



**MATHEUS PENA CAMPOS**

**FATORIAL FRACIONÁRIO NA SELEÇÃO DE  
CORRETIVOS E BIOESTIMULANTES PARA BANANEIRA  
'PRATA ANÃ' CLONE GORUTUBA: EFICIÊNCIA  
AGRONÔMICA E RENTABILIDADE**

**LAVRAS - MG  
2020**

**MATHEUS PENA CAMPOS**

**FATORIAL FRACIONÁRIO NA SELEÇÃO DE CORRETIVOS E  
BIOESTIMULANTES PARA BANANEIRA 'PRATA ANÃ' CLONE GORUTUBA:  
EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E RENTABILIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio  
Orientadora

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Campos, Matheus Pena.

Fatorial fracionário na seleção de corretivos e bioestimulantes para bananeira 'prata anã' clone gorutuba: eficiência agrônômica e rentabilidade / Matheus Pena Campos. - 2020.

144 p. : il.

Orientador(a): Leila Aparecida Salles Pio.

Coorientador(a): José Carlos Moraes Rufini.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Bananicultura. 2. Definitive screening design. 3. Viabilidade econômica. I. Pio, Leila Aparecida Salles. II. Rufini, José Carlos Moraes. III. Título.

**MATHEUS PENA CAMPOS**

**FATORIAL FRACIONÁRIO NA SELEÇÃO DE  
CORRETIVOS E BIOESTIMULANTES PARA BANANEIRA 'PRATA ANÃ' CLONE  
GORUTUBA: EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E RENTABILIDADE**

**FRACTIONAL FACTORIAL IN THE SELECTION OF  
CORRECTIVES AND BIO-STIMULATORS FOR BANANA 'PRATA ANÃ' CLONE  
GORUTUBA: AGRONOMIC EFFICIENCY AND PROFITABILITY**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 18 de setembro de 2020.

Dra. Ana Claudia Costa	UNEMAT
Dra. Ester Alice Ferreira	EPAMIG
Dr. Guilherme Lopes	UFLA
Dr. José Carlos Moraes Rufini	UFSJ

Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio  
Orientadora

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2020**

*Aos meus pais, Francisco e Suzana, ao meu irmão  
Pedro Henrique, e à minha madrinha Vera Campos.  
In memoriam, à Dinha e Vó Rosa, com todo amor.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e ao Reiki, por estarem comigo, iluminando minha mente e meus caminhos, confortando e me dando forças para a realização deste sonho.

Aos meus pais, Francisco e Suzana, por todo o exemplo e por tudo que sempre fizeram por mim.

Ao meu irmão Pedro Henrique, pela amizade, incentivo e ajuda em todos os experimentos de campo.

À minha namorada Fernanda, pela amizade, amor, incentivo e ajuda nas avaliações pós-colheita. À toda a sua família, pela força e incentivo.

Aos meus familiares, aos meus melhores amigos de Sete Lagoas e aos meus amigos da república de Lavras e da UFLA, pela confiança, amizade e momentos de descontração.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida em aprimorar o meu conhecimento por meio do doutorado em Agronomia/Fitotecnia.

À minha orientadora, Profa. Dra. Leila A. S. Pio, por ter me aceitado como orientando, pela amizade, humildade, confiança, ensinamentos e pelos inúmeros auxílios no decorrer da tese, desde as primeiras reuniões para definição dos experimentos. Meu muito obrigado!

Ao Prof. Dr. José Carlos M. Rufini, pela coorientação, por conseguir a parceria com a Fazenda Agromila, pela estrutura laboratorial oferecida por meio da UFSJ-CSL e pela amizade desde os tempos de graduação, grupo PET e mestrado.

Ao Prof. Dr. Julio S. de S. Bueno Filho, pela atenção e toda a disponibilidade em nos ajudar na análise estatística do experimento, bem como pelos conselhos estatísticos para a tese.

Ao pesquisador do DAG, Dr. Paulo César Melo, pela atenção e disponibilidade em nos ajudar no planejamento experimental e aquisição de adubos e bioestimulantes, bem como pelos conselhos e ensinamentos sobre fertilidade do solo.

Aos proprietários da Fazenda Agromila em Paraopeba - MG: Alexandre Freitas, Luciano Freitas e Sr. Milton, por aceitarem a parceria de pesquisa e por cederem a área experimental, toda a estrutura física da *packing house* e os melhores funcionários (Sr. Carlos, Cowboy e Paulo) para as operações de colheita, transporte, despencamento e pesagem dos cachos. Minha eterna gratidão à toda equipe da Agromila!

Aos amigos da Pós-Graduação da UFLA, da Fruticultura Tropical (Pomar) e da graduação e Mestrado da UFSJ, em especial à Carine, Priscilla, Jessy, Molina, Diego, Deniete, Neilton, Henrique, Otávio, Paula, Marthinha, Renata, Mariane, Evaldo, Elisson, Leonardo, Paulyene, Rafael, Pedro (Tatu), Diogo, Julia, Ana Clara, João da Luz, Mariela, Wilton, Mariana, Pamala, Pedro Henrique, Max, Luciano, Paulo, Alander e Igor, pela amizade, convívio, ajuda no decorrer do curso e/ou condução dos três experimentos.

Aos funcionários dos setores de Fruticultura da UFLA e da UFSJ-CSL, onde foram realizadas as análises laboratoriais.

À secretária do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia - Departamento de Agricultura (DAG) - Marli Túlio, por todas as informações repassadas, pelo carinho e atenção.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pelos conhecimentos, conselhos e disponibilidade para esclarecer as dúvidas.

A todos os membros da banca: Prof. Dr. Guilherme Lopes, Dra. Ester Alice Ferreira e Profa. Dra. Ana Claudia Costa, por terem aceitado participar da minha defesa, e por contribuírem muito na melhoria do texto redigido.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo CNPq N° 152818/2016-2, modalidade: Doutorado.

Muito obrigado!

## RESUMO

Atualmente, a experimentação agrícola tem adotado delineamentos experimentais menores e o uso de novas tecnologias de produção provenientes dela, pode permitir que a bananicultura brasileira se torne mais produtiva e rentável ao produtor. Objetivou-se com este trabalho: (i) realizar a triagem de 14 fatores por meio da combinação entre um delineamento de triagem (*Definitive Screening Design* – DSD) e um fatorial completo da série  $3^4$ , previamente selecionados para aplicação no 1º ciclo da bananeira Prata Gorutuba como suplementos de adubação; (ii) estimar o efeito dos principais fatores previamente triados no ensaio anterior e; (iii) comparar o manejo de adubação convencional (MC) e o manejo de adubação alternativo (proposto no objetivo ii), quanto a produção, pós-colheita e viabilidade econômica. Os três experimentos foram conduzidos em uma fazenda comercial na região central de Minas Gerais, Brasil. No primeiro experimento, fez-se a combinação de um DSD e de um fatorial  $3^4$ , esquema fatorial composto de 84 parcelas experimentais, cada uma com três plantas de Prata Gorutuba. A área experimental foi dividida em quatro blocos casualizados (DBC). Os 14 fatores selecionados foram: sete condicionadores de solo e sete bioestimulantes de extrato de algas. Realizou-se avaliações fitotécnicas, de produção, de duração de ciclo e de pós-colheita para obter os melhores efeitos de fatores e associações destes nas variáveis respostas. Todas as variáveis foram submetidas à ANOVA e, posteriormente, os fatores significativos foram estimados pelo ‘teste t’ para obter a direção do efeito causal. Obteve-se economia experimental, adotando-se apenas 38,88% do número de parcelas totais possíveis. Os fatores que mais se destacaram foram: CC, CT, LT e ACA. Foi corroborada a hipótese principal do trabalho de que alguns fatores teriam maior importância no delineamento experimental. No segundo experimento elaborou-se a combinação de um DSD e de um fatorial  $3^3$ , esquema fatorial composto de 30 parcelas experimentais, cada uma com três plantas de Prata Gorutuba. Dividiu-se a área experimental em seis blocos casualizados. Selecionou-se quatro fatores: três condicionadores de solo e um bioestimulante de extrato de algas. Realizou-se as mesmas avaliações para estimativa do efeito dos principais produtos e procedeu-se a mesma estatística do experimento anterior, ambas feitas pelo software R. A estimativa dos fatores CC, CT, LT e ACA, proporcionaram resultados satisfatórios no desempenho da cultura. Recomenda-se o uso de estratégias do tipo fatorial fracionário, incluindo desenhos de DSD em ensaios agrônômicos, especialmente para estimativa de efeitos de fatores. No terceiro experimento adotou-se um DIC, com dois tratamentos de adubação (MC e MC+3CS+1B) e dez repetições, sendo 20 parcelas experimentais, cada uma com três plantas de Prata Gorutuba. Efetuou-se a mesma estatística e as avaliações dos experimentos anteriores. Verificou-se a viabilidade econômica dos dois tratamentos, a partir dos dados de produtividade e custos operacionais totais de produção, baseado nos principais indicadores econômicos. O tratamento MC+3CS+1B teve aumento de 4,032 toneladas  $ha^{-1}$  e foi mais rentável ao bananicultor, com maiores valores de Receita Bruta, TIR e VPL. Sugere-se a realização de pesquisas futuras nesta região, com este tratamento alternativo, durante ciclos subsequentes da variedade Prata Gorutuba.

Palavras-chave: Delineamento de triagem definitiva. Bananicultura. Bioestimulantes. Condicionadores de solo. Seleção de fatores. Rentabilidade.

## ABSTRACT

Currently, agricultural experimentation has adopted smaller experimental designs and the use of new production technologies, derived from it, may allow Brazilian banana culture to become more productive and profitable to the producer. In this work, we aim (i) to carry out the screening of 14 factors through the combination of a Definitive Screening Design (DSD) and a  $3^4$  series complete factorial, previously selected for application in the 1st cycle of the 'Prata Gorutuba' banana as fertilizer supplements; (ii) estimate the effect of the main factors previously screened in the prior trial and; (iii) compare conventional fertilization management (CM) and alternative fertilization management (proposed in objective ii), regarding production, post-harvest and economic viability. We conducted the three experiments on commercial farm in the central region of Minas Gerais, Brazil. In the first experiment, we made a combination of a DSD and a factorial  $3^4$ , a factorial scheme composed of 84 experimental plots, each with three 'Prata Gorutuba' plants. We divided the experimental area into four randomized blocks (RBD). We selected the 14 factors: seven soil conditioners and seven algae extract biostimulants. We carried out phytotechnical, production, cycle duration and post-harvest evaluations to obtain the best effects of factors and associations of these in the response variables. We submitted all variables to ANOVA and subsequently, we estimated the significant factors by the "t test" to obtain the direction of the causal effect. We obtained experimental savings, adopting only 38.88 % of the number of possible total plots. The factors that stood out the most were CC, CT, LT and ACA. We corroborated the main hypothesis of the study that some factors would be more important in the experimental design. In the second experiment, we elaborated a combination of a DSD and a factorial  $3^3$ , a factorial scheme composed of 30 experimental plots, each with three 'Prata Gorutuba' plants. We divided the experimental area into six randomized blocks. We selected four factors: three soil conditioners and one algae extract biostimulant. The same evaluations were performed to estimate the effect of the main products and the same statistic as the previous experiment was carried out, both made by software R. The estimation of the factors CC, CT, LT and ACA, provided satisfactory results in the performance of the culture. We recommended using fractional factorial strategies, including DSD designs in agronomic assays, especially for estimating factor effects. In the third experiment, we adopted a CRD, with two fertilization treatments (CM and CM+3SC+1B) and ten replications, with 20 experimental plots, each with three 'Prata Gorutuba' plants. We performed the same statistics and evaluations as in previous experiments. We verified the economic viability of the two treatments, based on productivity data and total operational costs of production, based on the main economic indicators. The CM+3SC+1B treatment increased by 4,032 tons  $ha^{-1}$  and was more profitable for the banana grower, with higher values of Gross Revenue, IRR and NPV. We suggested carrying out future research in this region with this alternative treatment, during subsequent cycles of the 'Prata Gorutuba' variety.

**Keywords:** Definitive Screening Design. Banana farming. Biostimulants. Soil conditioners. Factors selection. Profitability.

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Classificação botânica, origem, evolução e distribuição geográfica da bananeira .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Importância socioeconômica da cultura da bananeira .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Exigências nutricionais e adubações na bananicultura .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>Condicionadores de solo e algas calcárias para suplementação de Ca e Mg .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Uso de algas marinhas como bioestimulantes na agricultura .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b>Viabilidade econômica do cultivo da bananeira .....</b>	<b>20</b>
<b>2.7</b>	<b>Fatorial Fracionário: DSD e sua aplicação na pesquisa agrícola .....</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
	<b>CAPÍTULO 2 DELINEAMENTO DE TRIAGEM DEFINITIVA DE FATORES EM NUTRIÇÃO DE BANANEIRAS PRATA GORUTUBA.....</b>	<b>31</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da área experimental.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2</b>	<b>Implantação do experimento.....</b>	<b>36</b>
<b>2.3</b>	<b>Delineamento experimental e definição do fatorial fracionário.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4</b>	<b>Doses aplicadas e fatores selecionados.....</b>	<b>37</b>
<b>2.5</b>	<b>Adubações realizadas .....</b>	<b>38</b>
<b>2.6</b>	<b>Avaliações experimentais.....</b>	<b>39</b>
<b>2.7</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>40</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1</b>	<b>Avaliações fitotécnicas .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliações de produção e duração de ciclo .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3</b>	<b>Avaliações de pós-colheita .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4</b>	<b>Análises estatísticas .....</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>

	<b>CAPÍTULO 3 ESTIMATIVA DE FATORES REFERENTES À ADUBAÇÃO DE BANANEIRAS SELECIONADOS EM ESQUEMA FATORIAL FRACIONÁRIO.....</b>	<b>68</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>72</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da área experimental.....</b>	<b>72</b>
<b>2.2</b>	<b>Implantação do experimento .....</b>	<b>72</b>
<b>2.3</b>	<b>Delineamento experimental e definição do fatorial fracionário.....</b>	<b>73</b>
<b>2.4</b>	<b>Doses aplicadas e fatores selecionados.....</b>	<b>73</b>
<b>2.5</b>	<b>Adubações realizadas .....</b>	<b>74</b>
<b>2.6</b>	<b>Avaliações experimentais.....</b>	<b>74</b>
<b>2.7</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>76</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
<b>3.1</b>	<b>Avaliações fitotécnicas .....</b>	<b>77</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliações de produção e duração de ciclo .....</b>	<b>81</b>
<b>3.3</b>	<b>Avaliações de pós-colheita .....</b>	<b>83</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliações minerais foliares .....</b>	<b>85</b>
<b>3.5</b>	<b>Análises estatísticas .....</b>	<b>87</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>94</b>
	<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUTIVA EM MANEJOS DE ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO ADOTADOS NO SISTEMA DE CULTIVO DE BANANEIRA PRATA GORUTUBA.....</b>	<b>99</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>101</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>103</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da área experimental.....</b>	<b>103</b>
<b>2.2</b>	<b>Implantação do experimento.....</b>	<b>103</b>
<b>2.3</b>	<b>Delineamento experimental utilizado .....</b>	<b>103</b>
<b>2.4</b>	<b>Doses aplicadas no tratamento alternativo .....</b>	<b>103</b>
<b>2.5</b>	<b>Adubações realizadas no tratamento alternativo .....</b>	<b>104</b>
<b>2.6</b>	<b>Avaliações experimentais.....</b>	<b>104</b>
<b>2.7</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>105</b>

2.8	Análise econômica .....	105
3	RESULTADOS .....	113
3.1	Avaliações fitotécnicas .....	113
3.2	Avaliações de produção e pós-colheita .....	115
3.3	Avaliações minerais foliares .....	117
3.4	Análises estatísticas .....	119
3.5	Análise da viabilidade econômica .....	119
4	DISCUSSÃO .....	124
5	CONCLUSÃO .....	129
	REFERÊNCIAS .....	130
	APÊNDICES .....	134
	ANEXOS .....	136

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

A banana é uma fruta mundialmente consumida, posicionada como a segunda fruta mais produzida e como o quinto alimento mais consumido no mundo. Apesar deste volume de produção, a bananicultura brasileira apresenta vários problemas que resultam em baixa produtividade média anual e baixa qualidade dos frutos. A exploração em solos de baixa fertilidade e a não manutenção dos níveis adequados de nutrientes durante o ciclo da planta são fatores responsáveis pelo atual cenário nacional.

Foi comprovado com estudos de marcha de absorção, que o potássio e o nitrogênio são os elementos nutricionais mais exigidos pela bananeira. Em ordem decrescente a bananeira absorve os seguintes macronutrientes:  $K > N > Ca > Mg > S > P$ . Entretanto, o cálcio e o magnésio também são essenciais para a banana em grandes quantidades, podendo ser fornecidos no solo por calcário agrícola ou de materiais substitutivos, denominados condicionadores de solo.

A exploração incorreta dos Latossolos de cerrado, localizados na região central do estado de Minas Gerais, pode vir a prejudicar o desenvolvimento da bananicultura, portanto, a correção da acidez faz-se necessária, e a suplementação na adubação por meio dos condicionadores pode ser vista como benéfica para aumentar a capacidade de troca de cátions e melhorar a estrutura do solo.

Os granulados marinhos podem ser compostos por areias e cascalho litoclásticos, ou areias calcárias, ou algas calcárias. Os granulados bioclásticos marinhos (GBM) são aqueles de composição carbonática, constituídos por algas calcárias ou por fragmentos de conchas. As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo vários micronutrientes, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn e Mo, além de elementos úteis como o Se e Si, todos estes essenciais ao nível fisiológico dos vegetais.

Os extratos de algas marinhas têm melhorado o desempenho das culturas agrícolas, com aumento significativo de sua utilização nas últimas décadas, constituindo uma alternativa ecologicamente correta e limpa ao uso de fertilizantes. Os bioestimulantes são produtos que contêm princípio ativo capaz de atuar diretamente sobre toda planta ou parte dela, elevando a sua produtividade, aumentando a resistência e adaptação das plantas a condições de estresse.

A execução desta pesquisa visa enfatizar a importância dos depósitos de algas calcárias e das populações de algas marinhas, caracterizando suas aplicações agrícolas como

condicionadores de solo e bioestimulantes, respectivamente. Aliado a importância destes materiais bioclásticos, tem-se que destacar a utilização de produtos derivados de rochas calcárias ou sílicas capazes de alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Apesar de existirem estudos com bioestimulantes e condicionadores de solo em algumas culturas, sabe-se pouco sobre o real efeito desses produtos no crescimento e desenvolvimento das plantas e sobre a atuação destes condicionadores de solo aplicados juntamente com os extratos de algas. A utilização em conjunto dos bioestimulantes de algas marinhas aplicados via solo ou foliar e de condicionadores como adubação de suplementação de Ca e Mg para o cultivo da banana, poderá promover benefícios no crescimento e produtividade desta cultura, em regiões caracterizadas por estresse hídrico e com baixa fertilidade natural.

Com o intuito de estimular produtos economicamente viáveis ao produtor e com a utilização de recursos de pesquisas cada vez mais limitados, retoma-se uma tendência da experimentação agrícola a adoção de delineamentos experimentais menores, com menos parcelas, repetições e unidades experimentais. Todavia, esses delineamentos devem ser capazes de agrupar diversos fatores ou fontes de variação no mesmo plano estatístico, sem perder a eficiência e representatividade.

Nesta linha de raciocínio, alguns pesquisadores estão adotando combinações de fatoriais fracionários com os fatoriais completos, ou seja, aplicando porções do fatorial completo, por meio de delineamentos de triagem, ao esquema fatorial tradicional utilizado na pesquisa agrícola. Esta técnica não se adequa a qualquer tipo de trabalho, sendo eficiente em ensaios experimentais com diversos fatores disponíveis, tendo como hipótese principal que alguns fatores têm mais importância sobre os demais selecionados.

Desta maneira, a aplicação do fatorial fracionário permite selecionar os melhores fatores que causaram maiores efeitos nas variáveis respostas em estudo, sejam efeitos causais positivos ou negativos, além de utilizar um número reduzido de parcelas no campo e, por consequência, menos recursos e tempo serão demandados pelo pesquisador.

Assim, objetivou-se com este estudo: (i) avaliar as alterações no crescimento, ciclo, produção e qualidade pós-colheita de banana Prata Gorutuba (*Musa* AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba) de 1º ciclo, proporcionadas por sete condicionadores de solo e sete bioestimulantes a base de extrato de algas marinhas, aplicados em um esquema fatorial fracionário; (ii) determinar a melhor associação entre os produtos previamente selecionados e; (iii) comprovar a aplicabilidade do esquema fatorial fracionário para experimentos de campo com bananeira Prata Gorutuba de 1º ciclo, por meio da comparação entre o manejo convencional (adotado pelo produtor) e o manejo alternativo (proposto no objetivo ii).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Classificação botânica, origem, evolução e distribuição geográfica da bananeira

Conforme a classificação botânica hierárquica, as bananeiras que produzem frutos comestíveis são plantas da classe das Monocotyledoneae, ordem Scitaminales, família Musaceae, subfamília Musoideae, que inclui, além do gênero *Ensete*, o gênero *Musa*, constituído por quatro séries ou seções: Australimusa ( $2n = 20$ ), Callimusa ( $2n = 20$ ), Rhodochlamys ( $2n = 22$ ) e (Eu-)Musa ( $2n = 22$ ) (SIMMONDS, 1973; CORDEIRO, 2000). A seção (Eu-)Musa é a mais importante por ter o maior número de espécies do gênero *Musa*, apresentar ampla distribuição geográfica e abranger todas as espécies comestíveis (CHEESMAN, 1948).

A origem da maioria das cultivares de banana foi no continente asiático, tendo evoluído a partir de duas espécies diploides selvagens *M. acuminata* e *M. balbisiana*. A bananeira apresenta três níveis cromossômicos distintos: diploide, triploide e tetraploide, os quais correspondem, respectivamente, a dois, três e quatro múltiplos do genoma de 11 cromossomos ( $n = 11$ ), segundo Dantas e Soares Filho (2000). Os acessos triploides são os mais comuns e incluem todas as variedades plantadas em larga escala mundialmente.

A evolução dessas espécies sucedeu-se em quatro etapas, repetidas em várias épocas (SIMMONDS; SHEPHERD, 1955). Na primeira etapa ocorreu partenocarpia por mutação em *M. acuminata* (AA), ou seja, esta espécie gerou polpa sem a produção de sementes. A segunda etapa caracterizou-se pela hibridação entre cultivares do grupo AA e plantas selvagens de *M. balbisiana* (BB), produzindo híbridos, hoje bastante raros, diploides do grupo AB. A terceira e quarta etapas da evolução foram constatadas por meio de cruzamentos espontâneos ou experimentais, sendo bananeiras triploides, a partir de diploides, e de tetraploides, a partir de triploides (DANTAS; SOARES FILHO, 2000). Segundo Shepherd (1984), a orientação das folhas pode ser utilizada para classificação do germoplasma: bananeiras diploides (folhas eretas); triploides (medianamente pendentes) e tetraploides (arqueadas).

