualidade no conjunto de frutas (tamanho, sabor e coloração). Já, o uso de  $25 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$  foi favorável para diminuir o número de flores na cultura de pêssgo variedade Maciel, visando a redução do desbaste manual, sem comprometimento na produção (GIOVANAZ et al., 2018).

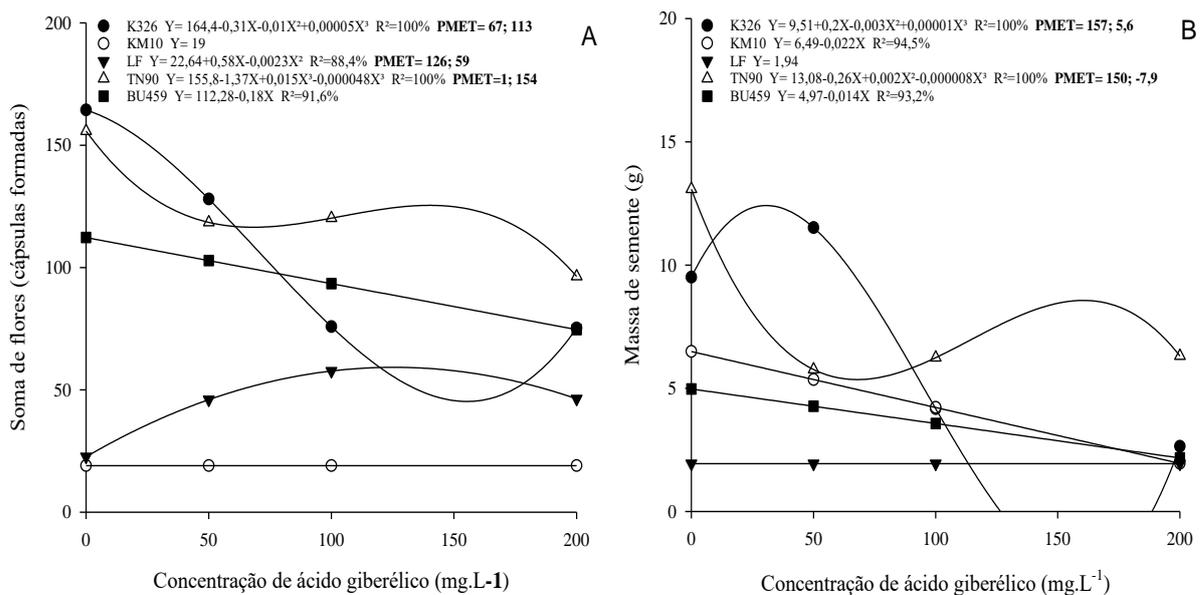
Na Figura 3B, foi avaliado o caractere massa de sementes. O único genótipo que não ajustou modelo de regressão foi o LF, mantendo média para todas as concentrações propostas. As linhagens KM10 e BU459 ajustaram modelo de regressão linear, e as maiores massas de sementes ficaram na concentração de  $0 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ . Para tanto, confirmou que a ausência

de hormônio ou concentrações baixíssimas resultaram em maior massa de sementes, acordando com o trabalho de Gemici et al. (2000) e indicou que 10 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> aplicados em plantas de tomate foram muito eficazes para aumentar o tamanho dos frutos.

A Figura 3B, representou muito bem a variabilidade encontrada nos híbridos K326 e TN90, houve uma grande oscilação de massa de sementes, mas a tendência foi de redução de peso. Os PMET encontrados não foram satisfatórios, pois os valores encontrados estão abaixo da concentração 0 mg L<sup>-1</sup> que apresentou os maiores valores para massa de sementes.

As linhagens KM10 e BU459 mostraram modelo linear decrescente para massa de sementes, no entanto, o genótipo BU459 apresentou comportamento neutro para soma de flores (Figura 3A) e comportamento linear decrescente em massa de sementes (Figura 3B). Contudo, foi observado que as cápsulas formadas foram menores e, conseqüentemente, formou menor massa de sementes de acordo com o aumento de concentração de GA<sub>3</sub>. A linhagem LF apresentou comportamento inverso ao genótipo BU459 para os caracteres soma de flores e massa de sementes, porém a constatação foi de similaridade para a diminuição da massa de sementes, ou seja, na Figura 3A, a linhagem LF obteve maiores valores de acordo com o aumento das concentrações, porém, não ajustou nenhum modelo de regressão na Figura 3B, formando uma linha simples, representando a média para esta linhagem.

Figura 3 - Resposta da soma de flores (A) e da massa de sementes (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, no experimento I.



Fonte: o autor.

Os resultados apresentados na Tabela 2 revelaram claramente que existiu influência significativa nos caracteres florais sob combinações de diferentes tratamentos. A maioria das testemunhas adicionais tiveram comportamento semelhante aos tratamentos fatoriais sob as maiores concentrações, exceto para o genótipo LF que teve comportamento totalmente inverso, para o caractere número de dias para floração, prolongando muito seu ciclo vegetativo quando cultivado em vaso pequeno (278 dias), na comparação com a maior concentração (200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) e de melhor resultado obtido (103 dias), bem como o híbrido K326 que iniciou a fase de antese aos 67 dias após o transplante (cultivado em vaso pequeno) quando comparado com o tratamento fatorial de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> que levou 55 dias para a floração.

O genótipo KM10, quando conduzido sob restrição radicular, floresceu com 251 dias a partir do transplante, já o mesmo genótipo, conduzido nos tratamentos fatoriais, floresceu com 284 dias (na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>), ou seja, a melhor forma para induzir o genótipo KM10 a floração no período ideal de cultivo de tabaco para a região Sul foi cultivá-lo em vasos menores (2L).

Os demais caracteres, dispostos em caráter de importância secundária, como altura de planta, número de flores no 5°, 10°, 20° e 30°, soma de flores e massa de sementes tiveram em muitos casos valores semelhantes. Esses valores similares foram encontrados entre tratamentos fatoriais (tratamento com 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> correspondeu a 2,16 gr de semente) e tratamentos adicionais (genótipo LF correspondeu a 2,06 g de sementes) e também, semelhanças somente entre tratamentos fatoriais (concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> para as linhagens KM10, LF e BU459 obtiveram 2,29; 2,16 e 2,40 g de sementes, respectivamente).

Para muitos tratamentos fatoriais em que foi usado as maiores concentrações de GA<sub>3</sub>, houve uma relação de similaridade com os valores dos tratamentos adicionais para o caractere massa de sementes, exceto para o genótipo TN90 em que a massa de sementes do tratamento de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> foi muito superior ao tratamento adicional (6,25 para 2,17 g, respectivamente). Diante disso e segundo estudo de Stevenson (1967), o comportamento do desenvolvimento do dossel da planta foi semelhante às condições impostas (volume) ao desenvolvimento radicular, a partir desse estudo foi observado em conjunto com os dados da Tabela 2, que as inflorescências dos genótipos de tabaco avaliados sob restrição radicular, também ficaram reprimidas resultando em menos flores e massa de sementes. Contudo, as maiores concentrações de GA<sub>3</sub> também foram prejudiciais ao desenvolvimento de flores, indicando que a condução das plantas de tabaco em vasos menores e os tratamentos com 200

mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> não foram bons indicadores para produtividade, assim como foram boas estratégias para a indução do florescimento precoce.

A relação do número de dias para a floração variou entre os genótipos: de 55 (K326, 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) a 293 (KM10, 50 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) para os tratamentos fatoriais, e de 64 (TN90) a 278 (LF) para as testemunhas adicionais. Para a altura de planta, os tratamentos fatoriais variaram de 123 (K326, 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) a 284 (KM10, 100 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>), enquanto para as testemunhas adicionais foi de 66 (K326) a 174 (KM10). O número de flores teve uma amplitude de dois (KM10, variável observada F30, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) a 69 (K326, variável observada F10, 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) para os tratamentos fatoriais, e um (KM10, variável observada F5 e F30) a 13 (K326, variável observada número de flores no 10º dia) para as testemunhas adicionais. A variável soma de cápsulas (flores formadas) variou entre 16 (KM10, 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) a 165 (K326, 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>), já para as testemunhas adicionais de 11 (KM10) a 43 (K326). O caractere massa de sementes teve variação de 1,66 (LF, 50 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) a 13,09 (TN90, 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>), já para as testemunhas adicionais 1,46 (KM10) a 2,37 (K326). Tabela 2 - Análise da variância contendo quadrado médio, graus de liberdade (GL), média e coeficiente de variação experimental (CV) para número de dias para a floração (NDF, dias), altura de planta (ALT, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores - cápsulas formadas (SOMA) e massa de grãos (MASSA, g) avaliada em cinco genótipos de tabaco cultivados em quatro concentrações de ácido giberélico no experimento II, no campo experimental da empresa ProfiGen do Brasil, Santa Cruz do Sul/RS.

