

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FERTILIZANTES FOSFATADOS E BIOATIVADOR NA
FENOLOGIA DO ALGODOEIRO**

Acadêmico: Eduardo da Cunha Maldonado.

Aquidauana-MS

Abril 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FERTILIZANTES FOSFATADOS E BIOATIVADOR NA
FENOLOGIA DO ALGODOEIRO**

Acadêmico: Eduardo da Cunha Maldonado.

Orientador: D.r. Marcos Antonio Camacho da Silva.

“Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)”.

Aquidauana-MS

Abril 2021

M211a Maldonado, Eduardo da Cunha

Adubos fosfatados e bioativador na fenologia do algodoeiro / Eduardo da Cunha Maldonado. – Aquidauana, MS: UEMS, 2021.

71 p.

Tese (Doutorado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Camacho da Silva.

1. Adubo fosfatado 2. Déficit hídrico 3. Graus dias 4. *Gossypium* 5. Superfosfato magnésiano 6. Superfosfato I. Silva, Marcos Antonio Camacho da II. Título

CDD 23. ed. - 633.51

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

EDUARDO DA CUNHA MALDONADO

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Agronomia.

TESE APROVADA EM 30/04/2021.

**Marcos Antonio
Camacho da Silva**

Assinado de forma digital por
Marcos Antonio Camacho da Silva
Dados: 2021.06.21 08:28:27 -04'00'

Dr. Marcos Antonio Camacho da Silva (Orientador)

**Marcos Antonio
Camacho da Silva**

Assinado de forma digital por
Marcos Antonio Camacho da Silva
Dados: 2021.06.21 08:28:27 -04'00'

Dr. Elcio Ferreira dos Santos, IFMS
(via videoconferência)

**Marcos Antonio
Camacho da Silva**

Assinado de forma digital por
Marcos Antonio Camacho da Silva
Dados: 2021.06.21 08:28:27 -04'00'

Dra. Rubia Renata Marques, UCDB
(via videoconferência)

**Marcos Antonio
Camacho da Silva**

Assinado de forma digital por
Marcos Antonio Camacho da Silva
Dados: 2021.06.21 08:28:27 -04'00'

Dr. Denilson de Oliveira Guilherme, UCDB
(via videoconferência)

**Marcos Antonio
Camacho da Silva**

Assinado de forma digital por
Marcos Antonio Camacho da Silva
Dados: 2021.06.21 08:28:27 -04'00'

Dra. Cristiane Gonçalves de Mendonça, UEMS
(via videoconferência)

*“Quem já nadou contra a corrente
Sabe usar o vento a favor,
Só o momento é diferente,
É a mesma ferramenta que usou”*

Rodolfo Abrantes

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À Deus, criador, Pai eterno e amigo, pela graça e pelo cuidado durante por toda essa etapa.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

À minha esposa Thaysa Viviane Taira Silva, por todo cuidado, preocupação, amor, suporte, compreensão em todos os momentos. Aos meus filhos, ainda pequeninos, Isabela Taira Maldonado e Guilherme Taira Maldonado, por toda alegria que tem trazido.

Aos meus pais, Ida Maura da Cunha Maldonado e Geraldo Maldonado e meus irmãos Janaína da Cunha Maldonado Losso e Bruno da Cunha Maldonado, pelos ensinamentos, apoio e incentivo. Foram fundamentais em todas as conquistas em minha vida, obrigado por tudo. Obrigado ao Marlos Eliel Losso e Ana Paula do Nascimento Boschen Maldonado, por todo incentivo.

Aos meus sogros, Daniel Silva e Luiza Taira Silva, por todo suporte e apoio.

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

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Antonio Camacho da Silva, pela orientação, confiança e conselhos durante esse período, que além de orientador tornou-se um amigo.

À todos os professores e colaboradores que de alguma forma contribuíram com o trabalho.

Aos meus amigos, Leonardo Darbello Torres, Gabriel de Santis Bertholini, e Thiago Pizzio Medina, que se mostraram grandes amigos, agradeço por todo companheirismo e por toda contribuição.

Aos companheiros do Laboratório de Nutrição de Plantas, por toda ajuda durante a realização do projeto.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1. COTONICULTURA.....	1
1.1.1. Aspectos Gerais.....	1
1.1.2. Morfologia.....	2
1.2. FÓSFORO.....	3
1.2.1. Adubos fosfatados.....	5
1.2.2. Biotivadores de nutrientes do solo.....	6
1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO II - Fertilizantes fosfatados e bioativador na fenologia do algodoeiro.	13
Resumo -	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4. CONCLUSÃO	56
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 **RESUMO**

2 O algodoeiro é cultivado em regiões tropicais e subtropicais em mais de 80 países do
3 mundo. Os estádios fenológicos da cultura estão associados com a genética do material e
4 com as condições edafoclimáticas. O fósforo (P) desempenha papel importante nas
5 plantas, entretanto, em boa parte dos solos tropicais, os teores de P são baixos e,
6 geralmente, limitam o pleno desenvolvimento vegetal. O fornecimento de P é essencial
7 para que as plantas alcancem produtividades esperadas. Os fertilizantes fosfatados podem
8 apresentar alta ou baixa solubilidade em água, como por exemplo, superfosfato triplo e o
9 termofosfato magnésiano, respectivamente. Já os bioativadores do solo otimizam a
10 liberação de P, potencializando o uso de fertilizantes e favorecendo maior atividade
11 microbiológica do solo. Objetivou-se com esse trabalho avaliar fertilizantes fosfatados e
12 bioativador na fenologia do algodoeiro. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual
13 de Mato Grosso do Sul. A cultivar utilizada foi a FMT 701 com espaçamento entrelinhas
14 0,90 m. Foram realizados dois experimentos, um com baixo teor de fósforo e o outro com
15 alto teor de fósforo, ambos com delineamento experimental de blocos casualizados em
16 esquema fatorial (3x5). Nos experimentos I e II, utilizou-se doses de dois fertilizantes
17 (superfosfato triplo e termofosfato magnésiano) e bioativador. Os dados foram
18 submetidos ao teste W para normalidade e a análise de variância. Foram calculados
19 índices de filocrono, antocrono e carpocrono. Observou-se no experimento I que o
20 fertilizante termofosfato magnésiano interferiu na mudança fenológica, e que com a
21 antecipação do surgimento de botão floral, flor, maçã e capulho a produtividade foi
22 influenciada de maneira positiva. No experimento II a fenologia não foi alterada pelos
23 insumos, e a produtividade só foi alterada positivamente quando ocorreu a antecipação
24 do surgimento da flor. Em solos com alto teor de P o aparecimento de capulhos é
25 influenciado pela aplicação de termofosfato magnésiano. O aumento das doses de
26 termofosfato magnésiano influenciou na antecipação do surgimento do capulho

27

28 **PALAVRAS-CHAVE:** déficit hídrico, graus dias, *Gossypium*, termofosfato
29 magnésiano, superfosfato.

30

31

32

33 **ABSTRACT**

34 Cotton is grown in tropical and subtropical regions in more than 80 countries worldwide.
35 The phenological stages of the culture are associated with the genetics of the material and
36 with the edaphoclimatic conditions. Phosphorus (P) plays an important role in plants,
37 however, in most tropical soils, P levels are low and generally limit full plant
38 development. The supply of P is essential for the plants to achieve expected productivity.
39 Phosphate fertilizers can have high or low water solubility, such as triple superphosphate
40 and magnesium thermophosphate, respectively. Soil bioactivators optimize the release of
41 P, enhancing the use of fertilizers and favoring greater soil microbiological activity. The
42 objective of this work was to evaluate phosphate fertilizers and bioactivators in cotton
43 phenology. The study was conducted at the State University of Mato Grosso do Sul. The
44 cultivar used was the FMT 701 with an interline spacing of 0.90 m. Two experiments
45 were carried out, one with a low phosphorus content and the other with a high phosphorus
46 content, both with a randomized block design in a factorial scheme (3x5). In experiments
47 I and II, doses of two fertilizers (triple superphosphate and magnesium thermophosphate)
48 and bioactivator were used. The data were submitted to the W test for normality and
49 analysis of variance. Filochron, anthochron and carpochron indices were calculated. It
50 was observed in experiment I that the magnesium thermophosphate fertilizer interfered
51 with the phenological change, and that with the anticipation of the appearance of floral
52 bud, flower, apple and boll, productivity was positively influenced. In experiment II, the
53 phenology was not altered by the inputs, and the productivity was only positively altered
54 when the flower's appearance was anticipated. In soils with a high P content, the
55 appearance of bolls is influenced by the application of magnesium thermophosphate. The
56 increase in magnesium thermophosphate doses influenced the anticipation of the
57 appearance of boll.

58

59 **KEYWORDS:** water deficit, degree days, *Gossypium*, magnesium thermophosphate,
60 superphosphate.

61

62

63

64

65 **CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

66

67 **1.1. COTONICULTURA**

68 **1.1.1. Aspectos Gerais**

69

70 O algodoeiro (*Gossypium hirsutum L.*) é a cultura de maior importância global em
71 produção de fibras. É cultivado em regiões tropicais e subtropicais em mais de 80 países
72 do mundo.

73 A cultura tem relevante importância socioeconômica para o Brasil pois gera
74 desenvolvimento nas regiões onde está presente pela cadeia produtiva complexa e de alto
75 valor agregado, além de garantir ao País lugar privilegiado no cenário internacional,
76 sendo considerado um dos cinco maiores produtores mundiais, ao lado da China, Índia,
77 Estados Unidos e Paquistão (SEVERINO et al., 2019; ABRAPA, 2018).

78 No âmbito nacional destacam-se os estados do Mato Grosso e da Bahia, que
79 apresentam condições edafoclimáticas favoráveis à produção. No cultivo do algodão nas
80 condições do Cerrado utiliza-se alta tecnologia e a produtividade brasileira está entre as
81 maiores do mundo (SILVA, 2019).

82 Trata-se de uma cultura de agrícola de ampla utilização, pois além de seu principal
83 uso ser na indústria têxtil, tem seu emprego na produção de óleo, através da semente que
84 é rica em proteína. Após ser refinado, o óleo pode ser consumido por seres humanos.
85 Além disso, a farinha da semente é utilizada como alimentação para ruminantes, enquanto
86 a casca do algodão é adicionada nas rações de gado leiteiro para obter maior volume
87 (ABRAPA, 2018). Ademais, como matéria-prima na indústria, alimentícia, de
88 cosméticos, farmacêutica, de celulose, entre outras, resultando em uma cadeia produtiva
89 das mais longas e complexas (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

90 O setor brasileiro do algodão é produzido em escala empresarial, dentro dos mais
91 altos padrões de tecnologia, pois permite mecanização total, do plantio à colheita, com
92 uso de tecnologia de ponta em beneficiamento e armazenagem e compromisso com a
93 análise e classificação da fibra com base em padrões internacionais de sustentabilidade e
94 em certificação socioambiental (RODRIGUES, 2015).

95 O algodoeiro faz parte do grupo das plantas dicotiledôneas, no gênero *Gossypium*
96 que é um dos mais cultivados no mundo, e a família das malváceas, que é uma das mais
97 antigas plantas domesticadas pelo homem (BOREN et al., 2003).

98 A planta do algodão é lenhosa, naturalmente perene, entretanto possui cultivo
99 anual, com crescimento indeterminado e fotossíntese do tipo C3 (BELTRÃO, 2005). É
100 cultivada em climas quentes e em alguns climas temperados (STEDUTO et al., 2012).

101 De acordo com Steduto et al. (2014), para um cultivo bem-sucedido, a cultura
102 precisa de um longo período sem geadas, muita luz solar, temperaturas amenas e chuvas
103 moderadas ou irrigação, normalmente 600 a 1200 mm. A exigência em água pela cultura
104 é de aproximadamente 4 a 8 mm por dia, de acordo com o desenvolvimento da área foliar
105 (SILVA et al., 2011).

106 O crescimento do algodão, a produção, a composição e a qualidade são
107 influenciados por fatores, como o genótipo, o ambiente e práticas agronômicas (ULLAH
108 et al., 2015). Segundo Silva et al. (2011) os principais fatores abióticos responsáveis por
109 causar danos à cultura são a deficiência hídrica, falta de luminosidade e altas
110 temperaturas. Sendo que o desempenho reprodutivo do algodoeiro é determinado
111 principalmente pela produção de frutos, fixação e peso dos capulhos (LOKHANDE &
112 REDDY, 2014).

113

114 **1.1.2. Morfologia**

115

116 O algodoeiro apresenta um ciclo de vida diversificado com espécies de ciclo
117 precoce (cerca de 130 dias), médio (cerca de 140 dias) e tardio (acima de 170 dias)
118 (AMORIM, 2001).

119 A cultura tem porte variável, sua raiz principal é cônica, do tipo pivotante com
120 número abundante de raízes secundárias grossas e superficiais. A planta é dotada de
121 ramos vegetativos e ramos frutíferos podendo atingir uma altura de cerca de dois metros
122 (LOKA E OOSTERHIUS, 2010).

123 Os ramos da planta de algodão são classificados em vegetativos (monopodiais) e
124 reprodutivos (simpodiais). Os ramos vegetativos possuem somente um meristema e por
125 isso crescem longos e eretos. Os ramos vegetativos também podem produzir ramos
126 reprodutivos (frutíferos). Já os ramos reprodutivos crescem em formato de “zig-zag”,
127 possuem múltiplos meristemas e seu crescimento inicial é interrompido quando a
128 estrutura reprodutiva seja formada. Essa estrutura reprodutiva dá origem a um novo ponto
129 de crescimento denominado meristema axilar que se localiza na base da folha que é
130 formada perpendicularmente à estrutura reprodutiva. Os primeiros quatro nós da planta
131 acima do nó cotiledonar dão origem aos ramos vegetativos, enquanto os ramos

132 reprodutivos começam a surgir a partir do quinto nó ou sexto nó (OOSTERHUIS;
133 JERNSTEDT, 1999; RITCHIE et al., 2007).]

134 A sequência dos estádios fenológicos da cultura está associada com a genética do
135 material e com as condições edafoclimáticas, existindo o período vegetativo e reprodutivo
136 da planta. No que tange ao período reprodutivo, têm-se os seguintes eventos em
137 sequência: botão floral, flor, maçã e capulho. Os primeiros botões florais podem ser
138 emitidos de quatro a cinco semanas após o plantio, surgem na forma piramidal e são
139 envolvidos por três brácteas de coloração verde. O tempo entre a emissão do botão floral
140 até a antese (abertura da flor) pode levar aproximadamente 25 dias. As flores do algodão
141 são consideradas grandes (5-9 cm), perfeitas (possuem tanto as estruturas masculinas
142 quanto femininas) e possuem cinco pétalas (OOSTERHUIS; JERNSTEDT, 1999).

143 O algodoeiro é uma planta com sistema reprodutivo misto, podendo ocorrer
144 simultaneamente a autofecundação e o cruzamento natural. A polinização é feita por
145 insetos, uma vez que apresenta pólenes pesados e viscosos (VIDAL-NETO E FREIRE,
146 2013).

147

148 **1.2.FÓSFORO**

149 Assim como o nitrogênio (N), o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o
150 enxofre (S), o fósforo (P) é um macronutriente cuja essencialidade foi demonstrada por
151 Liebig (1840), Knop (1860) e Sachs (1865) citados por (MALAVOLTA, 1999).

152 A movimentação do P na solução do solo é feita pelo mecanismo de difusão. As
153 formas de absorção pelas plantas são $H_2PO_4^-$ ou HPO_4^{2-} , contudo, a principal forma
154 absorvida é a $H_2PO_4^-$, pois é predominante no solo. Uma vez absorvido, inicia-se o
155 processo de transporte, que ocorre na forma semelhante à absorvida, podendo ser
156 encontrado também na forma orgânica em baixa concentração no xilema e redistribuído
157 com facilidade pelo floema, na forma de fosforil colina (PRADO, 2008; FAQUIN, 2005).

158 O P desempenha papel importante nas plantas, devido, principalmente, à sua
159 função em processos vitais no metabolismo vegetal, respiração e fotossíntese, atuando no
160 armazenamento de energia (ADP e ATP) e no desdobramento de açúcares na respiração
161 celular, (TAIZ & ZEIGER, 2009; GRANT et al., 2001; PENATTI, 2013). Auxilia, ainda,
162 no desenvolvimento radicular, aumentando a absorção de água e de nutrientes do solo e
163 compõe, estruturalmente, fosfolipídios, nucleotídeos, ácido fítico, e coenzimas (SOUZA
164 et al., 2003).

165 Em solos tropicais, de modo geral, as concentrações de P são baixas e, geralmente,
166 limitam o pleno desenvolvimento vegetal (HUANG et al., 2013).

167 A escassez do P é comprovada na literatura, principalmente quanto à discussão do
168 material de origem, e também quanto à sua reatividade, geralmente associada à
169 quantidade dos teores de argilominerais, em pelo menos 90% desses ecossistemas a
170 demanda de fósforo total é considerada drasticamente insuficiente em toda a classificação
171 de solos amazônicos (BARBOSA, 2017).

172 A falta ou baixos teores de P para as plantas no solo é fator limitante para
173 produtividade de culturas, pois o P possui capacidade de ser adsorvido por óxidos de ferro
174 (Fe) e alumínio (Al) através da troca de ligantes, processo em que os grupos $-OH$ e $-$
175 OH_2^+ ligados monocordenamente ao metal (Fe ou Al) são trocados por íons $H_2PO_4^-$
176 (TERCHER, 2011, PARFITT, 1978). Essa ligação pode ocorrer em forma monodentada,
177 quando um oxigênio do fosfato é ligado ao metal, bidentado, quando dois oxigênios são
178 ligados ao metal, e binucleado, quando dois oxigênios do fosfato são ligados à dois
179 átomos do metal (GOLDENBERG E SPOSITO, 1985; FIXEN E GROVE, 1990). A
180 energia dessa ligação é crescente para os compostos monodentado, bidentado e
181 binucleado, causando a redução da solubilidade de P (VU et al., 2008).

182 Além disso, outro aspecto relevante é a análise do potencial hidrogeniônico, um
183 pH ácido, marcado principalmente pela constituição de argilominerais com cristalinos e
184 amorfos de Fe e Al, é a característica que chama mais atenção em solos tropicais
185 (BROGGI et al., 2010).

186 O P no solo é classificado em dois grupos, sendo eles inorgânico (P_i) e orgânico
187 (P_o), os quais variam de acordo com a natureza do composto ao qual está ligado. O grupo
188 do P_i é composto pelo P da solução e pelo P fixado por meio da adsorção com óxidos de
189 ferro e alumínio da fração argila (COSTA et al., 2016). Já o grupo do P_o , representa os
190 íons fosfatos que estão ligados aos compostos orgânicos, e sua dinâmica no solo está
191 relacionada à susceptibilidade de decomposição do radical orgânico ao qual o fosfato está
192 ligado (GATIBONI, 2008).

193 Diferentes usos e manejos do solo podem interferir na dinâmica do P, como por
194 exemplo, sistemas em que são utilizados adubos orgânicos ou outras práticas que elevem
195 os teores de matéria orgânica do solo, sobretudo o P_o , por estar, principalmente,
196 relacionado com a atividade biológica do solo, sendo utilizado como fonte de carbono e
197 elétrons pelos microrganismos, resultando em mineralização e disponibilização do P
198 (BRAOS et al., 2015, MATOS et al., 2006, CONTE et al., 2002, ROSSI et al., 2013).

199 A mineralização dos resíduos orgânicos no solo proporciona a liberação e a
200 redistribuição das formas de Po, as principais formas encontradas no solo são os fosfatos
201 de inositol, fosfolípidios quais são móveis no solo e menos suscetíveis as reações de
202 adsorção, formando compostos complexos e estáveis, resultando em incremento na
203 disponibilidade de P para as plantas (RHEINHEIMER & ANGHIONI, 2003).

204 Como boa parte dos solos brasileiros é altamente intemperizada e tem como
205 característica a grande afinidade em adsorver o P, elevadas aplicações de fertilizantes são
206 necessárias e, assim, a quantidade do nutriente aplicada excede a quantidade requerida
207 para suprir as necessidades das culturas (BERWANGER et al., 2008).

208

209

210 **1.2.1. Adubos fosfatados**

211

212 O fornecimento mineral de P para as plantas é essencial na obtenção de altas
213 produtividades em sistemas de produção (STAUFFER E SULEWSKI, 2003). Desse
214 modo, o uso de fertilizantes minerais fosfatados aumentou expressivamente a nível
215 mundial nas últimas décadas, principalmente em solos intemperizados como no Brasil
216 que apresentam grande resposta (VALADÃO JÚNIOR et al., 2008). Este aumento da
217 demanda de fontes de P repercutiu na diversificação dos fertilizantes produzidos, os quais
218 após o processo de industrialização da rocha fosfatada apresentam características
219 diferenciadas resultantes dos diferentes processos de fabricação (MCAULEY et al.,
220 2009).

221 Os fertilizantes fosfatados podem apresentar alta ou baixa solubilidade em água,
222 que determina a solubilidade e a disponibilização de P no solo. Os fertilizantes de alta
223 solubilidade em água compreendem os superfosfatos e os fosfatos de amônio. O ácido
224 sulfúrico é utilizado no processamento do superfosfato simples. Já o ácido fosfórico
225 utilizado para obtenção do ST, ou mesmo sofrendo a elevação da temperatura no seu
226 processamento, origina os termofosfatos. A combinação do ácido fosfórico com amônia
227 produz os fosfatos de monoamônio (MAP) e diamônio (DAP), com alta concentração de
228 nutrientes (BENEDITO, 2007; TOMAZ, 2010; NASCIMENTO, 2016).

229 Já fosfatos naturais são obtidos a partir de minérios fosfáticos após os processos
230 de lavagem, e estes quando aplicados no solo apresentam baixa solubilidade em água
231 (MALAVOLTA, 1981).

232 No Brasil os fertilizantes fosfatados solúveis em água usualmente comercializados
233 são o MAP, o superfosfato simples (SS) e o superfosfato triplo (ST). Estas fontes são
234 consideradas de maior reatividade e apresentam alta eficiência agrônômica (SANTOS et
235 al., 2008).

236 Os termofosfatos são fertilizantes resultantes do tratamento térmico de rochas
237 fosfatadas, com ou sem adição de outros minerais (silicato de magnésio), com objetivo
238 de converter o fósforo de modo que se torne disponível às plantas (VITTI et al., 2003).

239 Na fabricação dos termofosfatos, a rocha fosfatada e os minerais contendo silício
240 e magnésio são preparados, e após são fundidos em fornos com temperatura de operação
241 entre 1400°C e 1500°C. Ao sair do forno o material é resfriado imediatamente com jatos
242 de água, formando, nessa operação grãos inferiores a 2mm. Esses grãos então são
243 separados da água em que é retirado todo excesso de umidade (produto semiacabado),
244 seguindo para o secador rotativo e moinho de bolas. Posteriormente o produto é ensacado,
245 adicionando-se ou não micronutrientes e enxofre. O produto apresenta teor de P₂O₅ total
246 em torno de 16% (VITTI et al., 2003).

247

248 **1.2.2. Biotivadores de nutrientes do solo**

249

250 Bioativadores são substâncias orgânicas, ácidos húmicos e fúlvicos, associações
251 de aminoácidos, ácidos, extrato de algas ou mesmo vitaminas, associadas ou não, a
252 micronutrientes (CASTRO et al., 2008).

253 Com o intuito de aperfeiçoar o uso dos fertilizantes fosfatados e aproveitar melhor
254 a reserva de nutrientes existem no solo, algumas empresas vem lançando insumos
255 bioativadores do solo, que são compostos que aplicados no solo em pequenas
256 quantidades, otimizam a liberação de P, potencializando o uso de fertilizantes e
257 favorecendo maior atividade microbiológica do solo (ASSIS et al., 2014).

258 A utilização de produtos bioativadores da microbiota do solo e atividade
259 fotossintética vegetal auxilia na redução dos custos de produção, degradação ambiental,
260 aumento da qualidade do solo e produtividade das culturas (TRENTIN et al., 2014). Os
261 bioativadores são definidos como sendo a mistura de reguladores vegetais entre eles ou
262 com outros produtos, os quais agem na degradação de substâncias de reserva das
263 sementes, na diferenciação, divisão e alongamento celulares (CASTRO & VIEIRA,
264 2003).

265 O bioativador PENERGETIC é uma tecnologia de bioativação que vem sendo testada
266 em diversas culturas agrícolas no Brasil. O modo de ação desse bioativador está baseado
267 no processo de energização, obtido através de ondas eletromagnéticas em espectro
268 reduzido. Tal carga energética, inofensiva a qualquer organismo vivo, atua na indução da
269 atividade biológica observada naturalmente nos sistemas solo/planta, planta/atmosfera
270 e/ou solo/micro-organismos (PENERGETIC, 2017).

271 Portanto, o termo bioativação não significa que os produtos da PENERGETIC
272 possuam ativos biológicos, e sim que a utilização da tecnologia resulta na ativação ou
273 estimulação da vida na natureza, seja ela no solo ou nas plantas. Apesar do processo de
274 energização dos veículos utilizados pela tecnologia ser de domínio do fabricante, os
275 mecanismos de ação desta tecnologia são de difícil descrição em termos de modelos
276 teóricos tradicionais (ALOVISI, 2018).