Os plantios em bananais extensivos têm possibilitado a ampliação do número de variedades, em virtude da frequente ocorrência de mutações em muitas cultivares comerciais (EMBRAPA, 2012). Quando os mutantes possuem efeitos importantes no cultivo e na comercialização, adota-se o termo 'subgrupo' proposto por Simmonds (1973). Este deve abranger apenas as cultivares originárias por mutação de uma única forma ancestral, como exemplos a serem destacados estão o subgrupo Cavendish (grupo AAA) e o subgrupo Plátano ou Terra (grupo AAB), ambos com diversidade de formas.

Quanto a distribuição geográfica, a bananeira é uma planta tipicamente tropical, com exigência de calor constante, elevada umidade e boa distribuição de chuvas para alcançar o ótimo desenvolvimento (DANTAS; SOARES FILHO, 2000; EMBRAPA, 2012). Preferencialmente, os melhores cultivos se desenvolvem entre os paralelos de 30° N e 30° S de latitude, regiões com temperaturas situadas entre os limites de 15 °C e 35 °C. Fora desta faixa de latitude, há possibilidade de cultivo, sob condição de temperatura e regime hídrico adequados (MOREIRA, 1987). Como exemplo de sua vasta adaptação, esta frutífera é cultivada em quase todos os países tropicais do mundo, e no Brasil, é cultivada de norte a sul (ex: vale do Itajaí – SC) e do litoral até os planaltos do centro oeste nacional.

## 2.2 Importância socioeconômica da cultura da bananeira

A banana é uma fruta mundialmente consumida, posicionada como a segunda fruta mais produzida e como o quinto alimento mais consumido no mundo (FAO, 2020). Anualmente, em todo o planeta são produzidas 113,21 milhões de toneladas de banana, tendo a Índia como maior produtor, com 30,81 milhões de toneladas de volume de produção ano<sup>-1</sup>. Alguns países com produção acima de um milhão de toneladas, atingem incríveis rendimentos por hectare de 52.959 Kg (Costa Rica), 50.064 Kg (Indonésia) e 49.862 Kg (Guatemala), sendo as maiores produtividades do mundo, segundo o sistema de dados FAOSTAT (2018).

Longe de atingir tais níveis de produtividade, o Brasil possui 488,5 mil hectares plantados e 15,1 toneladas ha<sup>-1</sup> de produtividade média nacional (IBGE, 2020), no entanto, o país é considerado o quarto maior produtor mundial de banana, com 6,86 milhões de toneladas produzidas durante a safra 2019/2020, de acordo com dados do IBGE (2020). O Brasil está atrás no *ranking* de produção da Índia, da China, da Indonésia e, constantemente competindo pela 4ª posição com o Equador (5º lugar), de acordo com relatório gerado no FAOSTAT (2018).

Conforme a EMBRAPA (2012), a bananicultura apresenta-se como um dos principais agronegócios internacionais, sendo considerada a fruta fresca mais consumida no mundo. No Brasil, a atividade bananicultora é vista como um ramo importante da agricultura, sendo considerada a fruta mais consumida no país e a segunda mais produzida, apenas atrás da laranja (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2020).

Devido ao elevado consumo desta fruta pela população brasileira, aliado aos preços competitivos aqui praticados, apenas 1,5% da sua produção é destinada para exportação (CORDEIRO, 2000). O mercado interno da banana é pouco tecnificado e, de modo geral, ela é cultivada em pequenas propriedades, com baixas produtividades e elevadas perdas na pré e pós-

colheita (NOMURA *et al.*, 2019). Isto torna esta cultura, importante fonte de renda para pequenos produtores e alimento para as camadas mais carentes da população, visto que o consumo aparente *per capita* nacional é estimado em torno de 20-25 kg hab.<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (CORDEIRO, 2000; SALOMÃO *et al.*, 2016).

Um dos mais importantes polos brasileiros de produção de banana encontra-se no estado de Minas Gerais, sobretudo na região norte, com municípios bananicultores localizados no perímetro irrigado do São Francisco e afluentes, a partir de 100 km da capital, até as regiões limítrofes com o polo de produção da Bahia (RODRIGUES *et al.*, 2011; SALOMÃO *et al.*, 2016).

O norte de Minas Gerais merece destaque, por produzir em sua maioria, o cultivar Prata-Anã, sobretudo o clone deste, denominado Prata Gorutuba (FERNANDES *et al.*, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2011). Esta variedade vem se destacando pela baixa suscetibilidade ao mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), pela extensa área colhida e pelo grande volume de comercialização no mercado mineiro e de estados adjacentes (MAIA *et al.*, 2015; NOBRE *et al.*, 2018); já sabido por produtores quanto a preferência peculiar dos brasileiros ao subgrupo Prata, responsável por 80% da banana comercializada no país (SANTOS *et al.*, 2017).

### 2.3 Exigências nutricionais e adubações na bananicultura

A bananeira é uma planta exigente em nutrientes, devido a grande produção de massa vegetativa, pela elevada absorção de elementos e pela alta exportação destes para os frutos (BARBOSA *et al.*, 2013; EMBRAPA, 2012). De acordo com Borges e Oliveira (2000), os solos da maioria das regiões produtoras são geralmente pobres em nutrientes, devido a presença de óxidos, argilas pouco reativas e acidez elevada. Ainda, segundo os mesmos autores, a ordem decrescente de exigência e absorção dos nutrientes é a seguinte: macronutrientes: K > N > Ca > Mg > S > P e micronutrientes: Cl > Mn > Fe > Zn > B > Cu.

A absorção de nutrientes acompanha o acúmulo de matéria seca da planta, ou seja, é menor no início do crescimento vegetativo da bananeira e acentuado do 4º ao 5º mês até o florescimento (EMBRAPA, 2012). Entretanto, ocorrem diferenças em virtude das características do cultivar, dos teores de nutrientes do solo ou do manejo adotado, quanto as quantidades absorvidas de nutrientes, até mesmo dentro do mesmo grupo genômico.

As adubações em bananicultura consistem, em sequência, na calagem, e quando necessária, gessagem; adubação de plantio (formação); adubação de cobertura (produção ou manutenção) e adubação foliar (micronutrientes e bioestimulantes). O sucesso da resposta à

adubação depende não só das quantidades adequadas, mas também da localização e melhor época de aplicação do adubo, para ter maior absorção e menores perdas por lixiviação, volatilização ou desnitrificação (EMBRAPA, 2012; MOREIRA; DE CASTRO; FAGERIA, 2010).

A calagem é a prática de elevação do pH do solo, além de neutralização do Al e/ou Mn trocáveis, fornecimento de Ca e Mg às plantas, elevação da saturação por bases ( $V = 70\%$ ) e de equilibrar a relação K:Ca:Mg (BORGES; OLIVEIRA, 2000; CARMO; SILVA, 2016; CENTENO *et al.*, 2017). Com o pH adequado, aumenta-se a disponibilidade de N, P, K, S, Mo e Cl, proporcionando maior crescimento vegetal (CENTENO *et al.*, 2017; MELO *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2016).

A gessagem (gesso agrícola ou  $\text{CaSO}_4$ ), quando se faz necessária, apesar de não alterar o pH do solo, reduz o teor de alumínio (Al) em profundidade, além de fornecer Ca e S. Conforme Borges e Oliveira (2000), solos com baixos teores em Ca ( $< 0,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ) nas camadas subsuperficiais, precisam deste suprimento de gesso, o que irá melhorar o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade.

A adubação de plantio consistirá no fornecimento de N e P, respectivamente, pela forma de adubo orgânico e pela fonte de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0 a  $150 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , dependendo dos teores no solo), ambos misturados na cova de plantio (MOREIRA; DE CASTRO; FAGERIA, 2010). Na cova de plantio, também pode ser adicionado adubos para prevenir futuras deficiências de todos os micronutrientes, como o FTE BR 12 ( $50 \text{ g cova}^{-1}$ ) (BORGES; OLIVEIRA, 2000; EMBRAPA, 2012).

A adubação de cobertura para produção será constituída pelo fornecimento parcelado das fontes de N (mínimo de três a quatro aplicações, a primeira aplicação deve ser de 30 a 45 dias após o plantio) e de K (primeira aplicação no terceiro ao quarto mês após o plantio, coincidindo com a segunda aplicação de N) (BORGES; OLIVEIRA, 2000; GANESHAMURTHY; SATISHA; PATIL, 2011; NOMURA *et al.*, 2017). Outra finalidade da adubação de cobertura é a denominada manutenção ou suplementação, regida pela quantidade de teores de nutrientes em carência no solo, seja o P, Ca, Mg ou micronutrientes. Deve ser realizada quando o solo estiver com umidade adequada, colocando-se o adubo em círculo, numa faixa de 20 cm a 40 cm distante da muda ou em meia lua para bananeais adultos (EMBRAPA, 2012).

Por último, estão as adubações foliares, que podem ser realizadas em bananeiras com diferentes objetivos, tais como reposição de micros, principalmente por teores reduzidos de B e Zn, aplicação de bioestimulantes, seja para crescimento vegetativo, antecipação da colheita

e/ou melhoria na qualidade do cacho (BORGES; OLIVEIRA, 2000; EMBRAPA, 2012; MOREIRA; DE CASTRO; FAGERIA, 2010).

#### 2.4 Condicionadores de solo e algas calcárias para suplementação de Ca e Mg

O emprego de condicionadores de solo é uma alternativa interessante para a correção de acidez, fornecer melhor fertilidade e manter o equilíbrio físico, químico e biológico dos solos (CAMPISI *et al.*, 2016; MELO; FURTINI NETO, 2003; NATALE *et al.*, 2012). O calcário é o material mais utilizado, devendo ser incorporado ao solo para obter uma maior eficácia, e para a sua dissolução, requer água (ALCARDE; RODELLA, 2003; MELO *et al.*, 2019). É capaz de fornecer nutrientes, principalmente Ca e Mg, e de neutralizar a acidez do solo, porém, maior parte da sua ação fica restrita à camada de 0–20 cm, além de possuir lenta correção abaixo da camada de incorporação (AMARAL; ANGHINONI, 2001; MELO *et al.*, 2019).

Por isso, outros produtos têm sido testados para a correção da acidez e como condicionadores de solo, seja para fins comerciais e agrícolas ou para fins de pesquisa, como os silicatos de Ca e Mg, mais conhecido por AgroSilício (RAMOS *et al.*, 2006; LUX *et al.*, 2020); o calcário de conchas de ostras marinhas, extraído em jazidas naturais no litoral de Santa Catarina (OLIVIER *et al.*, 2020; XIA *et al.*, 2014; YAO *et al.*, 2014); os alumino silicatos da classe das zeólitas (DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHEA, 2015; SANGEETHA; BASKAR, 2016; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017) e os granulados bioclásticos marinhos (GBMs), com destaque para as algas *Lithothamnium calcareum* (MELO; FURTINI NETO, 2003; NEGREIROS *et al.*, 2019) e *Halimeda tuna* (CAVALCANTI, 2020; SANTOS; NUNES, 2015).

Os GBMs são areias e cascalhos inconsolidados, de composição carbonática, constituídos, principalmente, por algas calcárias, moluscos, briozoários, foraminíferos bentônicos e quartzo (CAVALCANTI, 2020; MELO, 2011). No Brasil, entre as algas calcárias, predominam com mais de 30% as algas vermelhas (coralíneas), do gênero *Lithothamnium*, seguida das algas verdes, do gênero *Halimeda* (AMANCIO, 2007; CAVALCANTI, 2020; HILLIS-COLINVAUX, 1986).

A utilização de materiais marinhos para uso agrícola, em diferentes regiões do mundo, parece ser uma atividade muito antiga (CRESSARD; DE BYSER, 1974; DE BYSER, 1975). Atualmente, excelentes performances têm sido obtidas utilizando-se mistura de fertilizantes (NPK) tradicionais com as algas calcárias moídas, aumentando a produtividade, a qualidade dos produtos agrícolas, a resistência a pragas e doenças e, ao mesmo tempo, a rentabilidade dos

fertilizantes, com redução de até 40% de aplicação do NPK (CAVALCANTI, 2020; NEGREIROS *et al.*, 2019).

As algas calcárias contribuem para o melhoramento físico, químico e biológico do solo, deixando-o mais permeável e condicionando a eficácia do complexo argilo húmico; corrige o pH melhorando a assimilação dos elementos fertilizantes e a atividade biológica; melhora a disponibilidade do fósforo e ativa o desenvolvimento das bactérias autotróficas responsáveis pelo processo de nitrificação (DE BYSER, 1975; STENECK, 1986). Para ser mais exato, a definição do GBM, formado de algas dos gêneros *Lithothamnium* e/ou *Halimeda*, seria de um fertilizante melhorador e condicionador, por ser tanto uma fonte de nutrientes para a planta, principalmente de Ca e Mg, quanto um elemento condicionador\corretivo de acidez do solo (MELO, 2011).

## 2.5 Uso de algas marinhas como bioestimulantes na agricultura

Os bioestimulantes vegetais ou agrícolas são classificados como qualquer substância ou microrganismo fornecido às plantas em pequenas quantidades que possuam capacidade de aumentar a eficiência da absorção nutricional, mas também elevar a tolerância aos estresses abióticos e bióticos, melhorando a qualidade dos produtos (BROWN; SAA, 2015; KHAN *et al.*, 2009; SOFO *et al.*, 2014). A primeira definição de bioestimulantes vegetais surgiu como materiais que promovem o crescimento das plantas, quando aplicados em pequenas quantidades, exceto fertilizantes (KAUFFMAN; KNEIVEL; WATSCHKE, 2007).

Devido ao fato de os bioestimulantes aumentarem vigor e produtividade das plantas, a utilização tem sido recomendada em todas as etapas da produção agrícola (YAKHIN *et al.*, 2017). Os bioestimulantes apresentam fatores que influenciam nas características da atividade do solo, tanto microbiologicamente, quanto enzimaticamente, causando alterações no sistema radicular e alterando a solubilidade e transporte no xilema e floema das plantas (LUCINI *et al.*, 2015; PASCALE; ROUPHAEL; COLLA, 2017). Os produtos mais utilizados e promissores são a base de extratos de algas, hidrolisados de proteínas, ácidos húmicos e fúlvicos, silício, quitosana, compostos inorgânicos (Al, Co, Na, Se e Si), fungos e bactérias promotores de crescimento (DU JARDIN, 2015; KLAHOLD *et al.*, 2006; RUZZI *et al.*, 2015).

Na agricultura moderna, os bioestimulantes a bases de extratos de algas marinhas têm movimentado bilhões de dólares no mercado do agronegócio, tendo nas últimas décadas, sido colhida uma parcela de 15 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup> de extratos de diversas algas marinhas para emprego na agricultura (MELO *et al.*, 2020). De acordo com Rodrigues (2008), os extratos

de algas marinhas são considerados aditivo pelo Ministério da Pecuária de Abastecimento e tem seu uso aprovado como fertilizantes. Como exemplos de algas bioestimulantes mais utilizadas na agricultura tem-se as algas marinhas vermelhas (filo Rhodophyta): *Hypnea musciformis* e *Kappaphycus alvarezii* e; as algas castanhas ou pardas (filo Phaeophyta): *Sargassum vulgare*, *Laminaria Digitata*, *Durvillaea potatorum* e *Ascophyllum nodosum*, esta última, considerada a mais explorada do mundo comercialmente (MOURA *et al.*, 2020; RENAUT *et al.*, 2019).

As substâncias presentes nos bioestimulantes de algas marinhas ajudam na maior absorção de água e nutrientes, proporcionando menor impacto em períodos de deficiência hídrica durante o ciclo da cultura (RODRIGUES *et al.*, 2015). Porém, a eficácia dessas substâncias em combater as condições de estresses ocasionados às plantas, dependem de diferentes fatores como tempo de aplicação e modo de ação (SILVA *et al.*, 2014; SOFO *et al.*, 2014).

Segundo Bulgari, Franzoni e Ferrante (2019), a utilização de bioestimulantes pode ser realizada em diferentes períodos, ou seja, antes, durante, ou logo após de fatores que causem estresse no cultivo. Esses mesmos autores afirmam que a aplicação dos bioestimulantes durante o desenvolvimento depende da espécie e do período mais crítico para a produção. Portanto, é necessário identificar o momento certo para sua aplicação e determinar a concentração padrão de uso do produto nas culturas agrícolas (CARVALHO *et al.*, 2019; MELO *et al.*, 2020; RENAUT *et al.*, 2019).

Na fruticultura, este tipo de produto natural pode ajudar na quebra de dormência, no aumento do tamanho dos frutos, no maior vigor, na melhor uniformidade das plantas e na regulação da floração (CALVO; NELSON.; KLOEPPER, 2014; HALPERN *et al.*, 2015; MOURA *et al.*, 2020), sendo uma alternativa de adubação foliar promissora para a aplicação no cultivo de bananeira, o qual se tem poucos trabalhos sobre o tema.

## **2.6 Viabilidade econômica do cultivo da bananeira**

Diferentemente de muitas regiões fruticultoras do mundo, o Brasil apresenta ampla distribuição geográfica com diversidade climática e grande disponibilidade hídrica e de terras aráveis, tornando-o grande potencial para o desenvolvimento da bananicultura (RODRIGUES *et al.*, 2018). A possibilidade de uso de tecnologias como a irrigação ou novas fontes de adubos como se tem aqui, não ocorre em outras regiões do mundo, portanto, a análise da viabilidade econômica do cultivo da bananeira tornou-se uma ferramenta essencial para investimentos em

novas áreas, tomada de decisão, conforme a rentabilidade do cultivo (ALMEIDA; SOUZA, 2000).

Segundo Do Couto *et al.* (2020), analisar a viabilidade econômica de um projeto agrícola incide em verificar se as receitas deste têm a possibilidade de superar os custos e investimentos necessários para colocar o empreendimento em funcionamento. É considerada a primeira etapa de qualquer empreendimento agrícola, a análise dos custos de produção, sendo reconhecida como atividade viável quando o investimento traz a oportunidade de retornos maiores que suas despesas (REZENDE; OLIVEIRA, 2008), ou seja, quando a relação benefício/custo (RB/C)  $> 1$  (LACERDA *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2018).

Assim, a determinação dos custos de produção, também auxilia no conhecimento da lucratividade e rentabilidade das atividades econômicas das propriedades, auxiliando de forma direta na tomada de decisão (RICHETTI, 2016). Conforme Guiducci, Lima Filho e Mota (2012), o custo de produção, ou custo operacional total (COT), deve ser calculado segundo o custo anual dos materiais diretos, somado ao valor destinado à mão de obra e aos custos fixos.

O custo objetiva comparar o uso do desembolso feito com recursos produtivos (homens, máquinas etc.) com diferentes situações em que pode ser empregado o dinheiro (FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005; RÁMIZ, 1988; VASCONCELOS; GARCIA, 2004). A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) divide o custo de produção em quatro categorias: custo variável relacionado aos gastos dedicados à despesa de custeio da lavoura e pós-colheita; o custo fixo que se compõe por juros sobre o capital empregado em terra, benfeitorias, máquinas, equipamentos e depreciação; o custo pertinente aos gastos operacionais efetivos (COE) e; o custo total de produção, dado pelo somatório dos três anteriores (CONAB, 2020).

Custo fixo total (CFT) é o custo que se assume ao adquirir bens, tais valores não são passíveis de mudar a curto prazo, mesmo modificando a produção em função do mercado (GUIDUCCI; LIMA FILHO; MOTA, 2012). São chamados de custos indiretos na contabilidade (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

Os custos variáveis totais (CVT) representam no COT, a parcela que varia conforme a produção, ou seja, o volume de produção definido ocasionará aumento ou diminuição nas despesas da propriedade, conforme definido por Guiducci, Lima Filho e Mota (2012). Na contabilidade empresarial são chamados de custos diretos (VASCONCELOS; GARCIA, 2004). Todas as despesas realizadas em função da produção de banana em cada ano agrícola, definem o custo variável, como por exemplo, a compra de mudas, fertilizantes, defensivos, bioestimulantes, material de irrigação, combustíveis, energia, a contratação de mão de obra,

operações agrícolas do plantio à colheita e taxas diversas, acrescidas de juros sobre o capital circulante próprio e/ou sobre os empréstimos (CARDOSO, 2020; FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005).

Altas produções atreladas ao máximo lucro da empresa, só ocorrerão quando a atividade realizada pelo bananicultor conseguir combinar alguma redução no custo total ou obter melhor aproveitamento deste (FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005; RICHETTI, 2016). Outros indicadores como TIR, TMA, VPL, *payback*, receita bruta, entre outros também devem ser adotados na análise econômica de um empreendimento agrícola (DO COUTO *et al.*, 2020).

## 2.7 Fatorial Fracionário: DSD e sua aplicação na pesquisa agrícola

Alguns delineamentos alternativos aos padrões adotados pela experimentação agrícola têm sido discutidos desde antes dos anos 50, como proposto por Plackett e Burman (1946). Entretanto, os delineamentos de Plackett-Burman, ou também denominados fatoriais fracionários de dois níveis, requeriam uma segunda etapa de experimentos para obter a curvatura dos níveis, com adição dos pontos centrais em cada fator (LIN, 2015; YANG; LIN; LIU, 2014).

Em muitas situações, estes delineamentos rendiam experimentos extras desnecessários. (YANG; LIN; LIU, 2014). Como solução para evitar tal problema, foi desenvolvida a estratégia dos delineamentos de triagem com o intuito de evitar padrões de análise para qualquer situação experimental (MEAD; GILMOUR; MEAD, 2012). Utiliza-se planos fatoriais fracionários, ou seja, o emprego de frações regulares e previamente selecionadas do fatorial completo, elencando quais serão os fatores com maior potencial de efeito (GOOS; GILMOUR, 2017; JONES; NACHTSHEIM, 2011a, 2011b, 2013; WANG; AI; LI, 2016).

Os delineamentos de triagem definitiva, DSDs, (do inglês *Definitive Screening Designs*) são uma nova classe de delineamentos, recentemente introduzida por Jones e Nachtsheim (2011b), com finalidade de triagem de fatores quantitativos de três níveis, na presença de efeitos de segunda ordem (quadráticos). De acordo com Lin (2015), esta classe de delineamentos de triagem pode fornecer estimativas dos efeitos principais de forma imparcial a qualquer efeito quadrático, tanto quanto às interações entre dois fatores.

Os DSDs têm propriedades desejáveis para fatoriais fracionários de triagem, sendo que foi proposto por Xiao, Lin e Fengshan (2012), um método sistemático de construção destes, via matrizes de conferência. Para elaboração desta matriz, os DSD devem seguir três propriedades: (i) todos os efeitos principais de 1ª ordem não têm paralelo com os efeitos quadráticos; (ii) todos

os efeitos principais não têm paralelo com as interações entre dois fatores e; (iii) este delineamento é saturado para estimar a média, todos os efeitos de 1ª ordem e todos os efeitos de 2ª ordem (LIN, 2015; XIAO; LIN; BAI, 2012).