Tabela 2 - Valores médios observados para número de dias para a floração (NDF, dias), altura de planta (ALT, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores - cápsulas formadas (SOMA) e massa de sementes (MASSA, g) avaliada em cinco genótipos de tabaco cultivados em quatro concentrações de ácido giberélico no experimento I, no campo experimental da empresa ProfiGen do Brasil, Santa Cruz do Sul/RS.

Tratamentos		NDF	ALT	F5	F10	F20	F30	SOMA	MASSA
Tratamentos fatoriais									
Cultivar	Conc.								
1. K326	0	63 <sup>i</sup> *	123 f	44 a	69 a	38 a	14 c	165 a	9,52 b
2. K326	50	63 i	158 d	30 b	36 c	44 a	18 c	128 b	11,52 a
3. K326	100	59 j	172 c	28 b	26 c	12 c	10 d	76 e	4,17 e
4. K326	200	55 j	175 c	21 c	22 c	23 b	10 d	76 e	2,64 g
5. KM10	0	291 a	282 a	3 e	7 e	4 d	2 e	16 g	6,91 c
6. KM10	50	293 a	281 a	3 e	8 e	6 d	3 e	20 g	5,19 d
7. KM10	100	284 b	284 a	5 e	11 e	3 d	2 e	21 g	3,64 f
8. KM10	200	289 a	280 a	4 e	8 e	5 d	2 e	19 g	2,29 g
9. LF	0	166 d	192 b	4 e	7 e	6 d	3 e	21 g	1,69 h
10. LF	50	112 e	178 c	13 d	16 d	15 c	10 d	54 f	1,66 h
11. LF	100	105 f	192 b	9 d	17 d	16 c	11 d	53 f	2,28 g
12. LF	200	103 f	193 b	9 d	17 d	11 c	10 d	47 f	2,16 g
13. TN90	0	68 i	129 f	35 a	44 b	44 a	33 a	156 a	13,09 a
14. TN90	50	67 i	153 e	20 c	33 c	35 a	30 b	118 b	5,76 d
15. TN90	100	64 i	177 c	18 c	25 c	38 a	39 a	120 b	6,25 c
16. TN90	200	59 j	178 c	18 c	24 c	30 b	24 b	96 d	6,32 c
17. BU459	0	85 g	144 e	25 c	29 c	32 b	23 b	109 c	5,25 d
18. BU459	50	78 h	160 d	24 c	28 c	32 b	26 b	110 c	4,19 e
19. BU459	100	73 h	172 c	14 c	18 d	35 a	24 b	91 d	3,15 f
20. BU459	200	69 i	180 c	14 c	16 d	29 b	15 c	74 e	2,40 g
Testemunhas adicionais									
21. K326		67 i	66 g	11 d	13 d	11 c	8 d	43 f	2,37 g
22. KM10		251 c	174 c	1 e	5 e	3 d	1 e	11 g	1,46 h
23. LF		278 b	159 d	2 e	6 e	4 d	2 e	14 g	2,06 g
24. TN90		64 i	75 g	7 d	12 d	8 d	3 e	30 g	2,17 g
25. BU459		76 h	139 e	5 e	8 e	5 d	3 e	21 g	1,84 h

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a nível de 5% de significância.

#### 4.2. EXPERIMENTO II - CULTIVO EM ÉPOCA NÃO-IDEAL (FEVEREIRO/2019)

Efeito significativo da interação genótipo x concentração (Tabela 3) foi obtido para a maioria dos caracteres em estudo, indicando comportamento diferenciado dos genótipos sobre

as diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> aplicadas, exceto para número de flores no 5º e no 10º dia (F5 e F10, respectivamente). Para os caracteres de interação significativa foi necessário aplicar análise de regressão e para os caracteres com interação não significativa, foi necessário aplicar um teste de médias.

Houve, também, interação significativa para a fonte de variação contraste fatorial x testemunhas (F x T) definido para todos os caracteres avaliados, indicando variabilidade entre os tratamentos fatoriais (uso de GA<sub>3</sub>) sobre os tratamentos testemunhas (vasos menores) definidos (Tabela 3). Para a fonte de variação testemunhas (adicionais), foi encontrado significância somente para os caracteres número de dias para a floração (NDF), soma de flores e massa de sementes. Portanto, um ou mais genótipos de tabaco tiveram comportamento diferente de acordo com a restrição radicular para esses caracteres, exceto para os caracteres altura de planta (cm), número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia não apresentaram comportamento diferente em seus valores.

O coeficiente de variação (CV) experimental oscilou de 3,31% (altura de planta) a 18,74% (número de flores no 5º dia). De acordo com a classificação do CV elaborado por Pimentel-Gomes (1990) em seus ensaios agrícolas, ficou definido que CV baixo: <10%; CV médio: entre 10 e 20%; CV alto: entre 20 e 30%; e CV muito alto: >30%.

Tabela 3- Análise da variância contendo quadrado médio, graus de liberdade (GL), média e coeficiente de variação experimental (CV) para número de dias para a floração (NDF, dias), altura de planta (ALT, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores - cápsulas formadas (SOMA) e massa de sementes (MASSA, g) avaliada em cinco genótipos de tabaco cultivados em quatro concentrações de ácido giberélico no experimento II, no campo experimental da empresa ProfiGen do Brasil, Santa Cruz do Sul/RS.

Fonte de variação	GL	NDF	ALT	F5	F10	F20	F30	SOMA	MASSA
Tratamentos	24	5216.43 *	0.13 *	1.93 *	2.26 *	2.80 *	2.14 *	1357.27 *	1.40 *
Fatorial (F)	19	5926.72 *	0.05 *	1.29 *	1.49 *	2.08 *	1.93 *	1032.52 *	1.41 *
Genótipo (G)	4	26831.24 *	0.21 *	3.92 *	5.33 *	4.14 *	3.67 *	3273.13 *	4.23 *
Concentração	3	683.16 *	0.00 <sup>ns</sup>	1.21 *	0.55 <sup>ns</sup>	5.04 *	3.07 *	1390.99 *	1.38 *
Genótipo x Concentraçã	12	269.44 *	0.00 *	0.43 <sup>ns</sup>	0.44 <sup>ns</sup>	0.65 *	1.06 *	196.03 *	0.48 *
Testemunha (T)	4	2611.41 *	0.00 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	1.42 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	190.12 *	0.05 *
F x T	1	2140.91 *	2.20 *	21.02 *	20.33 *	25.01 *	13.40 *	12196.16 *	6.70 *
Média		110.18	1.41	8.88	14.22	15.02	8.85	46.97	4.40
CV%		5.67	3.31	18.74	14.49	14.39	17.47	15.54	6.56

\* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t. <sup>ns</sup> não significativo.

Como existiu efeito não significativo para F5 e F10, foi necessário fazer uma tabela de médias (Tabela 4). No entanto, para o fator de variação concentração, as mesmas variáveis (F5 e F10) apresentaram efeito significativo e não significativo, respectivamente. Deste modo, foi necessário fazer uma análise de regressão para F5 para avaliar o comportamento dos genótipos sobre as diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> (Figura 5A).

Tabela 4 - Valores médias observados para os caracteres número de flores no 5º e 10º dia após o estágio 59 (primeira pétala visível, mas não aberta).

Fonte de variação	F5	F10
K326	13 c*	21 c
KM10	6 a	12 a
LF	7 ab	11 a
TN90	11 bc	16 b
BU459	7 a	11 a

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O número de dias para a floração do Experimento II, na Figura 4A, apresentou melhor resposta à indução floral para os genótipos KM10 e LF. Entretanto, é sabido pelo conhecimento de campo que, essas duas linhagens têm comportamento de florescimento tardio (>150 dias). Esse resultado foi muito satisfatório porque confirmou a forte atuação do GA<sub>3</sub>, reduzindo em 15 dias o início da floração para a linhagem KM10 e em 32 dias para linhagem LF, ambas sob a maior concentração de GA<sub>3</sub> aplicada.

Os genótipos K326 e BU459 apresentaram comportamento diferente. Para o híbrido K326 foi ajustado um modelo de regressão linear decrescente, condizente com o objetivo deste trabalho, aferindo indução precoce a floração, de acordo com o aumento da concentração de GA<sub>3</sub>.

A linhagem BU459, oscilou ascendentemente com a concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> (demorou mais dias para florescer) logo, com a concentração de 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> demonstrou favorecimento a indução floral precoce, porém, a última concentração estabelecida apresentou resultado semelhante a 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> (Figura 4A). Esses resultados corroboraram com o estudo de Sharma e Singh (2009) quando foi aplicado 75 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> na cultura do morango em apenas um estágio de desenvolvimento, induzindo o florescimento precoce nas plantas.