277 Segundo Fernandes et al. (2014) a tecnologia de bioativação PENERGETIC é
278 sustentada em duas vertentes, em que de um lado existem métodos e práticas das ciências
279 naturais clássicas e, de outro, em fenômenos que foram objeto de extensa experimentação
280 e observação durante muitos anos, mas cujos mecanismos ainda não podem ser
281 exaustivamente descritos em termos de modelos teóricos tradicionais.

282 A tecnologia PENERGETIC utiliza a bentonita que é um argilomineral que possui
283 como características principais, alta área superficial específica (até $800 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$),
284 capacidade de troca de cátions na ordem de 60 a 170 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, partículas de tamanhos
285 que podem variar de 2 μm a tamanhos significativamente reduzidos como 0,1 μm em
286 diâmetro e formato de placas ou lâminas, com alto poder de expansão quando em contato
287 com a água (FAHRENHOLTZ, 2008; TEIXEIRA NETO e TEIXEIRA NETO, 2009).

288

289 1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

290

291 ABRAPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE
292 ALGODÃO (Brasília). Algodão no Brasil. 2018. Disponível em: Acesso em: 02 jan. 21.

293 ALOVISI, A. A. **Silicato de magnésio e bioativador na produtividade de**
294 **Urochloa e de trigo**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de
295 Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2018.

296 AMORIM NETO, M. da S., ARAÚJO, A.E. de, BELTRÃO, N.E. de M
297 Zoneamento agroecológico e definição da época de semeadura do algodoeiro no Brasil.
298 **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo-RS, v.9, n.3, p. 422-428, 2001.

299 ASSIS, R.T.; OLIVEIRA, I. V.; MORAIS, A.M.; NETO, A.M.; DIAS, S.H.
300 **Novas tecnologias para a agricultura brasileira.** Araxá-MG: Instituto de Ciências da
301 Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH), 2014. 7p, (Circular Técnica 02).

302 BARBOSA, T. M. B. **Mineralogia e disponibilidade de fósforo em solos de**
303 **terra firme da Amazônia Central.** 2017. 84f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal
304 do Amazonas, Manaus-AM, 2017.

305 BELTRÃO, N. E. M. **Fisiologia do algodoeiro:** Aspectos fisiológicos na
306 produção e na qualidade da fibra do algodoeiro. In: V Congresso Brasileiro de Algodão.
307 2005, Salvador-BA.

308 BENEDITO, D. da S. **Eficiência agronômica de fontes alternativas de fósforo**
309 **e modelo de predição do uso de fosfatos naturais.** 2007. Tese (Doutorado em Solos e
310 Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2007.

311 BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; RHEINHEIMER, D. S. Alterações no
312 teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira**
313 **de Ciência do Solo,** Viçosa-MG, v.32, p.2525-2532, 2008.

314 BORÉM, A.; FREIRE E.C; PENNA J.C.V.; BARROSO P.A.V. Considerations
315 about cotton gene escape in Brazil. **Crop Breeding and PpliedBiotechjology,** v.3,
316 p.315-332, 2003.

317 BRAOS, L. B.; CRUZ, M. C. P. D.; FERREIRA, M. E.; KUHNEN, F. Organic
318 phosphorus fractions in soil fertilized with cattle manure. **Revista Brasileira de Ciência**
319 **do Solo,** Viçosa-MG v.39, n.1, p.140-150, 2015.

320 BROGGI, F.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.;
321 OLIVEIRA, A. C. Avaliação da disponibilidade, adsorção e níveis críticos de fósforo em
322 diferentes solos. **Revista Ceres,** Viçosa-MG, v. 57, p. 247-52, 2010.

323 CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Biorreguladores e bioestimulantes na cultura**
324 **do milho.** In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Ed.). Milho: estratégias para alta
325 produtividade. Piracicaba: Esalq/USP/LPV, p.99-115, 2003.

326 CONTE, E. ANGHINONI, I., RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa
327 microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicações de fosfato em solo no sistema
328 plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa-MG, v.26, p.925-930,
329 2002.

330 COSTA, M. G.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.;
331 GAMA-RODRIGUES, E. F.; SALES, M. V. D. S.; ALEIXO, S. Labile and Non-Labile

- 332 Fractions of Phosphorus and Its Transformations in Soil under Eucalyptus Plantations.
333 **Brazil. Forests**, v.7, n.1, 15p, 2016.
- 334 FAHRENHOLTZ, W. G. Clays. In: Shackelford J.F., Doremus R.H. (eds)
335 **Ceramic and Glass Materials**. New York: Springer, 2008. p.111-133.
- 336 FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2005. 183p.
- 337 FERNANDES, A.L.T.; TEIXEIRA, A.M., SANTINATO, R.; SILVA, R.O.
338 Disponibilização de potássio e fósforo em solos de cerrado com a utilização do Penergetic
339 – 5 Safras. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRAS, 40., 2014,
340 Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: Procafe, 2014. 4p.
- 341 FIXEN, P. E.; GROVE, J. H. (1990). Testing soils for phosphorus. In;Westerman,
342 R.L. (Ed) **Soil Testing and Plant Analysis**. 1990. P.141-180.
- 343 GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.;
344 CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de
345 dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,
346 Viçosa-MG, v.32, p1753-1761, 2008.
- 347 GOLDBER, S.; SPOSITO, G. On the mechanism of specific phosphate adsorption
348 by hydroxylated mineral surfaces: a review. **Communications in Soil Science and Plant**
349 **Analysis**, v.16, p.801-821, 1985.
- 350 GRANT, C. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on the environment. In:
351 PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (2010). (Ed.). **Boas práticas para o uso**
352 **eficiente de fertilizantes**: contexto mundial e técnicas de suporte. Piracicaba: IPNI, 2010,
353 p.43-90.
- 354 HUANG, W.; LI, D.; ZHU, Y.; XU, K.; LI, J.; HAN, B.; ZHANG, Y. Phosphate
355 adsorption on aluminum coordinated functionalized macroporous mesoporous silica:
356 surface structure and adsorption behavior. **Materials Research Bulletin**, v.48, n.12,
357 p.4974-4978, 2013.
- 358 SEVERINO, L. S.; RODRIGUES, S. M. M.; CHITARRA, L. G.; LIMA FILHO,
359 J. R. de; CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; ARAGÃO, A. A. **Produto:**
360 **Algodão - Parte 01: Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa,
361 2019. 29 p. (Desafios do agronegócio brasileiro, 3).
- 362 LOKA, D. A., & OOSTERHUIS, D. M. Effect of high night temperatures on
363 cotton respiration, ATP levels and carbohydrate content. **Environmental and**
364 **Experimental Botany**, Fayetteville-NC, v. 68, n.3, p.258-263, 2010.

- 365 LOKHANDE, S. & REDDY, R. Quantifying temperature effects on cotton
366 reproductive efficiency and fiber quality. **Agronomy Journal**, v.106, n.4, p.1275-1282,
367 2014.
- 368 MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São
369 Paulo-SP: Agronômica Ceres, 1981. 594 p.
- 370 MALAVOLTA, E. Mineral nutrition of higher plants: the first 150 yers. In:
371 SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.;
372 FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação**
373 **fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de
374 Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, 1999, p.51-122.
- 375 MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; VILLANI, E.M.A.; LEITE, L.F.C.;
376 GALVÃO, J.C.C. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e
377 consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência**
378 **do Solo**, Viçosa-MG, v.30, p.625-632, 2006.
- 379 MCAULEY, A.; JONES, C.; JACOBSEN, J. Commercial fertilizers and soil
380 amendments. In: Nutrient Management Module No.10. Nutrient Management a self-study
381 course from MSU Extension Continuing Education Series. Montana State University,
382 2009. p.4449-2.
- 383 NASCIMENTO, C. A. C. **Frações de fósforo no solo e aproveitamento de**
384 **fosfatos pela cana-de-açúcar**.2016. Tese (Doutorado). ESALQ-USP, Piracicaba-SP,
385 2016.
- 386 OOSTERHUIS, D.M., JERNSTEDT, J. Morphology and anatomy of the cotton
387 plant. Chapter 2.1 In: SMITH, C.W.; COTHREN, J.T. (Eds.). **Cotton: origin, history,**
388 **techonology and production**. New York: John Wiley & Sons, 1999. p.175-206.
- 389 PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. In: BRADY, N.C.
390 (Ed.) **Advances in Agronomy**, v.30, p.01-46, 1978.
- 391 PENATTI, C. P. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. Itu:
392 Otoni. 2013. 347p
- 393 PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. ed. Unesp. São Paulo-SP. 2008. p.139-160.
- 394 RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Accumulation of soil organic
395 phosphorus by soil tillage and cropping systems under subtropical conditions.
396 **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, p.2339-2354, 2003.
- 397 RITCHIE, G.L. et al. Cotton Growth and Development. Georgia: The University
398 of Georgia – Cooperative Extension. 2007 16f.

399 RODRIGUES, J. C. J. **Algodão no Brasil**: Mudança, Associativismo e
400 Crescimento. In: ELEUSIO CURVELO FREIRE. Associação Brasileira dos Produtores
401 de Algodão (ABRAPA) (Ed.). Algodão no Cerrado do Brasil. 3. ed. Brasília: Positiva,
402 2015. p. 21-38.

403 ROSSI, C. Q. **Matéria orgânica do solo e fósforo orgânico em**
404 **Cronossequência de cana-de-açúcar cultivada no cerrado**. 2013. 89p. Tese
405 (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2013.

406 SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a
407 disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio
408 direto. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 38, p. 576-586, 2008.

409 SILVA, I. P. F.; JUNIOR, J. F. S.; ARALDI, R.; TANAKA, A. A.; GIROTTO,
410 M.; BOSQUÊ, G. G.; LIMA, F. C. C. Estudo das fases fenológicas do algodão
411 (*Gossypium hirsutum*L.). **Revista científica eletrônica de agronomia**, Garça-SP, v.10,
412 n.20, p.1-10, 2011.

413 SILVA, R. dos S. M. Adaptabilidade e estaibilidade fenotípica de linhagens de
414 algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido nordestino. 2019. 77p. Dissertação
415 (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão,
416 2019.

417 SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M.; YURI, J.E.; MOTA, J.H. **Cultura da batata-**
418 **doce**. Lavras: UFLA, 2003. 70p

419 STAUFFER, M. D. & SULEWSKI, G. Fósforo- Nutriente essencial para a vida.
420 In: Informações Agronômicas, n.102 Potafós, 2003.

421 STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. Crop yeld response to
422 water.irrigation and drainage paper. United Nations FAO, Rome. 2012.

423 STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. Respuesta del rendimiento
424 de los cultivos al agua. **Estudio FAO: Riego y Drenaje**. 2014

425 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia do estresse**, 2009. p.613-641.

426 TEIXEIRA NETO, E.; TEIXEIRA NETO, A. A. modificação química de argilas:
427 desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor
428 agregado. **Química Nova**, São Paulo-SP, v. 32, n. 3, 2009.

429 TIECHER, T. **Dinâmica do fósforo em solo muito argiloso sob diferentes**
430 **preparos de solo e culturas de inverno**. 2011. 80p. Dissertação (Mestrado).
431 Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2011.

432 TOCROP. Penergetic. Disponível em: <
433 <http://tocrop.com/penergetic/agricultureandgardens/>> . Acesso: 10 de janeiro de 2021.

434 TOMAZ, H. V. Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de**
435 **açúcar**. 2010. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo,
436 Piracicaba-SP, 2010.

437 TRENTIN, E.; SILVEIRA, A. O.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.;
438 STEFFEN, R.; CLASEN, B. E.; STEFFEN, G.P.K.; BASSACO, A. C. Efeito
439 bioestimulador do penergetic na atividade microbiana e qualidade do solo. In: FERBIO,
440 2014. Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologias para todos, 2014.

441 ULLAH, K.; KHAN, N.; USMAN, Z.; ULLAH, R.; SALEEM, F.Y.; SHAH,
442 S.A.I.; SALMAN, M. Impact of temperature on yield and related traits in cotton
443 genotypes. **Journal of Integrative Agriculture Advance Online Publication**. v.15, n.3,
444 p.678-683, 2015.

445 VALADÃO JÚNIOR, D.; BERGAMIN, A.; VENTUROSO, L.;
446 SCHLINDWEIN, J.; CARON, B.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja
447 em rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba-PR, v.9, n.3, p.379-365, 2008.

448 VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do
449 algodoeiro. In: VIDAL NETO, F das C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Eds.) **Melhoramento**
450 **genético de plantas no Nordeste**. Brasília, DF: Embrapa, 2013 p. 49-84.

451 VIDAL NETO, F. D. C., & Freire, E. C. (2013). Melhoramento genético do
452 algodoeiro. *Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

453 VITTI, G.C. Eficiência agronômica de termofosfatos e fosfatos alternativos. In:
454 SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003,
455 Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2003.

456 VU, D. T.; TANG, C.; ARMSTRONG, R. D. Changes and availability of P
457 fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean
458 climate. **Plant and Soil**, v.304, p.21-34, 2008.

459

460

461

462

463

464

465 **CAPÍTULO II - FERTILIZANTES FOSFATADOS E BIOATIVADOR NA**
466 **FENOLOGIA DO ALGODOEIRO.**

467

468 **Resumo -**

469 Objetivou-se com esse trabalho avaliar fertilizantes fosfatados e bioativador na
470 fenologia do algodoeiro. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual de Mato
471 Grosso do Sul. A cultivar utilizada foi a FMT 701 com espaçamento entrelinhas 0,90
472 m. Foram realizados dois experimentos, um com baixo teor de fósforo e o outro com
473 alto teor de fósforo, ambos com delineamento experimental de blocos casualizados em
474 esquema fatorial (3x5). Nos experimentos I e II, utilizou-se doses de dois fertilizantes
475 (superfosfato triplo e termofosfato magnésiano) e bioativador. Os dados foram
476 submetidos ao teste W para normalidade e a análise de variância. Foram calculados
477 índices de filocrono, antocrono e carpocrono. Observou-se no experimento I que o
478 fertilizante termofosfato magnésiano interferiu na mudança fenológica, e que com a
479 antecipação do surgimento de botão floral, flor, maçã e capulho a produtividade foi
480 influenciada de maneira positiva. No experimento II a fenologia não foi alterada pelos
481 insumos, e a produtividade só foi alterada positivamente quando ocorreu a antecipação
482 do surgimento da flor. Em solos com alto teor de P o aparecimento de capulhos é
483 influenciado pela aplicação de termofosfato magnésiano. O aumento das doses de
484 termofosfato magnésiano influenciou na antecipação do surgimento do capulho.

485 **Palavras-chave** – adubo fosfatado, superfosfato triplo e termofostato.

486

487

488

489

490 **Abstract -**

491 The objective of this work was to evaluate phosphate fertilizers and bioactivator in cotton
492 phenology. The study was conducted at the State University of Mato Grosso do Sul. The
493 cultivar used was FMT 701 with 0.90 m between row spacing. Two experiments were
494 carried out, one with low phosphorus content and the other with high phosphorus content,
495 both with a randomized block design in a factorial scheme (3x5). In experiments I and II,
496 doses of two fertilizers (triple superphosphate and magnesium thermophosphate) and
497 bioactivator were used. Data were submitted to the W test for normality and analysis of
498 variance. Phyllochron, anthochron and carpochron indices were calculated. It was
499 observed in experiment I that the magnesium thermophosphate fertilizer interfered with
500 the phenological change, and that with the anticipation of the emergence of flower bud,
501 flower, apple and boll, yield was positively influenced. In experiment II, the phenology
502 was not altered by the inputs, and the productivity was only positively altered when the
503 flower appearance was anticipated. In soils with high P content, the appearance of bolls
504 is influenced by the application of magnesium thermophosphate. The increase in the
505 doses of magnesium thermophosphate influenced the anticipation of the appearance of
506 the boll.

507

508 **Key-Words** – phosphate fertilizer, triple superphosphate and thermostat.

509

510

511

512 1. INTRODUÇÃO

513 A cultura do algodoeiro tem grande importância socioeconômica, sendo uma das
514 maiores fontes de riqueza no setor agropecuário, representando mais de 60% dos insumos
515 têxteis em nosso país, a sua pluma é considerada a mais importante fibra têxtil natural
516 pela diversidade de uso e qualidade de aplicação, cuja utilização abrange a indústria têxtil,
517 farmacêutica e produção de celulose (VIDAL, 2006).

518 No cultivo do algodoeiro herbáceo a descrição das fases fenológicas é de suma
519 importância para a orientação do manejo cultural da espécie. Segundo Shah et al. (2010)
520 a alteração das fases de desenvolvimento é extremamente influenciável pela cultivar
521 alocada, por fatores edafoclimáticos e pela nutrição das plantas.

522 O padrão de crescimento e frutificação do algodoeiro é variável em virtude de que
523 seu crescimento é indeterminado possibilitando a ocorrência do crescimento vegetativo e
524 reprodutivo sincronicamente (BOLEK, 2007). Segundo Araújo (2013) a fenologia e a
525 produção estratificada em função da posição do fruto influenciam de sobremaneira na
526 produtividade final, sendo que um dos fatores que podem causar estas modificações é a
527 nutrição das plantas, especialmente a nutrição fosfatada.

528 Os solos do Cerrado apresentam limitações de ordem química, que podem limitar
529 desenvolvimento adequado das plantas, com destaque para os baixos teores de nutrientes
530 e a elevada capacidade de adsorção de fosfato. Em solos ácidos e com baixos teores de
531 fósforo (P), este nutriente limita a produtividade das culturas (LANA et al., 2004).

532 Atualmente a tecnologia de bioativadores do solo é compreendida por ácidos
533 orgânicos e inorgânicos de baixo peso molecular, sendo que sua função principal seria a
534 liberação de micro e macronutrientes (MORAIS et al., 2015).

535 Sendo assim, com um manejo integrado e utilizando tecnologias de bioativação é
536 possível acelerar a interação entre as raízes das plantas com os microorganismos presentes
537 no solo (GONÇALVES & DINIZ, 2008).

538 Uma das formas de fornecimento de P para as plantas são aplicações via
539 superfosfato triplo (ST), que tem maior reatividade e apresenta alta eficiência e
540 termofosfato magnésiano (TM), que é um fertilizantes resultante do tratamento químico
541 de rochas fosfatadas. (SANTOS, et al., 2008, VITTI et al., 2003).

542 Uma modo de relacionar o desenvolvimento vegetal, quantificado pela variável
543 aparecimento de folhas na planta com a soma térmica é dada através do conceito do
544 filocrono (ROSA et al., 2009). Já o termo antocrono foi proposto por Schwab et al. (2014),

545 que representa o intervalo de tempo de abertura entre flores sucessivas com unidade de
 546 tempo por flor. O carpocrono é índice que representa o tempo que a planta precisa para
 547 emitir um novo fruto.

548 O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de doses
 549 de fertilizantes fosfatados e bioativador, em solos com alto e baixo teor de P, sobre a
 550 fenologia do algodoeiro.

551 2. MATERIAL E MÉTODOS

552 O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
 553 (UEMS), Unidade Universitária de Aquidauana, com coordenadas geográficas 20°28' S,
 554 55°40' W e altitude média de 207 metros, o clima é classificado, segundo Köppen, como
 555 Aw (tropical com inverno seco), com precipitações anuais oscilando em torno de 1200
 556 mm (havendo concentração de chuvas de novembro a fevereiro), em um solo do tipo
 557 Argissolo Vermelho distrófico, A moderado, textura média/argilosa.

558 Inicialmente, amostras compostas de solo, formadas a partir da coleta de 20
 559 subamostras, foram coletadas na camada de 0 – 20 e de 20 – 40 cm de profundidade e
 560 submetidas a análises químicas para fins de fertilidade (Embrapa,1997) e análise
 561 granulométrica (Tabela 1 e 2).

562 O experimento foi executado em duas áreas diferentes, sendo que, uma
 563 apresentava alta concentração de fósforo (75 mg dm⁻³), denominada experimento I, e
 564 outra com baixa concentração de fósforo (6 mg dm⁻³), denominada experimento II.

565

566 **Tabela 1.** Análise química do solo das áreas experimentais.

A/P	pH	P	MO	K	Ca	Mg	Al+H	Al	SB	T	V
cm		mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							%
Exp I/0-20	5,14	75	16,02	0,30	2,65	1,10	1,61	0,00	4,05	5,66	72
Exp I/20-40	4,79	23	11,63	0,22	2,45	0,95	1,75	0,10	3,62	5,37	67
Exp II/0-20	4,46	6	14,54	0,23	1,75	1,00	2,26	0,19	2,98	5,24	57
Exp II/20-40	4,16	10	10,86	0,16	1,40	0,70	2,48	0,44	2,26	7,74	48

567 A/P (área e profundidade amostrada) = Exp I (Experimento I) e Exp II (Experimento II),
 568 com profundidade das amostras em cm; pH (CaCl₂).

569

570

571

572

573

574 **Tabela 2.** Análise granulométrica do solo das áreas experimentais.

Área	Profundidade	Areia	Silte	Argila
	cm	-----g kg ⁻¹ -----		
Experimento I	00-20	690	60	250
Experimento I	20-40	620	100	280
Experimento II	00-20	650	140	210
Experimento II	20-40	620	130	250

575

576 Para ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos
577 casualizados, em esquema fatorial 3x5, sendo dois fertilizantes fosfatados e um
578 bioativador do solo, e cinco doses, em quatro repetições.

579 No experimento I, foram utilizados o superfosfato triplo (ST) com doses de 0, 72,
580 143, 214 e 286 kg ha⁻¹ (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente), o
581 termofosfato magnésiano com doses de 0, 133, 267, 533, 1067 kg ha⁻¹ (0, 30, 60 ,90 e
582 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente) e o bioativador do solo – BIO (Penergetic®) com
583 dose de 0, 300, 600, 900 e 1200 g ha⁻¹.

584 No experimento II, foram utilizados o ST com doses de 0, 72, 143, 214 e 286 kg
585 ha⁻¹ (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente), o TM com doses de 0, 133,
586 267, 533, 1067 kg ha⁻¹ (0, 30, 60 ,90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente) e o BIO com
587 dose de 0, 240, 480, 960 e 1920 g ha⁻¹.

588 Realizou-se a soma em graus dias dos experimentos I e II, onde foi considerado a
589 temperatura basal do algodoeiro de 12,5° C até o surgimento do primeiro botão floral, e
590 13° C até o final do ciclo. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte equação:

$$591 \quad GD = \frac{TM+Tm}{2} - Tb \quad \text{Equação 1}$$

592 Sendo que GD = graus-dia, °C; TM = temperatura máxima do dia, °C; Tm =
593 temperatura mínima do dia, °C; Tb = temperatura basal, °C. Os resultados obtidos estão
594 descritos nas Figuras 1 e 2.

595 Para calcular a soma térmica acumulada (Sta), somaram-se as GD, ou seja, Sta =
596 $\sum GD$.

597

598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613

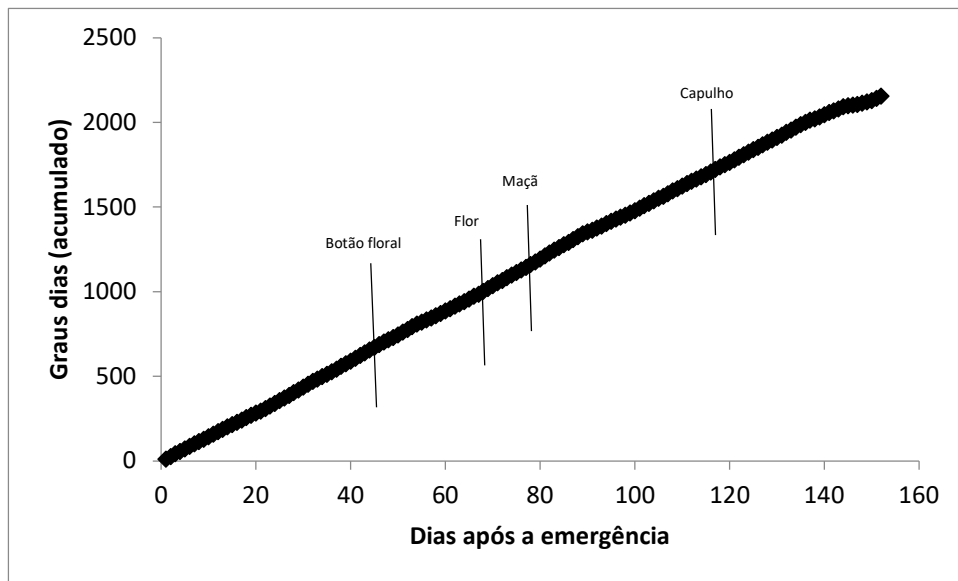


Figura 1. Graus dias acumulado do experimento I.