Os DSDs são frequentemente aplicados na identificação de fatores mais relevantes nas fases iniciais de um processo de experimentação, que normalmente envolve uma grande quantidade de fatores (RIBEIRO *et al.*, 2019). Portanto, quando a experimentação é cara, demorada ou difícil, delineamentos menores acabam sendo os preferidos (YANG; LIN; LIU, 2014). Uma limitação da utilização dos DSDs é a obrigatoriedade de todos os fatores serem quantitativos, segundo Jones e Nachtsheim (2013).

Em situações experimentais agronômicas em que é necessário a utilização de vários fatores e que existem grande limitação de recursos financeiros para pesquisa, faz-se necessário também, a exclusão dos fatores que não irão apresentar efeito relevante no delineamento (JONES; NACHTSHEIM, 2013; YANG; LIN; LIU, 2014), a fim de obter maior eficiência do tempo de avaliação experimental.

Em vista disso, conforme Ribeiro *et al.* (2019), é recomendável o uso de estratégias do tipo fatorial fracionário, incluindo desenhos de DSDs em ensaios agronômicos, especialmente para triagem dos melhores fatores. No entanto, a responsabilidade de projetar experimentos para atender a todas as condições estatísticas escolhidas e garantir que suas implicações sejam adequadas, continua sendo dos pesquisadores (DONATO *et al.*, 2018).

Figura 1 - Estrutura de um delineamento combinado em esquema fatorial fracionário: em cada bloco combina-se uma fração dos níveis do fatorial completo  $3^4$  a um  $DSD_{10}$ .

Bloco	Parcela	Fatores do fatorial $3^4$ A B C D	Fatores do DSD E F G H I J K L M N
1	1	20 dos 80 níveis do fatorial $3^4$	$DSD_{10.1}$
1	a		
1	20		
1	21	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2	22	20 dos 80 níveis do fatorial $3^4$	$DSD_{10.2}$
2	a		
2	41		
2	42	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
3	43	20 dos 80 níveis do fatorial $3^4$	$DSD_{10.3}$
3	a		
3	62		
3	63	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
4	64	20 dos 80 níveis do fatorial $3^4$	$DSD_{10.4}$
4	a		
4	83		
4	84	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Fonte: Ribeiro *et al.* (2019).

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. *In*: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVARES V. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3. p. 291-334.
- ALMEIDA, C. O.; SOUZA, J. S. Custos e Rentabilidade. *In*: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 136-138.
- AMARAL, A.S. do; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 36, n. 4, p. 695-702, 2001.
- AMANCIO, C.E. **Precipitação de CaCO<sub>3</sub> em algas marinhas calcárias e balanço de CO<sub>2</sub> atmosférico**: os depósitos calcários marinhos podem atuar como reservas planetárias de carbono? 2007. 64 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - USP/Instituto de Biociências/Departamento de Botânica, São Paulo, 2007.
- BARBOSA, F.E.L. *et al.* Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1271-1277, 2013.
- BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. Nutrição, calagem e adubação. *In*: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47-59.
- BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 6, n. 671, p. 1-3, 2015.
- BULGARI, R.; FRANZONI, G.; FERRANTE, A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. **Agronomy**, [S.l.], v. 9, n. 6, p. 306, 2019.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and soil**, [S.l.], v. 383, n. 1-2, p. 3-41, 2014.
- CAMPISI, T. *et al.* Ammonium-charged zeolite effects on crop growth and nutrient leaching: greenhouse experiments on maize (*Zea mays*). **Catena**, [S.l.], v. 140, p. 66-76, 2016.
- CARDOSO, C.E.L. **Custos de produção**: planilha de cálculos do custo de produção da banana. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2020. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01\\_21\\_41020068055.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_21_41020068055.html) Acesso em: 19 mar. 2020.
- CARMO, D.L. do. SILVA, C.A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1762-1772, 2016.

- CARVALHO, R.P. de. *et al.* “Niágara Rosada” table grape cultivated with seaweed extracts: physiological, nutritional, and yielding behavior. **Journal of Applied Phycology**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 2053-2064, 2019.
- CAVALCANTI, V.M.M. (Org.). **O Aproveitamento de granulados bioclásticos marinhos como alternativa para a indústria de fertilizantes no Brasil**. Relatório Final. Brasília: DNPM, 2020.
- CENTENO, L.N. *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.
- CHEESMAN, E.E. Classification of bananas. II. The genus *Musa*. **Kew Bulletin**, London, n. 2, p.1 06-117, 1948.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Metodologia de cálculo de custo de produção da Conab**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1113&t=>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana**. Produção: aspectos técnicos. 1. ed. Brasília: Embrapa, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- CRESSARD, A.P.; DE BYSER, J. Influence de l'exploitation des sables et graviers sur le milieu marin. Présentation du programme français. **Rapport GA**, [S.l.], v. 14, p. 9-74, 1974.
- DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W. dos S. Classificação botânica, origem e evolução. *In*: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 12-16.
- DE BYSER, J. **Les problemes de l'environnement liés a l'exploitation des sables et graviers marins**. CNEXO, 1975 (Note technique n. 51).
- DE SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 71, n. 10, p. 1355-1367, 2015.
- DO COUTO, C.A. *et al.* Economic viability of micro sprinkler irrigation in banana cultivars in the central region of Goiás state. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 19015-19032, 2020.
- DONATO, S.L.R. *et al.* Experimental planning for the evaluation of phenotypic descriptors in banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, (e-962), 2018.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Ojokokoox tia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 3-14, 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *In*: LIMA, M.B.; DE OLIVEIRA, S.; FERREIRA, S.C.F. (Ed. Téc.). **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2012.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Banana Market Review: Preliminary Results 2019**. Rome, 2020.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de bananeira**. Roma, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 19 maio 2020.

FERNANDES, M.B. *et al.* Bagging time of ‘Prata-anã’ banana regarding anthracnose control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, 2019.

FRIZZONE, J.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

GANESHAMURTHY, A.N.; SATISHA, G.C.; PATIL, P. Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, Dharwad, v. 24, n. 1, p. 29-38, 2011.

GOOS, P.; GILMOUR, S.G. Testing for lack of fit in blocked, split-plot, and other multi-stratum designs. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 49, n. 4, p. 320-336, 2017.

GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012.

HALPERN, M. *et al.* The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In: (Ed.). **Advances in agronomy**: Elsevier, v.130, p.141-174, 2015.

HILLIS-COLINVAUX, L. Halimeda growth and diversity on the deep fore-reef of Enewetak Atoll. **Coral Reefs**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 19-21, 1986.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 18 maio 2020.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. Efficient designs with minimal aliasing. **Technometrics**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 62-71, 2011a.

\_\_\_\_\_. A class of three-Level desigs for definitive screening in the presence of second-order effects. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 43, n. 1, p. 1-15, 2011b.

\_\_\_\_\_. Definitive screening designs with added two-level categorical factors. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 45, n. 2, p. 121-129, 2013.

KAUFFMAN, G.L.; KNEIVEL, D.P.; WATSCHKE, T.L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **Crop science**, [S.l.], v. 47, n. 1, p. 261-267, 2007.

KHAN, W. *et al.* Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 28, p. 386-399, 2009.

KLAHOLD, C.A. *et al.* Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

LACERDA, M.D. *et al.* Análise econômica da produção de banana-maçã na região sudeste do estado do Pará. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 40-44, 2013.

LIN, C-Y. Construction and selection of the optimal balanced blocked definitive screening design. **Metrika**, [S.l.], v. 78, n. 4, p. 373-383, 2015.

LUCINI, L. *et al.* The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 182, p. 124-133, 2015.

LUX, A. *et al.* Silicification of Root Tissues. **Plants**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 111-130, 2020.

MAIA, L.C.B. *et al.* Alterações metabólicas em bananas induzidas por dano mecânico. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 17, n. 2, p. 27-34, 2015.

MEAD, R.; GILMOUR, S.G.; MEAD, A. **Statistical principles for the design of experiments: applications to real experiments**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

MELO, P.C. de. **Granulados Bioclásticos Marinhos (GBM)**. Informações Gerais, Técnicas e Aplicações. Lavras: UFLA/DAG, 2011.

MELO, P.C. de. *et al.* Marine macroalgae bioextract changes the index of reflectance in pepper plants. **Oceanography Fisheries Open Access Journal**, [S.l.], v. 11, n. 5, (e-555822), 2020.

MELO, P.C. de; FURTINI NETO, A.E. Avaliação do *Lithothamnium* como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.

MELO, R.M. *et al.* Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 101-110, 2019.

MOREIRA, A.; DE CASTRO, C.; FAGERIA, N.K. Efficiency of boron application in an Oxisol cultivated with banana in the Central Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.l.], v. 82, n. 4, p. 1137-1145, 2010.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

MOURA, E.A. *et al.* Production of Formosa papaya seedlings irrigated with wastewater and application of biostimulant. **Comunicata Scientiae Horticulture Journal**, Bom Jesus, PI, v. 11, (e-3153), 2020.

NATALE, W. *et al.* Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

NEGREIROS, A.M.P. *et al.* *Lithothamnion calcareum* nanoparticles increase growth of melon plants. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, [S.l.], v. 47, n. 2, p. 426-431, 2019.

NOBRE, R.C.G.G. *et al.* Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, 2018.

NOMURA, E.S. *et al.* Fertilization with nitrogen and potassium in banana cultivars ‘Grand Naine’, ‘FHIA 17’ and ‘Nanicão IAC 2001’ cultivated in Ribeira Valley, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 505-513, 2017.

NOMURA, E.S. *et al.* Post-harvest characterization of ‘Prata’ banana cultivar grown under different nitrogen and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 4, 2019.

OLIVIER, A. Van Der S. *et al.* A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 3-25, 2020.

PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. **European Journal of Horticultural Science**, [S.l.], v. 82, n. 6, p. 277-285, 2017.

PLACKETT, R.L.; BURMAN, J.P. The design of optimum multifactorial experiments. **Biometrika**, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 305-325, 1946.

RÂMIZ, A.A. Os custos. *In: Enciclopédia prática de economia: questões da teoria econômica*. São Paulo: Nova Cultural, 1988. 315 p.

RAMOS, L.A. *et al.* Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

RENAUT, S. *et al.* A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. **Microbial biotechnology**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 1346-1358, 2019.

REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008.

RIBEIRO, P.C.M. *et al.* Fractional factorials in a case study nutrition experiment with banana trees. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 3, p. 335-349, 2019.

RICHETTI, A. **Viabilidade Econômica da cultura da soja na safra 2016/2017, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa, 2016. (Comunicado Técnico 211).

RODRIGUES, C.C. *et al.* Rentabilidade econômico-financeira para implantação da banana Prata Anã. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 5, n. 10, p. 170-180, 2018.

RODRIGUES, J.D. Biorreguladores, aminoácidos e extratos de algas: verdades e mitos. **Jornal Informações Agronômicas**, Geórgia, n. 122, p. 15-17, 2008.

RODRIGUES, L.A. *et al.* Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus**, Ituverava, v. 12, n. 1, p. 207-214, 2015.

RODRIGUES, M.G.V. *et al.* Banana. **Informe Agropecuário**, [S.l.], v. 32, p. 35-48, 2011.

RUZZI, M.; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 124-134, 2015.

SALOMÃO, L.C.C. *et al.* Crescimento e produção da bananeira (Musa spp. AAB) Prata-Anã, oriunda de rizoma e micropropagada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p. 340-347, 2016.

SANGEETHA, C.; BASKAR, P. Zeolite and its potential uses in agriculture: A critical review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 37, n. 2, p. 101-108, 2016.

SANTANA JÚNIOR, E.B. *et al.* Physiological and vegetative behavior of banana cultivars under irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 82-88, 2020.

SANTOS, E.O. *et al.* Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana 'Prata Catarina' under biofertilisers. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017.

SANTOS, G.N.; NUNES, J.M.C. O gênero *Halimeda* (Bryopsidales, Chlorophyta) no litoral do estado da Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, [S.l.], v. 15, p. 1-15, 2015.

SANTOS, M.P. *et al.* Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **PUBVET**, Maringá, v. 10, p. 001-110, 2016.

SHEPHERD, K. **Evolução e classificação das bananeiras**. Cruz das Almas, BA: Embrapa-CNPMPF, 1984.

SILVA, M.J.R. *et al.* Formação de mudas de melancia em função de diferentes concentrações e formas de aplicação de bioestimulante. **Scientia Plena**, Botucatu, v. 10, n. 10, p. 1-9, 2014.

SIMMONDS, N.W. **Los plátanos**. Barcelona: Blume, 1973.

SIMMONDS, N.W.; SHEPHERD, K. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. **The journal of the Linnean Society of London**. London, v. 55, p. 302-312, 1955.

SOFO, A. *et al.* Control of biotic and abiotic stresses in cultivated plants by the use of biostimulant microorganisms. *In: Improvement of crops in the Era of Climatic Changes*. Springer, Cham, 2014. p.107-117.

STENECK, R.S. The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptative strategies. **Annual review of ecology and systematics**, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 273-303, 1986.

TSINTSKALADZE, G. *et al.* Nitrogenous zeolite nanomaterial and the possibility of its application in agriculture. **Annals of Agrarian Science**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 365-369, 2017.

VASCONCELOS, M.A.S.; GARCIA, M.E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

WANG, Y.; AI, M.; LI, K. Optimality of pairwise blocked definitive screening designs. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, [S.l.], v. 68, n. 3, p. 659-671, 2016.

XIA, M. *et al.* A potential bio-filler: The substitution effect of furfural modified clam shell for carbonate calcium in polypropylene. **Journal of Composite Materials**, [S.l.], v. 49, n. 7, p. 807-816, 2014.

XIAO, L.; LIN, D.K.J.; BAI, F. Constructing definitive screening designs using conference matrices. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 2-8, 2012.

YAKHIN, O.I. *et al.* Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 7, n. 2049, p. 1-32, 2017.

YANG, J.; LIN, D.K.J.; LIU, M-Q. Construction of minimal-point mixed-level screening designs using conference matrices. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 46, n. 3, p. 251-264, 2014.

YAO, Z. *et al.* Bivalve shell: not an abundant useless waste but a functional and versatile biomaterial. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 44, 2014

## CAPÍTULO 2 DELINEAMENTO DE TRIAGEM DEFINITIVA DE FATORES EM NUTRIÇÃO DE BANANEIRAS PRATA GORUTUBA

### RESUMO

Uma tendência da experimentação agrícola para obter maior eficiência do tempo de avaliação e poupar recursos financeiros de pesquisa é a adoção de delineamentos experimentais mais enxutos. Objetivou-se com este trabalho: (i) realizar a triagem dos principais fatores por meio da combinação entre um delineamento de triagem (*Definitive Screening Design* – DSD) e um fatorial completo da série  $3^4$ , dentre os 14 fatores previamente selecionados para aplicação no 1º ciclo da bananeira Prata Gorutuba como suplementos para adubação de plantio e, (ii) determinar a melhor associação entre estes fatores, indicada para a realização de um ensaio futuro na mesma região, durante o mesmo ciclo e com a mesma cultivar de bananeira. O experimento foi conduzido em uma fazenda comercial na região central do estado de Minas Gerais, Brasil. Foi planejado por meio da combinação de um DSD, para dez dos fatores e de um fatorial completo da série  $3^4$  para os quatro fatores restantes, um esquema fatorial composto de quatro fatores em três níveis (doses de aplicação) cada, suplementados de três repetições extra do nível central (dose comercial), totalizando 84 parcelas experimentais (81 + 3). A alocação inicial destes níveis foi feita de forma aleatória por um algoritmo de troca, utilizando-se o software R. A área experimental foi dividida em quatro blocos casualizados (DBC) com 21 parcelas experimentais cada. Cada parcela constituiu-se de três plantas de bananeira Prata Gorutuba, totalizando um  $N = 252$ . Os 14 fatores selecionados foram divididos em sete produtos condicionadores de solo e sete produtos bioestimulantes a base de extrato de algas marinhas. Realizou-se avaliações fitotécnicas, de produção, de duração de ciclo e de pós-colheita, para obter os melhores efeitos de fatores e associações destes nas variáveis respostas analisadas. Todas as variáveis foram submetidas à ANOVA, e quando necessário, foram transformadas para melhor distribuição dos dados. Posteriormente, os fatores significativos para F foram submetidos à estimativa do ‘teste t’ para obter a direção do efeito causal em determinada variável. Obteve-se economia experimental, adotando-se em um único ensaio, apenas 38,88% do número de parcelas totais possíveis. Os fatores que menos se destacaram neste estudo foram os bioestimulantes MTU, LTL, VTK e BF2, e os que mais se destacaram foram CC, CT, LT e ACA, sendo os três primeiros, condicionadores de solo, e o último, bioestimulante. Foi corroborada a hipótese principal do trabalho em que alguns fatores seriam mais importantes que os demais presentes no delineamento experimental, sendo possível manter um experimento futuro em campo com bananeiras Prata Gorutuba de 1º ciclo, com três níveis de dosagem dos melhores fatores.

Palavras-chave: Fatorial fracionário. Bananicultura. Bioestimulantes. Condicionadores de solo.

## ABSTRACT

A tendency of agricultural experimentation to obtain more efficient evaluation time and to save financial research resources is the adoption of smaller experimental designs. The objective of this work was (i) to perform the screening of the main factors through the combination of a Definitive Screening Design (DSD) and a complete  $3^4$  series factorial, among the 14 factors previously selected for application on the 1st cycle of the Prata Gorutuba banana as supplements for planting fertilization and, (ii) determine the best association between these factors, indicated for the performance of a future trial in the same region, during the same cycle and with the same banana cultivar. The experiment was conducted on a commercial farm in the central region of the state of Minas Gerais, Brazil. It was planned by combining a DSD, for 10 of the factors and a complete factorial of the  $3^4$  series for the remaining four factors, a factorial scheme composed of four factors on three levels (application doses) each, supplemented by three extra repetitions of the central level (commercial dose), totaling 84 experimental plots (81 + 3). An exchange algorithm, using software R., made the initial allocation of these levels randomly. We divided the experimental area into four randomized blocks (RBD) with 21 experimental plots each. Each plot consisted of three Prata Gorutuba banana plants, totaling  $N = 252$ . We divided the 14 selected factors into seven soil conditioners products and seven biostimulant products made by seaweed extracts. We evaluated phytotechnical, production, cycle duration and post-harvest variables to obtain the best effects of factors and associations of these on the analyzed responses variables. We submitted all variables to ANOVA and, when necessary, we transformed for better data distribution. Subsequently, we submitted the significant factors for F to the “t test” estimate to obtain the direction of the causal effect in a given variable. We obtained experimental savings, adopting in a single trial, only 38.88 % of the number of possible total plots. The factors that stood out the least in this work were the MTU, LTL, VTK and BF2 biostimulants, and the ones that stood out the most were CC, CT, LT and ACA, the first three being soil conditioners and the last biostimulant. We corroborated the main hypothesis of the study, in which some factors would be more important than the others present in the experimental design, making it possible to maintain a future field experiment with 1st-cycle Prata Gorutuba banana trees, with three levels of dosage of the best factors.

Keywords: Fractional factorial. Banana farming. Biostimulants. Soil conditioners.

## 1 INTRODUÇÃO

A experimentação agrícola está em constante evolução com as necessidades das pesquisas de campo relacionadas com a produção vegetal. Uma tendência da área, no intuito de poupar gastos financeiros com insumos, materiais e equipamentos, como também obter maior eficiência do tempo de avaliação, é a adoção de delineamentos experimentais mais enxutos, que tenham representatividade e eficiência estatística (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A redução do número de parcelas aliado a busca da precisão experimental é tido como desafio para os experimentadores de campo, devido a uma série de fatores como: delineamento escolhido, tamanho das parcelas (nº de replicatas), quantidade de tratamentos, de fatores e dos níveis destes fatores (DONATO *et al.*, 2018;

Lavezo *et al.* (2017). Em situações experimentais agrônômicas em que é necessário a utilização de vários fatores, e que existe grande limitação de recursos financeiros, espacial, ou por falta de mão de obra, faz-se necessário a triagem dos fatores mais importantes em detrimento dos fatores que não irão apresentar efeito relevante no delineamento (JONES; NACHTSHEIM, 2011a, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2019; YANG; LIN; LIU, 2014).

Este problema pode ser resolvido aplicando-se delineamentos de triagem, os DSDs (do inglês *Definitive Screening Designs*), utilizando planos fatoriais fracionários, ou seja, o emprego de frações regulares e previamente selecionadas do fatorial completo, elencando quais serão os fatores com maior potencial de efeito (GOOS; GILMOUR, 2017; JONES; NACHTSHEIM, 2011b; WANG; AI; LI, 2016).

A bananicultura brasileira é vista como um ramo importante da fruticultura e agricultura nacional, devido ao alto consumo da fruta no mercado interno e do grande volume de produção, considerada a frutífera com o segundo maior volume produzido no país (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2020). Segundo dados do IBGE para a safra 2019/2020, foram 6,86 milhões de toneladas produzidas, uma variação de -3,5% em relação à safra 2018/2019; com 488,5 mil hectares de área plantada e 15,1 toneladas ha<sup>-1</sup> de produtividade média nacional (IBGE, 2020).

Nas regiões bananiculoras do estado de Minas Gerais, Brasil, uma cultivar do subgrupo Prata (AAB), conhecida por Prata Anã Gorutuba, tem se destacado como a mais produzida e comercializada no mercado (FERNANDES *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2019). Isto demonstra uma característica muito peculiar da preferência dos brasileiros ao subgrupo Prata – responsável por 80% da banana comercializada no país (MAIA *et al.*, 2015; NOBRE *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2017).

Devido ao valor desta cultura para a balança comercial brasileira, com geração de vários empregos e fonte de renda para pequenos e grandes produtores (SALOMÃO *et al.*, 2016), várias pesquisas relacionadas ao manejo de adubação têm sido desenvolvidas com finalidades diversas, no sentido de obter maiores ganhos de produtividade ou melhoria da qualidade nutricional da fruta. Atualmente, a aplicação de condicionadores de solo como suplementos da adubação de plantio são capazes de realizarem a reposição de Ca e Mg no solo, promoverem o equilíbrio físico, químico e biológico e, eventualmente, melhorarem a produtividade do bananal, sendo adotada em experimentações agrícolas em algumas regiões do país (CARVALHO; CRUZ; MARTINS, 2013; MELO *et al.*, 2016, 2017; DONATO *et al.*, 2018).