O genótipo TN90 apresentou diferença significativa discreta, respondendo positivamente ao florescimento precoce de acordo com o aumento das concentrações de GA<sub>3</sub>. Para tanto, os genótipos que responderam significativamente ao uso de GA<sub>3</sub> para estimular o

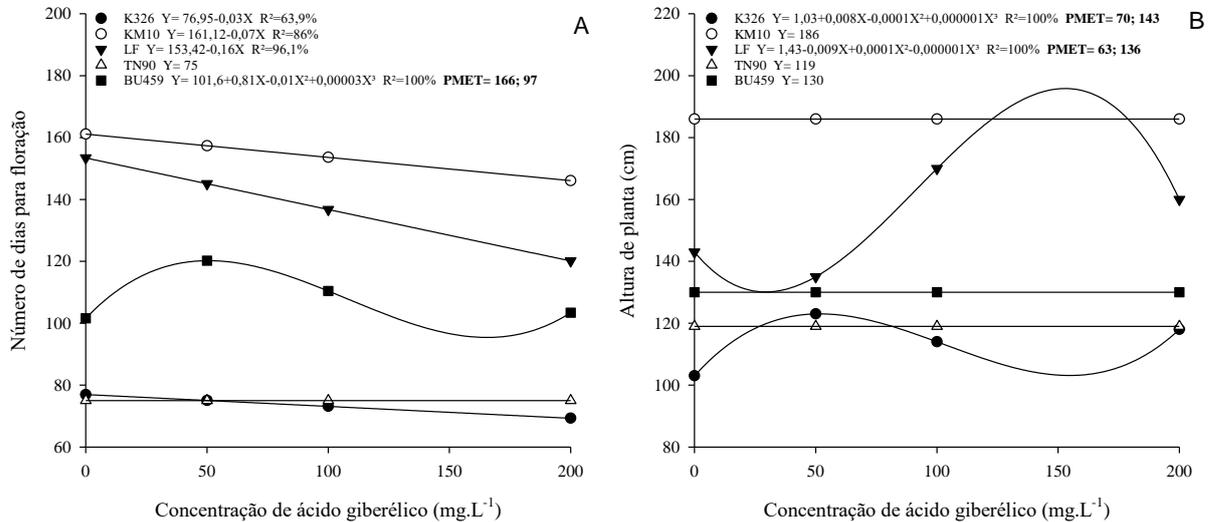
florescimento precoce de tabaco, trouxeram novas conotações sobre o assunto, em prol do planejamento de atividades que envolvem o melhoramento genético de tabaco. O uso da tecnologia de aplicação, através do pulverizador autopropelido, composto de alto nível tecnológico, foi avaliado para uso e aplicação de acordo com o controle de calda/ha que o mecanismo dispõe.

O PMET foi estimado somente para a linhagem BU459 ( $166 \text{ mg L}^{-1}$ ) como sendo o melhor ajuste para a variável número de dias para a floração, em que estimulou o florescimento aos 92 dias. Esse valor atende ao objetivo do trabalho e proporcionou vantagens para o programa de melhoramento, pois houve florescimento precoce e beneficiou, principalmente, a coleta de pólen. Os demais genótipos K326, KM10 e LF não ajustaram equações para promover o ajuste do ponto de máxima eficiência técnica.

Na Figura 4B, foi possível observar que a altura das plantas dos genótipos KM10, TN90 e BU459 não foi influenciada pelos tratamentos com  $\text{GA}_3$ . A linhagem LF apresentou maior altura de planta sobre as concentrações de 100 e 200  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , comparada com as concentrações iniciais. O híbrido K326 apresentou as alturas de 124, 115 e 118 cm para as concentrações 50, 100 e 200  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , respectivamente, quando comparada com a concentração 0  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$  (103 cm). O comportamento dos genótipos LF e K326 confirmaram a interação de alongamento dos entrenós e como promotor do crescimento vegetativo das plantas quando aplicado o  $\text{GA}_3$  (MEDINA; SAAVEDRA, 1999; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Nenhum PMET calculado para os genótipos K326 e LF foi definido como ideal, pois ambos remeteram a plantas mais altas. Portanto, para esse caractere, se faz necessário o estudo de maiores concentrações de  $\text{GA}_3$  para distinguir com maior clareza a concentração ideal para a menor altura de planta que, por ventura não fosse interferir negativamente nos outros caracteres avaliados, principalmente no número de dias para a floração. A característica de entrenó longo foi sempre buscada para criar um híbrido destinado ao cultivo mecanizado, do transplante a colheita, favorecendo os tratos culturais. No entanto, essa característica tornou-se negativa para a coleta de pólen, devido a maior estatura das plantas, acarretando em riscos à ergonomia do colaborador durante a atividade, e quebra de plantas devido a torção das mesmas no momento da coleta.

FIGURA 4 - Resposta do número de dias para a floração (A) e altura de planta (cm) (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico e, o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) no Experimento II.



Fonte: o autor.

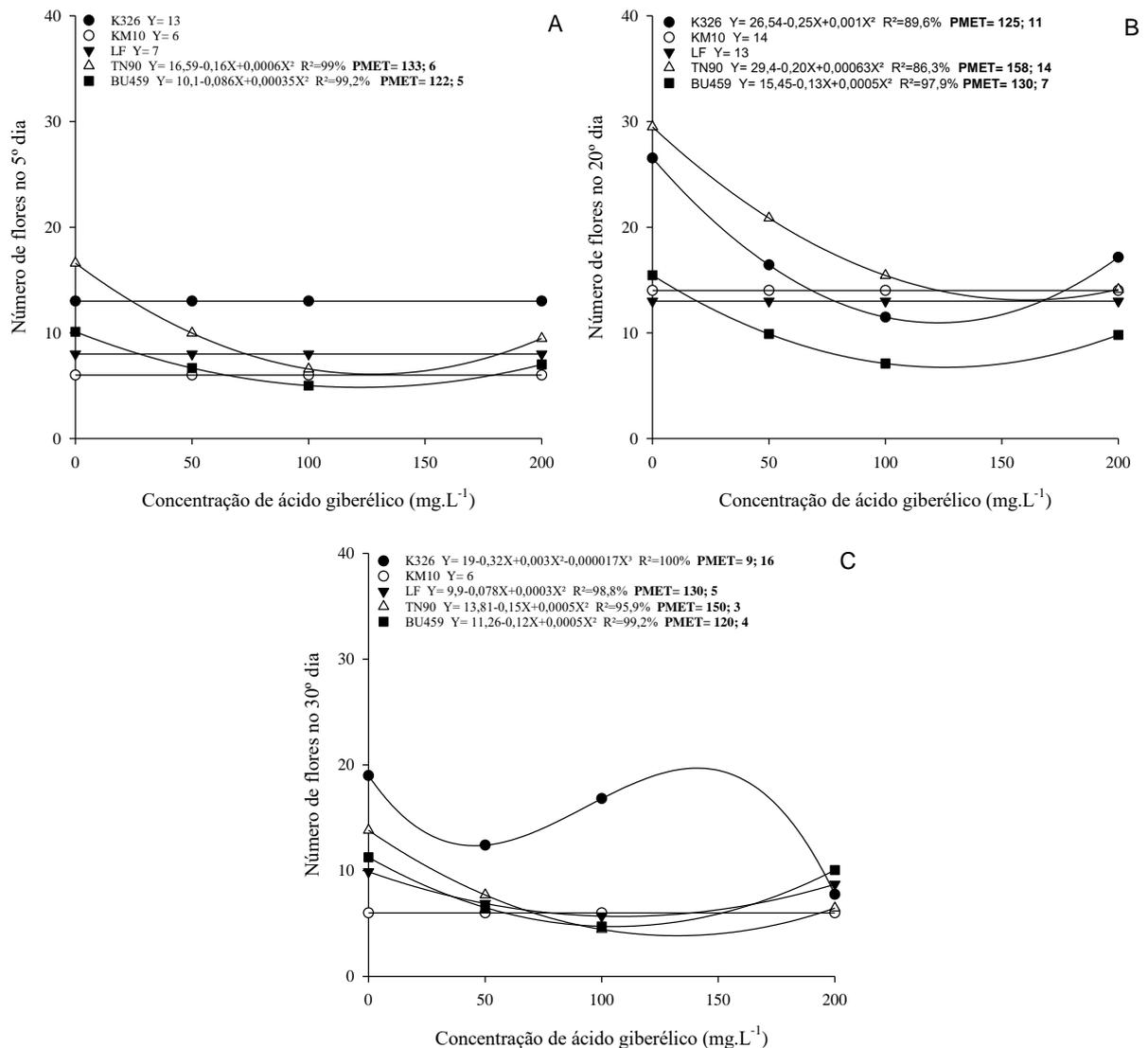
Nas Figuras 5A, B, C foi constatado diferentes comportamentos diante do número de flores com o aumento da concentração de GA<sub>3</sub>. Muitos genótipos de tabaco não tiveram resposta significativa para as diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> nos três caracteres avaliados (número de flores no 5º, 20º e 30º dia). Desta forma, não foi possível ajustar um modelo matemático que descrevesse o comportamento dos genótipos. Já, para os casos em que houve interação entre os tratamentos, a tendência foi de diminuição do número de flores, fator esse negativo para o programa de melhoramento, pois o menor número de flores resultaria na menor capacidade de gerar cruzamentos e formação de novos híbridos de tabaco.