614
615
616

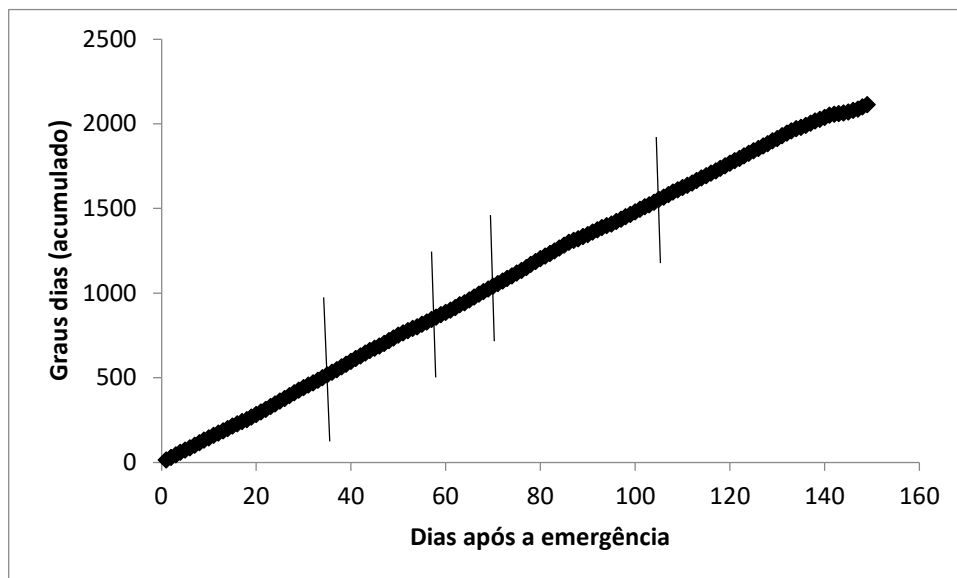


Figura 2. Graus dias acumulado do experimento II.

617
618

619 Foi realizado o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), com coleta de dados da
620 estação meteorológica, de acordo com o q, utilizando a seguinte equação:

$$621 \quad CAD = \frac{(CC\% - PMP\%)}{100} * Dg * Z \quad \text{Equação 2}$$

622 CC%=capacidade de campo, em %

623 PMP% = umidade do ponto de murcha, em %

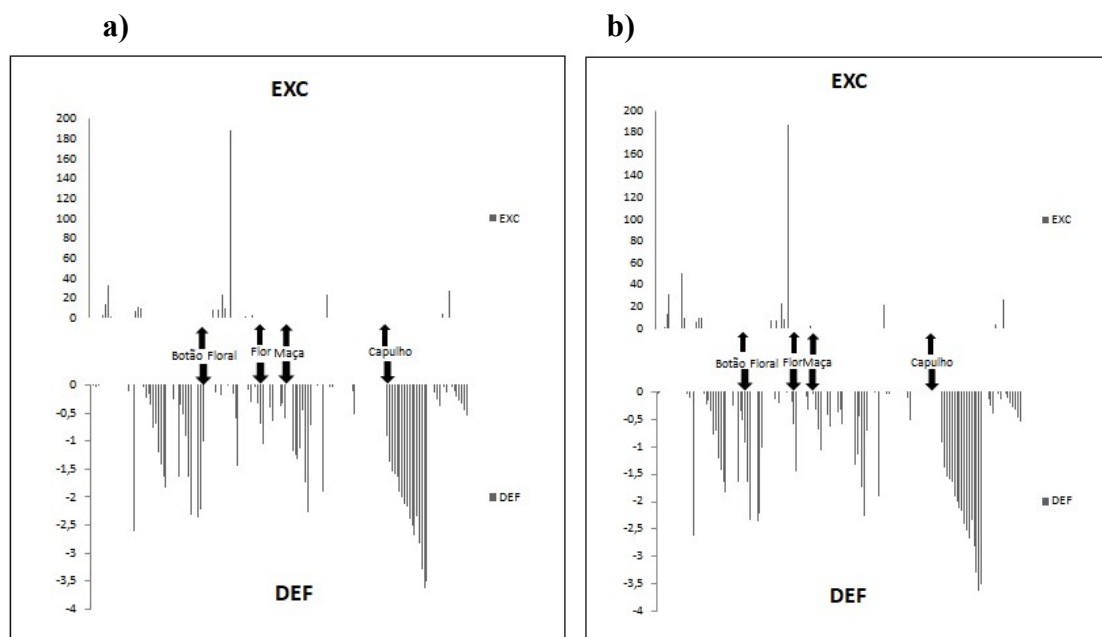
624 Dg = massa específica do solo

625 Zr = profundidade específica do sistema radicular, em mm

626

627 Os dados referentes as características do solo estão apresentados em Belchior et
 628 al. (2016) e os métodos de cálculo do BHC realizados conforme descrito em Jung et al.
 629 (2017). A evapotranspiração da cultura foi determinada utilizando-se o coeficiente de
 630 cultura, que variou de acordo com sua fenologia, sendo a fase vegetativa de 0,35 a 1,15,
 631 a fase compreendida entre o aparecimento do primeiro botão floral até o primeiro capulho
 632 de 1,15 e a fase do aparecimento dos capulhos até a colheita de 1,15 a 0,70 (ALLEN et
 633 al. 1998).

634



635

636 **Figura 3.** Balanço hídrico climatológico com dados referente às datas de emergência a
 637 colheita do Experimento I (a) e Experimento II (b).

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

A lavoura de algodão (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) foi implantada em dezembro/2017, período de melhor desenvolvimento em Aquidauana, sendo utilizada a cultivar FMT 701, com ciclo aproximadamente de 160 dias. O espaçamento entrelinhas do algodoeiro foi de 0,90 m. Durante a semeadura, foram distribuídas manualmente 15 sementes por metro, e após duas semanas da emergência das plantas realizou-se o desbaste para a seleção das plantas mais vigorosas e ajuste da densidade, deixando de 8 a 12 plantas por metro linear.

O método utilizado para o controle de plantas daninhas foram os herbicidas, Fusilade 250 EW (i.a Fluzifope-p-butil 250 g/L) e Staple 280 CS (i.a Piritiobaque-sódico 280 g/L), para insetos-pragas os inseticidas, Engeo Pleno (i.a 141 g/L Tiametoxam

651 e 106 g/L Lambda-cialotrina), Ampligo (i.a Clorantraniliprole 100 g/L e Lambda-
652 Cialotrina 50 g/L) e para patógenos os fungicidas Orkestra SC (i.a Piraclostrobina 333
653 g/L e Fluxapiroxade 167 g/L) e Sphere Max (i.a Ciproconazol 160 g/L e Trifloxistrobina
654 375 g/L). A aplicação de regulador de crescimento foi realizado com o produto Pix HC
655 (i.a Cloreto de mepiquate 250 g/L).

656 A adubação foi realizada de acordo com os resultados da análise do solo. A
657 aplicação do nitrogênio foi feita em duas vezes, sendo cada aplicação de 50 kg ha⁻¹,
658 totalizando 100 kg ha⁻¹ de N, fornecido na fonte de uréia. A adubação potássica foi
659 realizada em duas aplicações, 25 e 56 DAE, com cloreto de potássio, onde se aplicou 50
660 kg ha⁻¹ de K,

661 Os dados relacionados à fenologia da planta foram coletados a campo de acordo
662 com a classificação estipulada por Marur e Ruano (2001), inserindo-se a fase denominada
663 maçã, observando em dias os diferentes estágios de desenvolvimento da planta submetida
664 a cada tratamento utilizado. Semanalmente avaliaram-se a altura das plantas e a contagem
665 das estruturas vegetativas e reprodutivas (folhas, botões florais, flores, maçãs e capulhos)
666 em cada parcela.

667 Aos 157 DAE, foi realizada a colheita manual dos capulhos das 3 linhas centrais
668 de cada parcela, em seguida, foram selecionados 20 capulhos e enviados ao Laboratório
669 de Nutrição de Plantas onde foi realizada a pesagem para determinação do peso médio.

670 Os dados foram submetidos ao teste W para normalidade (SHAPIRO E WILK,
671 1961) e, a análise de variância foi realizada com auxílio do software SAS®. Para os
672 efeitos de doses, quando existentes, realizou-se análise de regressão. A comparação entre
673 produtividade e fenologia foi realizada pela correlação de Pearson ($\alpha = 0,05$).

674 As estimativas do filocrono, antocrono e carpocrono foram realizadas pelo inverso
675 do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas acumuladas e o Sta
676 número de flores e dias após a emergência, número de frutos (maçãs) e dias após a
677 emergência (XUE et al., 2004, SCHWAB et al., 2014).

678 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

679 3.1.Experimento I.

680 A relação entre os números de folhas acumuladas na planta do algodoeiro e os
681 dias após a emergência foi linear para todos as doses do BIO, apresentando $R^2 > 0,95$. Os
682 valores de filocrono ficaram próximos a 1 dia folha⁻¹. A dose de 300 g ha⁻¹ foi a que
683 apresentou o menor filocrono (0,87 dia folha⁻¹) (Figura 5). Isso demonstra que é

684 necessário menos de um dia para o surgimento de uma nova folha nessa dose, ademais as
685 outras doses apresentaram índice filocrono próximo a 1 dia folha⁻¹

686 A relação entre os números de folhas e a soma térmica acumulada também foi
687 linear para todas as doses do bioativador, com $R^2 > 0,98$ (Figura 6). Assim como no índice
688 de filocrono calculado em dias, a dose de 300 g ha⁻¹ apresentou o índice mais baixo de
689 filocrono (28,9°C dia), as demais doses permaneceram com índices próximos a 30°C dia,
690 exceto a de 900 g ha⁻¹, que necessitou de maior soma térmica na emissão de folhas
691 (36,36°C dia). Desse modo, a planta necessita de uma menor soma térmica acumulada
692 para gerar uma folha quando a dose de 300 g ha⁻¹ é aplicada, o que reflete diretamente no
693 índice em dias na mesma dose.

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

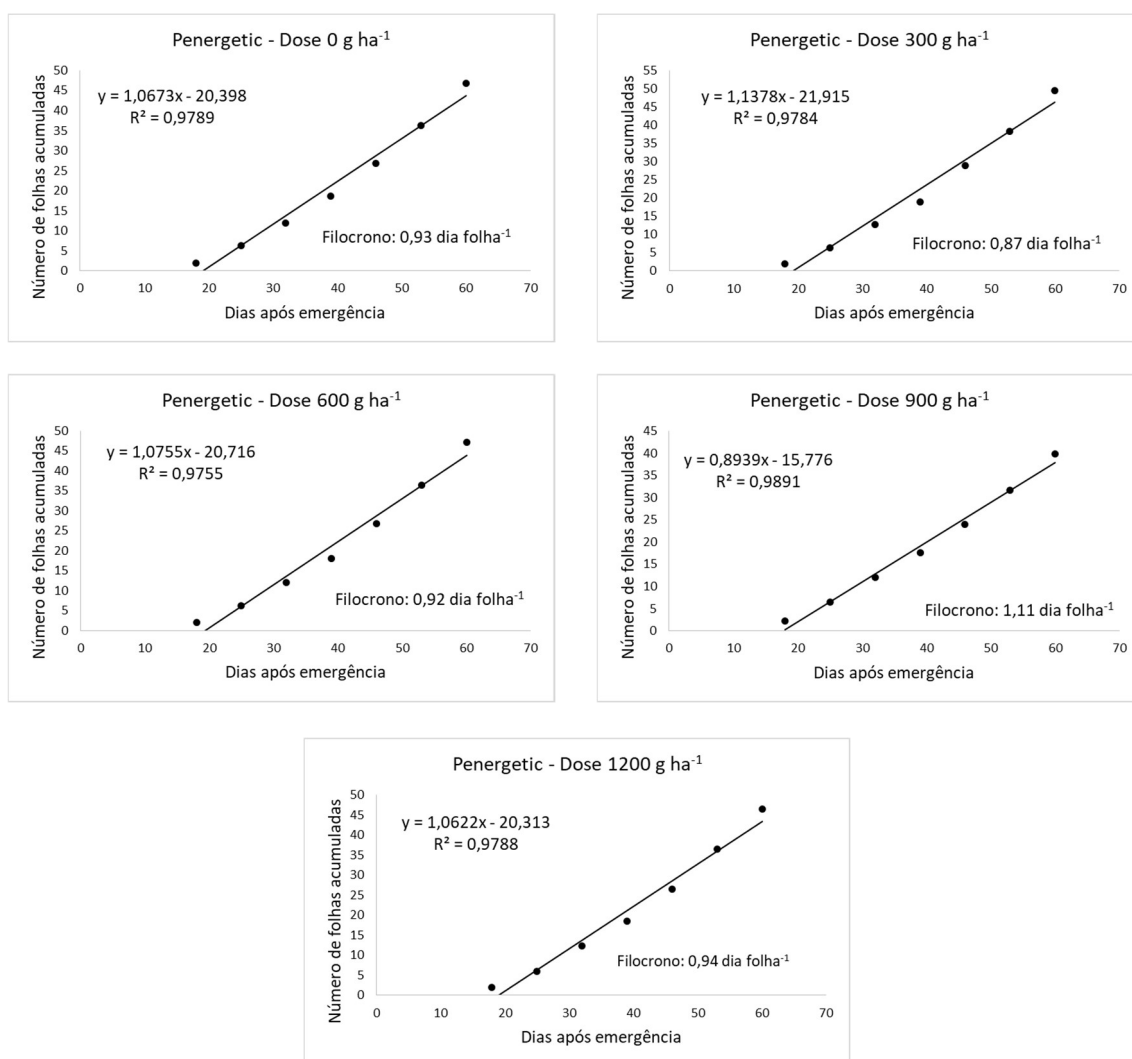
718

719

720

721

722



723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

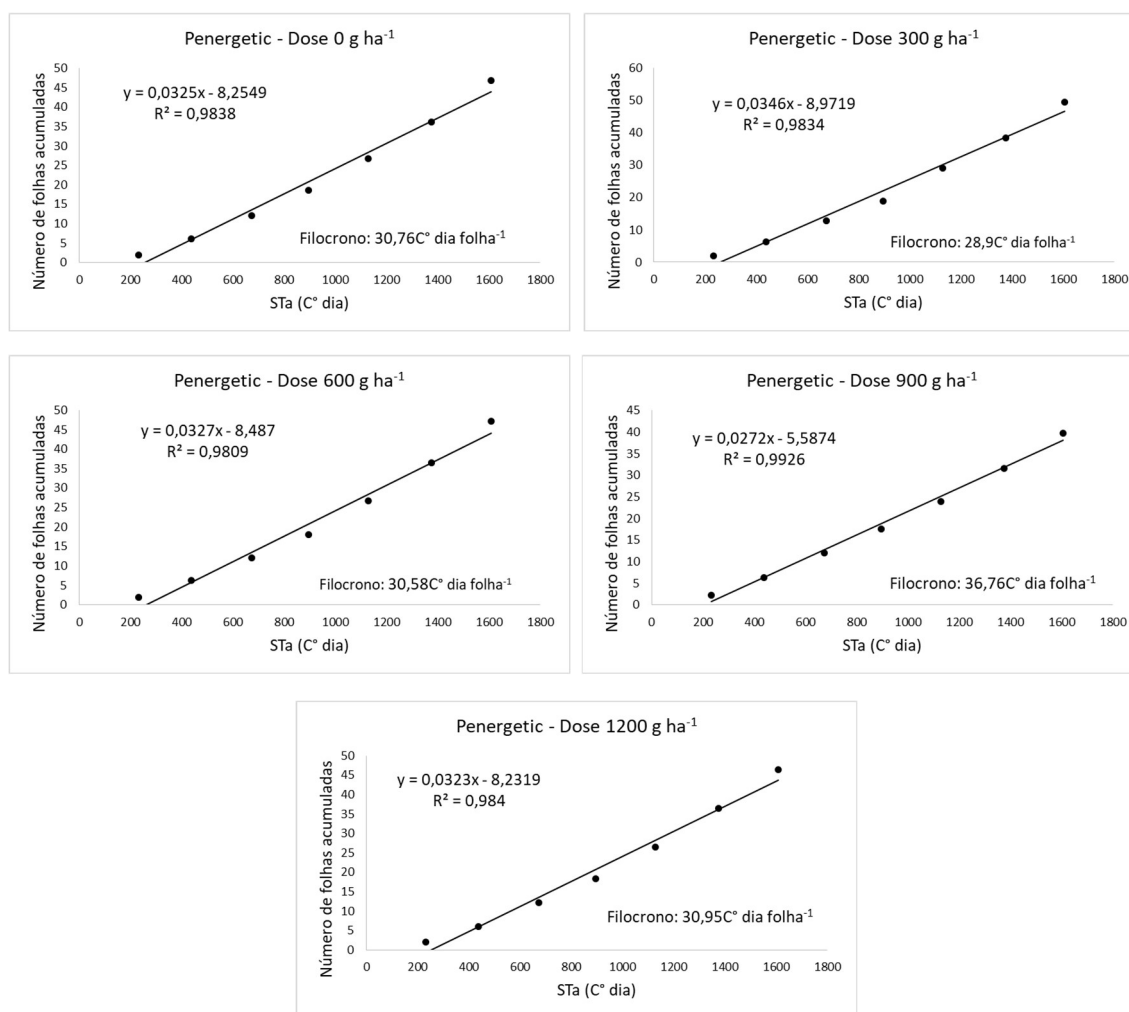
736

737

738

739

Figura 5. Relação entre o número de folhas acumuladas e dias a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Penergetic na cultura do algodoeiro.



740

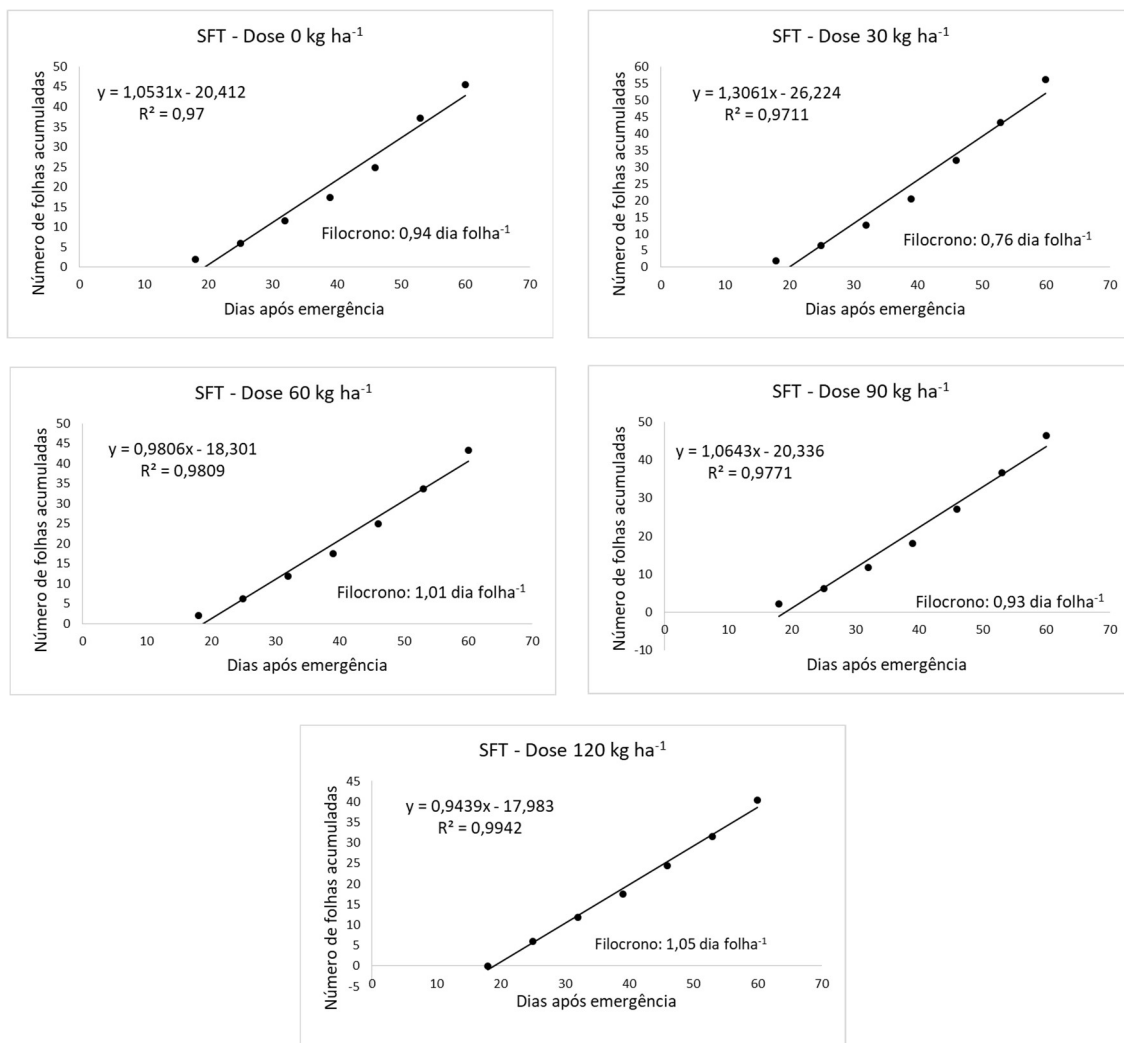
741 **Figura 6.** Relação entre o número de folhas acumuladas e a soma térmica
 742 acumulada (Sta) a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de
 743 filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Penergetic na cultura do algodoeiro.

744

745 Os tratamentos com doses de ST não apresentaram variações nos índices de
 746 filocromo, ficando a próximo de 1 folha dia⁻¹, exceto a dose de 30 kg ha⁻¹ que apresentou
 747 índice baixo (0,76 dia folha⁻¹). Sendo assim, é necessário 1 dia para surgir uma nova folha
 748 na planta. Valores elevados de R² (acima de 0,95) da regressão entre o número de folhas
 749 acumuladas e dias foram obtidos em todas as doses utilizadas (Figura 7).

750 Diferentemente dos índices de filocromo em dias, os valores de ST calculados
 751 com a soma térmica acumulada apresentaram variações entre as doses. A dose que
 752 apresentou o menor índice foi a de 30 kg ha⁻¹ (25,12°C dia) e a com o maior índice foi a
 753 de 120 kg ha⁻¹ (35,97°C dia). Observa-se que o coeficiente de determinação foi alto para
 754 em todas as doses (R²>0.97). Portanto, com a menor dose de ST a planta antecipou a
 755 emissão de folha em relação as demais doses (Figura 8).

756



757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

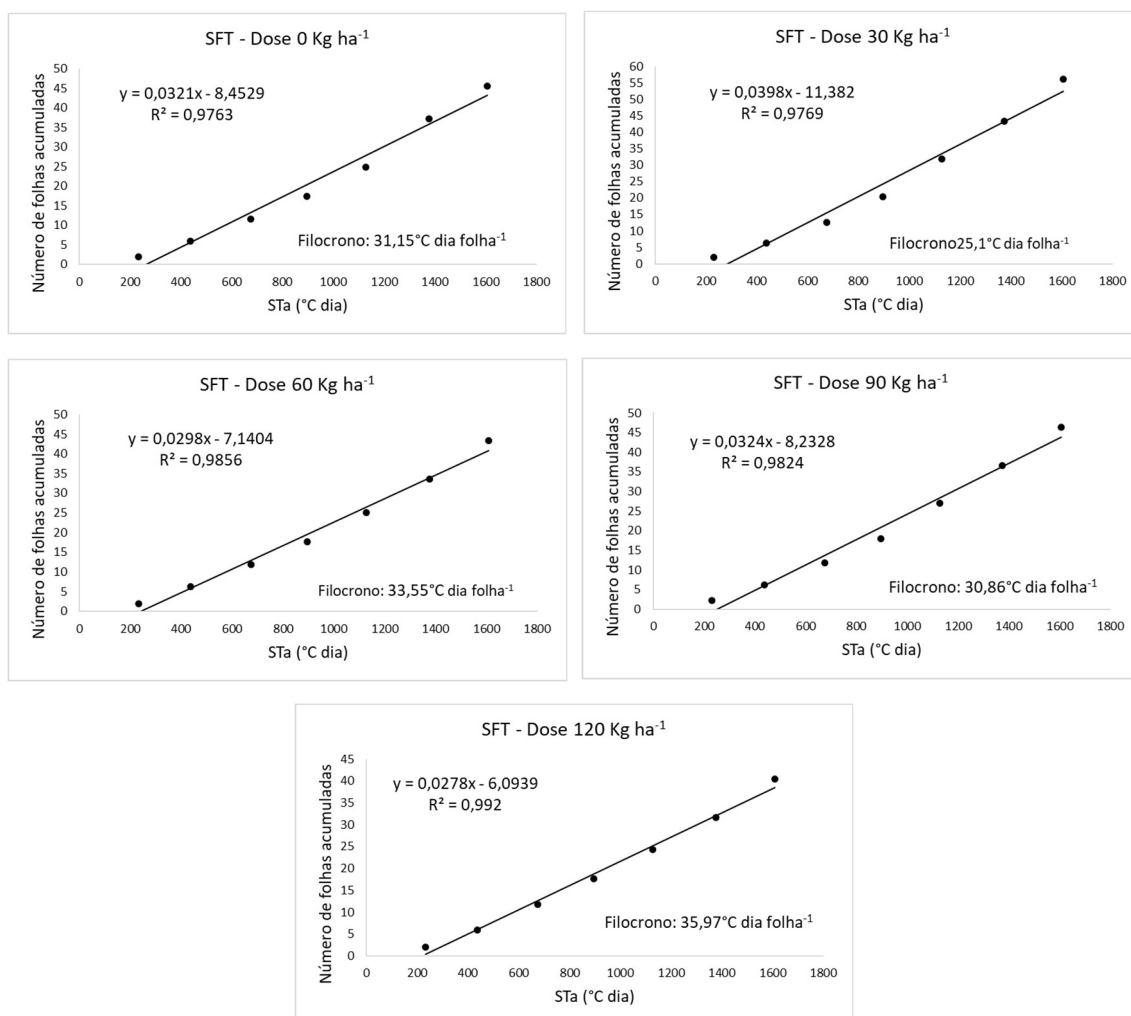
767

768

769

Figura 7. Relação entre o número de folhas acumuladas e dias a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de superfosfato triplo (SFT) na cultura do algodoeiro.