Outra tecnologia difundida na bananicultura nacional nos últimos anos, foi a adoção do uso de bioestimulantes, principalmente aqueles compostos por extrato a base de algas marinhas ou de mistura destes com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas), que podem ser aplicados diretamente nas plantas (BROWN; SAA, 2015; DU JARDIN, 2015; RUZZI; AROCA, 2015; SOFO *et al.*, 2014). Os bioestimulantes são complexos fornecido às plantas em pequenas quantidades que possuam capacidade de aumentar a eficiência da absorção nutricional, promover o equilíbrio hormonal, mas também elevar a tolerância ao estresse abiótico e bióticos, melhorando a qualidade dos produtos agrícolas (BROWN; SAA, 2015; SOFO *et al.*, 2014; YAKHIN *et al.*, 2017).

Aliado à importância da bananicultura e representatividade da bananeira Prata-Anã no cenário agrícola nacional, assim como o uso de novas tecnologias como as aplicações de condicionadores de solo e bioestimulantes na cultura, conduziu-se um experimento delineado em blocos casualizados com 14 fatores, sendo sete condicionadores de solo e sete bioestimulantes, em esquema fatorial fracionário, com a cultivar Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba). Este experimento prévio partiu da hipótese principal do trabalho, em que alguns fatores são mais importantes que os demais, os quais é possível manter um experimento futuro em campo, com o nível ótimo dos melhores fatores.

Diante disso, objetivou-se com este experimento: (i) realizar a triagem dos principais produtos (fatores) por meio da combinação entre o DSD e um fatorial completo da série  $3^4$ , dentre os 14 fatores previamente selecionados para aplicação no 1º ciclo da cultura como suplementos para adubação de plantio e; (ii) determinar a melhor associação entre estes fatores, indicada para a realização de um ensaio futuro na mesma região, durante o mesmo ciclo e com a mesma cultivar.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O ensaio experimental foi conduzido em uma exploração comercial de bananeira com 80 ha irrigados desta cultura, localizada no município de Paraopeba, região central do estado de Minas Gerais (19°16'01.1" S, 44°26'02.6" O e 761 m de com altitude. O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação de Koppen, tropical com estação seca, com precipitação pluvial média anual de 1244 mm e período crítico de deficiência hídrica estendendo-se de maio até setembro. A temperatura média anual na região é de 21,8 °C, com variação de  $\pm 5,2$  °C ao longo do ano.

A área experimental localizou-se em um pivô central de aproximadamente 22,3 ha, com o solo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), anteriormente cultivado com milho e/ou feijão e que apresentava as seguintes características químicas, antes da implantação do bananal em dezembro de 2016, contidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise da fertilidade inicial do solo coletado em área de Cerrado na região central de Minas Gerais - Brasil, na camada (0-20 cm), localizado na área experimental e de implantação comercial de bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

pH		P resina	K	S	Ca	Mg	Al	H+ Al
(água)	(CaCl <sub>2</sub> )	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>			
5,82	5,26	58,78	327,99	15,79	3,76	0,89	0,0	3,4
V	m	Relações			CTC total	SB	MO	CO
%		Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	cmolc/dm <sup>3</sup>		g/dm <sup>3</sup>	
61,63	0,00	4,47	1,06	4,22	8,89	5,49	25,76	15,4

CTC total: capacidade de troca catiônica total; MO: matéria orgânica; CO: carbono orgânico; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio.

Fonte: Do autor (2020).

As características químicas do solo descritas acima na Tabela 1, referem-se à condição inicial deste, antes da implantação da cultura. É válido destacar que os teores dos macronutrientes encontravam-se nos seguintes níveis: P (adequado); K (alto); S (adequado); Ca (adequado) e Mg (baixo). A Saturação por Bases (V%) estava com valores abaixo do ideal (V% = 70) para a cultura da bananeira. Portanto, foi realizada a correção do solo com calcário para elevação deste índice e para elevação do Mg na participação das bases do solo.

Foram aplicados, em média,  $1,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico nas 12 glebas que compõem a área do pivô central, de acordo com a indicação da análise feita por agricultura de precisão.

## 2.2 Implantação do experimento

O experimento foi instalado na área experimental descrita acima, em 05/01/17, e conduzido até o final do 1º ciclo da cultura, que coincidiu com a data da última colheita em 23/03/18, das três que foram realizadas.

Antes da implantação do primeiro experimento, foi realizada a adubação de plantio da área a ser cultivada com banana Prata Gorutuba, em dezembro de 2016. O plantio das mudas foi realizado em sulco ( $0,40 \times 0,40 \times 0,40 \text{ m}$ ) no dia 10/12/16, com espaçamento de fileiras duplas com 2,7 m entre fileiras e 3,3 m entre fileiras duplas e 2,0 m entre plantas, totalizando uma densidade de plantio de 1666 plantas/ha. A adubação de plantio utilizada foi a seguinte: 200 gramas de superfosfato simples (SS), 200 gramas de Yoorin e 1 kg de esterco de galinha por muda ou metro de sulco de plantio.

A irrigação foi feita por pivô central, durante seis meses, com turno de rega de dois dias e, posteriormente, substituída por microaspersão, durante 1h30 min em turno de rega de dois dias, até o encerramento do 1º ciclo e continuidade dos demais ciclos do bananal.

## 2.3 Delineamento experimental e definição do fatorial fracionário

Tendo em vista a limitação dos recursos de pesquisa para testar todos os fatores selecionados previamente, foi planejado pela combinação de idéias dos DSDs, propostos por Jones e Nachtseim (2011b) para dez dos fatores de três níveis, com uma fração do fatorial completo da série  $3^4$  (81 parcelas) para os quatro fatores restantes. Este fatorial completo foi composto de quatro fatores em três níveis (doses de aplicação) cada, suplementados de três repetições extra do nível ou ponto central (dose padrão ou comercial) para todos os fatores, totalizando 84 parcelas experimentais ( $81 + 3$ ).

Neste caso, a área experimental foi dividida em quatro blocos casualizados (DBC), cada um recebendo um DSD, no qual cada tratamento continha ambos os pontos centrais do fatorial completo e do  $\text{DSD}_{10}$ , como também receberam uma combinação de pontos não centrais de ambos os fatoriais, ou seja, as outras duas doses distintas da dose padrão de aplicação (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A partir de um delineamento inicial com 84 parcelas (21 por bloco), reservou-se uma parcela em cada bloco para receber a dose comercial ou ponto central dos 14 fatores (representada por 14 zeros, sendo um zero para cada fator) e as demais 80 parcelas restantes (20 por bloco) para uma combinação das outras duas doses ou pontos não centrais do DSD<sub>10</sub> e do fatorial completo (3<sup>4</sup>) (TABELA 1, ANEXO A). A alocação inicial destes pontos foi feita de forma aleatória por algoritmos de troca, usados para concatenar os níveis dos fatores (R CORE TEAM, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2019). O critério de otimalidade adotado, ou seja, o valor que mede a eficiência de um delineamento escolhido aleatoriamente, considerou a variância média de todos efeitos estimados, corrigidos pelo controle local (efeito de blocos) (GOOS; GILMOUR, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2019; TRINCA; GILMOUR, 2017).

Cada parcela experimental do total de 84, constituiu-se de três plantas de bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), totalizando um N = 252 plantas ou unidades amostrais. Este experimento foi composto de 14 fatores que representam suplementos para adubação em bananeiras, previamente selecionados como potenciais de uso nas regiões bananicultoras do estado de Minas Gerais, sendo sete produtos condicionadores de solo e sete produtos bioestimulantes a base de extrato de algas marinhas.

## 2.4 Doses aplicadas e fatores selecionados

Os produtos selecionados como fatores foram divididos em bioestimulantes (aplicação foliar ou em cobertura) e condicionadores de solo (aplicação no solo em cobertura). Todos os fatores possuíam três níveis que eram as doses de aplicação, codificadas da seguinte maneira: dose padrão ou comercial (100% ou 0); dose padrão dobrada (200% ou +1) e metade da dose padrão (50% ou -1), conforme delineamento da Tabela 1 do Anexo A.

Estas doses foram convertidas para 1/7 do valor comercial, tanto para os condicionadores, quanto para os bioestimulantes, pois cada planta recebeu dois *blends*: um de solo (7 produtos) e outro via foliar (7 produtos), conforme elucidado na Tabela 2 do Anexo A. Isso foi realizado devido ao desbalanço nutricional que uma super adubação de Ca, existente nos condicionadores e de diversos nutrientes e fito reguladores, presentes nos extratos de algas, poderia causar nas bananeiras.

Os sete bioestimulantes a base de extrato de algas foram os seguintes: Multiturbo (5% N, 8,5% Zn), da Multitécnica®; Acadian (5,3% K<sub>2</sub>O), da Acadian Seaplants Limited – ASL; PDQ Perenes, da Produquímica®; Biof-Nature® I (3,5% N, 2% Mg), da CERES TECNOLOGIA LTDA; Biof-Nature® II (3,5% N), da CERES TECNOLOGIA LTDA; Litho-

Natus® (14% Ca), da CERES TECNOLOGIA LTDA e Vitakelp (15% N, 1% K<sub>2</sub>O), da Satis®. Respectivamente, foram codificados da seguinte maneira: MTU; ACA; PDQ; BKP; BF2; LTL e VTK (TABELA 1, ANEXO A).

Os sete condicionadores de solo utilizados como fontes de Ca e eventualmente de Mg foram os subsequentes: calcário de conchas de ostras marinhas (49% CaO, 0,05% MgO), da CYSY® - 180 g/cova/ano; AgroSilício® (36% CaO, 9% MgO), Silicato de Cálcio e Magnésio da Harsco Minerais - 212 g/cova/ano; Celtonita (zeólita enriquecida com NPK), da ZEOCEL Portugal Ltda. - 200 g/cova/ano; ALGUE® (32% Ca), *Lithothamnium calcareum* (Pó), da CERES TECNOLOGIA LTDA - 180 g/cova/ano; casca de ovo triturada (45% Ca), da ASA® - 150 g/cova/ano; calcário dolomítico (46% CaO, 8% MgO) - 200 g/cova/ano e o Lithotamne® (28% Ca), *Halimeda tuna* (GBM - granulado bioclástico marinho), da CERES TECNOLOGIA LTDA - 150 g/cova/ano. Na devida ordem, foram codificados da seguinte forma: CC; AG; CT; LT; CO; CD e HA (TABELA 1, ANEXO A).

Os fatores CC, AG, CT e LT foram previamente selecionados para o fatorial completo da série 3<sup>4</sup>, ou seja, o número de níveis elevado ao número de fatores, pois, foram considerados como potenciais causadores de maior efeito na nutrição das bananeiras. Os demais fatores, não menos importantes, foram incluídos no delineamento de triagem do tipo DSD<sub>10</sub>, em fatorial fracionário.

## 2.5 Adubações realizadas

As adubações minerais com os produtos condicionadores de solo foram parceladas em seis aplicações: de janeiro a junho de 2017, considerando a dose anual de Ca requerida pela cultura da bananeira, subgrupo Prata (AAB) em g/cova, e o respectivo teor de Ca fornecido por cada produto (TABELA 2, ANEXO A). As adubações de suplementação (condicionadores) foram feitas a lanço, realizando um coroamento dos produtos em torno da muda.

As adubações com os bioestimulantes foram divididas em três etapas: crescimento vegetativo com aplicações mensais de março a junho de 2017; pré-florada com aplicação em setembro de 2017, e frutificação (formação das primeiras pencas), com aplicação em novembro de 2017. Foi adotado o padrão comercial da Acadian, líder mundial em produtos à base de extrato de algas, trabalhando-se com doses de 0,25% a 0,50% ou 250 ml ha<sup>-1</sup> a 500 ml ha<sup>-1</sup>. No período vegetativo adotou-se 0,25% em março; 0,3% em abril; 0,4% em maio e 0,5% em junho. Na pré-florada e na frutificação foram mantidas a dose de 0,5% como dose padrão (100% ou 0) no esquema fatorial fracionário (TABELA 2, ANEXO A).

As adubações foliares com os produtos bioestimulantes não foram feitas diretamente nas folhas, devido a grande concentração de cera na superfície adaxial desta espécie, fato este, que propiciou adotar um padrão de aplicação com jato dirigido no solo, pulverizando o mais próximo do rizoma da planta-mãe, no ciclo vegetativo. As últimas aplicações dos bioestimulantes: pré-florada e frutificação, foram realizadas com jato dirigido na inflorescência e no cacho, respectivamente. Para este tipo de adubação/operação, sempre foi utilizado um pulverizador costal de 5L.

## **2.6 Avaliações experimentais**

As avaliações experimentais foram subdivididas em: fitotécnicas, de produção e duração de ciclo e de pós-colheita para as seguintes épocas, com as respectivas variáveis a serem medidas.

### **2.6.1 Avaliações fitotécnicas**

As avaliações fitotécnicas foram definidas para as seguintes épocas, separadas por intervalos de 45 dias, com as respectivas variáveis a serem medidas: 1ª época (12/02/2017) - altura de plantas (AP) e diâmetro do pseudocaule (DP), tomados da planta central da parcela e nº de folhas expandidas (NF), contadas das três plantas da parcela; 2ª época (01/04/2017) - AP, DP, NF e nº de perfilhos (NP), contados das três plantas da parcela; 3ª época (14/05/2017), 4ª época (01/07/2017) e 5ª época (14/08/2017), com medição de todas as variáveis.

Foram utilizados trena para mensuração da AP em metros, considerando a altura da planta junto ao solo até a roseta foliar, e uma fita métrica graduada para mensuração da circunferência do pseudocaule em metros, medida na base da planta junto ao solo e posterior conversão em diâmetro do pseudocaule (DP), em m, pela fórmula:  $D = C/\pi$  (BARBOSA *et al.*, 2013). Das três plantas de cada parcela experimental foi considerado a planta central como área útil e as plantas das extremidades como bordadura.

### **2.6.2 Avaliações de produção e duração de ciclo**

As avaliações de produção e de duração de ciclo foram feitas a partir do início da fase reprodutiva da bananeira (florescimento) e se encerraram no momento da colheita dos frutos no

estádio de maturação I (fruto fisiologicamente maduro, mas com casca totalmente verde), de acordo com a escala de graus de coloração da casca (CORDEIRO, 2000).

A colheita dos frutos foi iniciada aproximadamente 14,4 meses após o transplântio (1ª colheita) e se estendeu até 15,6 meses (3ª colheita). Durante as três datas de colheita foram selecionados os cachos das plantas úteis de cada parcela e determinados, com auxílio de balança e contagem numérica: o peso do cacho com engajo (PCCE), em Kg; o peso do cacho sem engajo (PCSE), em Kg; o número de frutos por cacho (NFC); o número de frutos por penca (NFP); o número de pencas por cacho (NPC); o peso médio das pencas (PMP), em Kg, e a produtividade (PROD), em Mg ha<sup>-1</sup>, a partir do produto do PCSE da planta útil e a densidade de plantio, igual a 1666 pl./ha.

A duração do ciclo da cultura foi determinada com base na data de colheita do cacho da planta útil de cada tratamento (parcela). Também foi determinado o dia da emissão da inflorescência para calcular o comprimento do ciclo reprodutivo de cada tratamento e verificar a uniformidade de produção (BARBOSA *et al.*, 2013). Desta forma, obteve-se as variáveis, em dias: ciclo vegetativo (CV), ciclo reprodutivo (CR) e ciclo total (CTo).

### **2.6.3 Avaliações de pós-colheita**

Amostras de quatro frutos da parte central da 2ª penca, da base para o ápice do cacho, foram selecionadas para cada tratamento para análise físico/química e respectiva obtenção das variáveis: comprimento médio dos frutos (CMF), em mm; diâmetro médio dos frutos (DMF), em mm; firmeza da polpa do fruto (FPF), em Kg; peso da penca madura (PPM), em Kg; % de redução de peso (RP), em %; pH médio dos frutos (pH); sólidos solúveis totais (SST), em °Brix; acidez total titulável ao ácido málico (ATT), em % ou g/100g e a razão entre SST/ATT (RATIO) (BARBOSA *et al.*, 2013; CHITARRA; CHITARRA, 2005; CRISOSTOMO *et al.*, 2008).

### **2.7 Análise estatística**

Todas as análises estatísticas foram realizadas com a utilização do software R (R CORE TEAM, 2018). Todas as variáveis foram submetidas a análise de variância (ANOVA), seguindo os pressupostos da mesma, e quando necessário, era feita a transformação Box Cox para determinar a melhor distribuição dos dados.

Os modelos mistos lineares generalizados incluíam como fontes de variação (FV) todos os efeitos de 1ª ordem e quadráticos de todos os 14 fatores e os principais pares de interações dos quatro fatores do fatorial completo. Para as variáveis de contagem foi utilizado o modelo misto linear generalizado (*glmerMod*) com as plantas como efeito aleatório, adotando-se a biblioteca *lme4* do R (R CORE TEAM, 2018). Antes de definir o modelo da *glmer*, foi utilizado aproximação normal para reduzir os termos do modelo.

Após a ANOVA, os melhores fatores eram submetidos a estimativa do ‘teste t’, com a finalidade de obter a direção do efeito causal daquele fator ou FV em determinada variável, ou seja, de aumento (sinal +) ou decréscimo (sinal -) da variável em questão.

Para os resultados deste capítulo, foi implementado um algoritmo de troca para combinar o DSD<sub>10</sub> (fatorial fracionário) com o fatorial completo (3<sup>4</sup>). A busca realizada pelo computador tem um critério que minimiza as variâncias das estimativas para os efeitos principais e termos quadráticos de todos os fatores no DSD<sub>10</sub> e para os efeitos principais, interações quadráticas e de primeira ordem entre pares de fatores no fatorial completo. O código básico apresentado na Tabela 1 do Anexo A, foi desenvolvido em código adicional do R e a explicação, se necessário, pode ser compartilhada pelos autores Ribeiro *et al.* (2019).

### 3 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados em grupos de variáveis divididos em dois tipos de tabelas por grupo. O 1º tipo de tabela de cada grupo corresponde aos valores do “teste F” significativos a 5% (\*) e 1% (\*\*), obtidos pela ANOVA. O 2º tipo de tabela de cada grupo corresponde aos valores da estimativa do ‘teste t’ significativos a 5% (\*) e 1% (\*\*), para variáveis contínuas ou ‘teste z’ significativos a 5% (\*) e 1% (\*\*), para as variáveis de contagem discretas.

Os valores de ‘p’ estão explicitados no texto após o resultado de cada fonte de variação significativa para determinada variável. As tabelas completas de ANOVA de todas as variáveis significativas do capítulo 2, encontram-se em material suplementar a esta tese.

#### 3.1 Avaliações fitotécnicas

As adubações foliares ocorreram entre 80 dias após transplântio (DAT) e 180 DAT; as adubações via solo ocorreram entre 25 DAT e 180 DAT e a 5ª época de avaliação ocorreu 240 DAT. Com a finalidade de encontrar algum efeito importante de determinado fator sobre as variáveis AP, DP, NF e NP foi analisada apenas a 5ª época de avaliação, considerando que alguns condicionadores de solo possuíam efeito residual grande, permitindo a realização das quatro aplicações de bioestimulantes no período vegetativo. Neste caso, foram desconsideradas as avaliações anteriores e possíveis efeitos e interações que poderiam resultar pela análise estatística.

Não foi preciso transformar os dados de contagens, referentes às variáveis NF e NP. Não houve efeito significativo aparente para as variáveis DP, NF e NP. Apenas para a variável AP, houve efeito aparente da interação quadrática do fator CD, com valor de  $F = 3,0168$  (valor  $p = 0,0887$ ,  $\alpha = 10\%$  ).

Para a estimativa do ‘teste t’, houve aumento da altura das plantas de bananeira Prata Gorutuba de 0,245 m (valor  $p = 0,0887$ ,  $\alpha = 10\%$ ), considerando o efeito quadrático da aplicação de CD de uma dose para outra. As tabelas de ANOVA e *summary* (‘teste t’) da variável AP, na 5ª época de avaliação, encontram-se respectivamente nas Tabelas 1 e 2 do Apêndice A.

### **3.2 Avaliações de produção e duração de ciclo**

As variáveis de produção e duração de ciclo que apresentaram significância a 1% ou 5%, para o teste F foram as seguintes: PMP, NPC, NFC, PCCE, PCSE, PROD, CV, CR e CTo (TABELA 2).

Tabela 2 – Valores de F significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para as variáveis de produção e de duração de ciclo, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa sp.*)

FV	PMP	NPC	NFC	PCCE	PCSE	PROD	CV	CR	CTo
CC	3,165	0,055	1,248	3,714	3,767	3,769	0,028	0,398	2,753
AG	0,000	0,226	2,481	0,042	0,014	0,013	1,096	2,678	1,087
CT	2,813	0,485	1,154	2,266	2,097	2,095	0,050	0,000	0,213
LT	0,085	4,650*	4,643*	1,010	1,250	1,246	1,322	0,713	0,646
CO	0,605	2,005	0,705	1,752	1,977	1,980	0,460	0,035	1,226
CD	0,540	3,305	0,548	1,811	1,899	1,898	2,821	6,747*	2,609
HA	0,239	0,569	2,844	0,655	0,636	0,636	0,012	0,314	0,815
MTU	0,448	0,407	1,096	0,569	0,324	0,324	0,053	0,145	1,654
ACA	5,217*	0,283	0,141	6,171*	6,580*	6,577*	5,532*	2,648	3,415
PDQ	2,582	2,160	4,101*	1,131	1,115	1,114	0,099	0,901	1,556
BKP	0,144	0,032	0,036	0,065	0,090	0,090	0,228	0,127	0,104
BF2	0,332	0,035	0,266	0,145	0,191	0,190	0,116	0,324	0,174
LTL	0,863	1,693	2,323	0,030	0,061	0,061	0,403	0,001	1,749
VTK	2,288	0,387	0,077	3,544	3,298	3,300	0,584	0,852	0,042
I(CC^2)	0,001	0,241	1,936	0,014	0,020	0,020	0,486	0,226	0,317
I(AG^2)	0,247	0,364	0,541	0,895	0,711	0,711	0,115	0,027	1,165
I(CT^2)	4,449*	0,119	0,364	4,643*	5,051*	5,046*	0,191	0,130	2,884
I(LT^2)	2,251	4,2154*	1,835	0,518	0,400	0,401	0,206	0,016	0,553
I(CO^2)	0,383	1,084	6,646*	1,019	0,793	0,794	0,059	0,169	0,095
I(CD^2)	0,084	0,046	0,000	0,029	0,029	0,030	0,158	0,077	0,094
I(HA^2)	0,602	8,018**	8,024**	3,694	3,891	3,895	0,280	0,441	0,037
I(MTU^2)	0,532	0,012	0,014	0,514	0,415	0,415	0,573	0,965	0,118
I(ACA^2)	0,019	0,225	1,173	0,046	0,007	0,007	0,422	1,279	0,781
I(PDQ^2)	0,332	0,021	0,924	0,232	0,277	0,278	1,244	0,882	0,286
I(BKP^2)	1,490	3,629	5,036*	3,110	3,488	3,490	0,049	1,373	3,644
I(BF2^2)	1,778	0,347	0,221	2,014	2,119	2,121	0,006	0,002	0,008
I(LTL^2)	0,074	3,440	4,143*	0,188	0,190	0,189	0,071	0,148	1,890
I(VTK^2)	0,064	0,150	0,039	0,001	0,002	0,002	0,548	1,150	0,318
CC:AG	0,031	4,653*	0,723	1,429	1,311	1,312	1,372	0,460	1,418
CC:CT	0,053	0,003	0,086	0,101	0,034	0,034	0,700	0,897	0,009
CC:LT	0,863	0,366	0,736	0,345	0,459	0,458	0,719	0,039	5,145*
AG:CT	0,910	0,848	1,855	1,091	1,448	1,445	2,512	1,302	1,332
AG:LT	4,183*	0,239	0,393	2,747	3,491	3,487	2,304	0,010	9,851**
CT:LT	0,000	1,851	2,509	0,540	0,366	0,366	0,001	0,014	0,031

FV: fonte de variação; PMP: peso médio das pencas (Kg); NPC: número de pencas por cacho; NFC: número de frutos por cacho; PCCE: peso do cacho com engajo (Kg); PCSE: peso do cacho sem engajo (Kg); PROD: produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>), CV: ciclo vegetativo (dias), CR: ciclo reprodutivo (dias) e CTo: ciclo total (dias).