Para a linhagem KM10 nenhuma equação foi ajustada. Ou seja, nenhuma concentração teve interferência significativa para cada caractere avaliado, bem como os genótipos K326 e LF para número de flores no 5º dia e o genótipo K326 para número de flores no 20º dia. Desta forma, foi possível defini-los através de uma simples linha, representando a média destes genótipos em cada caractere avaliado.

Foi ajustado o modelo de regressão de segundo grau para os genótipos TN90 e BU459 nos caracteres número de flores no 5º e no 30º dia (Figura 5A, C), e também para os genótipos K326, TN90 e BU459 nos caracteres número de flores no 20º dia (Figura 5B). Todos os PMET ajustados para os três caracteres avaliados não foram satisfatórios devido ao menor número de flores estipulado. No entanto, os genótipos que não responderam significativamente a

concentração de GA<sub>3</sub>, tiveram redução no número de flores de acordo com o aumento das concentrações de hormônio regulador de crescimento.

Figura 5 - Resposta do número de flores no 5º (A), número de flores no 10º (B), número de flores no 20º dia (C) e número de flores no 30º dia (D) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, no Experimento II.



Fonte: o autor.

Nas avaliações do caractere soma de flores, o comportamento da linhagem KM10 na Figura 6A, foi semelhante aos caracteres número de flores no 5º, 20º e 30º dia (Figura 5A, B, C, respectivamente). Não foi possível ajustar nenhum modelo devido a resposta nula deste genótipo às concentrações (Figura 6A), mas para a massa de sementes (Figura 6B), houve diminuição do peso de acordo com o aumento de GA<sub>3</sub>, ajustando uma equação de modelo de

regressão linear negativa. Para tanto, foi observado a diferença entre os tamanhos de cápsulas muito menores e, conseqüentemente, com menos sementes sob o tratamento com 200 mg.L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>.

A linhagem BU459 não expressou significância às diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> como o esperado para o caractere soma de flores (Figuras 6A), bem como a linhagem LF para o caractere massa de sementes (Figuras 6B). Para ambos genótipos, foi esperado o aumento na soma de flores e na massa de sementes, e este resultado foi antagônico ao estudo de MISHRA et al. (2018), demonstrado que o uso de GA<sub>3</sub> melhorou os atributos vegetativos e florais na cultura da *Callistephus chinensis* (L.) Nees.

O modelo de regressão de segundo grau foi ajustado para os genótipos TN90 e BU459, apresentando perda na soma de flores de acordo com o aumento da concentração de GA<sub>3</sub>. Para ambos foram ajustados PMET, porém não foram satisfatórios devido à menor soma de flores registradas (Figura 6A). Especialmente, o genótipo TN90 apresentou comportamento semelhante também na Figura 6B, apresentando superioridade sobre o número de flores e a massa de sementes, na concentração de 0 mg.L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, demonstrando que a aplicação de hormônio regulador de crescimento não foi benéfica para a produtividade de sementes.

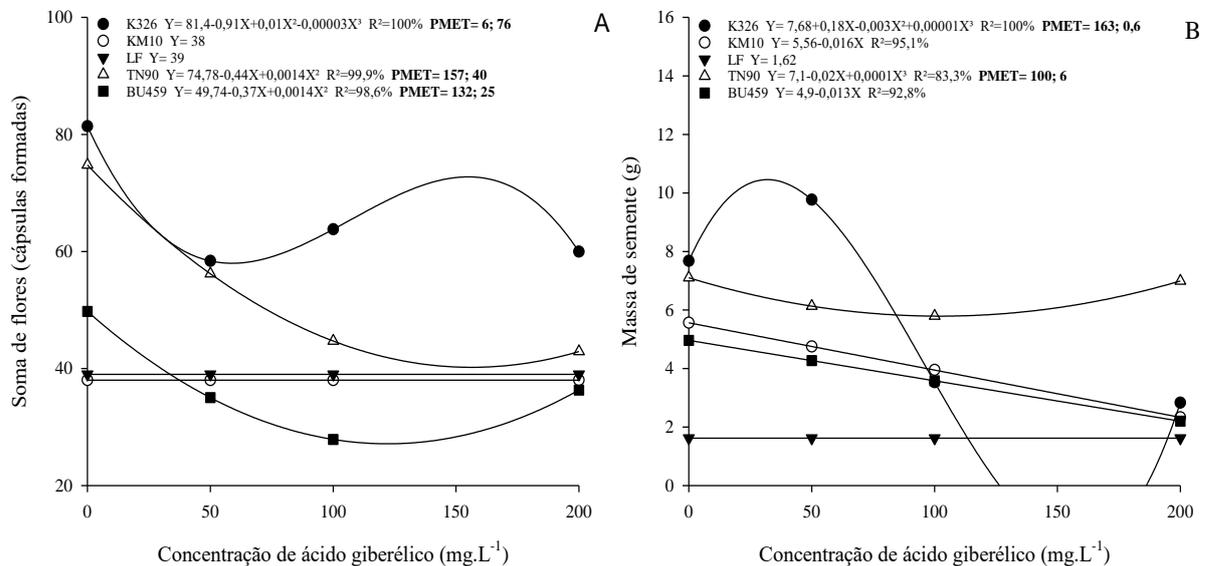
Nas Figuras 6A, B foi possível verificar que o genótipo K326 apresentou uma leve discrepância em relação a concentração 50 mg L<sup>-1</sup>, em soma de flores houve drástica redução e, em massa de sementes houve um acréscimo positivo, indicando que houve formação de cápsulas maiores, resultando em mais volume e massa de sementes. Os PMET ajustados do K326 para soma de flores e massa de sementes não satisfazem positivamente os resultados buscados por este trabalho, pois corresponderam a resultados abaixo do que coexistiu nas avaliações.

O genótipo KM10 não sofreu interferência para o caractere soma de flores em ambos tratamentos com GA<sub>3</sub> (Figura 6A), mas para massa de sementes (g) houve diminuição do peso de acordo com o aumento das concentrações de GA<sub>3</sub> (Figura 6B). Essa explicação foi dada devido a diferença entre os tamanhos de cápsulas, pois foram menores quando tratadas com a concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> e resultou num modelo de regressão linear (Figura 6B). Outro modelo linear foi ajustado para genótipo BU459, porém decrescente, resultando na concentração de 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> como a maior massa de sementes e concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> como a menor massa de sementes.

O genótipo LF foi o único que não apresentou resultado significativo às aplicações de GA<sub>3</sub> para os caracteres soma de flores e massa de sementes. Todos os PMET encontrados não

foram satisfatórios, pois os valores encontrados estão abaixo da concentração  $0 \text{ mg L}^{-1}$  que apresentou os maiores valores de produtividade. Esse ajuste negativo dos PMET prejudicou a recomendação do uso de  $\text{GA}_3$  devido a diminuição no total de flores e massa de sementes. No entanto, essa relação deverá ser discutida para avaliar o bônus obtido com a indução precoce do florescimento com o ônus de perder componentes de produtividade (número de flores e massa de sementes) do melhoramento genético de tabaco.

FIGURA 6: Resposta da soma de flores (A) e da massa de sementes (B) perante a aplicação de diferentes concentrações de ácido giberélico, no Experimento II.



Fonte: o autor.

Portanto, a maioria dos genótipos avaliados tiveram redução no número de flores, semelhante ao trabalho de Muñoz-Fambuena et al. (2012), conseqüentemente, a massa de sementes apresentou o mesmo comportamento de acordo com o aumento das concentrações de  $\text{GA}_3$ . Esses resultados foram negativos visto que esses caracteres representaram um componente de produtividade muito importante para um programa de melhoramento.

A semente de tabaco possui um tamanho minúsculo (Apêndice 1), no entanto, foi visto que os genótipos KM10 e BU459 tiveram perdas de aproximadamente 3 g quando aplicado a maior concentração de  $\text{GA}_3$ , definida como uma perda importante no volume de sementes. Segundo estudo de outros autores, confirmaram através de dados de contagem e massa a relação peso médio de 0,07 g para 1000 sementes, quando foram produzidas em campo aberto (BUCCIARELLI et al., 2012), desta forma, toda e qualquer volume de semente em peso,

perdida por não haver fecundação ou cruzamento, representa importante perda de produtividade, devido a pequenas quantidades representarem dezenas de centenas de sementes. De acordo com as figuras 6A, B é possível afirmar que a ausência de hormônio ou baixíssimas concentrações de GA<sub>3</sub> resultaram em maior número de flores e massa de sementes, ou seja, mais capsulas, acordando com o trabalho de Gemici et al. (2000) que mostrou que 10 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (baixa concentração) aplicados em plantas de tomate produziram frutos maiores.

Na Tabela 5 ficou visível novamente que diferentes combinações de tratamentos têm influência significativa nos caracteres morfológicos. Foi observado uma resposta positiva aos tratamentos fatoriais (quando utilizado a concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) e os tratamentos adicionais no Experimento II para a variável número de dias para floração. A maioria dos tratamentos adicionais (KM10, LF e BU459) tiveram a indução precoce ao florescimento quando comparado aos seus tratamentos fatoriais, exceto para o híbrido TN90 (108 dias), que prolongou por 30 dias o início da antese (estádio 59) quando comparado com o tratamento TN90 fatorial (72 dias, 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) de melhor resposta. O comportamento do genótipo K326 nos tratamentos fatoriais (concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) foi semelhante ao tratamento adicional, ambos foram boas maneiras de condução para estimular o florescimento precoce.