770



771

772

773

774

775

776

777

778

779

Figura 8. Relação entre o número de folhas acumuladas e a soma térmica acumulada (Sta) a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P_2O_5 de Superfosfato triplo (SFT) na cultura do algodoeiro.

780

781

782

783

784

785

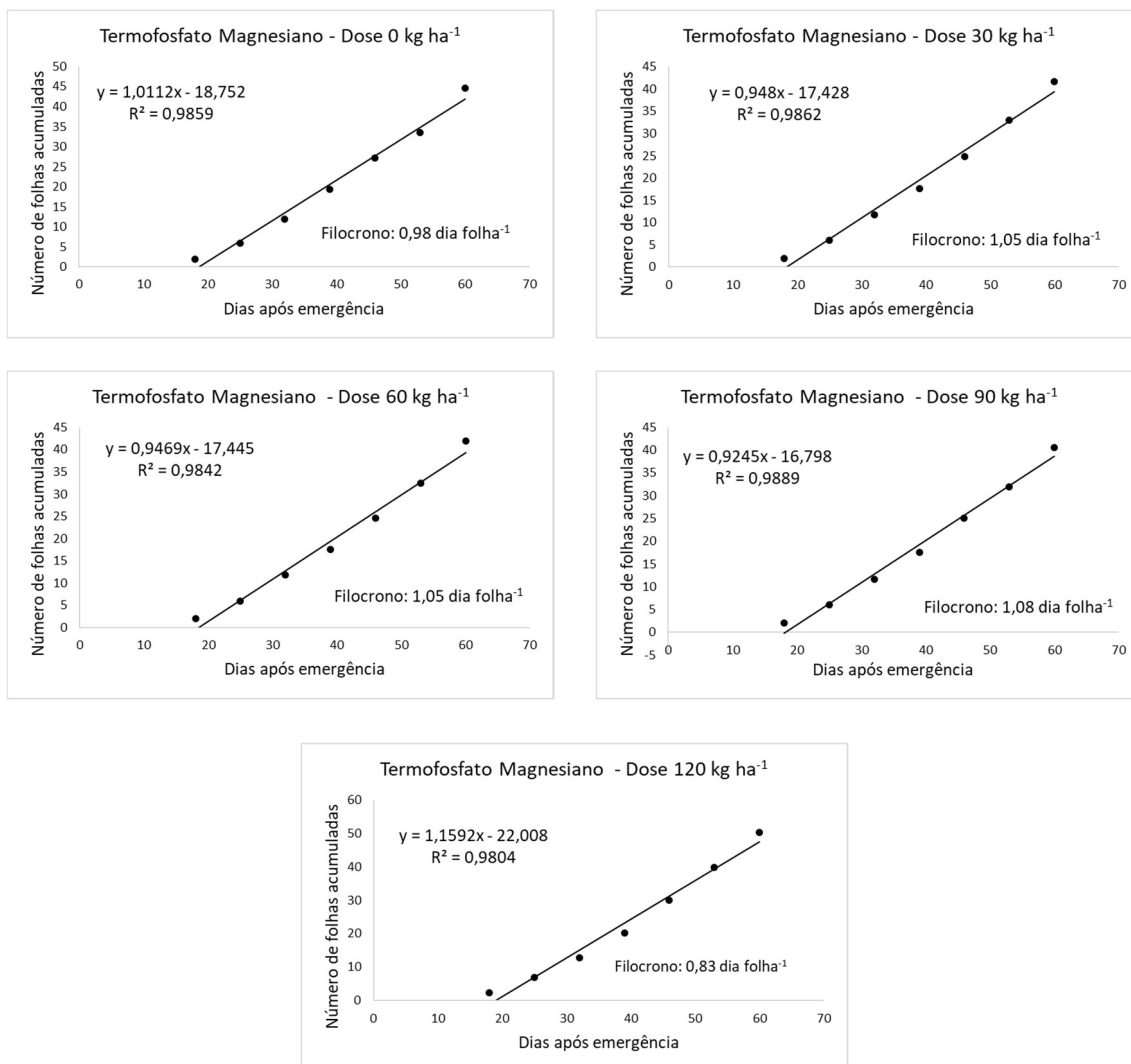
786

787

No tratamento com TM, a dose de 120 kg ha^{-1} foi a que teve o menor índice de filocrono ($0,83 \text{ dia folha}^{-1}$), em contraste, a dose de 90 kg ha^{-1} apresentou índice de $1,08 \text{ dia folha}^{-1}$. Os coeficientes de determinação foram altos ($R^2 > 95$) (Figura 9).

Consoante, a dose com o menor índice relacionado a soma térmica acumulada foi a de 120 kg ha^{-1} ($28,16^\circ\text{C dia}$). As outras doses se mantiveram com índice próximo a 35°C dia . Dessa forma, quando se aplica uma dose de 120 kg ha^{-1} de TM, a planta necessita de menos dias e menor acúmulo de energia térmica para gerar uma folha. Entretanto, para as demais doses, a emissão de folhas é mais lenta (Figura 10).

788



789 **Figura 9.** Relação entre o número de folhas acumuladas e dias a partir da
 790 emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de
 791 P_2O_5 de Termofosfato Magnésiano na cultura do algodoeiro.
 792

793

794

795

796

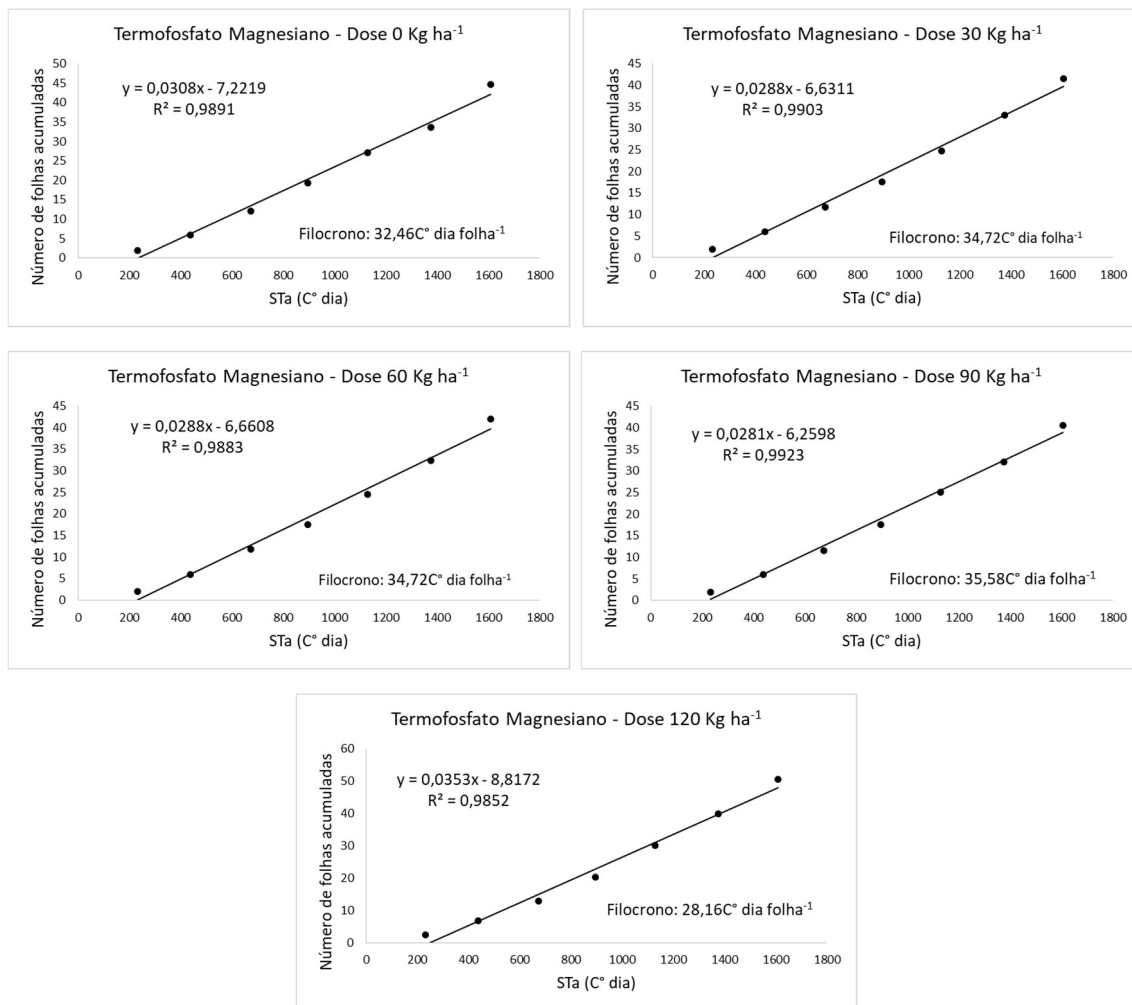
797

798

799

800

801



802
803
804
805
806

Figura 10. Relação entre o número de folhas acumuladas e a soma térmica acumulada (Sta) a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Termofosfato Magnésiano na cultura do algodoeiro.

807
808
809
810
811
812
813
814

Desse modo, pelos índices de filocrono (dias e soma térmica acumulada), foi identificado a necessidade de 1 dia com temperatura próxima a 30°C para a planta emitir uma nova folha. Isso é explicado pois a partir da 3ª semana após a emergência, as variações de temperatura influenciam o desenvolvimento do algodoeiro, sendo necessárias temperaturas diurnas de 30°C e noturnas de noturnas de 20°C. (REDDY et al., 1992). Segundo Loka & Oosterhius (2010), altas temperaturas têm aumento significativo na respiração, o que causa a redução no nível de ATP e de teores de carboidrato das folhas do algodoeiro.

815
816
817

Além disso, a explicação das doses das duas fontes de P e do bioativador apresentarem valores semelhantes de filocrono deve-se ao fato de que os teores de P no solo da área do experimento estavam elevados. Dessa forma, como existiam altos teores

818 de P no solo, as aplicações via fertilizantes incrementaram possivelmente o crescimento
819 e desenvolvimento do sistema radicular. Assim, segundo Rosolem (2001), o algodoeiro
820 apresenta crescimento lento da parte aérea e rápido crescimento do sistema radicular até
821 aproximadamente 38 dias.

822 O índice antocrono serve como parâmetro que representa o intervalo de tempo
823 para abertura floral das plantas (SCHWAB et al., 2014). Diante disso, tanto as fontes de
824 P e o bioativador quanto as suas doses apresentaram relação entre o números de folhas e
825 dias após a emergência na cultura do algodoeiro.

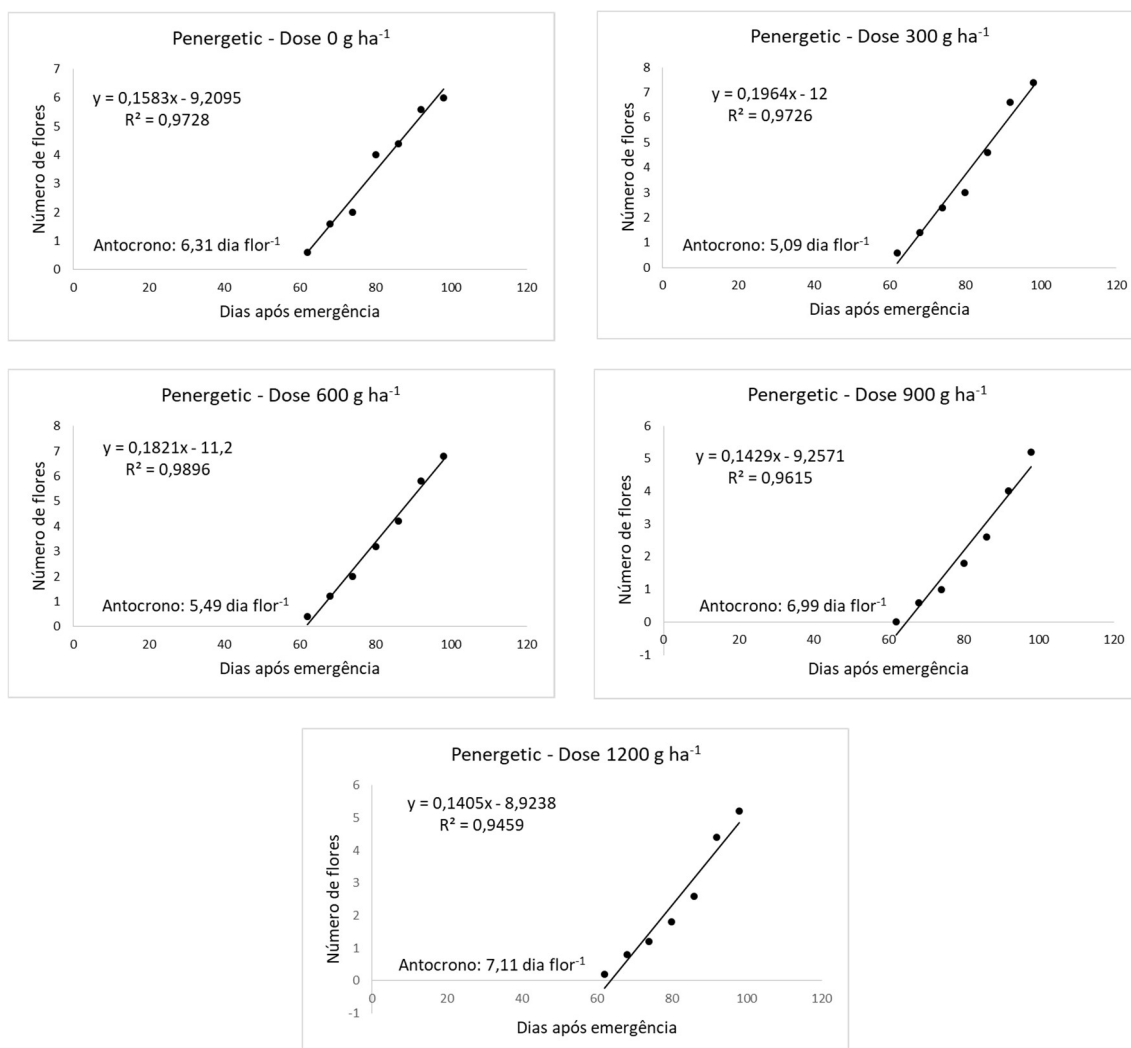
826 Por meio da regressão linear (Figura 11), observou-se que houve variação nos
827 valores do antocrono com a aplicação das diferentes doses do bioativador Penergetic. O
828 menor índice foi encontrado na dose de 300 g ha⁻¹ (5,09 dia flor⁻¹), apresentando alto
829 coeficiente de determinação ($R^2=0,97$).

830 A dose de 1200 apresentou o maior índice (7,11 dia flor⁻¹) (Figura 11). Isso
831 demonstra que para a planta emitir uma nova flor, são necessários 5 dias, quando aplicado
832 a dose de 300 g ha⁻¹, com isso há diferença de dois dias para a dose mais elevada, que
833 necessita de aproximadamente 7 dias. Essa diferença pode ser explicada pela maior
834 quantidade de flores que a planta emitiu com a dose de 300 g ha⁻¹ aplicada quando
835 comparada com a dose máxima fornecida. Portanto, identificou-se que a dose de 300 g
836 ha⁻¹ foi suficiente para reduzir o número de dias para que uma nova flor seja emitida pela
837 planta.

838

839

840

841
842

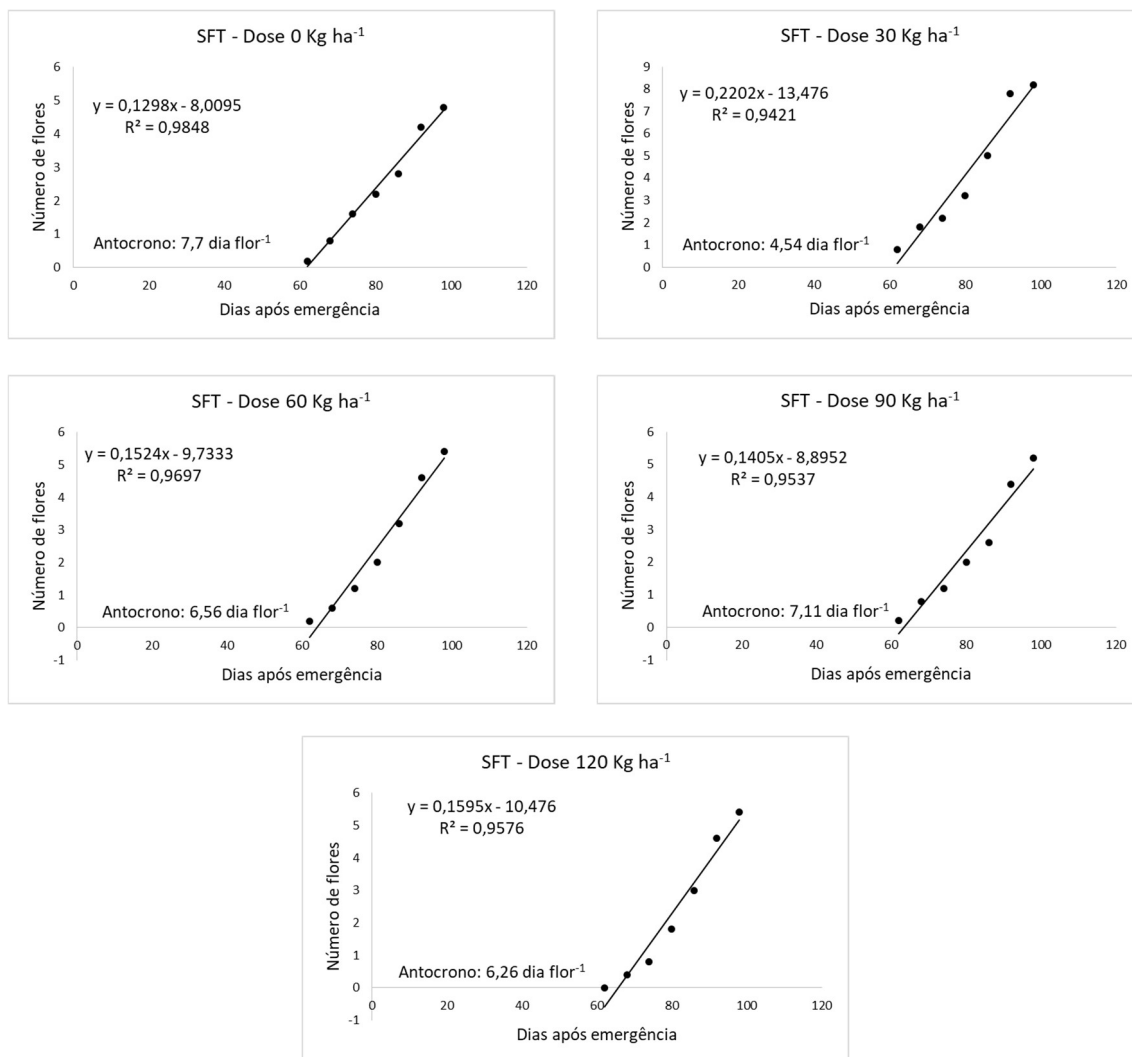
843 **Figura 11.** Relação entre o número de flores e dias a partir da emergência utilizada
 844 para estimativa do índice de antocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Pengergetic
 845 na cultura do algodoeiro.
 846

847 Observa-se que, com a regressão linear simples há relação entre o número de
 848 flores e dias quando foi aplicado doses do fertilizante ST, gerando coeficiente de
 849 determinação acima de 0,94. A dose que resultou em um menor índice de antocrono foi
 850 a de 30 kg ha⁻¹ (4,54 dia flor⁻¹), isso mostra que há antecipação na emissão de uma nova
 851 flor na cultura do algodoeiro (Figura 12). Esse índice pode ser explicado pois cultura
 852 apresentou 3 flores a mais quando foi aplicada essa dose, diferentemente das outras.
 853 Contudo, as demais doses apresentaram valores de antocrono variando entre 6 e 7 dias
 854 flor⁻¹.

855 Destaca-se o alto teor de fósforo encontrado no solo da área experimental, isso
856 pode justificar o menor índice de antocrono aplicado com a dose de 30 kg ha^{-1} , pois como
857 o solo apresentava teores adequados de P, a dose foi suficiente para suprir a necessidade
858 da planta em emitir novas flores. É necessário destacar a solubilidade do fertilizante
859 utilizado, pois quando o P é aplicado, rapidamente uma parte entra em equilíbrio com o
860 solo, e outra parte a planta absorve. Ademais, observa-se que foi a dose que apresentou
861 menor índice quando comparados com as outras fontes e doses estudadas.

862 Outro fator de importância é a exigência da planta por nutrientes, segundo Schwab
863 et al., (2000), o florescimento pleno corresponde ao período de maior demanda
864 nutricional, além de que é o período em que a taxa de crescimento radicular é máxima,
865 sendo o fósforo o nutriente que auxilia no desenvolvimento e no crescimento de raízes.
866 Além disso, cerca de 21 a 35% do total de P é acumulado durante as duas primeiras
867 semanas do florescimento (FURLANI Jr. et al., 2001).

868



869

870

871

872

873

874

875

As regressões lineares para as doses aplicadas de TM no solo apresentaram $R^2 > 95$,

876

isso demonstra que houve relação entre o número de flores e os dias após a emergência

877

(Figura 13). Os índices de antocrono, assim como as outras fontes, variaram com as doses

878

aplicadas. A maior dose aplicada resulta em um menor número de dias para que a planta

879

emita uma nova flor (4,77 dia flor⁻¹).

880

A menor dose aplicada foi a que apresentou o maior índice (7,5 dia flor⁻¹) (Figura

881

13). Isso pode ser justificado pela forma em que o P aplicado por essa fonte se comporta

882

no solo. O TM possui baixa reatividade, por isso sua liberação acontece ao longo do

883

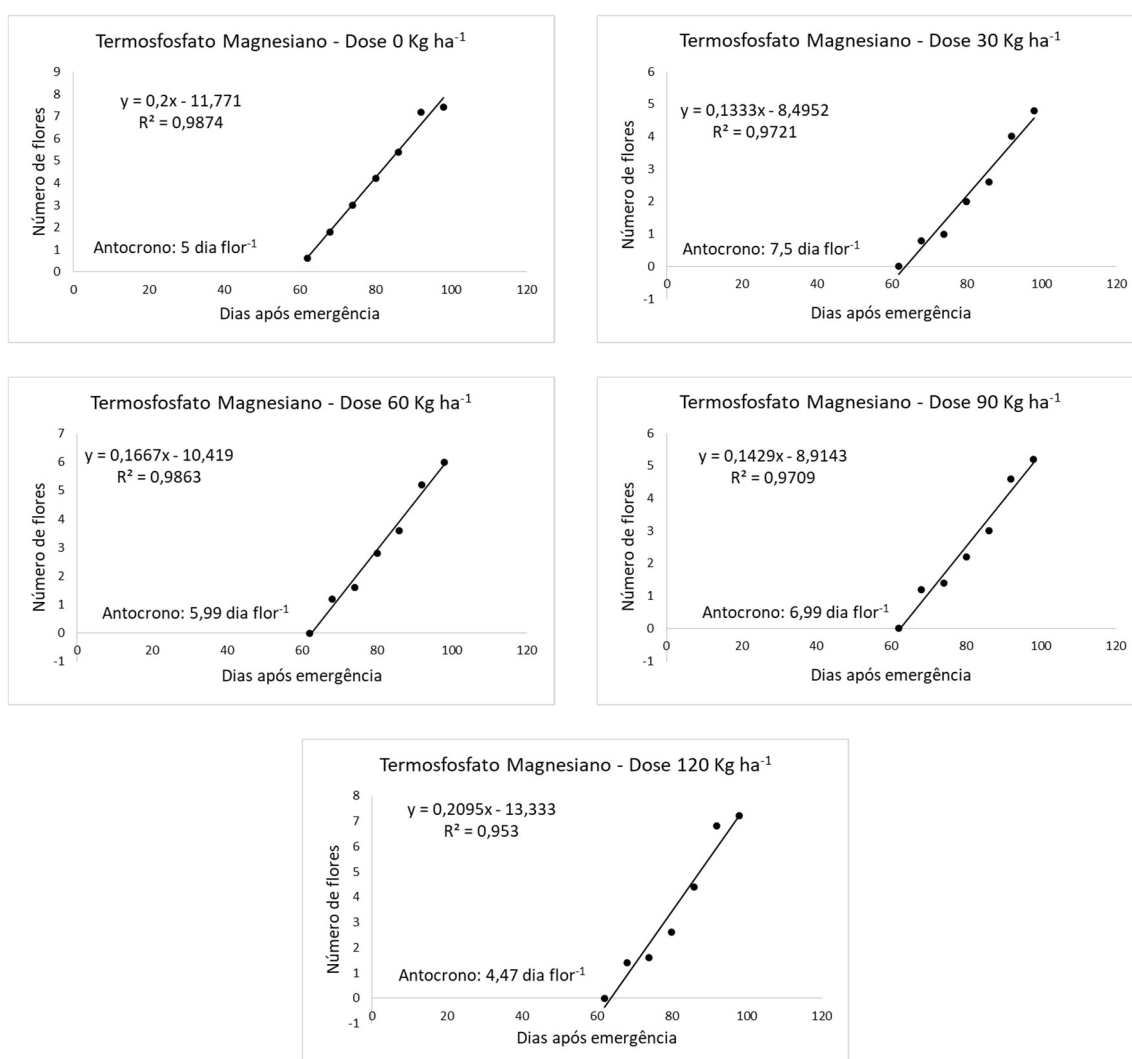
tempo, diferentemente do ST. De acordo com Souza et al. (2020), as fontes de P pouco

884

solúveis em água, se misturam lentamente na solução do solo, de modo que, a sua

885 disponibilidade aumenta para absorção das plantas ao decorrer do tempo. Diante disso,
 886 como nesse estágio há grande demanda por nutrientes, a dose de 30 kg ha⁻¹ apresentou
 887 quantidade de dias a mais para emitir uma nova folha. Diferentemente da dose de 120 kg
 888 ha⁻¹, que disponibilizou maior teor de P para a planta ao longo do desenvolvimento,
 889 gerando assim um menor índice de antocrono, correspondendo a menor número de dias
 890 para que a planta emita uma nova flor.