Fonte: Do autor (2020).

Nenhum fator modificou de forma importante o número de frutos por penca (NFP), a 1% e/ou 5% de probabilidade de F.

Houve indício de que o fator ACA (p-valor: 0,0267), a interação quadrática do fator CT ou I(CT^2) (p-valor: 0,0401) e a associação dos fatores AG:LT (p-valor: 0,0462), puderam alterar o peso médio das pencas, com valores de F significativos a 5% (TABELA 2).

Quanto ao NPC, na Tabela 2, inferiu-se que os fatores LT (p-valor: 0,0360), interação quadrática do fator LT ou  $I(LT^2)$  (p-valor: 0,0454), interação quadrática do fator HA ou  $I(HA^2)$  (p-valor: 0,0067) e a associação dos fatores CC:AG (p-valor: 0,0360), puderam modificar a quantidade de pencas por cacho, com valores de F significativos a 1% e 5%.

Para a variável NFC, houve indicativo de que os fatores LT (p-valor: 0,0361), PDQ (p-valor: 0,0483) e as interações quadráticas  $I(CO^2)$  (p-valor: 0,0130),  $I(BKP^2)$  (p-valor: 0,0294) e  $I(LTL^2)$  (p-valor: 0,0472), com valores de F significativos a 5%, bem como a interação quadrática  $I(HA^2)$  (p-valor: 0,0067), com  $\alpha = 1\%$ , poderiam alterar a quantidade de frutos por cacho (TABELA 2).

O PCCE teve alteração significativa a 5% para o fator ACA (p-valor: 0,0165), e para a interação quadrática  $I(CT^2)$  (p-valor: 0,0361). Já para os cachos sem o engaço (PCSE), teve indicativo de que o fator ACA (p-valor: 0,0134) e a interação quadrática  $I(CT^2)$  (p-valor: 0,0291), com F significativos a 5%, poderiam mudar o peso dos cachos (TABELA 2).

Quanto a produtividade em  $Mg\ ha^{-1}$ , houve evidência de que o fator ACA (p-valor: 0,0135) e a interação quadrática  $I(CT^2)$  (p-valor: 0,0292), com valores de F significativos a 5%, poderiam alterar esta variável, conforme a Tabela 2.

Houve indício de que o fator ACA altera o ciclo vegetativo, a 5% de probabilidade de F (p-valor: 0,0227). Quanto ao ciclo reprodutivo, teve indicativo de que o fator CD altera esta variável, a 5% de probabilidade de F (p-valor: 0,0124). Houveram indícios de que a interação entre AG e LT a 1% (p-valor: 0,0029) e a interação entre CC e LT a 5% (p-valor: 0,0277), poderiam alterar o ciclo total das bananeiras Prata Gorutuba (TABELA 2).

As variáveis de produção que apresentaram significância a 0,1%, 1% ou 5%, para o 'teste t' ou 'teste z' foram as seguintes: PMP, NFC, PCCE, PCSE e PROD (TABELA 3).

Tabela 3 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t e z associados às variáveis de produção, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

<b>PMP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	1,176	0,046	25,404	<2e-16***
CT	0,077	0,030	2,519	0,013*
ACA	0,060	0,026	2,338	0,022*
I(CT^2)	0,111	0,048	2,315	0,023*
AG:LT	-0,063	0,038	-1,650	0,103
<b>PCCE</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	12,622	0,724	17,422	<2e-16***
CT	0,615	0,294	2,093	0,040*
ACA	0,546	0,234	2,328	0,023*
I(CT^2)	0,933	0,459	2,030	0,046*
<b>PCSE</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	11,274	0,793	14,208	<2e-16***
CT	0,553	0,278	1,991	0,050*
ACA	0,550	0,227	2,418	0,018*
I(CT^2)	0,942	0,462	2,040	0,045*
<b>PROD</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	17,889	0,925	19,347	<2e-16***
CT	0,893	0,447	1,997	0,049*
ACA	0,844	0,362	2,333	0,022*
I(CT^2)	1,394	0,701	1,987	0,050*
<b>NFC</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>z-valor</b>	<b>Pr(&gt; z )</b>
(Intercepto)	4,839	0,038	125,400	< 2e-16***
LT	0,026	0,013	1,990	0,047*
PDQ	0,016	0,011	1,405	0,160
CO2	0,053	0,030	-1,759	0,078
HA2	-0,080	0,030	-2,654	0,008**
BKP2	-0,047	0,031	-1,553	0,120
LTL2	0,054	0,031	1,723	0,084

FV: fonte de variação; PMP: peso médio das pencas (Kg); PCCE: peso do cacho com engajo (Kg); PCSE: peso do cacho sem engajo (Kg); PROD: produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>) e NFC: número de frutos por cacho. O intercepto foi significativo a 0,1% ou  $\alpha = 0,001$ .

Fonte: Do autor (2020).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas dos efeitos dos fatores ou associações destes, seja para t ou z, em cada variável significativa pelo teste F, conforme Tabela 2, representaram ganho ou redução da variável resposta, ou seja, o

efeito da estimativa é linear crescente ou linear decrescente, dependendo do sinal + ou –, quando se aumentavam as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 3).

Nenhum tratamento foi importante para efeitos em número de pencas por cacho (NPC) pelo teste z aplicado. Para a variável PMP, estimou-se aumento de peso das pencas de 0,060 Kg (p-valor: 0,022) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,026$  Kg. Também foi estimado o aumento de peso das pencas, quando aplicado a Celtonita, em 0,188 Kg, somados os efeitos de 1ª ordem (p-valor: 0,013) e quadrático (p-valor: 0,023) para este fator (TABELA 3).

Quanto ao PCCE, foi estimado aumento de peso do cacho de 0,546 Kg (p-valor: 0,023) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,234$  Kg. Também se aferiu o aumento de peso do cacho, quando aplicado a Celtonita, em 1,548 Kg, somados os efeitos de 1ª ordem (p-valor: 0,040) e quadrático (p-valor: 0,046) para este fator (TABELA 3).

Para o peso do cacho sem engaço, foi calculado aumento de peso do cacho de 0,550 Kg (p-valor: 0,018) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,227$  Kg. Também foi estabelecido aumento de peso do cacho, quando aplicado a Celtonita, em 1,495 Kg, somados os efeitos de 1ª ordem (p-valor: 0,050) e quadrático (p-valor: 0,045) para este fator (TABELA 3).

Quanto a produtividade, na Tabela 3, foi determinado aumento de 0,844 Mg ha<sup>-1</sup> (p-valor: 0,022) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,362$  Kg. Também foi aferido aumento produtividade, quando aplicado a Celtonita, em 2,287 Mg ha<sup>-1</sup>, somados os efeitos de 1ª ordem (p-valor: 0,049) e quadrático (p-valor: 0,050) para este fator.

Por último, na Tabela 3, para o NFC, foi observado aumento crescente de 2,6% na quantidade de frutos do cacho (p-valor: 0,047) quando aplicado a maior dose de *Lithothamnium calcareum* (Pó), em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,013$  Kg. Também foi aferido redução de 8% do NFC, quando aplicado a maior dose de *Halimeda tuna* (GBM), em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,030$  Kg (p-valor: 0,008).

As variáveis de duração de ciclo que apresentaram significância a 0,1%, 1% ou 5%, para o ‘teste t’ foram as seguintes: CV, CR e CTo (TABELA 4).

Tabela 4 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis de duração de ciclo, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

<b>CV</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	312,000	14,811	21,065	<2e-16***
ACA	-10,285	4,373	-2,352	0,023*
<b>CR</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	133,250	13,763	9,682	5,82e-13***
CD	-9,173	3,532	-2,598	0,012*
<b>CTo</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	445,250	6,732	66,138	<2e-16***
CC	-4,912	2,530	-1,941	0,058
AG	2,548	2,445	1,042	0,302
LT	-2,201	2,194	-1,003	0,321
CC:LT	-9,394	4,140	-2,269	0,028*
AG:LT	11,012	3,509	3,139	0,003**

FV: fonte de variação; CV: ciclo vegetativo (dias), CR: ciclo reprodutivo (dias) e CTo: ciclo total (dias). O intercepto foi significativo a 0,1% ou  $\alpha = 0,001$ .

Fonte: Do autor (2020).

Para as variáveis de duração de ciclo, foi considerado positivo a estimativa de redução, em dias, do período do plantio até a data da colheita, sendo uma possibilidade de retorno financeiro mais rápida ao produtor rural. Neste sentido, para o CV, houve redução estimada de 10,29 dias (p-valor: 0,023) com erro padrão de  $\pm 4,37$  dias, quando se aplicou uma dose maior de Acadian em relação a dose anterior menor. No CR, houve redução estimada de 9,17 dias (p-valor: 0,012) com erro padrão de  $\pm 3,53$  dias, quando se aplicou uma dose maior de calcário dolomítico em relação a dose anterior menor (TABELA 4).

Estimou-se que algumas associações de produtos foram capazes de alterar o ciclo total das bananeiras (TABELA 4). A interação entre CC:LT reduziu o CTo em 9,39 dias (p-valor: 0,028) com erro padrão de  $\pm 4,14$  dias e a interação entre AG:LT aumentou o CTo em 11,01 dias (p-valor: 0,003) com erro padrão de  $\pm 3,51$  dias, característica indesejada para produção comercial de Prata Gorutuba.

### 3.3 Avaliações de pós-colheita

As variáveis de pós-colheita que apresentaram significância a 1% ou 5%, para o teste F foram as seguintes: logPPM, RP, CMF, DMF, FPF, SST e pH (TABELA 5).

Tabela 5 – Valores de F significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para as variáveis de pós-colheita, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

FV	logPPM	RP	CMF	DMF	FPF	SST	pH
CC	1,474	0,010	2,997	1,230	1,353	6,953*	0,724
AG	0,236	0,926	0,130	2,188	0,096	2,163	0,921
CT	0,120	0,239	0,939	0,131	1,386	0,020	4,085*
LT	0,187	0,135	0,756	0,658	2,292	0,107	0,080
CO	0,150	0,693	0,283	0,026	0,875	1,992	7,570**
CD	2,681	0,533	2,085	0,494	0,001	0,826	0,104
HA	1,084	4,195*	0,731	0,397	2,074	0,028	0,510
MTU	1,019	0,026	0,823	1,530	4,137*	0,023	0,946
ACA	10,690**	2,586	6,012*	8,346**	0,908	1,218	2,696
PDQ	2,121	1,184	3,830	1,851	0,273	0,989	2,292
BKP	1,607	0,714	1,294	0,011	1,641	0,394	0,335
BF2	2,746	2,891	0,236	1,021	0,056	1,546	0,000
LTL	0,092	0,804	0,196	0,087	0,021	0,625	0,492
VTK	2,733	0,600	1,860	0,888	0,004	0,138	0,069
I(CC^2)	0,048	3,699	0,000	1,828	0,022	0,158	1,231
I(AG^2)	0,764	0,678	1,559	1,485	0,004	0,016	6,557*
I(CT^2)	11,879**	2,114	5,171*	4,259*	0,178	1,291	0,343
I(LT^2)	0,001	0,004	0,706	1,309	0,137	0,000	0,004
I(CO^2)	0,068	0,083	0,441	2,106	0,094	0,263	1,311
I(CD^2)	1,031	0,816	0,715	0,357	0,000	0,123	0,883
I(HA^2)	2,415	0,210	3,072	1,685	2,419	0,218	0,286
I(MTU^2)	0,874	0,355	0,375	0,050	0,002	0,610	0,037
I(ACA^2)	0,008	0,808	0,084	0,214	0,973	0,005	0,411
I(PDQ^2)	0,495	2,163	2,791	0,202	0,156	1,144	5,958*
I(BKP^2)	6,946*	4,956*	0,605	0,251	0,716	4,729*	0,652
I(BF2^2)	0,078	3,783	0,175	0,200	0,740	0,931	0,002
I(LTL^2)	0,046	2,128	0,032	0,278	1,921	0,019	0,453
I(VTK^2)	0,003	0,984	1,452	0,122	0,016	0,169	0,300
CC:AG	0,570	0,104	0,933	0,243	0,417	1,634	3,064
CC:CT	0,016	0,007	0,021	0,787	0,119	0,248	0,002
CC:LT	1,773	0,254	1,272	0,210	0,076	1,336	0,033
AG:CT	1,585	7,991**	1,310	1,648	0,052	0,119	0,973
AG:LT	1,997	4,799*	0,986	0,537	2,421	2,172	2,026
CT:LT	0,001	0,161	0,588	0,647	5,400*	1,073	0,132

FV: fonte de variação; PPM: log do peso da penca madura (Kg); RP: % de redução de peso (%); CMF: comprimento médio dos frutos (mm); DMF: diâmetro médio dos frutos (mm); FPF: firmeza da polpa do fruto (Kg); SST: sólidos solúveis totais (°Brix) e pH: pH médio dos frutos.

Fonte: Do autor (2020).

A variável PPM apresentou distribuição lognormal, portanto, o valor da estimativa corresponde ao logaritmo do peso da penca madura, em Kg. As demais variáveis seguiram distribuição normal e não precisaram ser transformadas (TABELAS 5 e 6).

Nenhum fator modificou de forma importante a acidez total titulável (ATT) e o RATIO, a 1% e/ou 5% de probabilidade de F.

Houve indício de que o fator ACA (p-valor: 0,0019) e as interações quadráticas dos fatores CT ou  $I(CT^2)$  (p-valor: 0,0012) e BKP ou  $I(BKP^2)$  (p-valor: 0,0112), puderam alterar o log do peso das pencas maduras, com valores de F significativos a 1% e 5% (TABELA 5).

Quanto a RP, na Tabela 5, inferiu-se que os fatores HA (p-valor: 0,0459), a interação quadrática do fator BKP ou  $I(BKP^2)$  (p-valor: 0,0306) e as associações dos fatores AG:CT (p-valor: 0,0068) e AG:LT (p-valor: 0,0333) puderam modificar a quantidade de peso reduzido das pencas verdes para as pencas maduras, com valores de F significativos a 1% e 5%.

Para a variável CMF, houve indicativo de que o fator ACA (p-valor: 0,0178) e a interação quadrática  $I(CT^2)$  (p-valor: 0,0274), com valores de F significativos a 5%, poderiam alterar o tamanho dos frutos em comprimento (TABELA 5). Já para o DMF teve alteração significativa a 1% para o fator ACA (p-valor: 0,0057) e para a interação quadrática  $I(CT^2)$  a 5% (p-valor: 0,0444) (TABELA 5).

Quanto a firmeza da polpa dos frutos, em Kg, houve evidência de que o fator MTU (p-valor: 0,0474), com valor de F significativos a 5%, poderia alterar esta variável, conforme a Tabela 5.

Para os SST, houve indício de que o fator CC (p-valor: 0,0112) e a interação quadrática do fator BKP (p-valor: 0,0350), alteram a quantidade de açúcares da polpa da fruta, a 5% de probabilidade de F, como descrito na Tabela 5.

Quanto ao pH médio dos frutos, teve indicativo de que os fatores CT a 5% de probabilidade de F (p-valor: 0,0488) e CO a 1% de probabilidade de F (p-valor: 0,0083), alteram esta variável. Houve indícios de que as interações quadráticas dos fatores AG (p-valor: 0,0136) e PDQ (p-valor: 0,0183) a 5%, poderiam alterar o pH médio da polpa dos frutos de bananeiras Prata Gorutuba (TABELA 5).

As variáveis de pós-colheita que apresentaram significância a 0,1%, 1% ou 5%, para o 'teste t' foram as seguintes: logPPM, RP, CMF, DMF, SST e pH (TABELA 6).

Tabela 6 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados às variáveis de pós-colheita, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.) (continua).

<b>logPPM</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	0,280	0,054	5,221	1,47e-06***
CT	0,042	0,025	1,708	0,091605
ACA	0,071	0,021	3,448	0,0009***
BKP	-0,030	0,021	-1,438	0,154447
I(CT <sup>2</sup> )	0,132	0,040	3,330	0,0013**
I(BKP <sup>2</sup> )	-0,159	0,054	-2,929	0,0045**
<b>RP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	2,130	0,245	8,695	1,07e-12***
AG	0,073	0,091	0,800	0,426
CT	-0,082	0,090	-0,909	0,366
LT	0,055	0,087	0,626	0,533
HA	-0,171	0,076	-2,250	0,028*
BKP	-0,061	0,073	-0,844	0,402
I(BKP <sup>2</sup> )	-0,396	0,205	-1,931	0,058
AG:CT	0,334	0,116	2,876	0,005**
AG:LT	-0,161	0,118	-1,364	0,177
<b>CMF</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	140,745	1,858	75,762	<2,0e-16***
CT	4,100	1,530	2,679	0,009**
ACA	3,496	1,269	2,755	0,007**
I(CT <sup>2</sup> )	3,928	2,391	1,643	0,104
<b>DMF</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	31,845	0,461	69,124	<2,0e-16***
CT	0,350	0,374	0,938	0,351
ACA	1,039	0,315	3,301	0,001**
I(CT <sup>2</sup> )	1,389	0,592	2,348	0,021*
<b>SST</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	22,574	0,907	24,901	<2,0e-16***
CC	1,176	0,470	2,504	0,014*
BKP	0,298	0,371	0,803	0,424
I(BKP <sup>2</sup> )	-2,273	0,980	-2,321	0,023*

Tabela 6 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados às variáveis de pós-colheita, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.) (conclusão).

pH				
FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr(> t )
(Intercepto)	4,713	0,030	158,536	<2,0e-16***
AG	-0,014	0,015	-0,930	0,355
CT	0,041	0,014	2,835	0,006**
CO	-0,041	0,012	-3,434	0,001***
PDQ	-0,023	0,012	-1,907	0,060
I(AG^2)	0,062	0,024	2,639	0,010**
I(PDQ^2)	-0,071	0,032	-2,231	0,029*

FV: fonte de variação; logPPM: log do peso da penca madura (Kg); RP: % de redução de peso (%); CMF: comprimento médio dos frutos (mm); DMF: diâmetro médio dos frutos (mm); SST: sólidos solúveis totais (°Brix) e pH: pH médio dos frutos. O intercepto foi significativo a 0,1% ou  $\alpha = 0,001$ .

Fonte: Do autor (2020).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas dos efeitos dos fatores ou associações destes para o ‘teste t’, em cada variável significativa pelo teste F, conforme Tabela 5, representaram ganho ou redução da variável resposta, ou seja, o efeito da estimativa é linear crescente ou linear decrescente, dependendo do sinal + ou –, quando se aumentavam as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 6).

Nenhum tratamento foi importante para efeitos na firmeza da polpa dos frutos (FPF) pelo ‘teste t’ aplicado. Para a variável logPPM, estimou-se aumento do log do peso das pencas de 0,071 Kg (p-valor: 0,0009) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,021$  Kg. Também foi estimado o aumento quadrático do log do peso das pencas, quando aplicado a Celtonita, em 0,132 Kg, com erro padrão de  $\pm 0,040$  Kg e p-valor: 0,0013. Para a interação quadrática do fator BKP, determinou-se redução do logPPM de 0,159 kg (p-valor: 0,0045) e erro padrão de  $\pm 0,054$ , condição produtiva indesejada (TABELA 6).

Quanto a RP, foi estimado decréscimo da redução de peso das pencas verdes para as maduras de 17,1 % (p-valor: 0,028) quando aplicado a maior dose de *Halimeda tuna* (GBM), em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 7,6$  %. Também se aferiu o aumento de RP das pencas, quando aplicado a Celtonita em associação com o AgroSilício, em 33,4% (p-valor: 0,005), com erro padrão de  $\pm 11,6$  %, comparando a maior dose com a comercial (TABELA 6).

Para o CMF (TABELA 6) foi observado aumento do comprimento dos frutos de 3,496 mm (p-valor: 0,007) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 1,269$  mm. Também foi estabelecido aumento do CMF de 4,1 mm, quando aplicado a maior dose de Celtonita (p-valor: 0,009), com erro padrão de  $\pm 1,53$  mm.

Quanto ao DMF, foi determinado aumento de 1,039 mm (p-valor: 0,001) quando aplicado a maior dose de Acadian em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,315$  mm. Também foi aferido aumento quadrático do DMF, quando aplicado a Celtonita em maior dose, de 1,389 mm (p-valor: 0,021), com erro padrão de  $\pm 0,592$  mm (TABELA 6).

Os SST tiveram aumento estimado devido a aplicação do fator CC e redução estimada pela interação quadrática do fator BKP, quando utilizadas as maiores doses em relação às respectivas doses comerciais. O aumento para CC foi de 1,176 °Brix (p-valor: 0,014), com erro padrão de  $\pm 0,47$  °Brix. A redução ocasionada pela aplicação de BKP foi de 2,273 °Brix (p-valor: 0,023), com erro padrão de  $\pm 0,98$  °Brix (TABELA 6).

Por último, para o pH, foi observado aumento crescente de 0,041 no pH médio da polpa dos frutos (p-valor: 0,006) quando aplicado a maior dose de Celtonita, em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,014$ . Também foi aferido aumento do pH para a interação quadrática de AG no valor de 0,062 (p-valor: 0,010), com erro padrão de  $\pm 0,024$ . Dois produtos reduzem o pH, quando aplicados nas maiores doses em relação as menores, sendo a casca de ovo triturada e o PDQ. A casca de ovo reduz em 0,041 o pH (p-valor: 0,001), com erro padrão de  $\pm 0,012$ . O PDQ reduz o pH em 0,071 (p-valor: 0,029), com erro padrão de  $\pm 0,032$  (TABELA 6).