As linhagens KM10 e LF apresentaram satisfatória redução no período vegetativo conforme aumento das concentrações de GA<sub>3</sub> (15 e 32 dias, respectivamente), em especial para genótipo KM10 que ao comparar com o Experimento I não apresentou uma redução tão abrupta como no Experimento II (7 para 15 dias, respectivamente). O genótipo BU459 apresentou um comportamento anormal sobre a aplicação de 50 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> prolongando em 20 dias o início do estágio 59 quando comparado com a aplicação 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, nas avaliações seguidas (de 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) o comportamento voltou a normalidade, semelhantemente aos outros genótipos, com indução precoce ao florescimento e foi concluído que esta linhagem correspondeu positivamente ao proposto pelo trabalho para este caractere.

No entanto, foi diagnosticado que o período de dia curto ajudou no estímulo a floração precoce, mas a aplicação de GA<sub>3</sub> foi fundamental para acelerar esse processo (PUTTERILL et al., 2004), facilmente visualizada na Figura 6A, para a maioria dos genótipos avaliados. A mesma significância foi percebida nos tratamentos adicionais, com exceção para o híbrido TN90 (108 dias), que prolongou por 36 dias o início da antese (estádio 59) quando comparado com o tratamento TN90 fatorial (72 dias, 0 mg L<sup>-1</sup>) de melhor resposta, desta forma, não foi

recomendado o transplante em vasos pequenos para o genótipo TN90 visando a precocidade para floração.

Tabela 5 - Valores médios observados para números de dias para a floração (NDF), altura de planta (ALTURA, cm), número de flores no 5º dia (F5), número de flores no 10º dia (F10), número de flores no 20º dia (F20), número de flores no 30º dia (F30), soma de flores-cápsulas formadas (SOMA) e massa de sementes (MASSA, g) de 20 tratamentos fatoriais e 5 tratamentos adicionais, avaliadas em cultivo de fevereiro/2019 em Santa Cruz do Sul – RS (Empresa ProfiGen do Brasil).

Tratamentos		NDF	ALTURA	F5	F10	F20	F30	SOMA	MASSA
<b>Tratamentos fatoriais</b>									
Cultivar	Conc,								
1. K326	0	79 f*	103 d	14 a	21 a	28 a	19 a	82 a	7,69 b
2. K326	50	75 f	124 c	13 b	20 a	14 b	12 b	59 b	9,78 a
3. K326	100	70 g	115 d	11 b	23 a	14 b	17 a	65 b	3,54 e
4. K326	200	71 g	118 d	15 a	21 a	17 b	8 c	61 b	2,84 f
5. KM10	0	160 a	184 a	6 c	10 c	16 b	6 c	38 d	5,87 c
6. KM10	50	156 a	183 a	7 c	13 b	13 b	5 c	38 d	4,57 d
7. KM10	100	157 a	190 a	6 c	12 b	12 c	6 c	36 d	3,61 e
8. KM10	200	145 b	190 a	6 c	13 b	13 b	7 c	39 d	2,55 f
9. LF	0	150 b	144 c	7 c	15 b	14 b	10 b	46 c	1,43 h
10. LF	50	147 b	135 c	8 c	11 c	14 b	7 c	40 d	1,49 h
11. LF	100	139 b	170 b	7 c	9 c	13 b	5 c	34 d	1,93 g
12. LF	200	118 c	160 b	8 c	9 c	11 c	9 b	37 d	1,65 h
13. TN90	0	72 g	118 d	17 a	13 b	31 a	13 b	74 a	7,24 b
14. TN90	50	75 f	124 c	9 b	21 a	17 b	9 b	56 b	5,76 c
15. TN90	100	77 f	122 d	7 c	15 b	18 b	4 c	44 c	6,08 c
16. TN90	200	76 f	112 d	9 b	13 b	14 b	7 c	43 c	6,95 b
17. BU459	0	102 e	133 c	10 b	12 b	15 b	11 b	48 c	5,24 c
18. BU459	50	120 c	133 c	6 c	13 b	11 c	6 c	36 d	4,21 d
19. BU459	100	110 d	128 c	5 c	10 c	7 d	5 c	27 e	3,15 e
20. BU459	200	103 e	129 c	7 c	10 c	10 c	10 b	37 d	2,44 f
<b>Testemunhas adicionais</b>									
21. K326		71 g	57 e	5 c	12 b	9 c	5 c	31 d	2,17 f
22. KM10		126 c	68 e	4 d	4 d	8 d	4 c	16 e	1,39 h
23. LF		113 d	53 e	3 d	6 d	6 d	5 c	20 e	2,02 g
24. TN90		108 e	60 e	3 d	8 c	9 c	4 c	24 e	2,06 g
25. BU459		82 f	61 e	3 d	5 d	6 d	2 c	16 e	1,97 g

\*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Na Tabela 5, foi possível observar o correspondente de cada caractere avaliado aos seus valores. Para NDF, os genótipos de tabaco variaram de 70 (K326, 100 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>) a 160 dias (KM10, 0 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>) para os tratamentos fatoriais, e de 71 (K326) a 126 dias (LF) para as testemunhas adicionais. Para a altura de planta, os tratamentos fatoriais variaram de 103 (K326, 0 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>) a 190 cm (KM10, 100/200 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>), enquanto para as testemunhas adicionais, 53 (LF) a 68 cm (KM10). O número de flores teve uma amplitude de 4 (TN90, variável observada número de flores no 30º dia, 100 mg L<sup>-1</sup>) a 31 (TN90, variável observada número de flores no 20º dia, 0 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>) para os tratamentos fatoriais, e 2 (BU459, variável observada número de flores no 30º dia) a 12 (K326, variável observada número de flores no 10º dia) para as testemunhas adicionais. A variável soma de cápsulas (flores formadas) variou entre 27 (BU459, 100 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>) a 82 (K326, 0mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>), já para as testemunhas adicionais 17 (KM10, BU459) a 43 (K326). A massa de sementes teve variação de 1,43 (LF, 0 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>) a 9,78 g (K326, 50 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>), já para as testemunhas adicionais de 1,39 (KM10) a 2,17 g (K326).

Ambos Experimento I e Experimento II, tiveram comportamento semelhante para a maioria dos tratamentos (fatoriais e adicionais), como também entre os oito caracteres avaliados. Diante do proposto pelo trabalho, há possibilidade de recomendação da aplicação da maior concentração de GA<sub>3</sub> (200 mg L<sup>-1</sup>) para a indução do florescimento precoce de genótipos de tabaco, à campo devido a interação significativa genótipo x concentração, e também demonstradas nas figuras, pelas análises de regressão. Contudo, a possibilidade para estender a aplicabilidade deste trabalho em outras linhagens de florescimento tardio, de extrema importância para o programa de melhoramento genético de tabaco trará enormes benefícios para todo o conjunto de atividades.

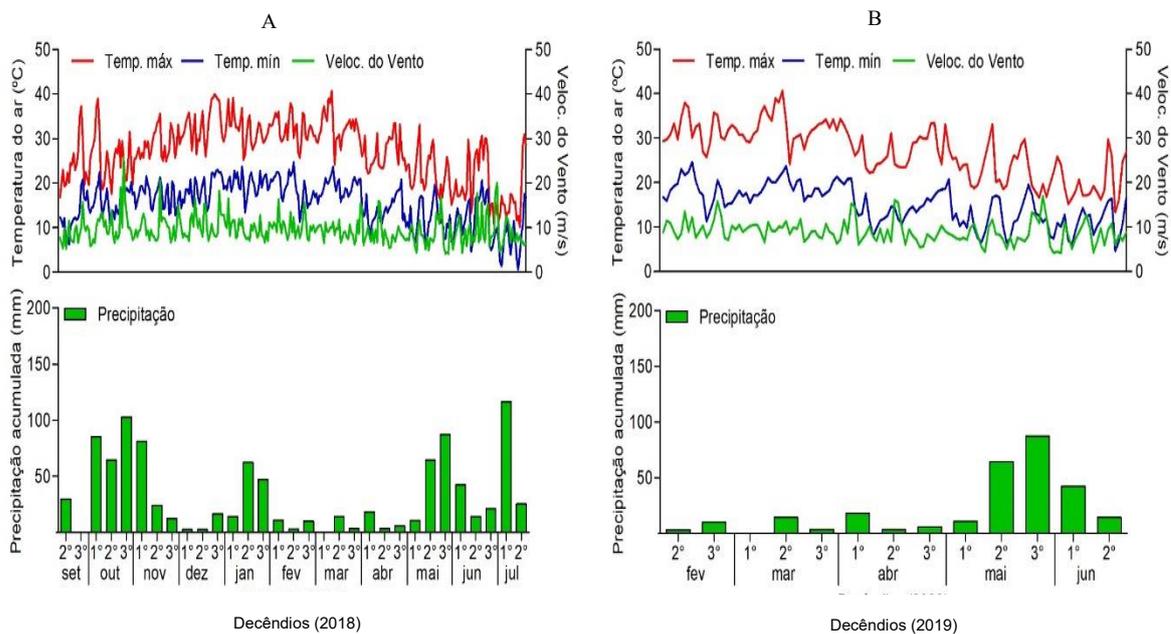
A indução precoce do florescimento para todos os genótipos do Experimento I e Experimento II, possibilitou o início da coleta de pólen no 1º decêndio de novembro (Figura 7A) para os híbridos K326 e TN90 e a partir do 3º decêndio de dezembro (Figura 7A) especialmente para as linhagens LF e BU459 de acordo com o Experimento I. Já, no Experimento II, e em resposta a maior concentração utilizada, gerou um comportamento semelhante ao Experimento I, porém em período diferente, a coleta de pólen iniciou no 2º decêndio de abril (Figura 7B) nos híbridos K326 e TN90 e a partir de 3º decêndio de maio (Figura 7B) para as linhagens KM10, LF e BU459.