891
 892



893 **Figura 13.** Relação entre o número de flores e dias a partir da emergência utilizada
 894 para estimativa do índice de antocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 895 Termofosfato Magnésiano na cultura do algodoeiro.
 896

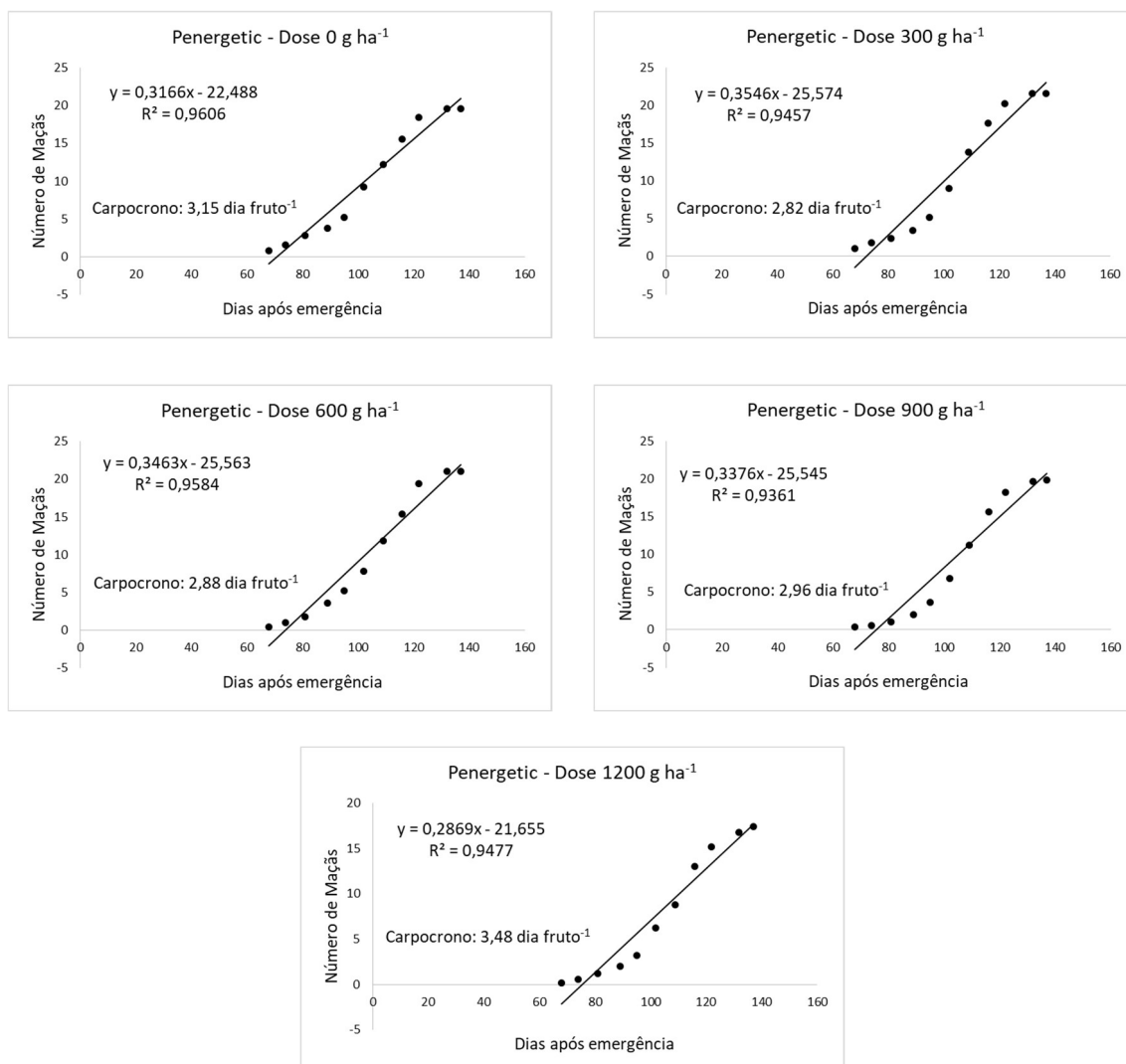
897

898 As regressões lineares destacam a relação entre a quantidade de frutos formados
 899 pela cultura do algodão e os dias após a emergência quando aplicado doses de Penergetic

900 ($R^2 > 0,90$). Verificou-se que em todas as doses, são necessários três dias
 901 aproximadamente para que a planta emita um novo fruto (Figura 14).

902 A dose de 1200 g ha⁻¹, apresentou o maior índice de carpocrono (3,48 dia fruto⁻¹),
 903 isso demonstra que não é necessária aplicação de altas doses do bioativador do solo na
 904 emissão de frutos.

905
 906
 907



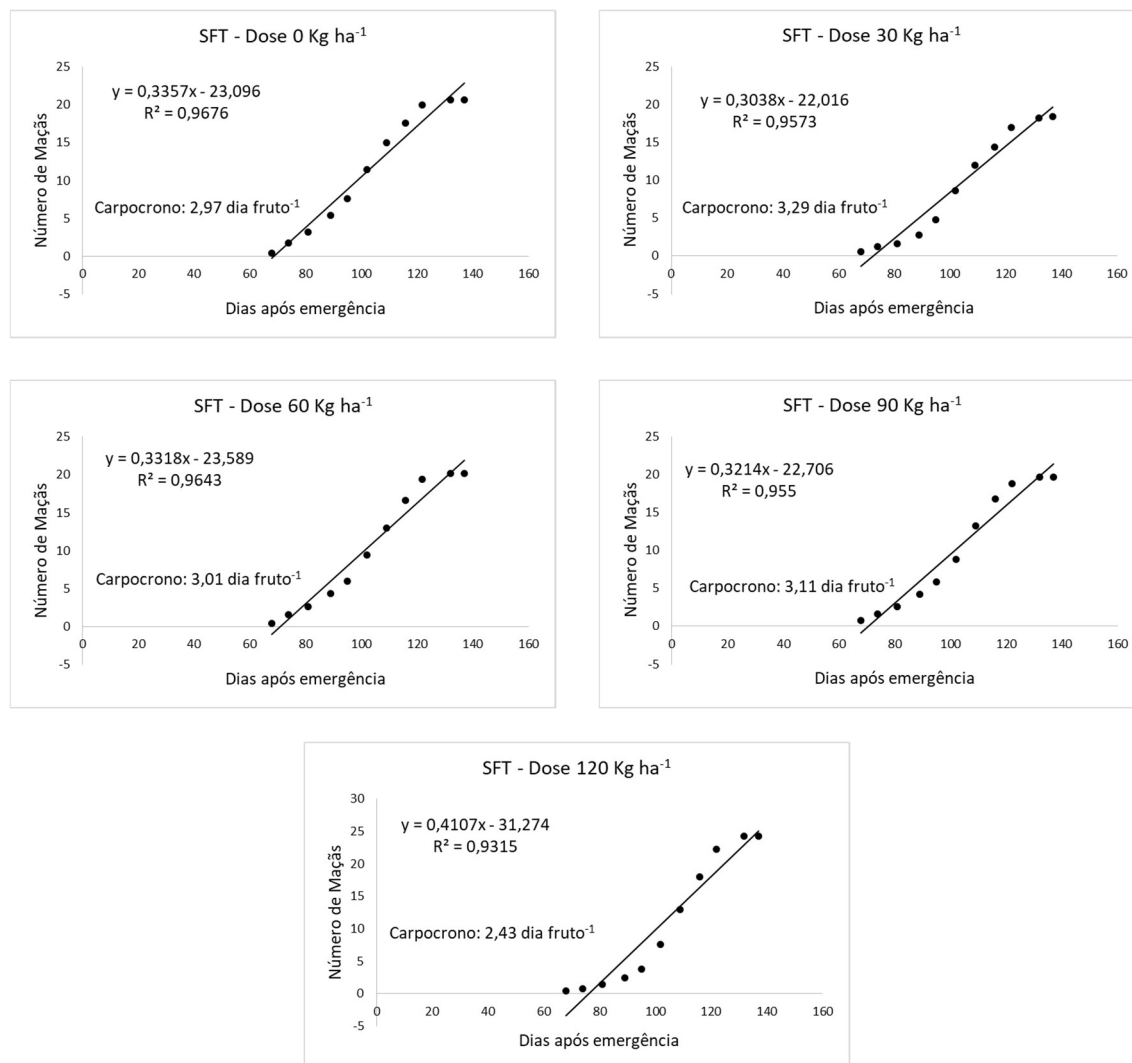
908 **Figura 14.** Relação entre o número de frutos e dias a partir da emergência utilizada
 909 para estimativa do índice de carpocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Pendergetic na
 910 cultura do algodoeiro.

911

912

913 Os índices de carpocrono (Figura 15) referentes as aplicações de doses de ST,
 914 apresentaram semelhança (3 dias fruto⁻¹), com exceção da dose de 120 kg ha⁻¹, que

915 apresentou índice de 2,34 dia fruto⁻¹. Dessa forma, a referida dose possui menor tempo
 916 para a emissão de um novo fruto. Para todas as regressões o coeficiente de determinação
 917 foi alto ($R^2 > 0,90$), desse modo é possível observar a relação entre os dias após a
 918 emergência e a emissão de novos frutos pela cultura do algodoeiro.
 919

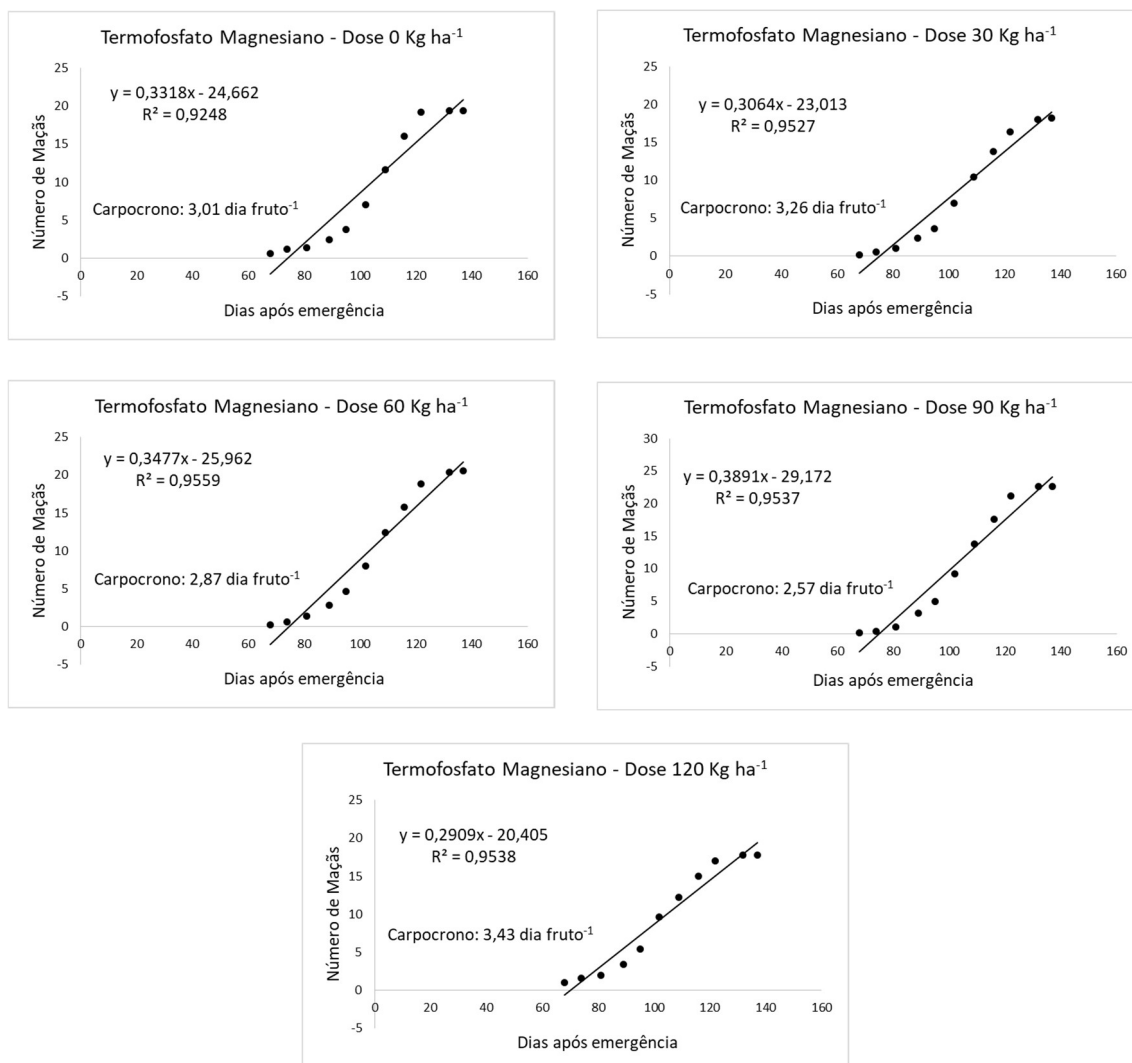


920 **Figura 15.** Relação entre o número de frutos e dias a partir da emergência utilizada
 921 para estimativa do índice de carpocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 922 superfosfato triplo (SFT) na cultura do algodoeiro.

923
 924
 925 Os valores de carpocrono, assim como no Pengergetic e no SFT, ficaram próximos
 926 a 3 dias fruto⁻¹ quando foram aplicadas doses de TM (Figura 16). Vale destacar que os
 927 coeficientes de determinação foram alto ($R^2 > 0,90$) para todas as regressões entre os dias
 928 após a emergência e o número de frutos. O menor índice foi gerado quando houve a
 929 aplicação da dose de 90 kg ha⁻¹ (2,57 dias fruto⁻¹). Diante disso, infere-se que com essa

930 dose, a planta levou menos tempo para emitir um novo fruto, quando comparado as outras
 931 doses.

932



933 **Figura 16.** Relação entre o número de frutos e dias a partir da emergência utilizada
 934 para estimativa do índice de carpocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 935 termofosfato magnésiano na cultura do algodoeiro.

936

937

938 Portanto, de maneira geral, tanto para o bioativador quanto para as fontes de
 939 fósforo, os índices de carpocrono se mantiveram semelhantes (3 dias fruto⁻¹). Isso pode
 940 ser explicado pois nesse estágio do ciclo da cultura, a translocação de nutrientes na planta
 941 ocorre em maior quantidade do que por absorção de P pelas raízes. Segundo Rosolem
 942 (2012) essa redistribuição ocorre a partir do início de desenvolvimento das maçãs, com o
 943 transporte de nutrientes das folhas para os tecidos reprodutivos. De acordo com Lamas
 944 (2001) o equilíbrio entre as partes vegetativas e reprodutivas da planta influencia na massa

945 dos capulhos, indicando que a adubação fosfatada pouco altera este equilíbrio nessa fase
946 de desenvolvimento.

947 A redistribuição dos nutrientes móveis na planta ocorre a partir do início de
948 desenvolvimento das maçãs, com o transporte de nutrientes das folhas para os tecidos
949 reprodutivos (ROSOLEM, 2012).

950 O P é encontrado distribuído em plantas maduras de algodão dessa forma: 12 %
951 nas hastes, 20 % nas folhas, 16 % nas cápsulas dos frutos e 53 % nas sementes (MULLINS
952 & BURMESTER, 1990)

953 Foi observado por meio da análise estatística (Tabela 3) que, somente a aplicação
954 das doses do TM como fonte provocou alteração no período de abertura dos capulhos.
955 Portanto, não foram identificadas alterações no início do aparecimento de botões florais,
956 flores e maçãs em função da utilização do BIO e das fontes fosfatadas, assim como no
957 aparecimento de capulhos em resposta ao BIO e ao ST ($\alpha=0,05$).

958 A alteração no período do aparecimento dos capulhos pela aplicação do
959 termofosfato pode ser explicada pelo alto teor de P no solo da área em estudo. Segundo
960 Moretto (2017), as respostas desta fonte nas plantas podem variar de acordo com a
961 concentração inicial de P no solo, sendo mais eficientes quando esse nível é previamente
962 adequado. O mesmo, estudando doses e fontes de P, afirma que o teor encontrado no solo
963 proveniente pelo ST foi inferior ao TM, que apresentou maior disponibilidade. Portanto,
964 parte do P aplicado via ST, por sua dinâmica química em solos tropicais, foi absorvido
965 pelas plantas e outra foi retido no solo de maneira rápida. Já o P no solo fornecido pelas
966 doses do TM, por não ser solúvel em água, foi liberado lentamente para as plantas.

967 A média de dias do surgimento da 1ª maçã e do 1º capulho em função do ST foi
968 inferior ao TM e ao BIO (Penergetic) (Tabela 3).

969

970 **Tabela 3.** Resultados estatísticos das mudanças fenológicas da cultura do algodão em
971 função da aplicação de adubos fosfatados e bioativador em Aquidauana-MS.

	1 ° Botão Floral	1° Flor	1° Maçã	1° Capulho
BIO – Penergetic®				
p-valor	0,6164	0,2679	0,4777	0,4440
C.V. (%)	17,24	15,09	16,88	5,37
Média (dias)	45,88	70,00	78,25	121,67
ST – Superfosfato Triplo				
p-valor	0,6470	0,9148	0,8205	0,8946
C.V. (%)	12,71	11,23	16,30	5,63
Média (dias)	44,47	67,41	71,70	117,53
TM – Termofosfato Magnésiano				

p-valor	0,4052	0,5038	0,1833	0,0261
C.V. (%)	11,95	10,75	12,27	5,47
Média (dias)	45,75	68,50	78,10	121,30

972

973 A alteração do ciclo fenológico da cultura pela aplicação de TM (Tabela 3)
974 evidenciou que com o aumento das doses do fertilizante houve antecipação do
975 aparecimento da fase de capulhos (Figura 17). Há relatos de melhoria nas condições das
976 plantas sob a aplicação de TM em detrimento de outras fontes de P (Silva et al., 2009),
977 entretanto não foi encontrado nenhuma citação sobre a alteração dos estádios fenológicos.
978 Pode-se admitir que pelo fato deste nutriente fornecer P, magnésio (Mg) e alguns
979 micronutrientes, o efeito sinérgico entre estes nutrientes propiciem estas alterações. O
980 período compreendido entre o aparecimento do primeiro fruto (maçã) até o aparecimento
981 do primeiro fruto com a fibra exposta (capulho) é o período de máxima eficiência
982 fotossintética das plantas de algodão (SILVA et al., 2011), sendo o Mg um elemento
983 muito importante para tal ação, uma vez que o mesmo faz parte da molécula da clorofila
984 (MALAVOLTA et al., 1997; VITTI et al., 2006; RAIJ, 2011) e é ativador de todas as
985 enzimas fosforilativas, atuando também na síntese de compostos orgânicos. Assim, como
986 a fase de frutificação do algodoeiro é marcada por grande consumo de energia e demanda
987 nutricional (CAMACHO et al., 2013), o Mg poderia estar associado à esta diferenciação
988 entre os outros insumos aplicados (ST e BIO). Outro fator que pode ser levado em
989 consideração é que o TM quando aplicado ao solo pode interferir sobre a acidez do solo,
990 de forma a elevar o pH (MORETTO, 2017), o qual se encontrava próximo a 5,0 (Tabela
991 1), segundo Malavolta et al., (1974) a faixa ideal de pH é de 6,0 a 7,0.

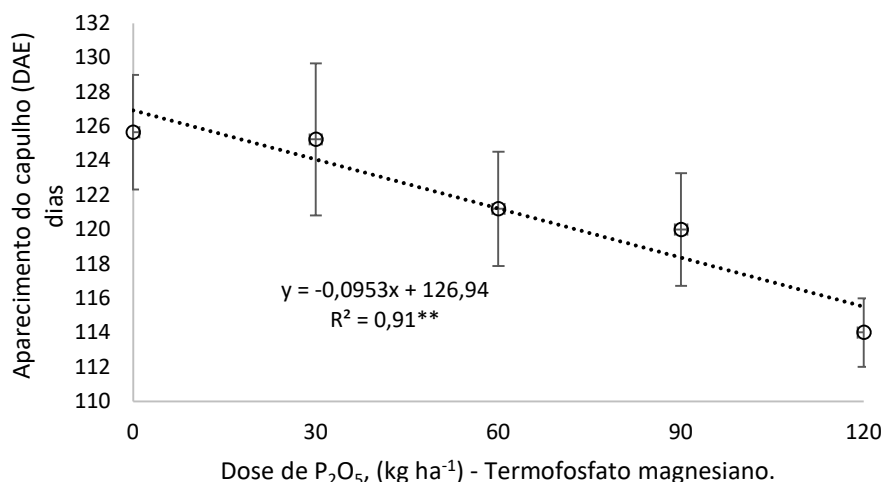
992

993

994

995

996



997

Figura 17. Aparecimento de capulhos em função das doses de P₂O₅ (termofosfato magnesiano).

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

Tabela 4. Resultados estatísticos das estruturas reprodutivas do algodoeiro em relação a fenologia e produção.

	Botão floral	Flor	Maçã	Capulho
Coefficiente de correlação	-0,43621	-0,27648	-0,62722	-0,59777
p-valor	0,0014	0,0495	<0,0001	<0,0001

1016

1017

1018

1019

1020

De acordo com Souza et al. (2008), o algodão é muito sensível a temperatura, sendo um dos fatores que mais afeta o desenvolvimento e crescimento da cultura, interferindo significativamente na fenologia. Zhao et al. (2005) relatam que o estresse térmico pode diminuir a produtividade do algodoeiro pelo aumento da taxa de

1021 abortamento de botões florais e maçãs jovens, e a má formação das maçãs. Reddy e
 1022 Hodges (1992) avaliando ciclos de altas temperaturas (40°C diurno e 32°C noturno),
 1023 observaram que as taxas de crescimento foram afetadas negativamente, todos os botões
 1024 florais foram abortados refletindo em redução na atividade produtiva do algodoeiro.

1025 Tal fenômeno pode ser o motivo da baixa resposta das doses do bioativador e
 1026 fertilizantes sobre os estádios fenológicos, pois nas condições do presente estudo
 1027 evidencia-se uma quantidade de graus dia superior ao que a cultura necessita (Tabela 5).

1028

1029 **Tabela 5.** Número de dias do experimento em relação à literatura, unidades de calor do
 1030 experimento em relação à literatura.

1031

Estádio de Crescimento	Número de dias		Unidades de calor	
	Experimento	Literatura	Experimento	Literatura
Emergência ao primeiro botão	40	27-38	641	425-475
Primeiro botão à primeira flor	24	20-25	317	300-350
Emergência à primeira flor	65	47-63	974	725-825
Primeira flor ao primeiro capulho	54	45-66	782	850
Emergência ao primeiro capulho	119	125-161	1750	1.575-1675

1032

1033 No experimento desenvolvido verificou-se que as unidades de calor variaram de
 1034 maneira superior ao definido ideal na literatura para um bom desenvolvimento da cultura
 1035 como demonstrado na (tabela 5), interferindo na produtividade (Tabela 6).

1036

1037 **Tabela 6.** Efeito das fontes e bioativador na produtividade do algodão no experimento I
 1038 (Aquidauana, MS – safra 2017/2018).