### **3.4 Análises estatísticas**

Foi descartado a realização de quatro ensaios experimentais para avaliação de todos os 14 fatores de adubação aplicados nas bananeiras Prata Gorutuba, sendo dois da série 3<sup>3</sup> e dois da série 3<sup>4</sup>, num total de 216 parcelas experimentais. Portanto, teve-se a economia de área experimental, de mudas disponíveis, do tempo de avaliação e de recursos financeiros, adotando-se em um único ensaio, apenas 38,88 % do número de parcelas totais possíveis.

Foi determinante para a triagem dos melhores fatores aqueles que apresentaram efeitos em diversas variáveis, como os fatores CT, LT e ACA, e também aqueles com efeitos importantes em associações como os fatores CC e LT.

Os fatores que menos se destacaram ou que não tiveram efeito algum em pelo menos uma variável neste ensaio de adubação de bananeiras, foram os seguintes: MTU, LTL, VTK e BF2, todos bioestimulantes.

Os fatores, dentre os 14 selecionados para este ensaio, que mais se destacaram em todas as variáveis analisadas foram o CC, CT, LT e ACA, sendo os três primeiros condicionadores de solo, e o último, o bioestimulante a base de extrato de algas com melhor desempenho. Desta forma, sugere-se para um experimento futuro com bananeiras Prata Gorutuba, a adoção destes quatro fatores, seja em associação ou de forma independente, em três níveis de dosagem cada.

#### 4 DISCUSSÃO

Não houve efeito dos condicionadores de solo nas variáveis fitotécnicas nas quatro primeiras épocas. Os efeitos residuais de condicionadores de solo dependem de vários fatores, segundo Kath *et al.* (2018), como: dose requerida, tipo de solo, sistema de cultivo, adubação, entre outros. O fator mais importante, entretanto, é a reatividade deste condicionador no solo, quanto maior for, menor será o efeito residual.

Diante disso, pode ser explicado o resultado significativo do calcário dolomítico na quinta época de avaliação (TABELA 2, APÊNDICE A). Possivelmente, as plantas de bananeira Prata Gorutuba ganharam em altura devido aos benefícios que o calcário pode proporcionar, aumentando os teores de Ca e Mg no solo, reduzindo o teor de alumínio trocável e aumentando o pH do solo (CENTENO *et al.*, 2017; MELO *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2016). Com o pH adequado, aumenta-se a disponibilidade de N, P, K, S, Mo e Cl, proporcionando maior crescimento vegetal (CARMO; SILVA, 2016; CENTENO *et al.*, 2017). A elevação da soma de base com aumento do Ca e do Mg, também favorece o crescimento vegetal, de acordo com Natale *et al.* (2012).

O bioestimulante comercial Acadian® é composto pelo extrato da alga marrom *Ascophyllum nodosum* L., sendo aplicado nas plantas para melhorar o seu crescimento e desenvolvimento (MOURA *et al.*, 2020). Alguns hormônios vegetais são sintetizados por este extrato, além de conter carboidratos, macro e micronutrientes que melhoram o desempenho vegetal (SILVA *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2018). Além do mais, ele possui 5,3 % de K<sub>2</sub>O em sua composição, principal macronutriente absorvido pela bananeira, sendo responsável pela qualidade dos frutos das pencas e por ganhos de produção (ARAUJO *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2019).

A efetividade de uso deste bioestimulante já foi testada em diversas culturas perenes como o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) (GARCIA *et al.*, 2014); videira para vinho (*Vitis vinifera* L.) (RIBEIRO *et al.*, 2017); videira de mesa Niágara Rosada (*Vitis Labrusca* L.) (CARVALHO *et al.*, 2019); mamoeiro Formosa (*Carica papaya* L.) (MOURA *et al.*, 2020); araticum (*Annona glabra* L.) (SILVA *et al.*, 2016); maracujazeiro do mato (*Passiflora actinia* Hook) (GOMES *et al.*, 2018), dentre outras, sendo considerado o extrato de algas mais estudado do mundo.

Seu efeito em bananeira Prata Gorutuba é inédito na literatura, portanto, o ganho de peso médio das pencas pode ser atribuído ao alto potencial da alga *Ascophyllum nodosum* L. em aumentar a produtividade de espécies vegetais (RENAUT *et al.*, 2019).

O incremento da produtividade do bananal em mais de uma tonelada por hectare, considerando o erro padrão da estimativa desta variável (TABELA 3), pode ser explicado pelo aumento de outras variáveis de produção como os pesos do cacho com e/ou sem engaço e o peso médio das pencas. Em todas estas o fator ACA esteve presente de forma significativa, evidenciando o papel da alga *A. nodosum* L. na produção vegetal (MOURA *et al.*, 2020).

Segundo Silva *et al.* (2016) e Renaut *et al.* (2019), a aplicação do Acadian favorece o crescimento radicular e, conseqüentemente, a melhor formação da parte aérea da planta, devido a concentrações importante do nutriente P e a presença de auxinas, classe de fitohormônios de crescimento.

Além disso, o cacho da bananeira é a parte mais afetada pelo baixo suprimento de K, e a translocação de carboidratos das folhas para os frutos diminui, mesmo quando os açúcares atingem os frutos, sua conversão em amido é restrita, produzindo frutos pequenos e impróprios para comercialização, com maturação irregular e polpa pouco saborosa (FREITAS *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2017; NOMURA *et al.*, 2019). Portanto, o fornecimento do K via ACA, direcionado na inflorescência e no cacho com as pencas já formadas, como realizado neste estudo, favoreceu a translocação deste nutriente e um ganho em peso dos frutos, das pencas e conseqüentemente do cacho.

As variáveis de produção relacionadas à massa do cacho (TABELA 3), também foram influenciadas positivamente por um determinado fator, o condicionador de solo Celtonita (CT). Este fator, assim como o ACA, aumentou o PMP, o PCCE, PCSE e a PROD, fato que pode ser explicado pela composição e estrutura do material de origem (zeólita) e pelo enriquecimento da mesma com NPK (LIRA-SALDIVAR *et al.*, 2017; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017).

As zeólitas são alumino silicatos porosos de origem vulcânica que possuem alta capacidade de troca catiônica e grande capacidade de retenção do íon amônio  $\text{NH}_4^+$ , e atuam como armazenador de água e nutrientes no solo como o K, Mg, Ca e Na (CAMPISI *et al.*, 2016; LIRA-SALDIVAR *et al.*, 2017). A zeólita clinoptilolita (ZC) é a mais abundante das 40 encontradas na natureza, sendo que esta é o único tipo de zeólita que cumpre com as características necessárias para a troca catiônica seletiva (CAMPISI *et al.*, 2016), cedendo íons úteis tais como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ .

A Celtonita é um produto comercial mineral natural, obtido pelo processamento de um alumino silicato do tipo clinoptilolita (ZC), caracterizado pela alta pureza (> 98%) e enriquecido com macro e micronutrientes (DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHEA, 2015).

A retenção do amônio em sua estrutura porosa ajuda a reduzir a lixiviação de nitratos e disponibiliza o N por mais tempo, favorecendo o crescimento e a produção das plantas, como

no caso deste trabalho. Estes resultados obtidos para o peso das pencas, dos cachos e produtividade foram possíveis pelos benefícios notáveis da Celtonita em reter os nutrientes do solo ou das soluções nutricionais aplicadas em sua estrutura cristalina do tipo ‘favo de mel’ e liberá-los lentamente com a possibilidade de efeito no ciclo reprodutivo das bananeiras (SANGEETHA; BASKAR, 2016; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017).

A alga calcária da ordem Corallinales, *Lithothamnium calcareum*, comercializada em pó e destacado no delineamento como fator LT provocou incremento na quantidade de frutos do cacho (> 2,5%) (TABELA 3). Segundo Negreiros *et al.* (2019), é uma alga calcária de coloração vermelha e em suas paredes celulares precipitam nas formas de cristais de calcita, o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e o magnésio (Mg). O produto é retirado do fundo do mar, do sedimento marinho e, após a primeira trituração, é seco ao ar quente e micropulverizado a frio (DIAS, 2000).

Por ser um material bastante rico em cálcio e com reduzida presença de magnésio e outros nutrientes, o produto de origem marinha pode ser comparável a um calcário calcítico (MgO < 5,0%) e/ou a um fertilizante simples (LOBO *et al.*, 2019; MELO; FURTINI NETO, 2003; NEGREIROS *et al.*, 2019).

Estudos têm ilustrado o uso desta alga de forma eficiente na formação de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger) (MENDONÇA *et al.*, 2006); no mamoeiro (*Carica papaya* L.) (HAFLE *et al.*, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2009); no desenvolvimento do citromelo Swingle (*Citrus paradisi* Mac × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) (ARAÚJO *et al.*, 2007) e da tangerina Cleópatra (*Citrus reticulata* Blanco var. ‘Cleópatra’) (CRUZ *et al.*, 2008); no aumento de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) (EVANGELISTA; ALVES JÚNIOR; MELO, 2013); na pitaya de polpa vermelha (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose), como ganho na qualidade dos frutos produzidos (COSTA *et al.*, 2015); na produção e estado nutricional de manga Kent (*Mangifera indica* L.) (LOBO *et al.*, 2019) e no crescimento de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) (NEGREIROS *et al.*, 2019).

Tais trabalhos reforçam, mesmo que em espécies distintas da bananeira Prata Gorutuba, o papel do Ca e Mg para a produção de frutos e para a qualidade dos mesmos, após tratamento do solo com *L. calcareum*. Neste trabalho, o LT atuou positivamente no estágio de maior gasto energético da planta, momento do desenvolvimento dos cachos após emissão da inflorescência.

O valor do poder de neutralização (PN) de 93,31% é indicativo que o *L. calcareum* deve apresentar uma intensa e rápida ação corretiva de acidez do solo (MELO; FURTINI NETO, 2003; NEGREIROS *et al.*, 2019). Desta forma, é viável a utilização deste corretivo em substituição ao calcário comum para correção de solos ácidos e deficientes em Ca e Mg, com a

finalidade de elevar o pH do solo, neutralizar os efeitos de elementos tóxicos e fornecer Ca (32%) e Mg (2%) como nutrientes respectivamente responsáveis, pela estrutura das células vegetais e metabolismo energético das plantas.

Também foi aferido redução de 8% do NFC, quando aplicado a maior dose de *Halimeda tuna* (fator HA) (TABELA 3). De acordo com Santos e Nunes (2015), pelo fato da alta concentração de Ca (calcificação moderada a forte) e da baixa disponibilidade de outros nutrientes em sua composição, a menor quantidade de frutos por cacho pode ser explicada por esta condição, visto que o cálcio é um nutriente imóvel e em excesso, pode alterar o ritmo da divisão celular. O Ca também é importante na manutenção do equilíbrio da seiva das plantas, podendo reduzir o fluxo do floema até os drenos (frutos), caso haja algum desequilíbrio nutricional (SANTOS *et al.*, 2017).

Para as variáveis de duração de ciclo, foi considerado positivo a estimativa de redução, em dias, papel este desempenhado pelos fatores ACA, CD e CC:LT, respectivamente, para o ciclo vegetativo, reprodutivo e total (TABELA 4). Exceto, o ACA que tem ação bioestimulante e pode ser capaz de reduzir a época da colheita com antecipação do florescimento (RENAUT *et al.*, 2019; MOURA *et al.*, 2020), os demais fatores atuantes na duração de ciclo são classificados como calcários e condicionadores de solo.

Como discutido anteriormente, a elevação do pH no solo propiciada pelo calcário aumenta a disponibilidade de dois macronutrientes essenciais para a bananicultura, o N e o K (CARMO; SILVA, 2016; NOMURA *et al.*, 2017). Ambos favorecem respectivamente a frutificação e a melhoria da qualidade dos frutos, logo, o CD foi responsável pela antecipação da colheita e formação mais rápida do cacho.

O mesmo aconteceu com o calcário de conchas de ostras extraído no litoral de Santa Catarina, Brasil, associado ao *L. Calcareum* que reduziram o período do plantio até a colheita, gerando um retorno financeiro mais rápido ao produtor. Esta associação exitosa para o ciclo total, foi de fato ocasionada pelo alto teor de CaO (46,1%) do CC e pelo alto PN do LT, conforme descrito por Melo e Furtini Neto (2003). Houve reação mais acelerada destes óxidos de Ca e Mg no solo e aumento da disponibilidade de outros nutrientes com o pH mais elevado, essenciais ao ciclo completo da cultura.

Entretanto, destacou-se o efeito negativo da interação entre AG:LT em retardar a data da colheita do cacho (TABELA 4). Grande parte da responsabilidade deste efeito foi atribuído à presença do AgroSilício na associação destes dois fatores.

O Si é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, atrás apenas do oxigênio, e encontra-se presente na solução do solo na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ),

prontamente absorvido pelas plantas (DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017; LUX *et al.*, 2020). A sua absorção ocorre por fluxo de massa, e este se acumula como ácido silícico polimerizado por transporte passivo e ativo, preferencialmente nas áreas de máxima transpiração da planta (COSKUN *et al.*, 2019; LUX *et al.*, 2020; MA *et al.*, 2006).

O AgroSilício® (23% de SiO<sub>2</sub>, 36% CaO, 9% MgO), formado por silicato de Ca e de Mg, bastante utilizado para controle do mal-do-Panamá na produção de banana, tanto no Brasil como no mundo, pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a redução do auto sombreamento, deixando as folhas mais eretas; maior rigidez estrutural dos tecidos; proteção contra estresses abióticos, como a toxidez causada por Al, Mn, Fe e Na doenças e redução do acamamento das plantas (COSKUN *et al.*, 2019; DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017; FREW *et al.*, 2018; LAMBERS; OLIVEIRA, 2019).

Tais características da aplicação deste condicionador e corretivo de solo na bananicultura, citadas acima, reforçam a premissa de que os silicatos favorecem o crescimento vegetal (plantas mais vigorosas e protegidas de estresses), com aumento do ciclo vegetativo e, por consequência, do ciclo total da planta, como observado neste ensaio experimental.

De acordo com a Tabela 6, algumas variáveis resposta tiveram efeito significativo devido a aplicação e aumento das doses de alguns fatores. Os fatores ACA e CT foram importantes no aumento das variáveis logPPM, CMF e DMF (TABELA 6), demonstrando o papel do potássio presente em ambos fatores (CAMPISI *et al.*, 2016; LIRA-SALDIVAR *et al.*, 2017), responsável pelo aumento de comprimento, diâmetro e peso dos frutos das pencas (FREITAS *et al.*, 2019; MOURA *et al.*, 2020).

Em contrapartida ao ACA, o fator BKP reduziu o logPPM, condição produtiva desprezada (TABELA 6). É válido ressaltar, que este bioestimulante é composto de bioextratos de algas marinhas vermelhas (Rhodophyta) e castanhas (Phaeophyta), aminoácidos, fitormônios e substâncias orgânicas que agem no reequilíbrio fisiológico, fotossintético e nutricional das plantas, diferentemente da composição do Acadian® (MELO *et al.*, 2020).

Foi estimado decréscimo da redução de peso das pencas verdes para as maduras quando aplicado a maior dose de *Halimeda tuna* (GBM) (TABELA 6). O cálcio tem papel estrutural importante na manutenção da rigidez da parede celular vegetal e equilibra a seiva das plantas (MELO; FURTINI NETO, 2003; SANTOS *et al.*, 2017). Por isso, devido a grande quantidade de Ca presente no fator HA, o fluxo de seiva foi bem direcionado para os frutos, teoricamente com pencas mais resistentes e maiores, havendo, portanto, menor redução de peso durante o processo de maturação (NOBRE *et al.*, 2018).

Resultado oposto ao de HA para a redução de peso das pencas foi aferido para a associação AG:CT (TABELA 6). A elevada capacidade de retenção de água do agrosilício (LUX *et al.*, 2020) e da celtonita (LIRA-SALDIVAR *et al.*, 2017), efetivamente comprovadas no solo, possivelmente não foi mantida nos drenos das bananeiras Prata Gorutuba, permitindo maior desidratação e consequente redução do peso das pencas.

Neste trabalho, a redução dos SST foi consideravelmente significativa, de aproximadamente 2 °Brix, na polpa dos frutos das pencas avaliadas (TABELA 6). É válido ressaltar, que o BKP é um bioestimulante e bioativador fotossintético para recuperação vegetal e prevenção dos estresses de plantas, de acordo com Melo *et al.* (2020), composto por N e Mg, e a sua utilização, a depender da dose aplicada pode alterar o sabor da polpa da fruta, devido ao excesso de N nos cachos (FREITAS *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2017, 2019).

Na bananeira (*Musa spp.*) o nutriente importante na translocação dos fotossintatos e na qualidade dos frutos é o K, pois, sua presença favorece o aumento dos SST, reduzindo a acidez da polpa (ARAUJO *et al.*, 2019; NOBRE *et al.*, 2018). No caso de o fator CC ter aumentado os SST, explica-se pela maior disponibilidade de K para a planta, promovida após elevação do pH, com a reação deste calcário no solo (CARMO; SILVA, 2016; NEGREIROS *et al.*, 2019).

Alguns produtos reduziram o pH da polpa dos frutos como o PDQ Perenes e a casca de ovo triturada, entretanto, foram valores baixos ao ponto de afirmar que seria prejudicial a aplicação destes para a pós-colheita da bananeira Prata Gorutuba de 1º ciclo. O efeito contrário na variável resposta ocorreu ao se aplicar o AgroSilício e a Celtonita (TABELA 6). Ambos contêm silicatos, têm boa CTC, são corretivos de acidez, podem aumentar o pH do solo e até mesmo dos frutos, quando translocado o K até a polpa destes (ARAUJO *et al.*, 2019; DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017; DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHEA, 2015).

## 5 CONCLUSÃO

Há economia na experimentação agrícola, adotando-se em um único ensaio, apenas 38,88% do número de parcelas totais possíveis.

A triagem feita pela combinação do DSD<sub>10</sub> com o fatorial completo 3<sup>4</sup>, permite descartar os fatores que menos se destacaram no experimento: MTU, LTL, VTK e BF2.

Os melhores fatores que se destacaram no experimento são: CC, CT, LT e ACA.

Recomenda-se o uso de estratégias do tipo fatorial fracionário, incluindo desenhos de DSD em ensaios agronômicos, especialmente na fase de triagem.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M.B.F. *et al.* Produtividade da bananeira ‘Nanicão’ sob doses crescentes de potássio associado a cobertura do solo com palha de carnaúba. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinh, MA, v. 10, n. 2, p. 41-49, 2019.
- ARAÚJO, P.O. de L.C. *et al.* Growth and percentage of emergence of citrumeleiro "Swingle" seedlings in relation to substrates and doses of *Lithothamnium* based correctives, after a hundred days from "Swingle". **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 982-988, 2007.
- BARBOSA, F.E.L. *et al.* Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1271-1277, 2013.
- BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 6, n. 671, p. 1-3, 2015.
- CAMPISI, T. *et al.* Ammonium-charged zeolite effects on crop growth and nutrient leaching: greenhouse experiments on maize (*Zea mays*). **Catena**, [S.l.], v. 140, p. 66-76, 2016.
- CARMO, D.L. do. SILVA, C.A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1762-1772, 2016.
- CARVALHO, R.P. de; CRUZ, M. do C.M.; MARTINS, L.M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.
- CARVALHO, R.P. de. *et al.* “Niágara Rosada” table grape cultivated with seaweed extracts: physiological, nutritional, and yielding behavior. **Journal of Applied Phycology**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 2053-2064, 2019.
- CENTENO, L.N. *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.
- CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana**. Produção: aspectos técnicos. 1. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- COSKUN, D. *et al.* The controversies of silicon's role in plant biology. **New Phytologist**, [S.l.], v. 221, n. 1, p. 67-85, 2019.
- COSTA, A.C. *et al.* Organic fertilizer and Lithothamnium on the cultivation of red pitaya. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 77-88, 2015.

- CRISOSTOMO, L.A. *et al.* Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. “Pacovan”. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 45-52, 2008.
- CRUZ, M. do C M. da; *et al.* Development of tangerine tree rootstock 'Cleopatra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 471-475, 2008.
- DE SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 71, n. 10, p. 1355-1367, 2015.
- DEBONA, D.; RODRIGUES, F.A.; DATNOFF, L.E. Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. **Annual Review of Phytopathology**, [S.l.], v. 55, p. 85-107, 2017.
- DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 18, n. 13, p. 307-318, 2000.
- DONATO, S.L.R. *et al.* Experimental planning for the evaluation of phenotypic descriptors in banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, (e-962), 2018.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 3-14, 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.
- EVANGELISTA, A.W.P.; ALVES JÚNIOR, J.; MELO, P.C. de. Response of coffee crop to irrigation levels and fertilization with Alfertil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 392-396, 2013.
- FERNANDES, M.B. *et al.* Bagging time of ‘Prata-anã’ banana regarding anthracnose control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, 2019.
- FREITAS, V.A. *et al.* Anthracnose intensity and physical and chemical characteristics of ‘Prata anã’ banana under different nitrogen doses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5, 2019.
- FREW, A. *et al.* The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. **Annals of botany**, [S.l.], v. 121, n. 7, p. 1265-1273, 2018.
- GARCIA, K.G.V. *et al.* Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) no desenvolvimento de porta-enxertos de cajueiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1706-1715, 2014.
- GOMES, E.N. *et al.* Brown seaweed extract enhances rooting and roots growth on *Passiflora actinia* Hook stem cuttings. **Ornamental Horticulture**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 269-276, 2018.
- GOOS, P.; GILMOUR, S.G. Testing for lack of fit in blocked, split-plot, and other multi-stratum designs. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 49, n. 4, p. 320-336, 2017.

HAFLE, O.M. *et al.* Production of seedlings of papaya tree using bokashi and *Lithothamnium*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 245-251, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística -. **Produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 18 jun. 2020.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. Efficient designs with minimal aliasing. **Technometrics**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 62-71, 2011a.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. A class of three-Level designs for definitive screening in the presence of second-order effects. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 43, n. 1, p. 1-15, 2011b.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. Definitive screening designs with added two-level categorical factors. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 45, n. 2, p. 121-129, 2013.

KATH, A.H. *et al.* Reaction rate and residual effect of rice husk ash in soil acidity parameters. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 65, n. 3, p. 278-285, 2018.

LAMBERS, H.; OLIVEIRA, R.S. Plant water relations. *In: Plant physiological ecology*. Cham: Springer, 2019. p. 187-263.

LAVEZO, A. *et al.* Plot size and number of replications to evaluate the grain yield in oat cultivars. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 4, p. 512-520, 2017.

LIRA-SALDIVAR, R.H. *et al.* Gas exchange, yield and fruit quality of *Cucurbita pepo* cultivated with zeolite and plastic mulch. Gas exchange, yield and fruit quality of *Cucurbita pepo* cultivated with zeolite and plastic mulch. **Agrochimica**, [S.l.], v. 61, n. 2, p. 123-139, 2017.