A condução em vasos menores apresentou resultados semelhantes aos tratamentos fatoriais de 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> para a variável número de dias para floração, exceto para

a linhagem LF (Experimento I) e o híbrido TN90 (Experimento II). A Linhagem LF que demonstrou desenvolvimento estático durante o período em que as temperaturas máximas começaram a extrapolar 30°C a partir do 1º decêndio de janeiro de 2018 (Figura 7A), e o mesmo comportamento ocorreu para o híbrido TN90, porém quando as temperaturas mínimas começaram a ficar próximas de 10°C a partir do 1º decêndio de abril de 2019 (Figura 7B).

Durante a condução dos experimentos, houveram muitas perdas de parcelas por fatores abióticos, como rajadas de vento seguidas de bons volumes de precipitação. Na Figura 7, para ambos os experimentos, foi possível verificar que durante os maiores acumulados de precipitação, houveram também maiores picos de rajadas de vento, favorecendo a quebra e/ou tombamento de plantas que por ventura estavam mal tutoradas.

FIGURA 7 – Dados meteorológicos de precipitação acumulada (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e velocidade do vento (m/s) coletados durante a realização do Experimento I - período de cultivo ideal (A) e do Experimento II – período de cultivo não ideal (B).



Fonte: o autor.

E, no entanto, visando a aplicabilidade deste estudo, há possibilidade do cultivo em vasos menores (confirmados pelos tratamentos adicionais) em estufas de vegetação (*greenhouses*), diante dos bons resultados obtidos com a floração precoce no Experimento I e Experimento II, exceto para os genótipos LF e TN90. E para o campo, visando sempre o florescimento precoce, há a possibilidade de implantação de genótipos de florescimento tardio

sob a aplicação da maior concentração de GA<sub>3</sub> (200 mg L<sup>-1</sup>), pois foi demonstrando que esse hormônio regulador de crescimento ajuda também na indução floral de genótipos de tabaco.

Nos caracteres secundários como altura de plantas, para muitos tratamentos fatoriais no Experimento I e no Experimento II, foram obtidos maiores valores quando foram aplicadas as concentrações de 200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. Esse resultado não implicaria em consequências muito sérias, no entanto, todas as plantas de um campo de melhoramento de tabaco passam por toques, através da coleta de pólen ou polinização manual, desta forma, o contato com as plantas seria inevitável, podendo ocorrer quebra de plantas pelo devido aumento dos entrenós. Contudo, os cuidados e a sensibilidade durante as atividades deverão ser aumentados para garantir a eficiência nos cruzamentos.

Os componentes de produtividade (número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia; soma de flores e massa de sementes) foram os caracteres que mais variaram negativamente com o aumento das concentrações de ácido giberélico. Na maioria dos tratamentos, ficou comprovado que a maior concentração de GA<sub>3</sub> provocou a redução de valores no caractere número de flores e, conseqüentemente, na massa de sementes para maior parte dos genótipos avaliados. No Experimento I e Experimento II, os tratamentos adicionais obtiveram em muitas vezes, valores de massa de sementes semelhantes aos tratamentos fatoriais de maior concentração de GA<sub>3</sub>, porém este último apresentando maior número de flores, isso pode ser explicado pela presença de cápsulas chochas e/ou compostas por poucas sementes. A redução dos valores de produtividade pode ser extremamente negativa para a produção de sementes de tabaco em maior escala. Entretanto, para a pesquisa, pode ser insignificante, devido aos baixos volumes geralmente necessários, de acordo com o objetivo (autopolinização, retrocruzamento, produção de sementes híbridas, entre outros) e planejamento do programa.

### **4.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DA INDUÇÃO DO FLORECIMENTO PRECOCE**

Os custos de aplicação apresentados corroboram com a prática do uso de ácido giberélico para indução do florescimento precoce de genótipos de tabaco. A campo, a tecnologia de aplicação adotada deverá ser através de um pulverizador autopropelido – máquina agrícola com motor e transmissão próprios, trabalhando de maneira independentes, usado para aplicações de defensivos agroquímicos, de maneira eficiente, com controle de vazão, previamente calibrado, atribuindo qualidade à aplicação (Tabela 5). Os altos custos das aplicações por hectare de ambas as concentrações de GA<sub>3</sub> poderão ser minimizadas pelo impacto que estes tratamentos trarão ao antecipar por 15 dias a floração de genótipos

considerados de floração tardia (Tabela 6). Para tanto, seguir a metodologia deste trabalho é essencial para alcançar resultados satisfatórios.

Tabela 6 –Estimativa do valor por hectare de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aplicado seguindo a metodologia deste trabalho.

PRODUTO	[ ] mg L <sup>-1</sup>	R\$/APLICAÇÃO	APLICAÇÕES	TOTAL/ R\$/ há
ProGibb®400	101*	600,00	3	1800,00
ProGibb®400	166**	810,00	3	2430,00

\*concentração seguido PMET da variável NDF, do experimento I.

\*\*concentração seguindo uma média ponderada do PMET da variável NDF, no experimento II.

O cálculo de indicativo econômico (Tabela 7) foi realizado a partir do salário nominal de cada safra, dividindo esse valor monetário pelo número de dias úteis trabalhados (estabelecido em 22), o resultado obtido é referente ao valor diário de trabalho de cada colaboradora. Esse valor diário foi multiplicado pelo período de 103 dias e 88 dias –este último visando a precocidade em 15 dias e de acordo com os objetivos propostos por esse trabalho. Na sequência, o resultado foi multiplicado pelo número de colaboradoras. O número de colaboradoras sempre foi variável, pois oscilou de acordo com o planejamento de safra e de produção de sementes que a empresa ProfiGen do Brasil necessita produzir, para bem atender as demandas dos clientes.

Foi possível perceber a economia gerada para a empresa através da proposta deste trabalho. Contudo, a redução em 15 dias foi estabelecida pelos resultados alcançados no Experimento I com o genótipo BU459 (Figura 1A) e, no Experimento II com o genótipo KM10 (Figura 4A). Ambas linhagens são de florescimento tardio (>150 dias) e floresceram 15 dias mais cedo quando usado a maior concentração de GA<sub>3</sub> (200 mg L<sup>-1</sup>) comparado com seus tratamentos livre de hormônio regulador de crescimento, ou seja, com 0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> (Tabela 6). O genótipo LF antecipou sua floração em 63 dias no tratamento 12 (200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) quando comparado ao tratamento 9 (0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) no experimento I (Tabela 2), já no experimento II, o mesmo genótipo teve a indução floral antecipada em 32 dias no tratamento 12 (200 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) quando comparado com o tratamento 9 (0 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) (Tabela 5). Por esse motivo, foi definido em 15 dias a antecipação do florescimento para o cálculo econômico devido a semelhança comportamental de dois diferentes genótipos (BU459 e KM10) nos diferentes experimentos, tornando assim o cálculo mais sensato e confiável.

Através dessa análise, foi obtida uma economia próxima aos 15%, esse indicativo permitirá antecipar a rescisão contratual das safristas (colaboradoras) e as mesmas poderão dar sequência ao vínculo empregatício nas fumageiras, pois é o período (janeiro – fevereiro) que as vagas começam a ser preenchidas para atividades como destala e processamento de fumo seco, sem prejudicar ou promover o desemprego destas.

Em todas as safras apresentadas na Tabela 7, diferiu o número de colaboradoras, porque esteve associado a projeção de safra e a renovação de estoque requerido. Por isso, buscou-se anexar o histórico de safristas e a previsão para a nova safra que iniciará em outubro/2021. O entendimento sobre a importância deste estudo, a aplicabilidade a campo e a redução de custos para a empresa trarão enormes benefícios técnico-científicos, além de alimentar a literatura com novas técnicas (uso de ácido giberélico e vasos de tamanho reduzido) que visam a indução prematura da floração em tabaco para a produção de sementes.