1039

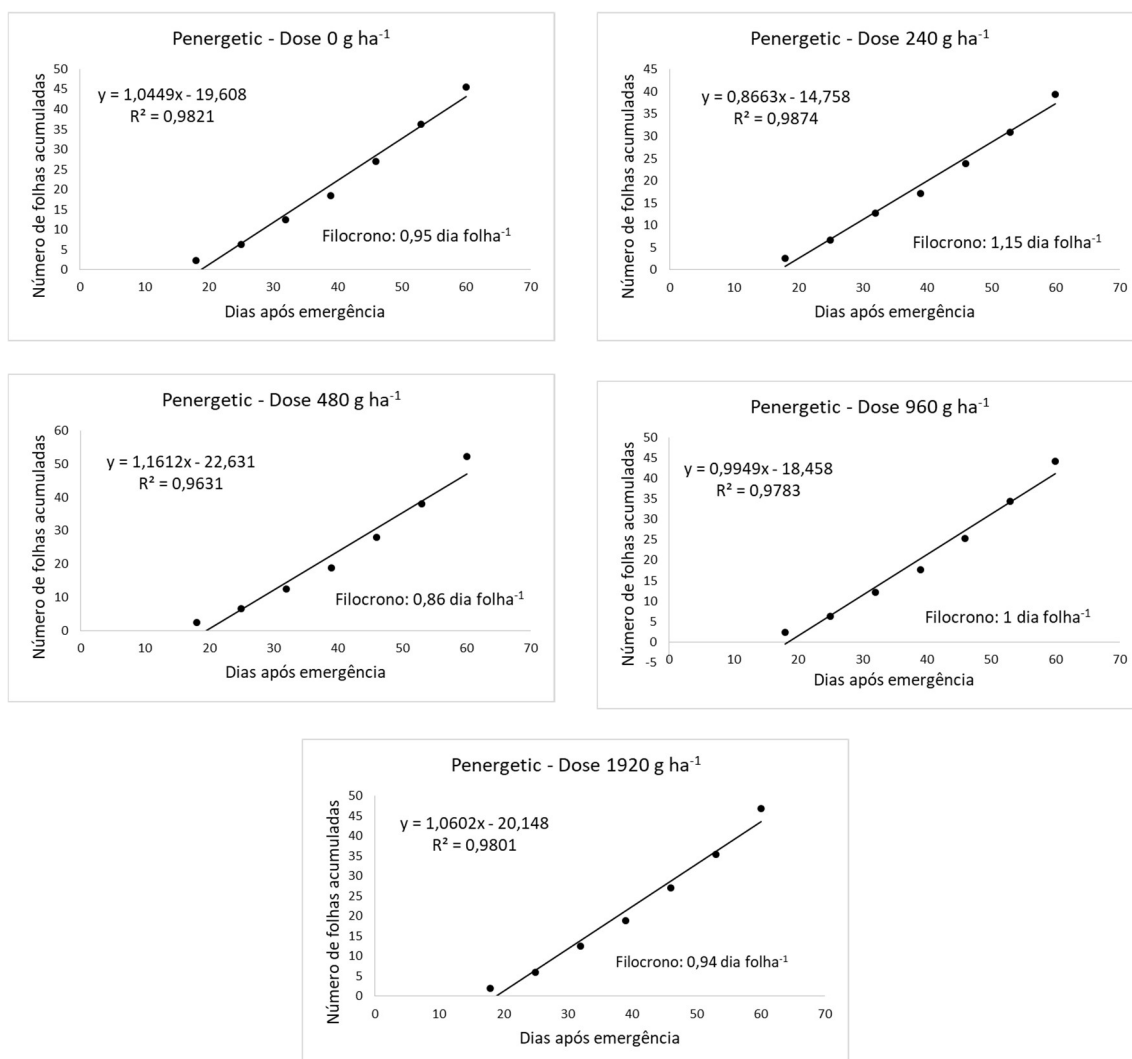
Fonte	Nº Observação	Média kg ha ⁻¹	C.V.(%)	p-valor
BIO	15	3430	88,54	0,914
ST	15	3530	67,46	0,7296
TM	19	3043	95,18	0,7619

1040 **3.2.Experimento II**

1041 Os dados referentes ao índices de filocrono mostram que não houve variação
1042 entre as doses aplicadas de P energetic. Os valores se mantiveram próximos a 1 dia
1043 folha⁻¹. Entretanto há relação entre o número de folhas acumuladas e os dias após a
1044 emergência, apresentando $R^2 > 0,97$ (Figura 17).

1045 A dose aplicada de 480 g ha⁻¹ apresentou o menor valor de filocrono tanto em
1046 relação aos dias após a emergência quanto a soma térmica acumulada (0,86 dia folha⁻¹ e
1047 28,2°C dia folha⁻¹, respectivamente), isso demonstra que para a planta emitir uma nova
1048 folha é necessário menos de um dia com temperatura de aproximadamente 28°C. Vale
1049 destacar que a dose de 480 g ha⁻¹ é próximo a recomendada. Portanto, foi a que apresentou
1050 os menores índices de filocrono. De acordo com Jakiene et al. (2009), o uso do P energetic
1051 ativa células que participam do metabolismo das plantas, aumentando a assimilação de
1052 nutrientes disponíveis. O maior valor foi encontrado na dose de 240 g ha⁻¹, cujo índice
1053 ficou em 1,15 dia folha⁻¹ (Figura 18).

1054



1055

1056

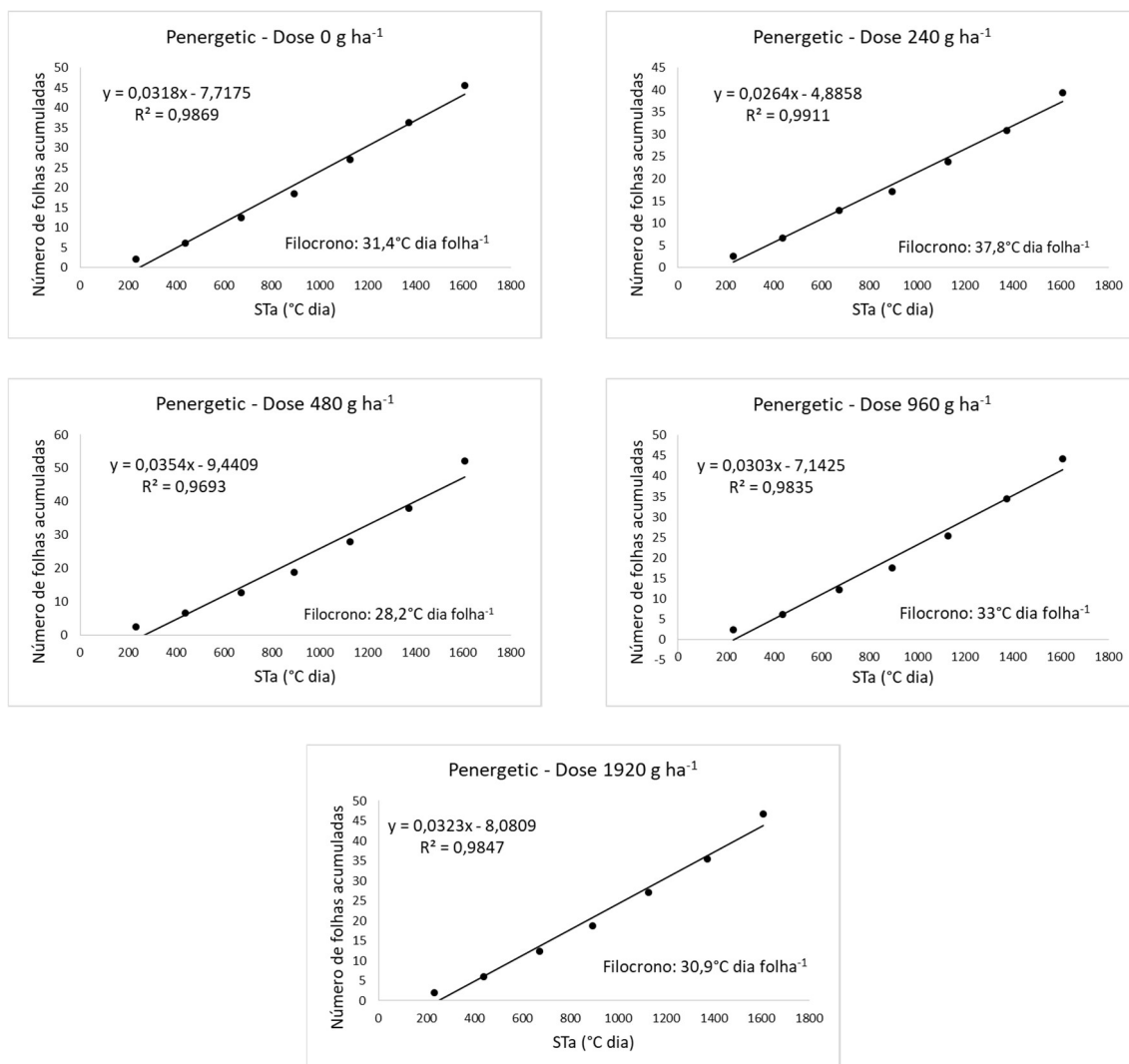
1057

1058

1059

Figura 17. Relação entre o número de folhas acumuladas e dias a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Pengergetic na cultura do algodoeiro.

1060



1061
1062
1063
1064

Figura 18. Relação entre o número de folhas acumuladas e a soma térmica acumulada (Sta) a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Pengergetic na cultura do algodoeiro.

1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072

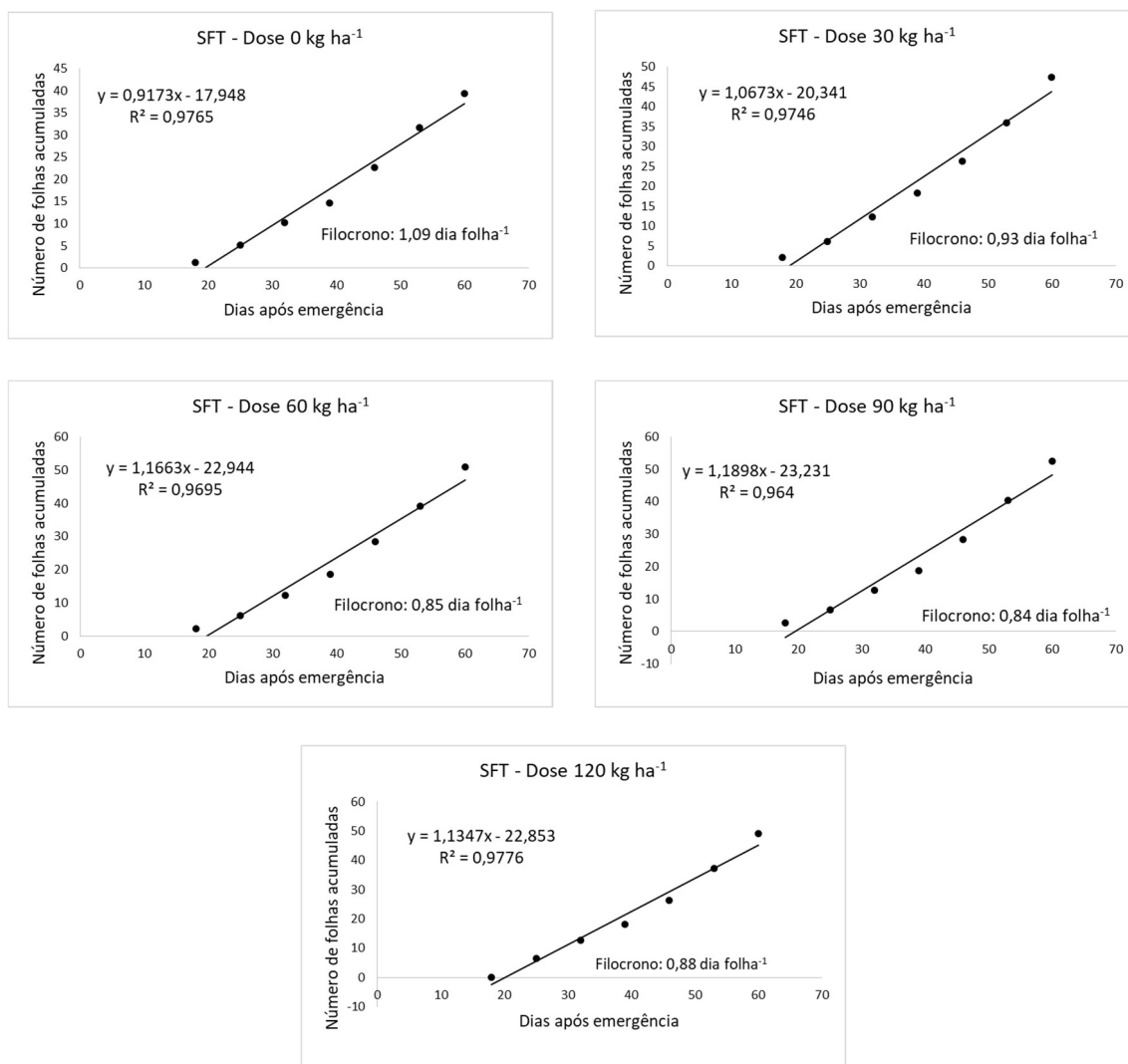
Na Figura 19 observa-se que a quantidade de folhas e os dias após a emergência evidenciam houve pouca variação dos índices de filocrono quando foram aplicadas doses de ST, exceto para a testemunha (dose 0) que apresentou índice superior a 1 dia folha⁻¹. Os valores das demais doses permaneceram entre 0,8 e 0,9 dia folha⁻¹. Isso demonstra que a partir da dose de 30 kg ha⁻¹ a planta já necessita de quantidade inferior a um dia para emitir uma nova folha. Destaca-se que o menor índice encontrado foi na dose de 90 kg ha⁻¹. Para todas as regressões, o coeficiente de determinação foi alto ($R^2 > 0,96$).

1073 É importante destacar o baixo teor inicial de P no solo do experimento (Tabela 1).
1074 Isso pode explicar que o maior índice de filocrono encontrado foi onde não houve
1075 aplicação do adubos fosfatados. Além disso, é possível explicar também que a dose de 30
1076 kg ha⁻¹ apresentou o segundo maior valor de filocrono, isso pode estar associado a
1077 quantidade de P que a planta absorveu da solução do solo, pois a dose fornecida pode não
1078 ter sido suficiente para que a planta reduzisse a quantidade de tempo de emissão de novas
1079 folhas. Isso se deve pois a fonte utilizada é considerada de alta solubilidade, que gera
1080 rápida dinâmica com os teores de p aplicados no solo, e com isso a absorção pela planta
1081 e a adsorção pelos colóides do solo acontecem rapidamente.

1082 Segundo Aquino et al. (2014), de todo o fósforo aplicado ao solo, proveniente de
1083 da adubação, a planta só aproveita de 15 a 25%, sendo o restante fixado as partículas
1084 minerais do solo, principalmente em solo ácido.

1085 Entretanto, é necessário mencionar que fósforo fornecido pelo ST (SFT) ao ser
1086 aplicado ao solo não só libera o P e mas como também o cálcio (Ca)
1087 (BHATTACHARYA, 2019), melhorando as condições de fertilidade do solo,
1088 promovendo em certa parte a redução da acidez e auxiliando o crescimento das raízes.
1089 Desse modo, é possível explicar os menores índices de filcrono a partir da dose de 60 kg
1090 ha⁻¹.

1091

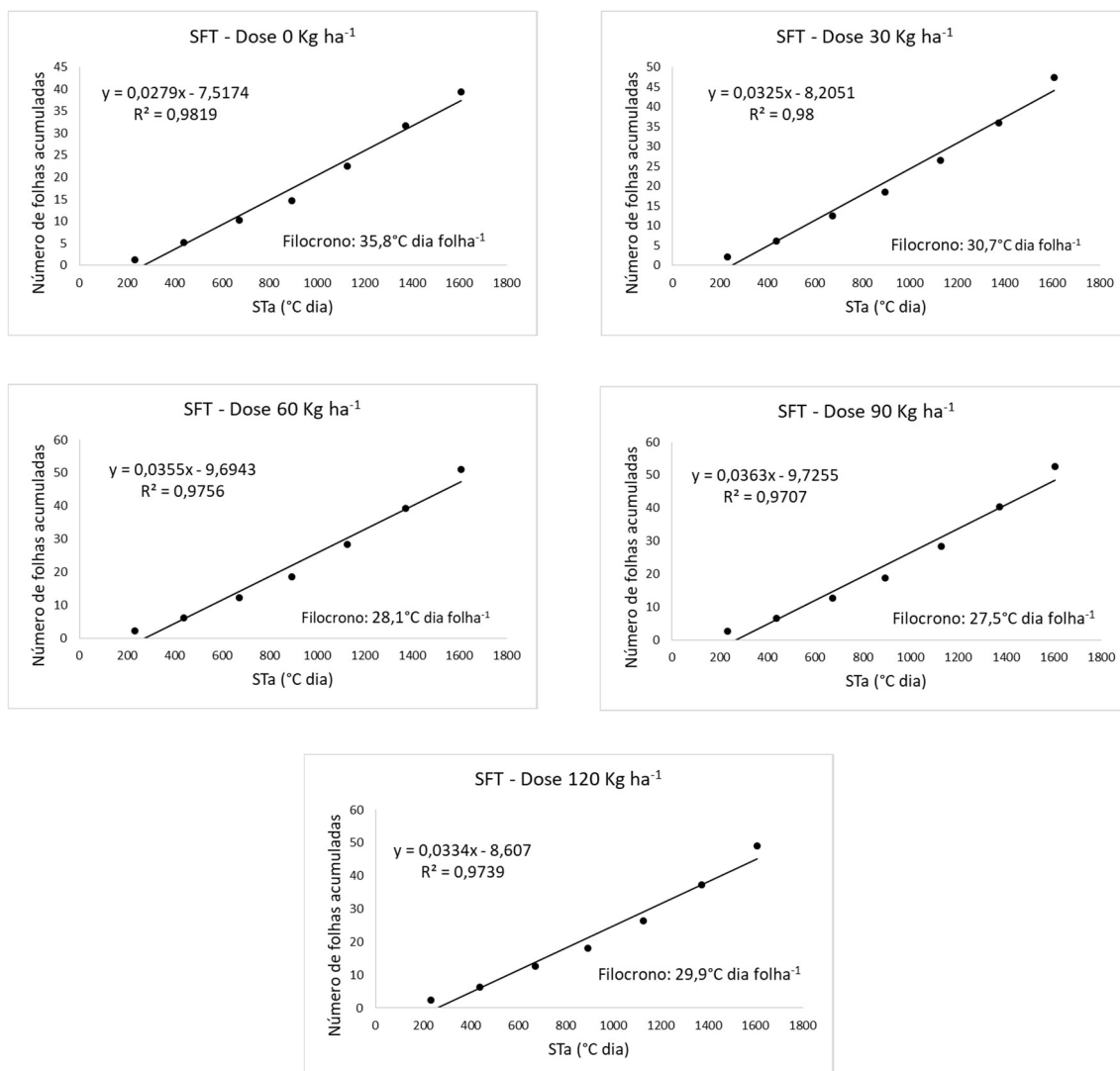


1092 **Figura 19.** Relação entre o número de folhas acumuladas e dias a partir da
 1093 emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de
 1094 P₂O₅ de superfosfato triplo (SFT) na cultura do algodoeiro.

1095

1096 Além disso, houve variação nos índices de filocrono calculados em função do
 1097 número acumulado de folhas e a soma térmica acumulada (Figura 20). Para todas as doses
 1098 os coeficientes de determinação ficaram acima de 0,97. A testemunha (dose 0) apresentou
 1099 o maior índice de filocrono (35,8°C dia folha⁻¹). Diante disso, é possível identificar que a
 1100 partir da dose de 30 kg ha⁻¹ houve redução nos índices, chegando até o valor de 27,5°C
 1101 dia folha⁻¹ na dose de 90 kg ha⁻¹. Esses resultados indicam que quando há o fornecimento
 1102 de P no solo via SFT a cultura do algodoeiro necessita de menor energia térmica para
 1103 emitir uma nova folha.

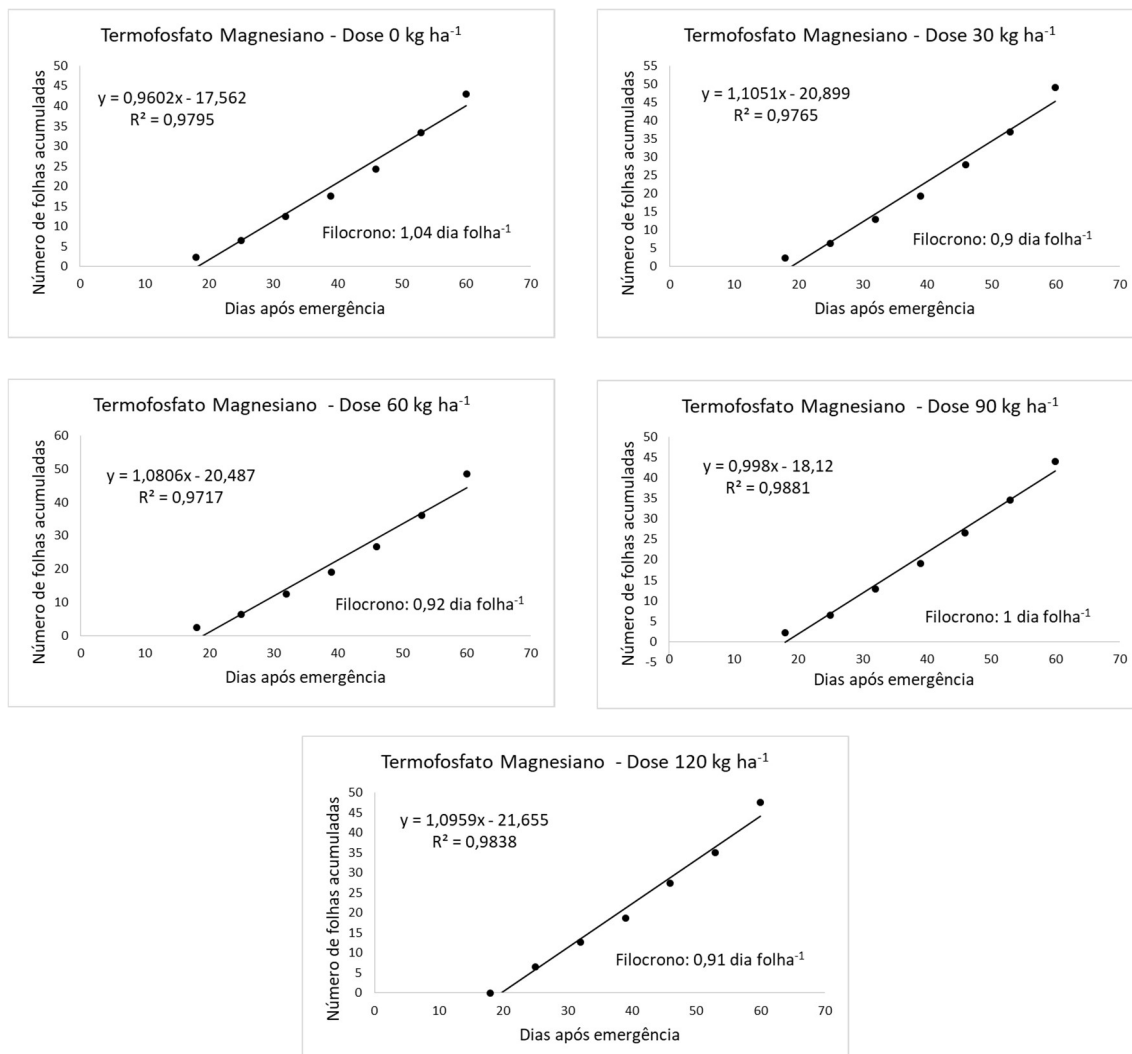
1104



1105 **Figura 20.** Relação entre o número de folhas acumuladas e a soma térmica
 1106 acumulada (Sta) a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de
 1107 filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Superfosfato triplo (SFT) na cultura do
 1108 algodoeiro.
 1109

1110 É possível identificar relação entre o números de folhas acumuladas e os dias após
 1111 a emergência quando aplicado doses de TM (Figura 21), sendo alto o coeficiente de
 1112 determinação ($R^2 > 0,97$). Contudo, os índices de filocrono não tiveram variações,
 1113 permanecendo próxima a 0,9 dia folha⁻¹.

1114



1115

1116

1117

1118

Figura 21. Relação entre o número de folhas acumuladas e dias a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono para as cinco doses de P₂O₅ de Termofosfato Magnésiano na cultura do algodoeiro.

1119

1120

1121

1122

Esses índices de filocrono podem estar associados à fonte utilizada, pois o TM, apesar de ser insolúvel em água, possui alta solubilidade em ácido cítrico. Dessa forma, o processo de dissolução do fósforo é mais lento (STEFANUTTI et al., 1995) e com isso a absorção pelas plantas é realizado ao longo do tempo.