LOBO, J.T. *et al.* Biostimulants on nutritional status and fruit production of mango 'Kent' in the brazilian semiarid region. **HortScience**, [S.l.], v. 54, n. 9, p. 1501-1508, 2019.

LUX, A. *et al.* Silicification of Root Tissues. **Plants**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 111-130, 2020.

MA, J.F. *et al.* A silicon transporter in rice. **Nature**, [S.l.], v. 440, n. 7084, p. 688-691, 2006.

MAIA, L.C.B. *et al.* Alterações metabólicas em bananas induzidas por dano mecânico. **Revista Unimontes Científica, Montes Claros**, v. 17, n. 2, p. 27-34, 2015.

MELO, D.M. *et al.* Agronomic performance and soil chemical attributes in a banana tree orchard fertigated with humic substances. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.l.], v. 46, n. 4, p. 421-428, 2016.

MELO, D.M. *et al.* Fertigation of 'BRS Princesa' banana with humic substance and saponin-based plant extracts. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 64, n. 4, p. 392-398, 2017.

- MELO, P.C. de *et al.* Marine macroalgae bioextract changes the index of reflectance in pepper plants. **Oceanography Fisheries Open Access Journal**, [S.l.], v. 11, n. 5, (e-555822), 2020.
- MELO, P.C. de; FURTINI NETO, A. E. Avaliação do *Lithothamnium* como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.
- MELO, R.M. *et al.* Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 101-110, 2019.
- MENDONÇA, V. *et al.* Quality of yellow passion fruit formatted in substrate with different level of *Lithothamnium*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 900-906, 2006.
- MOURA, E.A. *et al.* Production of Formosa papaya seedlings irrigated with wastewater and application of biostimulant. **Comunicata Scientiae Horticulture Journal**, Bom Jesus, PI, v. 11, (e-3153), 2020.
- NATALE, W. *et al.* Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.
- NEGREIROS, A.M.P. *et al.* *Lithothamnion calcareum* nanoparticles increase growth of melon plants. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, [S.l.], v. 47, n. 2, p. 426-431, 2019.
- NOBRE, R.C.G.G. *et al.* Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, 2018.
- NOMURA, E.S. *et al.* Fertilization with nitrogen and potassium in banana cultivars ‘Grand Naine’, ‘FHIA 17’ and ‘Nanicão IAC 2001’ cultivated in Ribeira Valley, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 505-513, 2017.
- NOMURA, E.S. *et al.* Post-harvest characterization of ‘Prata’ banana cultivar grown under different nitrogen and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 4, 2019.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- RENAUT, S. *et al.* A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. **Microbial biotechnology**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 1346-1358, 2019.
- RIBEIRO, P.C.M. *et al.* Fractional factorials in a case study nutrition experiment with banana trees. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 3, p. 335-349, 2019.

RIBEIRO, R.F. *et al.* Bioestimulante na produção de mudas de videira cv. Crimson seedless. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 36-42, 2017.

RUZZI, M.; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 124-134, 2015.

SALOMÃO, L.C.C. *et al.* Crescimento e produção da bananeira (Musa spp. AAB) Prata-Anã', oriunda de rizoma e micropropagada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p. 340-347, 2016.

SANGEETHA, C.; BASKAR, P. Zeolite and its potential uses in agriculture: A critical review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 37, n. 2, p. 101-108, 2016.

SANTANA JÚNIOR, E.B. *et al.* Physiological and vegetative behavior of banana cultivars under irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 82-88, 2020.

SANTOS, E.O. *et al.* Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana 'Prata Catarina' under biofertilisers. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017.

SANTOS, G.N.; NUNES, J.M.C. O gênero *Halimeda* (Bryopsidales, Chlorophyta) no litoral do estado da Bahia, Brasil. **Sítientibus série Ciências Biológicas**, [S.l.], v. 15, p. 1-15, 2015.

SANTOS, M.P. *et al.* Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **PUBVET**, Maringá, v. 10, p. 001-110, 2016.

SILVA, C.C. *et al.* Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 2, p. 234-241, 2016.

SOFO, A. *et al.* Control of biotic and abiotic stresses in cultivated plants by the use of biostimulant microorganisms. *In*: (Ed.). **Improvement of crops in the Era of Climatic Changes**. Springer, Cham, 2014. p.107-117.

TEIXEIRA, G.A. *et al.* Produção de mudas de mamoeiro 'Formosa' em substratos com doses de *Lithothamnium*. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, 2009.

TRINCA, L.; GILMOUR, S.G. Split-plot and multi-stratum designs for statistical inference. **Technometrics**, [S.l.], v. 59, n. 4, p. 446-457, 2017.

TSINTSKALADZE, G. *et al.* Nitrogenous zeolite nanomaterial and the possibility of its application in agriculture. **Annals of Agrarian Science**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 365-369, 2017.

WANG, Y.; AI, M.; LI, K. Optimality of pairwise blocked definitive screening designs. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, [S.l.], v. 68, n. 3, p. 659-671, 2016.

YAKHIN, O.I. *et al.* Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 7, n. 2049, p. 1-32, 2017.

YANG, J.; LIN, D.K.J.; LIU, M-Q. Construction of minimal-point mixed-level screening designs using conference matrices. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 46, n. 3, p. 251-264, 2017.

### CAPÍTULO 3 ESTIMATIVA DE FATORES REFERENTES À ADUBAÇÃO DE BANANEIRAS SELECIONADOS EM ESQUEMA FATORIAL FRACIONÁRIO

#### RESUMO

A estratégia dos delineamentos de triagem foi desenvolvida para a solução de problemas específicos, com intuito de evitar padrões de análise para qualquer situação experimental. Objetivou-se com este trabalho: (i) estimar o efeito dos principais produtos (fatores) por meio da combinação entre o DSD (do inglês *Definitive Screening Design*) e um fatorial completo da série  $3^3$ , dentre os quatro fatores triados como suplementos para adubação de plantio em bananeiras Prata Gorutuba de 1º ciclo e; (ii) determinar se esta associação entre estes quatro fatores, pode ser indicada para a realização de um ensaio futuro na mesma região, durante o mesmo ciclo, com a mesma cultivar e mantida no nível central. O experimento foi conduzido em uma fazenda comercial na região central do estado de Minas Gerais, Brasil. Foi planejado por meio da combinação de um DSD e de um fatorial completo da série  $3^3$ , um esquema fatorial composto de três fatores em três níveis (doses de aplicação) cada, suplementados de três repetições extra do nível central (dose comercial), totalizando 30 parcelas experimentais (27 + 3). A alocação inicial destes níveis foi feita de forma aleatória por um algoritmo de troca, utilizando-se o software R. A área experimental foi dividida em seis blocos casualizados (DBC) com 5 parcelas experimentais cada. Cada parcela constituiu-se de três plantas de bananeira Prata Gorutuba, totalizando um  $N = 90$ . Os quatro fatores selecionados foram divididos em três produtos condicionadores de solo e um bioestimulante a base de extrato de algas marinhas. Realizaram-se avaliações fitotécnicas, de produção, de duração de ciclo, de pós-colheita e minerais foliares para estimar os melhores efeitos de fatores e associações destes nas variáveis respostas. Todas as variáveis resposta foram submetidas a ANOVA e quando necessário foram transformadas para melhor distribuição dos dados. Posteriormente, os fatores significativos para F foram submetidos a estimativa do 'teste t' para obter a direção do efeito causal em determinada variável. Obteve-se economia experimental, adotando-se em um único ensaio, apenas 35,71 % do número de parcelas totais utilizadas no experimento prévio de triagem. A estimativa dos quatro fatores CC, CT, LT e ACA, proporcionaram resultados satisfatórios ao desempenho da cultura. Foi corroborada a hipótese principal do trabalho que os fatores mais importantes e previamente triados em ensaio anterior, poderiam ser mantidos com os três níveis de doses, sem alteração de desempenho da cultura. Recomenda-se o uso de estratégias do tipo fatorial fracionário, incluindo desenhos de DSD em ensaios agrônômicos, especialmente para estimativa de efeitos dos fatores.

Palavras-chave: Delineamentos combinados. Banana 'Prata Anã'. Seleção de fatores. Teste t.

## ABSTRACT

The strategy of the screening designs was developed to solve specific problems, in order to avoid analysis patterns for any experimental situation. The objective of this work was (i) to estimate the effect of the main products (factors) through the combination of the DSD (Definitive Screening Design) and a complete  $3^3$  series factorial, among the 4 factors screened as supplements for planting fertilization in 1st cycle Prata Gorutuba banana trees and, (ii) determine whether this association between these 4 factors can be indicated for the performance of a future experiment in the same region, during the same cycle, with the same cultivar and maintained at the central level. We conducted the experiment on a commercial farm in the central region of the state of Minas Gerais, Brazil. It was planned by combining a DSD and a complete  $3^3$  series factorial, a factorial scheme composed of three factors in three levels (application doses) each, supplemented by three extra repetitions of the central level (commercial dose), totaling 30 experimental plots (27 + 3). An exchange algorithm, using software R., made the initial allocation of these levels randomly. We divided the experimental area into six randomized blocks (RBD) with 5 experimental plots each. Each plot consisted of three Prata Gorutuba banana plants, totaling an N = 90. We divided the 4 selected factors into three soil conditioners products and a biostimulant based on seaweed extract. We evaluated phytotechnical, production, cycle duration, post-harvest and leaf mineral variables to estimate the best effects of factors and associations of these on the response variables. We submitted all response variables to ANOVA and, when necessary, we transformed for better data distribution. Subsequently, we submitted the significant factors for F to the “t-test” estimate to obtain the direction of the causal effect in a given variable. We obtained experimental savings, adopting in a single trial, only 35.71 % of the number of total plots used in the previous screening experiment. The estimation of the four factors CC, CT, LT and ACA, provided satisfactory results to the culture performance. We corroborated the main hypothesis of the study, which the most important factors, previously screened in a prior trial, could be maintained with the three levels of doses, without altering the culture performance. We recommended the use of fractional factorial strategies, including DSD designs in agronomic assays, especially for estimating the effects of the factors.

Keywords: Combining designs. 'Prata Anã' banana. Factors selection. T test.

## 1 INTRODUÇÃO

Os delineamentos alternativos aos padrões adotados pela experimentação agrícola para atender qualquer tipo de experimento têm sido discutidos desde antes dos anos 50, como proposto por Plackett e Burman (1946). A estratégia dos delineamentos de triagem foi desenvolvida para solução de problemas específicos, com intuito de evitar padrões de análise para qualquer situação experimental (JONES; NACHTSHEIM, 2011b; MEAD; GILMOUR; MEAD, 2012).

Em geral, espera-se que a maioria dos fatores não tenha importância e poucos são aqueles com relevância para os resultados da pesquisa agrícola. Neste caso, de acordo com Ribeiro *et al.* (2019), a repetição dos níveis dos fatores não interessantes está simplesmente contribuindo para inferir sobre os fatores indispensáveis. Deste modo, os delineamentos de triagem foram propostos para ajudar a encontrar as variáveis causais usando frações coerentes dos fatoriais completos (JONES; NACHTSHEIM, 2011a, 2011b, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2019; YANG; LIN; LIU, 2017). De acordo com Ribeiro *et al.* (2019), é recomendável o uso de estratégias do tipo fatorial fracionário, incluindo desenhos de DSDs (do inglês *Definitive Screening Designs*) em ensaios agronômicos, especialmente na fase de triagem.

Outra das variadas aplicações dos DSDs é a oportunidade de elencar fatores com maior potencial de efeito, após a realização de uma triagem prévia e, posteriormente, testar em campo estes mesmos fatores em determinado ensaio que mantenha as condições experimentais do ensaio anterior de triagem (GOOS; GILMOUR, 2017; JONES; NACHTSHEIM, 2011b; WANG; AI; LI, 2016).

No entanto, a responsabilidade de projetar experimentos para atender a todas as condições de seus métodos estatísticos de escolha e garantir que suas implicações sejam adequadas, continua sendo dos pesquisadores (DONATO *et al.*, 2018; KIM, 2015). Particularmente, a estatística paramétrica confere resultados razoáveis apenas quando os pressupostos da ANOVA são totalmente atendidos. Por isso, faz-se necessário o teste dos pressupostos estatísticos básicos e o emprego de métodos amplamente aceitos, como o ‘teste t’ para estimativa de fatores significativos em um fatorial fracionário, a fim de tomar decisões válidas estatisticamente (LAVEZO *et al.*, 2017; KIM, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2019).

A bananicultura brasileira é considerada como um ramo essencial da agricultura nacional, devido ao alto consumo da fruta no mercado interno e do grande volume de produção, considerada a frutífera mais consumida no país (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2020) e segunda no *ranking* de produção, segundo dados do IBGE para a safra 2019/2020, com 6,86 milhões de

toneladas produzidas (IBGE, 2020). Várias pesquisas de adubação com objetivos de ganhos de produtividade e qualidade pós-colheita são desenvolvidas com bananeiras do subgrupo Prata (AAB), o mais aceito pelos consumidores do mercado nacional (NOBRE *et al.*, 2018; NOMURA *et al.*, 2019; SANTANA JÚNIOR *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2017).

Associado a importância da bananicultura no contexto agrícola nacional, assim como a pesquisa de novas fontes de fertilizantes capazes de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos cachos colhidos, conduziu-se um experimento delineado em blocos casualizados com quatro fatores, sendo três condicionadores de solo e um bioestimulante a base de extrato de alga marinha, em esquema fatorial fracionário, com a cultivar de bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba).

Este experimento confirmatório de campo partiu da hipótese principal do trabalho em que os fatores mais importantes e previamente triados em ensaio anterior podem ser mantidos com os níveis de doses baixo (metade), central (dose comercial) e alto (dobro), sem alteração de desempenho da cultura. Isto posto, objetivou-se com este experimento: (i) estimar o efeito dos principais produtos (fatores) por meio da combinação entre o DSD e um fatorial completo da série  $3^3$ , dentre os quatro fatores triados como suplementos para adubação de plantio em bananeiras Prata Gorutuba de 1º ciclo e; (ii) determinar se esta associação entre estes quatro fatores, pode ser indicada para a realização de um ensaio futuro na mesma região, durante o mesmo ciclo, com a mesma cultivar e mantida no nível central.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

Ver seção 2.1 do capítulo 2 (dois primeiros parágrafos) (EMBRAPA, 2013).

O solo apresentava as seguintes características químicas, antes da implantação do bananal em dezembro de 2017 (TABELA 1).

Tabela 1 - Análise da fertilidade inicial do solo coletado em área de Cerrado na região central de Minas Gerais - Brasil, na camada (0-20 cm), localizado na área experimental e de implantação comercial de bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

pH		P resina	K	S	Ca	Mg	Al	H+ Al
(água)	(CaCl <sub>2</sub> )	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>			
6,00	5,30	22,00	128,7	7,90	4,20	0,70	0,0	2,80
V	m	Relações			CTC total	SB	MO	CO
%		Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	cmolc/dm <sup>3</sup>		g/dm <sup>3</sup>	
65,13	0,00	12,72	2,12	6,00	8,03	5,23	22,00	13,00

CTC total: capacidade de troca catiônica total; MO: matéria orgânica; CO: carbono orgânico; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio.

Fonte: Do autor (2020).

Esta área, localizada no mesmo pivô do experimento do capítulo anterior, permaneceu em pousio por dois anos. É válido destacar que os teores dos macronutrientes encontravam-se nos seguintes níveis: P (baixo); K (alto); S (baixo); Ca (adequado) e Mg (baixo). A Saturação por Bases (V%) estava com valores abaixo do ideal (V% = 70) para a cultura da bananeira. Portanto, foi realizada a correção do solo com calcário para elevação deste índice e para elevação do Mg na participação das bases do solo. Na adubação de plantio teve-se atenção aos teores baixos de P e S.

### 2.2 Implantação do experimento

O experimento foi instalado na área experimental descrita na seção anterior em 19/05/18 e conduzido até o final do 1º ciclo da cultura, que coincidiu com a data da última colheita em 08/03/19, das três que foram realizadas.

A adubação de plantio, realizada em dezembro de 2017, e o plantio das mudas em 27/12/17, foram feitos da mesma maneira descrita na seção 2.2 do capítulo 2, assim como o manejo da irrigação.

### 2.3 Delineamento experimental e definição do fatorial fracionário

O delineamento consistiu da combinação de um DSD, propostos por Jones e Nachtseim (2011b) para o fator bioestimulante de três níveis, com uma fração do fatorial completo da série  $3^3$  (27 parcelas) para os três fatores restantes. Este fatorial completo foi composto de três fatores em três níveis (doses de aplicação) cada, suplementados de três repetições extra do nível central (dose comercial) para todos os fatores, totalizando 30 parcelas experimentais (27 + 3).

Neste caso, a área experimental foi dividida em seis blocos casualizados (DBC), cada um recebendo um DSD, no qual cada tratamento continha ambos os pontos centrais do fatorial completo e do DSD, como também receberam uma combinação de pontos não centrais de ambos os fatoriais (RIBEIRO *et al*, 2019).

A partir de um delineamento inicial com 30 parcelas (cinco por bloco), reservou-se uma parcela em cada bloco para o ponto central ou dose comercial dos quatro fatores (quatro zeros, sendo codificado um zero para cada fator) e as demais 24 parcelas restantes (quatro por bloco) para uma combinação das outras duas doses ou pontos não centrais do DSD e do fatorial completo ( $3^3$ ) (TABELA 1, ANEXO B). A alocação inicial destes pontos foi feita de forma aleatória por algoritmos de troca, usados para concatenar os níveis dos fatores (R CORE TEAM, 2018).

Cada parcela experimental do total de 30, constituiu-se de três plantas de bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), totalizando um N = 90 plantas ou unidades amostrais. Este experimento foi composto de quatro fatores que representaram suplementos para adubação em bananeiras, previamente selecionados em um ensaio de triagem como mais eficientes para aplicação nas regiões bananicultoras do estado de Minas Gerais.

### 2.4 Doses aplicadas e fatores selecionados

Ver seção 2.4 do capítulo 2 (1º parágrafo). Consultar o delineamento da Tabela 1, do Anexo B.

Estas doses foram convertidas para 1/3 do valor comercial para os condicionadores, pois cada planta recebeu um *blend*: CC:CT:LT (p:p:p), conforme elucidado na Tabela 2, do Anexo B. Isso foi realizado devido ao desbalanço nutricional que uma super adubação de Ca, existente nos condicionadores poderia causar nas bananeiras. Já o bioestimulante (ACA), foi aplicado separadamente em dose comercial.

O bioestimulante a base de extrato de algas utilizado foi o Acadian (5,3% K<sub>2</sub>O), da Acadian Seaplants Limited – ASL, respectivamente codificado como ACA (TABELA 1, ANEXO B).

Os três condicionadores de solo utilizados como fontes de Ca e eventualmente de Mg foram os subsequentes: calcário de conchas de ostras marinhas (49% CaO, 0,05% MgO), da CYSY® - 180 g/cova/ano; Celtonita (zeólita enriquecida com NPK), da ZEOCEL Portugal Ltda. - 200 g/cova/ano e, ALGUE® (32% Ca), *Lithothamnium calcareum* (Pó), da CERES TECNOLOGIA LTDA - 180 g/cova/ano. Na devida ordem, foram codificados da seguinte forma: CC; CT e LT (TABELA 1, ANEXO B).

Os fatores CC, CT e LT foram previamente selecionados para o fatorial completo da série 3<sup>3</sup>, ou seja, o número de níveis elevado ao número de fatores, pois foram considerados como promotores de maior efeito na nutrição das bananeiras. O fator ACA, não menos importante, foi incluído no delineamento de triagem do tipo DSD.

## **2.5 Adubações realizadas**

As adubações minerais com os produtos condicionadores de solo foram parceladas em três aplicações: de maio a julho de 2018 (TABELA 2, ANEXO B). Ver seção 2.5 do capítulo 2 (1º parágrafo).

As adubações com o bioestimulante foram divididas em três etapas: crescimento vegetativo com aplicação no mês de julho de 2018; pré-florada com aplicação em setembro de 2018 e frutificação (formação das primeiras pencas), com aplicação em novembro de 2018. Foi adotado o padrão comercial da Acadian, líder mundial em produtos à base de extrato de algas, trabalhando-se com a dose de 0,5% ou 500 ml/ha (dose padrão - 100% ou 0), para as três aplicações (TABELA 2, ANEXO B). Ver seção 2.5 do capítulo 2 (último parágrafo).

## **2.6 Avaliações experimentais**

As avaliações experimentais foram subdivididas em: fitotécnicas, de produção e duração de ciclo, pós-colheita e minerais foliares, para as seguintes épocas, com as respectivas variáveis a serem medidas.

### **2.6.1 Avaliações fitotécnicas**

As avaliações fitotécnicas foram definidas para as seguintes épocas, separadas por intervalos de 21 dias, com as respectivas variáveis a serem medidas: 1ª época (21/05/2018) - altura de plantas (AP) e diâmetro do pseudocaule (DP), tomados da planta central da parcela e nº de folhas expandidas (NF), contadas das três plantas da parcela; 2ª época (11/06/2018) - AP, DP, NF e nº de perfilhos (NP), contados das três plantas da parcela; 3ª época (02/07/2018), 4ª época (23/07/2018) e 5ª época (13/08/2018), com medição de todas as variáveis.

Ver seção 2.6.1 do capítulo 2 (último parágrafo) (BARBOSA *et al.*, 2013).

### **2.6.2 Avaliações de produção e duração de ciclo**

Ver seção 2.6.2 do capítulo 2 (BARBOSA *et al.*, 2013; CORDEIRO, 2000).

A colheita dos frutos foi iniciada aproximadamente 13,6 meses após o transplântio (1ª colheita) e se estendeu até 14,5 meses (3ª colheita).

### **2.6.3 Avaliações de pós-colheita**

Ver seção 2.6.3 do capítulo 2 (BARBOSA *et al.*, 2013; CHITARRA; CHITARRA, 2005; CRISOSTOMO *et al.*, 2008).

### **2.6.4 Avaliações minerais foliares**

As avaliações minerais foram feitas a partir de amostras foliares das três plantas de cada parcela, coletadas no período de início da emissão da inflorescência, sendo retirada para análise a parte interna mediana do limbo da 3ª folha a contar do ápice, selecionando-se de 10 a 15 cm e eliminando-se a nervura central (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Nos materiais secos e moídos foram realizadas as extrações e determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Fe e Zn, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As análises foliares foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar (LAF) do Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em abril de 2019.

## 2.7 Análise estatística

Ver seção 2.7 do capítulo 2.

Para os resultados deste capítulo, foi implementado um algoritmo de troca para combinar o DSD (fatorial fracionário) com o fatorial completo ( $3^3$ ). O código básico apresentado na Tabela 1 do Anexo B, foi desenvolvido em código adicional do R (R CORE TEAM, 2018).