**Tabela 7** - Indicativo econômico viabilizado pela redução em 15 dias do período contratual das colaboradoras de campo, na Empresa ProfiGen do Brasil.

SAFRA	SAFRISTAS	PERÍODO	DIAS TRABALHADOS	SALÁRIO BASE (R\$)	CUSTO	ECONOMIA (%)
19/20	382	21/10 – 01/02	103	1237,15	2.209.671,36	-
20/21	170	21/10 – 01/02	103	1269,40	1.009.976,80	-
21/22	220	21/10 – 01/02	103	1269,40	1.306.974,24	-
19/20	382	21/10 – 01/02	88	1237,15	1.887.874,56	14,5
20/21	170	21/10 – 01/02	88	1269,40	862.892,80	14,5
21/22*	220	21/10 – 01/02	88	1269,40	1.110.928,10	14,5

Todos os dados apresentados nesta tabela, foram informados pela empresa ProfiGen do Brasil.

\*estimativas de safristas para a safra 21/22.

## 5. CONCLUSÕES

Todos os genótipos de tabaco de diferentes ciclos vegetativos mostram florescimento antecipado com a aplicação da maior concentração de ácido giberélico ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) em ambos experimentos.

Os caracteres número de flores no 5º, 10º, 20º e 30º dia, soma de flores e massa de sementes apresentam menores valores ao aplicar a maior concentração de ácido giberélico ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) para a maioria dos tratamentos.

Para ambos os experimentos, a condução de plantas de tabaco em vasos menores estimula a floração precoce nos genótipos avaliados, exceto para o LF (Experimento I) e o TN90 (Experimento II).

A técnica de indução do florescimento precoce de linhagens de ciclo longo em tabaco, trará uma economia de 14,5% na folha salarial da empresa. Os custos de aplicação foram inferiores a R\$ 3.000,00/ha, favorecendo a aplicação do ácido giberélico.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

São extintas na literatura, trabalhos sobre a indução do florescimento precoce em tabaco via manejo convencional estigado neste trabalho via o uso de hormônio regulador de crescimento, fotoperíodo, uso e controle de temperatura, por exemplo. Da mesma maneira, são os estudos sobre a restrição radicular e sua influência sobre o período reprodutivo em espécies *Nicotiana spp.* No entanto, a realização deste trabalho trouxe uma inovação para a pesquisa pelo uso de um tratamento com um popular regulador de crescimento e um tratamento típico via manejo e condução de plantas em vasos menores.

Dessa forma, criou-se mais uma alternativa de estudo atualizada que poderá ser utilizada para o estudo de mais plantas da família das Solanaceae. Esse trabalho trará enormes benefícios para a produção de semente em maior escala e que possui à campo muitos genótipos de florescimento tardio, semelhantes aos avaliados neste trabalho, criando uma nova opção ao campo através da aplicação via pulverização autopropelida. Já para a indução ao florescimento precoce em casas-de-vegetação, novamente o estudo trouxe resultados positivos evidenciando que a restrição radicular para a maioria dos genótipos foi confirmada. Contudo, o uso das altas concentrações de GA<sub>3</sub> refletiu diretamente num importante componente de produtividade (massa de sementes), esse fator deverá estar claro perante todo planejamento de safra executado pelo melhorista a fim de não comprometer a demanda de todo o programa de melhoramento.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL. **Afubra**. Disponível em: <[www.afubra.com.br](http://www.afubra.com.br)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

AGUIAR, P. A. A. Influência do ácido giberélico na produção de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 89-95, 1982.

ALLARD, H. A. Gigantism in *Nicotiana tabacum* and its alternate inheritance. **American Naturalist**, Chicago, v. 53, n. 626, p. 218–233, 1919.

ALMEIDA, A. Q. de; VIEIRA, E. L. Gibberellin action on growth, development and production of tobacco. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.9, n.1, p. 45-57, 2010.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AMABILE, R. F.; VILELA, M.S.; PEIXOTO, J. R. **Melhoramento de plantas**- variabilidade genética, ferramentas e mercado. Embrapa, Brasília, p. 12-15, 2018.

AMASINO, R. Seasonal and developmental timing of flowering. **The Plant Journal**, Madison, v. 61, p. 1001–1013, 2010.

BLÜMEL, M.; DALLY, N.; JUNG, C. Flowering time regulation in crops — what did we learn from Arabidopsis? **Current Opinion in Biotechnology**, Holanda, v. 32, n. 1, p. 121–129, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília, p. 395, 2009.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Processos de OGM** - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Brasília, 2018. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/processo-de-ogm>>. Acesso em 18/10/2019.

BRASIL. Casa Civil. **Lei da Biossegurança**. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm)>. Acesso em 12 set. 19.

BOWMAN, D. T.; SISSON, V. A. Historical overview of flue-cured tobacco breeding in the U.S.A. **Tobacco Science**, North Carolina State University, v. 44, p. 59-64, 2000.

BUCCIARELLI, S. et al. Tabacco, olio da semi per energia in alternativa all'uso della foglia. **Terra e Vita**, v. 43, p. 42-4, 2012.

BURK, L. G.; TSO, T. C. Effects of gibberellic acid on *Nicotiana* plants. **Nature**, London, v. 181, n. 4, p. 1672–1673, 1958.

CAMARA, M. C. et al. Current advances in gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) production, patented technologies and potential applications. **Planta**, v. 248, n. 5, p. 1049-1062, 2018.

COCCO, C. et al. Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 919-927, 2015.

RIVERO, G. C. et al. Plant hormone signaling in flowering: An epigenetic point of view, **Journal of Plant Physiology**, v. 214, p. 16-27, 2017.

CARDOSO, E. G. et al. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 3, p. 493-501, 2006.

CARDOSO, J. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J.D. Gibberellic acid and water regime in the flowering induction of *Brassocattleya* and *Cattleya* hybrid orchids. **Horticultura Brasileira** Recife, v. 28, n. 4, p. 395-398, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. **Experimentação agrícola e florestal**. Santa Maria, UFSM, 2009. 204p.

CID, L. P. B. **Introdução aos hormônios vegetais**. Embrapa CENARGEN, Brasília, p. 180, 2000.

CORREIA, K. G. et al. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.

CRUZ, C. D. Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, UFV, 1997. 390 p.

DALE, P. J.; IRWIN, J. A.; SCHEFFLER, J. A. The experimental and commercial release of transgenic crop plants. **Plant Breeding**, Reino Unido, v. 111, n. 1, p. 1-22, 1993.

FALCIONI, R. et al. Increased gibberellin levels enhance the performance of light capture efficiency in tobacco plants and promote dry matter accumulation, **Theoretical Experimental Plant Physiology**, Campo dos Goytacases, v. 30, n. 3, p. 235–250, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREDDI, O. S. et al. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 627-636, 2007.

FORNARA, F. et al. Control of flowering in Arabidopsis. **Cell**, Germany, v. 141, n. 2, p. 550–550, 2010.

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 18, n. 11, p. 553-606, 1920.

GAVILANO, L. B. et al. Genetic engineering of *Nicotiana tabacum* for reduce nornicotine content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 24, p. 9071-9078, 2006.

GEMICI, M.; GÜVE, A.; YÜREKLI, A. K. Effect of some growth regulators and commercial preparation son the chlorophyll content and mineral nutrition of *Lycopersicon esculentum* Mill. **Turkish Journal of Botany**, Ankara, v. 24, n. 1, p.215-219, 2000.

GIOVANAZ, M.A. et al. Gibberellic acid reduces flowering and time of manual thinning in ‘Maciel’ peach trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 1-10, 2016.

HANSON, M.R.; PRUIT, K. D.; NIVISON, H. T. Functioning and variation of cytoplasmic genomes: lessons from cytoplasmic-nuclear interactions affecting male fertility in plants; **International Review Cytology**. New York, v. 94, p. 213–217, 1985.

HEFFNER, E.; SORRELLS, M.; JANNINK, J. Genomic selection for crop improvement. **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 1, p. 1-12, 2009.

HICKEY, J. M.; SHURUGWI, T.; MACKAY, I. Genomic prediction unifies animal and plant breeding programs to form platforms for biological discovery. **Nature Genetic**, London, v. 49, n. 9, p. 1297-1303, 2017.

HOPKINSON, J. M. Causes of early flowering in tobacco. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 20, n. 6, p. 1061-1071, 1969.

HOPKINSON, J. M.; HANNAM, R. V. Flowering in tobacco: the course of floral induction under controlled conditions and in the field. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 20, n. 2, p. 279-290, 1969.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Coefficiente de variação**. Disponível em: <[http://ftp.ibge.gov.br/Indicadores\\_Sociais/Sintese\\_de\\_Indicadores\\_Sociais\\_Indicadores\\_Sociais\\_2018\\_tabulacoes\\_especiais\\_documentacao/Coefficiente\\_de\\_Variacao.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Sintese_de_Indicadores_Sociais_Indicadores_Sociais_2018_tabulacoes_especiais_documentacao/Coefficiente_de_Variacao.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Estações automáticas**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em 18 set.2019.