1123

1124

1125

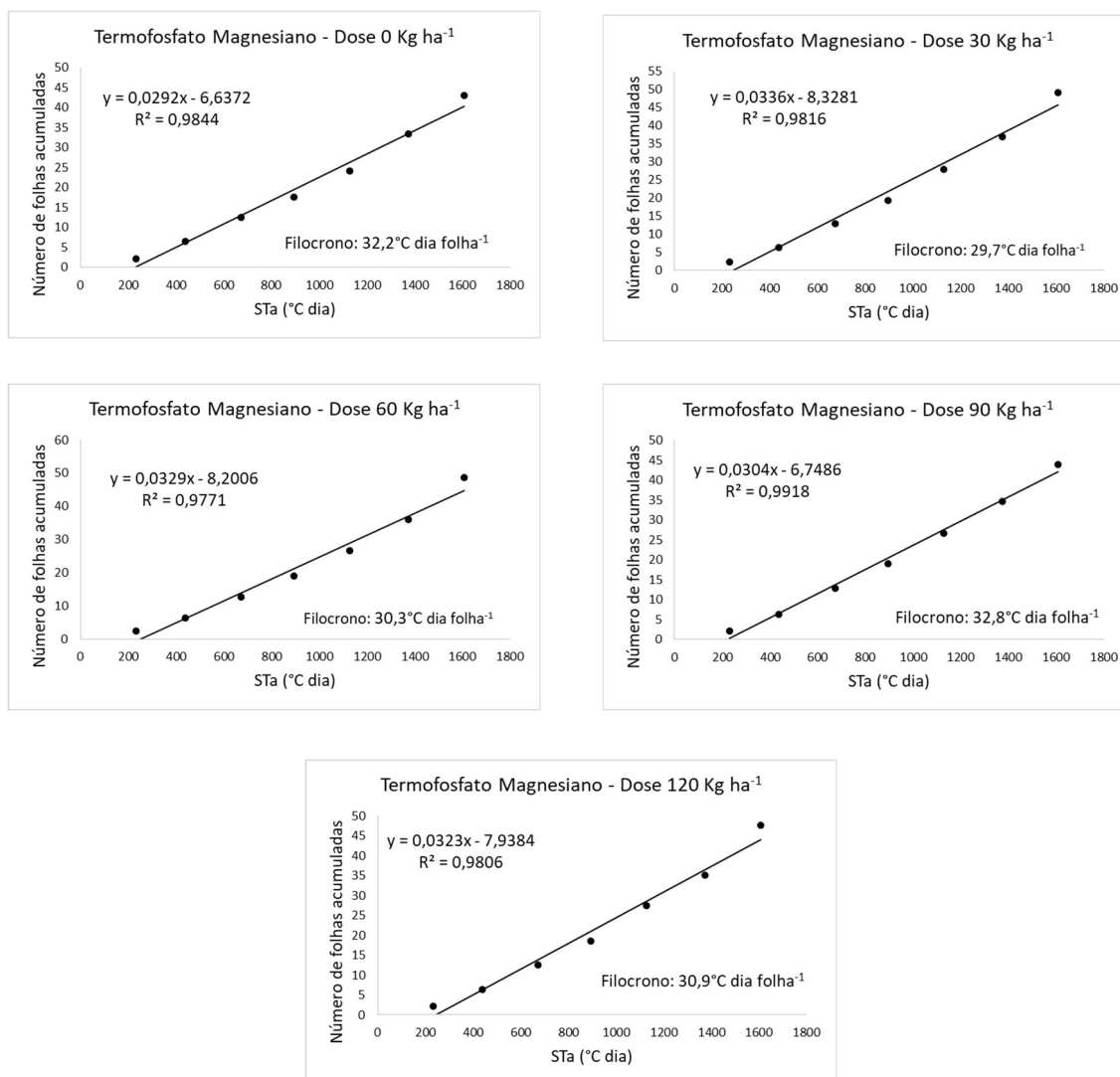
Ademais, como a testemunha apresentou índice acima de 1, verificou-se que com a mínima adubação, mesmo com a lentidão no fornecimento de P para a planta, o índice ficou próximo a 0,90.

1126

1127

Valores elevados de R² (acima de 0,97) da regressão entre número de folhas acumuladas e Sta foram obtidos em todas as doses aplicadas de TM (Figura 22).

1128 Entretanto, os índices de filocrono das doses variaram entre 30° e 33°C aproximadamente.
 1129 Isso mostra que a é necessário uma temperatura nessa faixa para a planta emitir uma nova
 1130 folha.

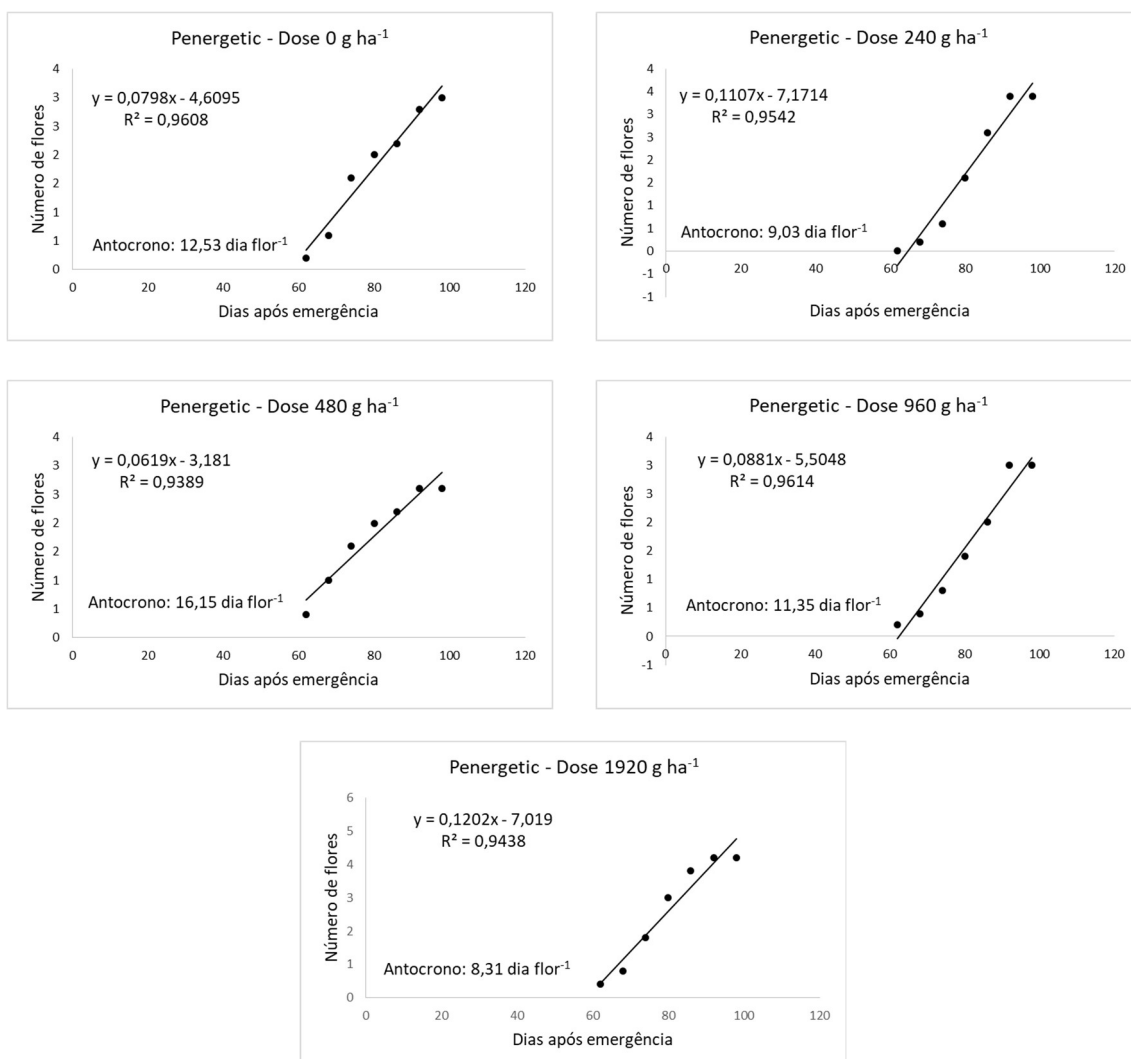


1131 **Figura 22.** Relação entre o número de folhas acumuladas e a soma térmica
 1132 acumulada (Sta) a partir da emergência utilizada para estimativa do índice de filocrono
 1133 para as cinco doses de P₂O₅ de Termofosfato Magnesiano na cultura do algodoeiro

1134

1135 As regressões lineares das flores em função dos dias após a emergência
 1136 apresentaram alta relação nas aplicações de doses de BIO, com coeficientes de
 1137 determinação acima de 0,90 (Figura 23).

1138 Os índices de antocrono variaram entre as doses aplicadas, o menor valor foi
 1139 encontrado na dose de 1920 g ha⁻¹ (8,31 dia flor⁻¹). Dessa forma, na referida dose a planta
 1140 necessita de aproximadamente 8 dias para emitir uma nova flor.

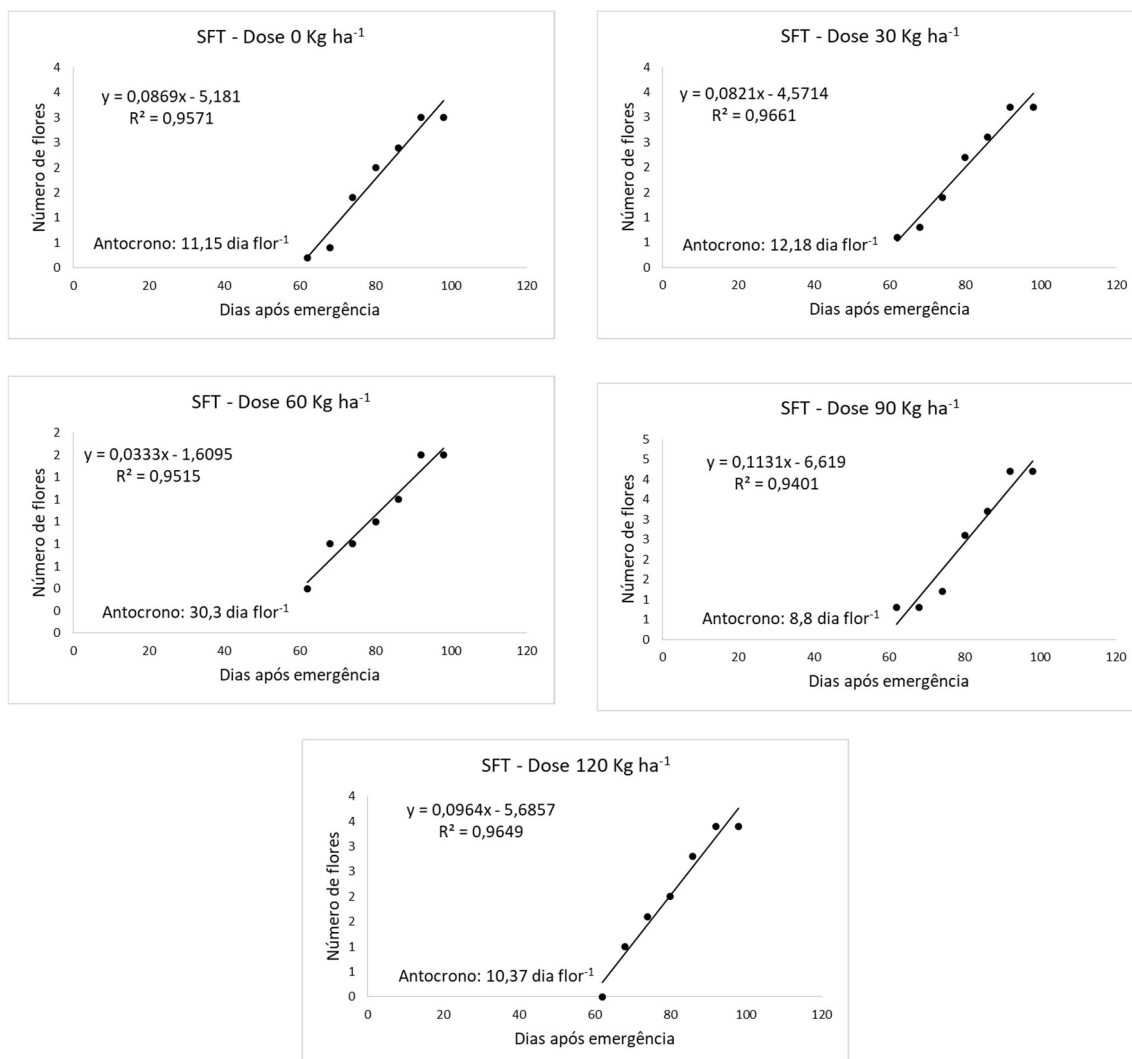


1141 **Figura 23.** Relação entre o número de flores e dias a partir da emergência
 1142 utilizada para estimativa do índice de antocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 1143 Penergetic na cultura do algodoeiro.

1144

1145 Observou que nas doses aplicadas de ST, houve variação nos índices de antocrono,
 1146 sendo as doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ e as que apresentaram os menores índices (8,8 e 10,37
 1147 dia flor⁻¹, respectivamente) (Figura 24). Vale destacar que para todas as regressões
 1148 lineares os coeficientes de determinação ficaram acima de 0,94. É importante destacar
 1149 que no algodoeiro, a demanda de P é alta do início da formação dos botões florais até a
 1150 fase de maturação, além do nutriente ser importante para o pegamento e desenvolvimento
 1151 da parte reprodutiva (FRYE & KAIRUZ 1990; ROSOLEM & BASTOS, 1997). Portanto,
 1152 de acordo com os dados, em solos com baixo teor de P doses elevadas desse nutriente
 1153 diminuem o tempo de que a planta necessita para emitir uma flor em relação à testemunha
 1154 e a baixas doses.

1155



1156 **Figura 24.** Relação entre o número de flores e dias a partir da emergência utilizada
 1157 para estimativa do índice de antocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 1158 Superfosfato Triplo (SFT) na cultura do algodoeiro.

1159

1160 Segundo Echer (2014) o dia da abertura da flor é um acontecimento crítico no
 1161 desenvolvimento reprodutivo da cultura do algodão, quando eventos devem ocorrer
 1162 sequencialmente no tempo correto para que haja sucesso na fertilização do óvulo e na
 1163 formação das sementes.

1164 Entretanto, tanto a temperatura quando o estresse hídrico podem interferir na
 1165 emissão de novas flores. Loka (2012) afirma que a fase de desenvolvimento reprodutivo
 1166 do algodoeiro é a mais sensível ao déficit hídrico.

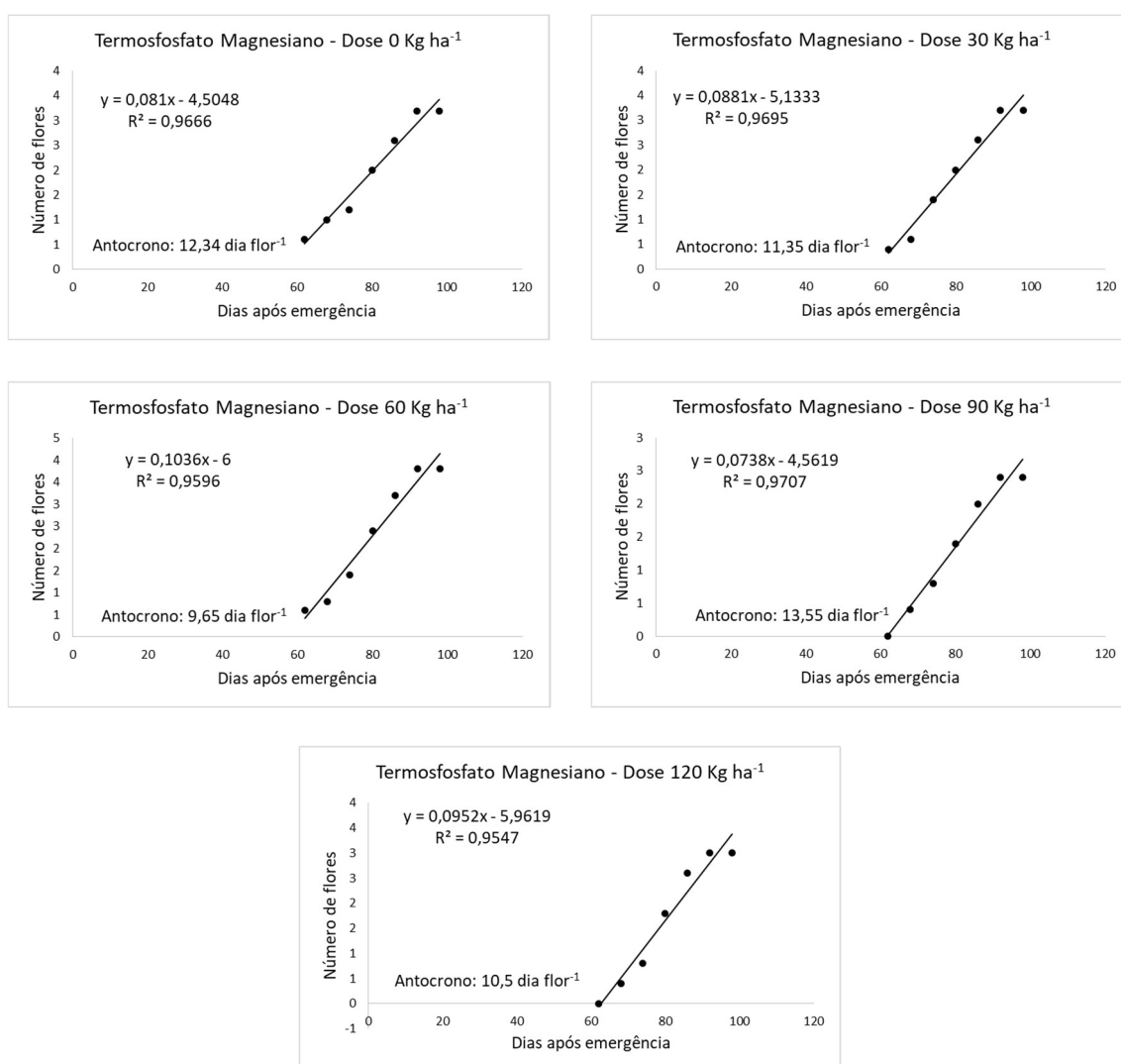
1167 O curso de desenvolvimento reprodutivo também é acelerado quando as
 1168 temperaturas são mais altas, como por exemplo, o tempo de desenvolvimento do primeiro

1169 botão floral e da primeira flor (REDDY et al., 1996, HODGES et al., 1993). Desse modo,
 1170 tanto o estresse hídrico, quando as altas temperaturas podem interferir na emissão de
 1171 flores na cultura do algodoeiro, gerando inclusive antecipação nas estruturas reprodutivas.

1172 Com a aplicação das doses de TM (Figura 25), os índices de antocrono
 1173 permaneceram acima de 10 dias flor⁻¹, exceto na dose de 60 kg ha⁻¹, que apresentou valor
 1174 próximo a 10 dias flor⁻¹.

1175 Para todas as regressões lineares entre dias após emergência e número de flores
 1176 em função das doses de TM os coeficientes de determinação ficaram acima de 0,95.

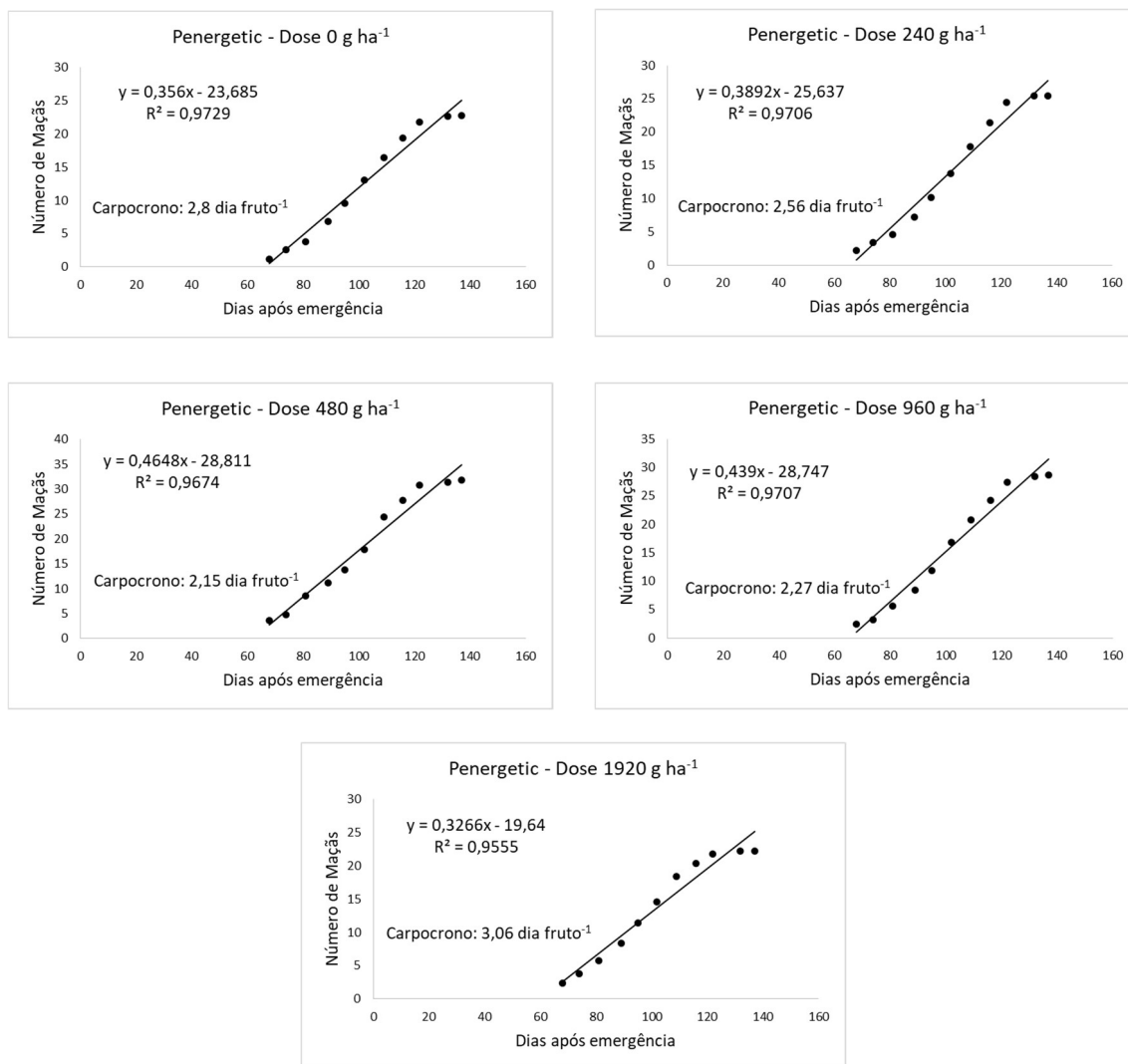
1177



1178 **Figura 25.** Relação entre o número de flores e dias a partir da emergência utilizada
 1179 para estimativa do índice de antocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 1180 Termofosfato Magnesiano na cultura do algodoeiro.

1181

1182 Os gráficos de regressão evidenciam que nas doses de BIO há relação entre o
 1183 número de flores e os dias após a emergência (Figura 26). Entretanto, é possível inferir
 1184 que não houve variação nos índices de carpocrono. Os valores tiveram baixo decréscimo
 1185 com o aumento das doses.



1186 **Figura 26.** Relação entre o número de frutos e dias a partir da emergência
 1187 utilizada para estimativa do índice de carpocrono para as cinco doses de P₂O₅
 1188 de Penergetic na cultura do algodoeiro.

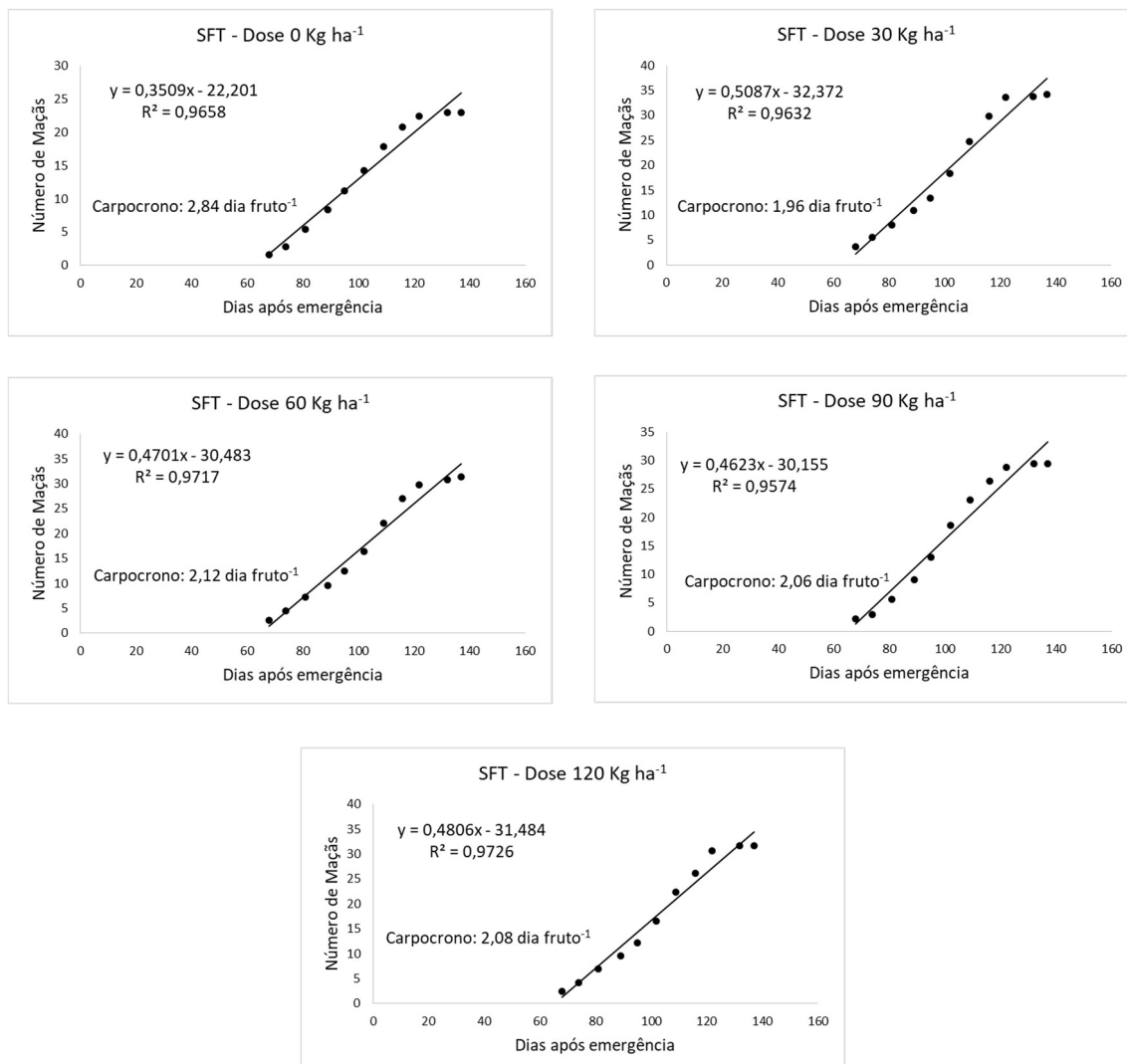
1189

1190 Já com a aplicação de doses de ST, observa-se que os coeficientes de determinação
 1191 das regressões lineares foram altos (R²>0,95), evidenciando a relação entre o número de
 1192 flores e os dias após a emergência (Figura 27).