JACKSON, S. D. Plant responses to photoperiod. **New Phytologist**, Lancaster, v. 181, n. 3, p. 517-531, 2009.

- JANOWSKA, B. et al. D. Flowering and nutritional status of *Gladiolus hybridus* L. “Black Velvet” following gibberellin treatment. **Horticultural Science**, Prague, v. 45, n. 4, p. 205–210, 2018.
- JUNG, C.; MÜLLER, A. E. Flowering time control and applications in plant breeding. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 14, n. 10, p. 563-573, 2009.
- KASPERBAUER, M. J.; LOWE, R. H. Flowering of three types of *Nicotina tabacum* under controlled environments. **Tobacco Science**, Lexington, v. 10, p. 107-108, 1966.
- KASPERBAUER, M. J. Interaction of photoperiod and temperature on flowering of burley tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Tobacco Science**, Lexington, v. 10, p. 119-120, 1966.
- KASPERBAUER, M. J. Photo- and thermo-control of pre transplant floral induction in burley tobacco. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n. 6, p. 898-902, 1969.
- KASPERBAUER, M. J. Photo - and thermo - control of flowering in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Agronomic Journal**, Madison, v. 62, n. 6, p. 825-827, 1970.
- LANG, A. The effect of gibberellin upon flower formation, **Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA, v. 43, n. 8, p. 709-717, 1957.
- LANG, A. *Nicotiana*. In: **CRC Handbook of flowering**, Halevy, A. H., ed. CRC Press, Boca Raton, v. 5, p. 427-483, 1989.
- LANGRIDGE, J. Effect of day-length and gibberellic acid on the flowering of *Arabidopsis*. **Nature**, London, v. 180, n. 3, p. 36-37, 1957.
- LEE, T. T.; ROSA, N. Regulation of starch and sugar levels in tobacco leaves by gibberellic acid. **Canadian Journal of Botany**, London, v. 47, n.10, p. 1595-1598, 1969.
- LESTER, R.N.; HAWKES, J. G. Solanaceae. **Springer**, Berlin, v. 4, p. 1790-1856, 2001.
- MAURO, M. L. et al. The plant oncogene rolD stimulates flowering in transgenic tobacco plants. **Development Biology**, Nova York, v. 180, n. 2, p. 693-700, 1996.
- MACMILLAN, J. Occurrence of Gibberellins in Vascular Plants, Fungi, and Bacteria. **Journal Plant Growth Regulation** v. 20, p. 387–442, 2001.
- McDANIEL, C. N. Developmental of floral initiation in *Nicotiana tabacum* L. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 47, n. 4, p. 465-475, 1996.
- MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Compactação do solo e manejo da água. I: Efeitos sobre a absorção de N, P e K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-947, 2005.
- MEDINA, E. O.; SAAVEDRA, A. L. The use of regulators in floriculture Mexican. **Science. Desar**, Bogotá, v. 148, n. 2, p. 1-17, 1999.

- MISHRA, P. P. et al. Effect of foliar application of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>), concentrations and spraying frequencies on vegetative and floral attributes of China aster (*Callistephus chinensis* (L.) Nees.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. Bhubaneswar, v. 7, n. 1, p. 1889-1894, 2018.
- MUÑOZ-FAMBUENA, N. et al., Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] by repressing *CiFT* gene expression. **Journal Plant Growth Regulation**, Valencia, v. 31, p. 529–536, 2012.
- MUTASA-GÖTTGENS, E.; HEDDEN, P. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks, **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 60, n. 7, p. 1979–1989, 2009.
- NIKOVA, V. et al. Hybrid seed production in tobacco by using male sterile plants. **Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco Guide**, Meeting, Agronomy/Phytopathology, Santa Cruz do Sul, appost 24, 2005.
- NIKOVA, V.; VLADOVA, R. (2014). Wild *Nicotiana* species as a source of cytoplasmic male sterility in *Nicotiana tabacum*. **Beiträge zur Tabakforschung International/Contributions to Tobacco Research**. Sofia v. 20, n. 4, p. 301-311, 2014.
- NIKOVA, V.; VLADOVA, R. *Nicotiana* species as sources of cytoplasmic male sterility in tobacco breeding. **Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco Guide**, Congress, Agronomy/Phytopathology, Kunming, appost 26, 2018.
- NeSMITH. S.; BRIDGES, D. C.; BARBOUR J. C. Bell pepper responses to root restriction. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, v. 15, n. 12, p. 2763–2776, 1992.
- OSBORNE, J. W. Improving your data transformations: applying the Box-Cox transformation. **Practical Assessment, Research and Evaluation**, v. 15, p. 1-9, 2010.
- OKAMURA, J.K.; GOLDBERG, R.G. Tobacco single copy DNA is highly homologous to sequences present in genomes of its diploid progenitors. **Molecular and General Genetics**, Berlin, v. 198, n. 2, p. 290-298, 1985.
- PAPENFUS, H.; BILLENKAMP, N. A scale for growth stages in tobacco crops. **Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco Guide**, Ed.:2Ref. COR-241-CTG-7, 2019.
- PRADEEPKUMAR, C. M. et al. A review on role and use of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) in flower production. **International Journal of Chemical Studies**, Nova Delhi, v. 8, n. 1, p. 3076-3084, 2020.
- PETRI, J. L. et al. Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. Florianópolis: **Epagri**, Florianópolis, p. 141, 2016.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**, Livraria Nobel S.A., Piracicaba, 13. ed. 1990. 469 p.
- PINO, F. A. A questão da Não Normalidade: uma revisão. **Revista De Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

POETHIG, R. S. Phase change and the regulation of shoot morphogenesis in plants. **Science**, Washington, v. 250, n. 6, p. 923-930, 1990.

PROFIGEN DO BRASIL – Informações. Disponível em:<<https://profigen.com.br/informacoes/aprenda-a-cultivar/mudas-102>>. Acesso em 10 jun. 2021.

PUTTERILL, J.; LAURIE, R.; MACKNIGHT, R. It's time to flower: the genetic control of flowering time. **Bio Essays**, v. 26, n. 4, p. 363-373, 2004.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. 522 p.

RAMSEY, S. L.; KERNODLE, S. P. A method for accelerated trait conversion in plant breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, Bethesda, v. 118, n. 8, p. 1499, 2009.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; ROCHA, A. Indução do florescimento e produção de sementes de alface com diferentes doses de ácido giberélico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 171-175, 2000.

SAJID, M. et al. Effect of gibberellic acid on enhancing flowering time in *Chrysanthemum morifolium*. **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 48, n. 2, p. 477-483, 2006.

SHARMA, R. R.; SINGH, R. Gibberellic acid influences the production of malformed and button berries, and fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) **Scientia Horticulturae**, Holanda, v. 119, n. 4, p. 430-433, 2009.

SHINOHARA, T. Effects of temperature on the photoperiodic responses to tobacco. *Japanese Journal of Crop Science*, Japão, v. 40, p. 267-274, 1971.

SINDICATO INTERESTADUAL DA INDÚSTRIA DO TABACO (SINDITABACO). **Relevância do setor de Tabaco no Brasil**. Disponível em:<<http://www.sinditabaco.com.br/sobre-o-setor/exportacao/>>. Acesso em: 10jun. 2021.

SINDICATO INTERESTADUAL DA INDÚSTRIA DO TABACO (SINDITABACO). **Relevância do setor de Tabaco no Brasil**. Disponível em:<<http://www.sinditabaco.com.br/sobre-o-setor/relevancia-do-setor-de-tabaco/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SMYKAL, P. et al. Flowering of strict photoperiodic *Nicotiana* varieties in non-inductive conditions by transgenic approaches. **Plant Molecular Biology**, Aarhus C, v. 65, n. 3, p. 233-242, 2007.

STEVENSON, D. S. Effective soil volume and its importance to root and top growth of plants. **Canadian Journal of Soil Science**. Lethbridge, v. 47, n. 3, p. 163-174, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

THOMAS, B.; VINCE-PRUE, D. **Photoperiodism in plants**. 2. Ed. Cambridge: Academic Press, 1997. 428p.

TSAI, C. H. et al. Source strength regulates an early phase transition of tobacco shoot morphogenesis. **Plant Physiology**, Iowa, v. 115, n. 3, p. 907-914, 1997.

VAN NOCKER, S.; GARDINER, S. E. Breeding better cultivars, faster: applications of new technologies for the rapid deployment of superior horticultural tree crops. **Horticulture Research**, United Kingdom, v. 1, n. 14022, 2014.

VOSS-FELS, K. P.; COPPER, M.; HAYES, B. J. Accelerating crop genetic gains with genomic selection. **Theoretical and Applied Genetics**, Bethesda, v. 132, n. 3, p. 669, 2019.

## APÊNDICES

Apêndice 1 – Detalhe do tamanho específico das sementes de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)



Fonte: o autor.

Apêndice 2 – Técnica de semeadura utilizada para sementes nuas.



Fonte: o autor.

Apêndice 3– Tripé para condução da máquina de podar mudas.



Fonte: o autor.