1193 Diante dos índices de carpocrono, é possível identificar que com as aplicações de
 1194 doses de P proveniente do ST houve baixa redução na necessidade de dias para que a

1195 planta emitisse uma nova flor. A dose aplicada de 30 kg ha⁻¹ apresentou o menor índice
 1196 (1,96 dia flor⁻¹), e os valores encontrados nas outras doses permaneceram próximos a 2
 1197 dias flor¹.

1198



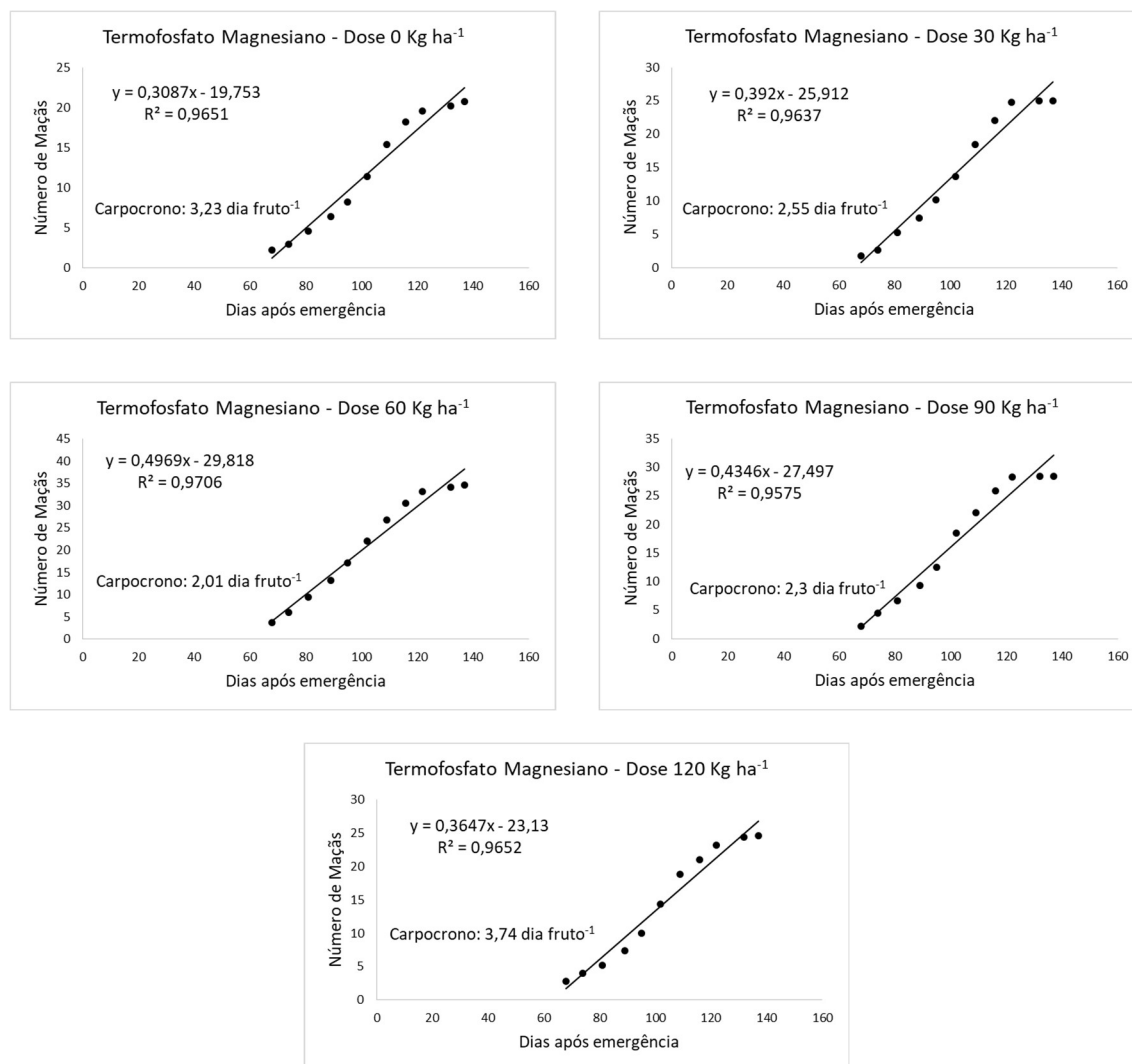
1199 **Figura 27.** Relação entre o número de frutos e dias a partir da emergência
 1200 utilizada para estimativa do índice de carpocrono para as cinco doses de P₂O₅
 1201 de superfosfato triplo (SFT) na cultura do algodoeiro

1202

1203 Verificou-se que com as aplicações de doses o TM houve redução no índice de
 1204 carpocrono em relação à testemunha. O menor índice foi encontrado na dose de 60 kg ha⁻¹
 1205 (2,01 dias flor⁻¹), entretanto não é possível afirmar se o aumento das doses influencia
 1206 nesses valores, pois os valores não seguiram uma tendência definida (Figura 28).

1207 De maneira geral, vale salientar a dinâmica do P proveniente do ST,
 1208 principalmente em solos com baixos teores, onde grande parte do P aplicado pelo

1209 fertilizante sofre adsorção com os colóides do solo e pequena parte a planta absorve. Já o
 1210 TM disponibiliza lentamente o P para as plantas. Portanto, observou-se que diante dos
 1211 baixos teores de P encontrado no solo da área do experimento, com a mínima dose de P,
 1212 os índices de carpocrono diminuiram.



1213 **Figura 28.** Relação entre o número de frutos e dias a partir da emergência utilizada
 1214 para estimativa do índice de carpocrono para as cinco doses de P₂O₅ de
 1215 termofosfato magnésiano na cultura do algodoeiro

1216

1217 Verificou-se que nenhuma das doses e fontes interferiram de maneira significativa
 1218 na antecipação e atraso de surgimento das estruturas reprodutivas do algodão (botão
 1219 floral, flor, maçã e capulho) (Tabela 7). Diversos fatores podem ter influenciado
 1220 negativamente essa falta de resposta da aplicação de P, como a fertilidade do solo (Tabela
 1221 1), os déficits hídricos durante alguns períodos do ciclo da cultura (Figura 4) e o estresse

1222 térmico (Figura 2 e Tabela 8). Ao analisar as médias em dias na fenologia nos dois
 1223 experimentos, verificou-se que o experimento II apresentou antecipação das estruturas e
 1224 produtividade inferior nas fontes ST e BIO em relação ao experimento I, sendo a baixa
 1225 fertilidade, principalmente os teores de P, um dos principais fatores dessa influência.

1226 Segundo Rosolem et al. (2014) mais de 95% do P absorvido pelo algodoeiro entra
 1227 em contato com as raízes por difusão, e para que haja difusão razoável de P no solo, é
 1228 necessário ter alto teor do nutriente no solo, ou seja, é fundamental que haja
 1229 disponibilidade de P em quantidade suficiente, para que a planta conquiste boa
 1230 produtividade e adequado desenvolvimento.

1231 Nápoles et al. (1999) relatam o comprometimento do crescimento e
 1232 desenvolvimento do algodão em função do estresse hídrico, podendo provocar queda de
 1233 botões florais e maçãs jovens (MCMICHAEL et al., 1973; GUINN & MAUNEY, 1984),
 1234 o que pode ter alterado os dados de coleta durante as avaliações realizadas semanalmente.
 1235 O estresse hídrico também influencia diretamente na mudança dos estágios fenológicos,
 1236 uma vez que este estresse interfere em diversos processos fisiológicos, como a divisão,
 1237 expansão e diferenciação celular (HSIAO, 1973).

1238

1239 **Tabela 7.** Resultados estatísticos das mudanças fenológicas da cultura do algodão
 1240 em função da aplicação de adubos fosfatados e bioativador em Aquidauana-MS.

1241

	1 ° Botão Floral	1° Flor	1° Maçã	1° Capulho
BIO – Penergetic®				
p-valor	0,1414	0,9338	0,7372	0,5139
C.V. (%)	10,32	14,57	12,18	5,17
Média (dias)	36,43	58,43	65,74	112,61
ST – Superfosfato Triplo				
p-valor	0,9466	0,9545	0,4833	0,6833
C.V. (%)	12,40é	21,93	10,58	4,46
Média (dias)	34,96	59,91	60,82	112,14
TM – Termofosfato Magnesiano				
p-valor	0,7616	0,7444	0,8457	0,4557
C.V. (%)	12,85	13,00	15,54	4,19
Média (dias)	36,17	57,92	64,68	111,50

1242

1243

1244

1245

1246

1247 **Tabela 8.** Número de dias do experimento em relação à literatura, unidades de
 1248 calor do e experimento em relação à literatura.
 1249

Estádio de Crescimento	Número de dias		Unidades de calor	
	Experimento	Literatura	Experimento	Literatura
Emergência ao primeiro botão	40	27-38	500	425-475
Primeiro botão à primeira flor	23	20-25	330	300-350
Emergência à primeira flor	58	47-63	830	725-825
Primeira flor ao primeiro capulho	54	45-66	665	850
Emergência ao primeiro capulho	112	125-161	1509	1.575-1675

1250

1251

1252 Entretanto, a análise de correlação evidenciou relação entre o aparecimento da
 1253 primeira flor e a produtividade, sendo que quanto mais antecipado fosse o aparecimento
 1254 da flor maior a produtividade (Tabela 9). Isto pode ter ocorrido pelo fato de obter uma
 1255 unidade de calor da emergência a primeira flor de 830 superior ao definido como ideal na
 1256 literatura demonstrado na tabela 8, podendo assim ter antecipado o surgimento das flores.

1257 Averiguou-se que valores de unidades de calor do surgimento da primeira flor ao
 1258 primeiro capulho e emergência ao primeiro capulho se apresentaram menores que os
 1259 descritos na literatura como desejáveis (Tabela 8), sendo assim, não ocorrendo o
 1260 incremento. Outro fator que podemos destacar é que o solo deste experimento possui teor
 1261 baixo de P (Tabela 1), e segundo Carvalho et al. (2006) solos com baixos teores de P
 1262 resultam em plantas com lento crescimento. Todavia, o valor do coeficiente de correlação
 1263 foi baixo (-0,39791), e a significância da correlação não se repetiu no aparecimento das
 1264 demais estruturas reprodutivas, não podendo estabelecer uma relação de causa/efeito
 1265 necessariamente.

1266

1267

1268
1269
1270
1271
1272

Tabela 9. Resultados estáticos das estruturas reprodutivas do algodoeiro em relação a produtividade.

	Botão floral	Flor	Maçã	Capulho
Coefficiente de correlação	-0,21462	-0,39791	0,08157	-0,03150
p-valor	0,0811	0,0010	0,5117	0,8002

1273
1274
1275
1276

Tabela 10. Efeito das fontes e do bioativador na produtividade do algodão no experimento II (Aquidauana, MS-safra 2017/2018).

Fonte	Nº Observação	Média kg ha ⁻¹	C.V.(%)	p-valor
BIO	18	3101	38,91	0,7777
ST	19	3172	32,64	0,7409
TM	21	3376	35,51	0,1595

1277

1278

4. CONCLUSÃO

1279

1. Em solos com alto teor de P o aparecimento de capulhos é influenciado pela aplicação de termofosfato magnésiano.

1280

1281

2. O aumento das doses de termofosfato magnésiano influenciou na antecipação do surgimento do capulho.

1282

1283

3. Com o adiantamento do surgimento das estruturas reprodutivas ocorre aumento na produtividade em solos com alto teor de P.

1284

1285

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1286

ALLEN, R. G.; PEREIRA, R.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and drainage paper, 56).

1288

1289

ALMEIDA, R. P.; DOMINGUES, C. A.; RAMALHO, F. S.: **Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro no Brasil**. Embrapa, 2013. 19p.

1290

1291

AQUINO, L. A. DE; BERGER, P. G.; NEVES, J. C. L.; AQUINO, R. F. B. A. Acúmulo e exportação de nutrientes pelo algodoeiro com a aplicação parcelada de fósforo. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 300, n.1, p.12–21, 2014.

1293

1294

ARAÚJO, A. M. & SOFIATTI, V. **Correção e adubação** – Algodão herbáceo no Cerrado. 2016. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_st

1296

1297 ate=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-762
1298 93187_sistemaProducaoId=7 718&p_r_p_-996514994_topicoId=10617>. Acesso em:
1299 06 de dezembro 2020.

1300 ARAÚJO, L. F. DE; BERTINI, C. H. C. DE M.; BLEICHER, E.; VIDAL NETO,
1301 F. DAS C.; ALMEIDA, W. S. DE. Características fenológicas, agronômicas e
1302 tecnológicas da fibra em diferentes cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira**
1303 **de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.448-453, 2013.

1304 BELCHIOR, I.B.; LOPES, A.S.; FANAYA JUNIOR, E.D.; CASSOL, I.J.;
1305 OLIVEIRA, J.C.L.; BRITO, K.R.M. Propriedades físico-hídricas do solo cultivado com
1306 eucalipto irrigado. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.14, p.18-27, 2016.

1307 BHATTACHARYA, A. Changing Environmental Condition and Phosphorus-Use
1308 Efficiency in Plants. In *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants*;
1309 Academic Press: Cambridge, MA, p. 241–305, 2019.

1310 BOLEK, Y. Phenological characteristics of eight cotton genotypes under irrigated
1311 and non-irrigated conditions. **Journal of Science and Engineering**, v.10, n.2, p.111-118,
1312 2007.

1313 CAMACHO, M.A.; MARCANTE, N.C.; SANTOS, R.C.; RUIZ, J.G.C.L.;
1314 ECCO, M.; PAREDES JUNIOR, F.P.; SCHIAVO, J.A. Absorção de nitrogênio pelo
1315 algodoeiro herbáceo em dois sistemas de cultivo. **Bioscience journal**, v.29, p.51-58,
1316 2013.

1317 ECHER, F. R. O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e
1318 nutrientes. Cuiabá-MT: Instituto Mato-grossense do Algodão - Imamt, 2014. 123 p.

1319 FRYE, I. A. A.; KAIRUZ, I. A. G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. In:
1320 FEDERACIÓN NACIONAL DE ALGODOEIROS. **Bases técnicas para el cultivo del**
1321 **algodón en Colombia**. Bogotá: Guadalupe, 1990. p. 133- 202.

1322 FURLANI JR., E.; SILVA, N.M.; BUZZETTI, S.; SÁ, M.E.; ROSOLEM, C.A. &
1323 CARVALHO, M.A.C. Extração de macronutrientes e acúmulo de massa seca de algodão
1324 cv. IAC 22. *Revista Cultura Agronômica.*, v.10, p.71-87, 2001.

1325 GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. & REIN, T.A. **Princípios metodológicos**
1326 **para avaliação agronômica de fontes de fósforo**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1986.
1327 22p. (Documentos, 22).

1328 GONÇALVES, A. Z.; DINIZ, S. Diversidade de interações Micróbio-Planta e
1329 Processos Ecosistêmicos. **Ecologia de comunidades e ecossistemas**, p.2-8, 2008.

- 1330 GUINN, G.; MAUNEY, J.R. Fruting in of cotton: II. Effects of plant moisture
1331 status and active boll load on boll retention. **Agronomy Journal, Madison**, v.76, p.94-
1332 98, 1984.
- 1333 HODGES, H. F.; REDDY, K. R.; MCKINNON, J. M.; REDDY, V. R.
1334 Temperature effects on cotton. **Mississippi Agricultural and Forestry Experience**. Sta.
1335 Mississippi State University, MS. 1993.
- 1336 HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. Annual Review of plant Physiology,
1337 **Palo Alto**, v.24, p.591-570, 1973.
- 1338 JAKIENĖ, E., ŠLAPAKAUSKAS, V., BRAZAITYTĖ, A., SAKALAIUSKIENĖ,
1339 S., MICKEVIČIUS, V., DUCHOVSKIS, P. Effect of liquid complex fertilizers and
1340 growth regulators on photosynthesis system indices of sugar beets. *Vagos*, v.85, p.14-22,
1341 2009.
- 1342 JUNG, L.H.; LOPES, A.S.; OLIVEIRA, G.Q.; OLIVEIRA, J.C.L.; FANAYA
1343 JUNIOR, E.D.; BRITO, K.R.M. Irrigação no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus*
1344 *urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*.
1345 **Ciência Florestal**, v.27, n.2, p.655-667, 2017.
- 1346 LAMAS, F.M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de
1347 chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.21, p.
1348 227-233, 2001.
- 1349 LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção
1350 da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado.
1351 **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.525-528, 2004.
- 1352 LOKA, D. A. **Effect of water-deficit stress on cotton during reproductive**
1353 **development**. 2012. 200p. Ph.D. Dissertation. Fayetteville: University of Arkansas,
1354 2012.
- 1355 LOKA, D.A.; OOSTERHUIS, D.M. Effect of high night temperatures on cotton
1356 respiration, ATP levels and carbohydrate content. **Environmental and Experimental**
1357 **Botany**, v.68, p.258–263, 2010.
- 1358 MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M.
1359 O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974.
1360 752p.
- 1361 MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado**
1362 **nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS,
1363 1997.319 p.

- 1364 MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of
1365 developmental stages of upland cotton. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**,
1366 v.5, n.2, p.313-317, 2001.
- 1367 MCMICHAEL, B.L.; JORDAN, W.R.; POWELL, R.D. An effect of water stress
1368 on ethylene production by intact cotton petioles. **Plant Physiology, Baltimore-**
1369 **Maryland**, v.49, p.658-660, 1973.
- 1370 MORAIS, R. M. de; STEFFEN, G. P. K.; MALDANER, J.; SALDANHA, C. W.
1371 e STEFFEN, R. B. **Promoção da atividade biológica do solo por manejo alternativo**.
1372 Memorias del V CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA. La
1373 Plata/Argentina. 2015, 6p.
- 1374 MORETTO, J. L. **Termofosfatos: eficiência agrônômica e alterações químicas**
1375 **em solos com diferentes concentrações iniciais de fósforo**. 2017. Dissertação -
1376 Botucatu: Universidade Estadual Paulista.
- 1377 MULLINS, G.L. & BURMESTER, C.H. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and
1378 potassium accumulation by four cotton varieties. **Agronomy Journal**, v.82, p.729-736,
1379 1990.
- 1380 NÁPOLES, F.A. DE M.; AMORIN NETO, M. DA S.; BEZERRA, J.R.C.;
1381 SILVA, L.C.; LUZ, M.J. DA S. E; NETO, J.D. Efeito da época da supressão da irrigação
1382 sobre parâmetros morfo-fisiológicos do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro do Algodão,
1383 2., Ribeirão Preto, 1999. **Anais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999, p.507-512.
- 1384 RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba:
1385 International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- 1386 REDDY, K. R.; HODGES, H. F.; REDDY, V. R. Temperature effects on cotton
1387 fruit retention. **Agronomy Journal**, v.84, p. 26–30, 1992.
- 1388 REDDY, K.R.; HODGES, H.F.; MCKINION, J.M.; WALL, G.W. Temperature
1389 effects on Pima cotton growth and development. **Agronomy Journal**, v.84, p.237-243,
1390 1992b.
- 1391 REDDY, V. R.; HODGES, H. F.; MCCARTY, W. H.; MCKINNON, J. M.
1392 Weather and cotton growth: Present and Future. **Mississippi Agricultural and Forestry**
1393 **Experience**. Sta., Mississippi State University, Starkville, MS.1996.
- 1394 ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de
1395 soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo.
1396 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p. 1374-1382, 2009.
- 1397

- 1398 ROSOLEM C.A.; ECHER F.R.; LISBOA I.P.; BARBOSA T.S. Acúmulo de
1399 nitrogênio, fósforo e potássio pelo algodoeiro sob irrigação cultivado em sistemas
1400 convencional e adensado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.36, p.457-466, 2012.
- 1401 ROSOLEM, C. A. **Ecofisiologia e Manejo da Cultura do Algodoeiro**.
1402 Piracicaba: Potafós, 2001a, p.24, (Informações Agronômicas n. 95).
- 1403 ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão
1404 IAC 22. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.2, p.377-387, 1997.
- 1405 ROSOLEM, C. A.; BOGIANI, J. C. **Nutrição e estresses nutricionais em**
1406 **algodoeiro**. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMAmt, 2014. p.103-121.
- 1407 SCHWAB, G.J.; MULLINS, G.L.; BURMESTER, C.H. Growth and nutrient
1408 uptake by cotton roots under field conditions. **Communications in Soil**
1409 **Science and Plant Analysis**. V.31, p.149-164, 2000.
- 1410 SCHWAB NT, STRECK NA, LANGNER JA, RIBEIRO BSMR, UHLMANN
1411 LO & BECKER CC. Aplicabilidade do termo antocrono para representar a velocidade de
1412 abertura de flores em inflorescência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.657-
1413 664, 2014.
- 1414 SHAH, M. K. N.; MALIK, S. A.; MURTAZA, N.; ULLAH, I.; RAHMAN, H.;
1415 YOUNIS, U. Early and rapid flowering coupled with shorter boll maturation period offers
1416 selection criteria for early crop maturity in upland cotton. **Pakistan Journal of Botany**,
1417 v.42, n.5, p.3569-3576, 2010.
- 1418 SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality:
1419 complete samples. *Biometrika*, v.52, p.591-611, 1965.
- 1420 SILVA, F. N.; NETO, A. E. F.; CARNEIRO, L. F.; MAGALHÃES, C. A. S.;
1421 CARNEIRO, D. N. M. Crescimento e produção de grãos da soja sob diferentes doses e
1422 fontes de fósforo em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1220-
1423 1227, 2009.
- 1424 SILVA, I.P.F.; JUNIOR, J.F.S.; ARALDI, R.; TANAKA, A.A.; GIROTTO, M.;
1425 BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Estudo das fases fenológicas do algodão (*Gossypium*
1426 *hirsutum* L.). **Revista Eletrônica Científica de Agronomia**, v.10, n.20, p.1-10, 2011.’
- 1427 SOUZA, D. J. A.; LIMA, S. O.; SILVA, C. P.; FREITAS, G. A. Efeito de
1428 diferentes fontes e solubilidade de fósforo no desenvolvimento e nutrição do capim
1429 Mombaça. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 3, p.72-83, 2020.
- 1430 SOUZA, I. S.; OLIVEIRA, T. S. de; LIMA, P. J. B. F.; LEMOS, J. J. S. Manejo
1431 do algodoeiro arbóreo. **Revista CERES**, v.52, n.303, p.787-809, 2008.

1432 STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo
1433 residual do solo derivado de um termofosfato magnésiano com diferentes granulometrias
1434 e do superfosfato simples granulado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, p.233-238,
1435 1995.

1436 VIDAL, P. A. **Produtividade e qualidade das fibras do algodoeiro em função**
1437 **de diferentes composições de adubos**. 2006. 47p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade
1438 de Agronomia e Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

1439 VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In:
1440 FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade
1441 Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-325.

1442 XUE, Q., WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. Predicting leaf appearance in field-
1443 grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.
1444 175, p.261-270, 2004.

1445 ZHAO, D.; REDDY, K. R.; KAKANI, V. G.; KOTI, S.; GAO, W. Physiological causes
1446 of cotton fruit abscission under conditions of high temperature and enhanced ultraviolet-
1447 B radiation. **Journal of Plant Physiology**. v.124, p189-199. 2005.