### **3 RESULTADOS**

Os resultados estão apresentados em grupos de variáveis divididos em dois tipos de tabelas por grupo. O 1º tipo de tabela de cada grupo corresponde aos valores do “teste F” significativos a 5% (\*) e 1% (\*\*), obtidos pela ANOVA. O 2º tipo de tabela de cada grupo corresponde aos valores da estimativa do ‘teste t’ significativos a 5% (\*) e 1% (\*\*).

Os valores de ‘p’ estão explicitados no texto após o resultado de cada fonte de variação significativa para determinada variável. As tabelas completas de ANOVA de todas as variáveis significativas do capítulo 3, encontram-se em material suplementar a esta tese.

#### **3.1 Avaliações fitotécnicas**

Todas as variáveis fitotécnicas apresentaram significância a 1% ou 5%, para o teste F (TABELA 2). Foi preciso transformar os dados de contagem, referentes a variável NP, para transformação log. As demais variáveis não foram transformadas.

Tabela 2 – Valores de F significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para as variáveis fitotécnicas, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.) (continua).

FV	AP	DP	NF	logNP
Época	56,216**	42,704**	73,418**	62,111**
CC	3,494	3,493	0,920	11,401**
CT	0,961	0,039	0,009	0,023
LT	14,573**	13,615**	6,599*	2,274
ACA	12,427**	4,557*	0,180	0,319
CC:CT	0,712	1,275	2,761	1,238
CC:LT	17,176**	11,364**	1,678	0,258
CC:ACA	0,129	0,000	1,225	4,991*
CT:LT	0,577	0,072	1,219	0,559
CT:ACA	0,059	0,426	0,000	1,170
LT:ACA	8,844**	10,698**	4,157*	2,825
Época:CC	0,034	0,099	0,321	0,364
Época:CT	0,086	0,043	0,205	0,401
Época:LT	0,029	0,080	0,763	0,110
Época:ACA	0,135	0,060	0,941	0,173
Época:CC:CT	0,065	0,054	0,738	0,206
Época:CC:LT	0,120	0,058	0,137	0,317
Época:CC:ACA	0,070	0,023	0,696	0,241
Época:CT:LT	0,045	0,051	0,287	1,241
Época:CT:ACA	0,014	0,058	0,321	0,328
Época:LT:ACA	0,080	0,069	0,548	1,253

FV: fonte de variação; AP: altura de plantas (m); DP: diâmetro do pseudocaule (m); NF: número de folhas e logNP: log do número de perfilhos.

Fonte: Do autor (2020).

O efeito da época foi importante em todas as variáveis ao longo do período experimental ( $\alpha = 1\%$ ). Entretanto, não houve interações entre Época x Demais fatores (TABELA 2).

O fator CT foi irrelevante para todas as variáveis fitotécnicas. Quanto as variáveis AP e DP, estas foram as mais afetados pelos três outros fatores (TABELA 2).

Houve indício de que o fator ACA (p-valor: 0,0006), o fator LT (p-valor: 0,0002), as associações dos fatores CC:LT (p-valor: 7,69e-05) e LT:ACA (p-valor: 0,0038), puderam alterar a altura das plantas, com valores de F significativos a 1%.

Para o DP, inferiu-se alteração pelos fatores ACA (p-valor: 0,0355) e LT (p-valor: 0,0004) e pelas associações CC:LT (p-valor: 0,0011) e LT:ACA (p-valor: 0,0015), significativos a 1% ou 5% (TABELA 2).

O número de folhas foi afetado por LT (p-valor: 0,0112) principalmente e por ACA em interação com LT (p-valor: 0,0444), com 5% de significância de F (TABELA 2).

Conforme a Tabela 2, o log do número de perfilhos foi afetado apenas por CC (p-valor: 0,0011) e pela associação de fatores CC:ACA (p-valor: 0,028),

Todas as variáveis fitotécnicas apresentaram significância para o ‘teste t’ (TABELA 3).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas dos efeitos dos fatores ou associações destes, para t, em cada variável significativa pelo teste F (TABELA 2) representaram ganho ou redução da variável resposta, ou seja, o efeito da estimativa é linear crescente ou linear decrescente, dependendo do sinal + ou –, quando aumentava-se as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 3).

Tabela 3 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis fitotécnicas, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.) (continua).

AP				
FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr(> t )
(Intercepto)	0,870	0,046	18,922	<2,00e-16***
Época 2	0,117	0,046	2,553	0,012*
Época 3	0,354	0,046	7,702	2,56e-12***
Época 4	0,522	0,046	11,365	<2,00e-16***
Época 5	0,712	0,046	15,491	<2,00e-16***
CC	0,051	0,023	2,227	0,028*
LT	-0,105	0,023	-4,547	1,20e-05***
ACA	-0,097	0,023	-4,199	4,83e-05***
CC:LT	0,197	0,040	4,937	2,30e-06***
LT:ACA	-0,141	0,040	-3,542	5,45e-04***
DP				
FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr(> t )
(Intercepto)	0,131	0,006	22,707	<2,00e-16***
Época 2	0,018	0,006	3,128	0,002**
Época 3	0,034	0,006	5,846	3,61e-08***
Época 4	0,066	0,006	11,431	<2,00e-16***
Época 5	0,076	0,006	13,154	<2,00e-16***
CC	0,006	0,003	2,238	0,027*
LT	-0,013	0,003	-4,417	2,03e-05***
ACA	-0,007	0,003	-2,556	0,012*
CC:LT	0,020	0,005	4,036	9,07e-05***
LT:ACA	-0,020	0,005	-3,916	1,42e-04***
NF				
FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr(> t )
(Intercepto)	7,515	0,193	38,968	<2,00e-16***
Época 2	2,267	0,193	11,754	<2,00e-16***
Época 3	1,467	0,193	7,605	4,10e-12***
Época 4	3,366	0,193	17,454	<2,00e-16***
Época 5	1,123	0,193	5,821	3,96e-08***
LT	-0,267	0,096	-2,772	0,006**
ACA	-0,044	0,096	-0,458	0,648

Tabela 3 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis fitotécnicas, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira Prata Anã clone: Gorutuba (*Musa* sp.) (conclusão).

NF				
FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr(> t )
LT:ACA	-0,368	0,167	-2,200	0,029*
logNP				
FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr(> t )
(Intercepto)	0,876	0,073	12,063	<2,00e-16***
Época 2	0,261	0,073	3,586	4,67e-04***
Época 3	0,383	0,073	5,268	5,23e-07***
Época 4	-0,651	0,073	-8,965	2,05e-15***
Época 5	0,401	0,073	5,521	1,63e-07***
CC	0,133	0,036	3,656	3,65e-04***
ACA	-0,022	0,036	-0,612	0,542
CC:ACA	0,152	0,063	2,419	0,017*

FV: fonte de variação; AP: altura de plantas (m); DP: diâmetro do pseudocaule (m); NF: número de folhas e logNP: log do número de perfilhos.

Fonte: Do autor (2020).

Para a variável AP, estimou-se aumento no crescimento das plantas de 0,051 m (p-valor: 0,028) quando aplicado a maior dose de calcário de conchas em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,023$  m. Também foi estimado o aumento no crescimento vegetativo, quando aplicado o calcário de conchas associado ao *Lithothamnium calcareum*, em 0,197 m (p-valor: 2,30e-06) e erro padrão de 0,04 m (TABELA 3).

Além disso, houve efeito negativo no crescimento em altura das plantas quando aplicou-se LT ou ACA, ou quando aplicou-se ambos, simultaneamente, em associação. Todas as estimativas estiveram entre 10-15 cm de supressão de crescimento (TABELA 3).

Quanto ao DP, também foi estimado aumento de 0,006 m (p-valor: 0,027) quando aplicado a maior dose de CC em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,003$  m e quando aplicado conjuntamente CC e LT, obteve-se ganho de 0,02 m (p-valor: 9,07e-05), com erro padrão de  $\pm 0,005$  m para este fator. Além disso, houve efeito negativo no crescimento radial das plantas quando aplicou-se LT ou ACA ou quando aplicou-se ambos ao mesmo tempo em associação. Todas as estimativas estiveram entre 1-2 cm de restrição do diâmetro do pseudocaule (TABELA 3).

Na Tabela 3, pôde-se constatar diminuição do número de folhas em 0,27 folhas (p-valor: 0,006), quando aplicado o LT somente e redução de 0,37 folhas, quando aplicado concomitantemente LT e ACA (p-valor: 0,029). Ainda na Tabela 3, observa-se aumento do log do número de perfilhos de 0,13 perfilhos (p-valor: 3,65e-04), quando aplicado o CC separado

e maior log do número de perfilhos, em torno de 0,15 perfilhos (p-valor: 0,017), quando aplicado CC e ACA em conjunto.

Tanto o aumento de perfilhos, quanto a redução do número de folhas de bananeiras em pleno crescimento vegetativo, são características indesejadas pelos bananicultores. É válido destacar que a 1ª desfolha de limpeza, feita com 120 dias após o transplante, já havia sido realizada antes das medições das variáveis fitotécnicas (150 DAT a 230 DAT).

### 3.2 Avaliações de produção e duração de ciclo

As variáveis de produção e duração de ciclo que apresentaram significância a 1% ou 5%, para o teste F foram as seguintes: NPC, PMP e CV. Nenhuma variável precisou ser transformada.

O NPC teve efeito significativo a 5% para o fator Celtonita apenas (p-valor: 0,0385).

O peso médio das pencas, em Kg, teve indício de alteração pela associação entre CC e LT (p-valor: 0,0098).

Houve também para o ciclo vegetativo alteração significativa a 5% para a associação entre CC e LT (p-valor: 0,0404).

Os resultados descritos anteriormente para valores de F encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de F significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para as variáveis de produção e de duração de ciclo, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

FV	NPC	PMP	CV
CC	0,580	0,144	0,982
CT	5,217*	0,008	0,001
LT	0,145	1,072	3,333
ACA	0,145	0,380	2,133
CC:CT	0,000	1,991	1,242
CC:LT	1,739	8,932**	5,102*
CC:ACA	1,739	0,000	0,327
CT:LT	1,739	0,006	0,294
CT:ACA	0,000	0,427	0,074
LT:ACA	0,435	0,200	3,051

FV: fonte de variação; NPC: número de pencas por cacho; PMP: peso médio das pencas (Kg) e CV: ciclo vegetativo (dias).

Fonte: Do autor (2020).

As variáveis de produção e de duração de ciclo que apresentaram significância a 0,1%, 1% ou 5%, para o 'teste t' foram as seguintes: PMP, NPC e CV (TABELA 5).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas dos efeitos dos fatores ou associações destes, para t, em cada variável significativa pelo teste F (TABELA 4) representaram ganho ou redução da variável resposta, quando aumentavam-se as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 5).

Tabela 5 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis de produção e de duração de ciclo, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>NPC</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	9,400	0,139	67,688	<2,00e-16***
CT	-0,500	0,220	-2,277	0,031*
<b>PMP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	0,990	0,023	42,363	<2,00e-16***
CC	0,017	0,037	0,453	0,654
LT	0,046	0,037	1,238	0,227
CC:LT	0,229	0,064	3,573	0,001**
<b>CV</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	311,000	2,977	104,456	<2,00e-16***
CC	-4,750	4,708	-1,009	0,322
LT	8,750	4,708	1,859	0,074
CC:LT	-18,750	8,154	-2,300	0,030*

FV: fonte de variação; NPC: número de pencas por cacho; PMP: peso médio das pencas (Kg) e CV: ciclo vegetativo (dias).

Fonte: Do autor (2020).

Para a variável NPC, estimou-se redução do número de pencas de 0,5 (p-valor: 0,031) quando aplicado a maior dose de Celtonita em relação à dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,220$  pencas (TABELA 5). Também foi estimado aumento do peso médio das pencas de 0,229 Kg (p-valor: 0,001) quando aplicado a maior dose de CC:LT em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,064$  Kg (TABELA 5).

Para as variáveis de duração de ciclo, foi considerada positiva a estimativa de redução, em dias, do período do plantio até a data da colheita, sendo uma possibilidade de retorno financeiro mais rápida ao produtor rural. Neste sentido, para o CV, houve redução estimada de 18,75 dias (p-valor: 0,030) com erro padrão de  $\pm 8,154$  dias, quando se aplicou uma dose maior de CC:LT em relação a dose anterior menor (TABELA 5).

### 3.3 Avaliações de pós-colheita

As variáveis de pós-colheita que apresentaram significância a 1% ou 5%, para o ‘teste F’ foram as seguintes: PPM, DMF e ATT (TABELA 6).

Tabela 6 – Valores de F significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para as variáveis de pós-colheita, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

FV	PPM	DMF	ATT
CC	0,327	2,574	5,356*
CT	0,239	0,001	0,725
LT	1,050	0,097	6,271*
ACA	4,263	4,614*	2,718
CC:CT	3,516	0,691	0,686
CC:LT	7,131*	9,515**	0,248
CC:ACA	0,012	0,164	2,560
CT:LT	0,271	0,968	0,224
CT:ACA	0,004	0,006	0,030
LT:ACA	0,115	1,751	0,020

FV: fonte de variação; PPM: peso da penca madura (Kg); DMF: diâmetro médio dos frutos (mm) e ATT: acidez total titulável (% ou g/100g).

Fonte: Do autor (2020).

Assim como o PMP (TABELA 4), o PPM sofreu alteração significativa para a associação CC:LT (p-valor: 0,0183), de acordo com a Tabela 6.

Houve indício de que o fator ACA (p-valor: 0,0497) e a associação dos fatores CC e LT (p-valor: 0,0081), puderam alterar o diâmetro médio dos frutos, com valores de F significativos a 1% e 5% (TABELA 6).

Quanto a ATT, na Tabela 6, inferiu-se que os fatores CC (p-valor: 0,0363) e LT (p-valor: 0,0253), puderam modificar a quantidade de acidez total na polpa dos frutos das pencas maduras selecionadas para análise química, com valores de F significativos a 5%. A variável ATT foi a única que necessitou de transformação, do tipo lambda.

As variáveis de pós-colheita que apresentaram significância a 0,1%, 1% ou 5%, para o ‘teste t’ foram as seguintes: PPM, DMF e ATT. A variável ATT sofreu transformação lambda (TABELA 7).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas dos efeitos dos fatores ou associações destes, para t, em cada variável significativa pelo ‘teste F’,

conforme Tabela 6, representaram ganho ou redução da variável resposta, quando aumentava-se as doses da menor para a dose comercial, e desta para a maior dose (TABELA 7).

Tabela 7 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados às variáveis de pós-colheita, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>PPM</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	1,040	0,090	11,552	1,47e-10***
CC	0,032	0,058	0,553	0,586
LT	0,058	0,058	0,992	0,333
CC:LT	0,260	0,101	2,584	0,017*
<b>DMF</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	30,772	0,933	32,976	<2,00e-16***
CC	1,031	0,602	1,711	0,102
LT	0,200	0,602	0,332	0,743
ACA	-1,380	0,602	-2,291	0,033*
CC:LT	3,433	1,043	3,290	0,004**
<b>ATT</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	-183,460	52,070	-3,523	0,002**
CC	77,860	33,610	2,316	0,031*
LT	-84,250	33,610	-2,506	0,020*

FV: fonte de variação; PPM: peso da penca madura (Kg); DMF: diâmetro médio dos frutos (mm) e ATT: acidez total titulável (% ou g/100g).

Fonte: Do autor (2020).

Para a variável PPM, estimou-se aumento do peso das pencas de 0,260 Kg (p-valor: 0,017), quando aplicado ao mesmo tempo a maior dose da associação de CC com LT, em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 0,101$  Kg (TABELA 7).

Quanto ao DMF, foi determinado aumento de 3,433 mm (p-valor: 0,004), quando aplicado de forma simultânea a maior dose da associação de CC com LT, em relação a dose comercial, com erro padrão de  $\pm 1,043$  mm. Também foi aferido redução do DMF, quando aplicado o Acadian em maior dose, de 1,380 mm (p-valor: 0,033), com erro padrão de  $\pm 0,602$  mm (TABELA 7).

Por último, na Tabela 7, para a ATT, foi observado aumento crescente quando aplicada a maior dose de CC, em relação a dose comercial (p-valor: 0,031). O LT aplicado separadamente reduz (p-valor: 0,020), em maior dose, a acidez total da polpa dos frutos, característica organoléptica interessante que confere melhor sabor às bananas Prata Gorutuba.

### 3.4 Avaliações minerais foliares

As variáveis minerais foliares que apresentaram significância a 1% ou 5%, para o ‘teste F’ foram as seguintes: teor de Cu, teor de Fe e teor de Zn. Todas as variáveis sofreram transformação lambda.

O teor de Cu teve efeito significativo a 5% para a associação entre CT e LT (p-valor: 0,0461).

Já para o Fe foliar, teve indício de alteração pela associação entre LT e ACA (p-valor: 0,0374).

Houve também para o teor foliar de zinco, alteração significativa a 5% para as associações entre CT e LT (p-valor: 0,0203) e entre LT e ACA (p-valor: 0,0225).

Os resultados descritos anteriormente para valores de F encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores de F significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para as variáveis minerais foliares, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.).

FV	Cu	Fe	Zn
CC	0,370	1,357	0,173
CT	0,460	0,046	1,417
LT	0,396	1,587	0,099
ACA	0,100	0,090	0,039
CC:CT	0,024	0,013	0,652
CC:LT	1,991	0,665	0,622
CC:ACA	0,563	1,912	0,610
CT:LT	4,786*	0,718	6,853*
CT:ACA	0,029	1,403	1,767
LT:ACA	0,577	5,288*	6,573*

FV: fonte de variação; Cu: teor foliar de cobre (mg/Kg); Fe: teor foliar de ferro (mg/Kg) e Zn: teor foliar de zinco (mg/Kg).

Fonte: Do autor (2020).

As variáveis minerais foliares que apresentaram significância a 0,1%, 1% ou 5%, para o ‘teste t’ foram as seguintes: Cu, Fe e Zn (TABELA 9).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas dos efeitos dos fatores ou associações destes, para t, em cada variável significativa pelo ‘teste F’, conforme Tabela 8, representaram ganho ou redução da variável resposta, quando aumentavam-se as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 9).

Tabela 9 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis minerais foliares, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira Prata Anã clone: Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>Cu</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	2,353	0,250	9,396	5,7e-09***
CT	-0,120	0,162	-0,740	0,468
LT	-0,111	0,162	-0,686	0,500
CT:LT	-0,668	0,280	-2,386	0,027*
<b>Fe</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	10,471	0,341	30,723	<2,00e-16***
LT	-0,283	0,220	-1,287	0,212
ACA	0,068	0,220	0,307	0,762
LT:ACA	-0,895	0,381	-2,350	0,029*
<b>Zn</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	3,231	0,080	40,205	<2,00e-16***
CT	0,064	0,052	1,229	0,234
LT	0,017	0,052	0,325	0,749
ACA	0,011	0,052	0,204	0,841
CT:LT	-0,243	0,090	-2,703	0,014*
LT:ACA	-0,238	0,090	-2,647	0,016*

FV: fonte de variação; Cu: teor foliar de cobre (mg/Kg); Fe: teor foliar de ferro (mg/Kg) e Zn: teor foliar de zinco (mg/Kg).

Fonte: Do autor (2020).

Para Cu e Zn, estimou-se reduções em seus teores (p-valores: 0,027 e 0,014), devido ao efeito da aplicação da maior dose da associação de CT com LT, em relação à dose comercial (TABELA 9). Para Fe e Zn, houve reduções em seus teores (p-valores: 0,029 e 0,016), em razão do efeito da aplicação da maior dose da associação de LT com ACA, em comparação com a dose comercial (TABELA 9).

A Tabela 10 comparou os teores foliares de todos os nutrientes analisados, em todas as parcelas deste ensaio, com os valores adequados destes para a variedade estudada (SILVA *et al.*, 2002).

Tabela 10 – Teores foliares médios de todas as parcelas do experimento com bananeira ‘Prata Anã’ clone: Gorutuba (*Musa* sp.) e respectivos teores foliares adequados dos nutrientes para a variedade estudada sob manejo irrigado.

<b>Teores foliares médios das parcelas</b>										
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>g kg<sup>-1</sup></b>						<b>mg kg<sup>-1</sup></b>				
26,29	1,55	25,93	6,49	2,77	1,28	12,97	3,78	107,99	322,08	17,59
A	A	B	A	A	B	A	A	A	A	A
<b>Faixa de teores foliares adequados para a bananeira Prata Anã</b>										
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>g kg<sup>-1</sup></b>						<b>mg kg<sup>-1</sup></b>				
25,0- 29,0	1,5- 1,9	27,0- 35,0	4,5- 7,5	2,4- 4,0	1,7- 2,0	12,0- 25,0	2,6- 8,8	72,0- 157,0	173,0- 630,0	14,0- 25,0

A: teor foliar adequado ao nível ótimo e B: teor foliar baixo, menor que o nível ótimo.

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2002).

Para os teores de macro e micronutrientes na matéria seca foliar, obteve-se a seguinte ordem de concentração: N > K > Ca > Mg > P > S e Mn > Fe > Zn > B > Cu. Esta sequência de concentração de teores divergiu da proposta por Silva *et al.* (2002). Foi observado que apenas os teores dos macronutrientes K e S estiveram um pouco abaixo da faixa de teores foliares adequados para a bananeira Prata Anã, possivelmente pela translocação de ambos para o cacho (TABELA 10).

### 3.5 Análises estatísticas

Obteve-se a economia de área experimental, de mudas disponíveis, do tempo de avaliação e de recursos financeiros, adotando-se em um único ensaio, apenas 35,71% do número de parcelas totais utilizadas no experimento prévio de triagem de 84 parcelas.

A utilização dos quatro fatores CC, CT, LT e ACA, proporcionou resultados satisfatórios para o desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos das bananeiras Prata Gorutuba, sem alteração drástica de desempenho da cultura.

Dentre os quatro fatores utilizados, concedeu-se destaque especial ao fator LT, seja aplicado isoladamente ou conjuntamente com os outros três fatores, com as melhores estimativas para os diversos grupos de variáveis analisadas.

Deste modo, sugere-se a realização de um ensaio futuro com esta associação de fatores supracitada, na mesma região, durante o mesmo ciclo de cultivo, com a mesma variedade e mantida no nível central (dose comercial), em contraste com o manejo convencional irrigado aplicado pelos bananicultores da região de estudo.

#### 4 DISCUSSÃO

O crescimento vegetativo em altura e radialmente nas plantas de bananeira foram fortemente influenciados pelo calcário de conchas e pela associação deste ao *Lithothamnium calcareum* (TABELA 3). Ambos os produtos podem ser classificados como calcário calcítico, pois são ricos em cálcio e com reduzida presença de magnésio ( $MgO < 5,0\%$ ) e outros nutrientes (LOBO *et al.*, 2019; MELO; FURTINI NETO, 2003; NEGREIROS *et al.*, 2019).

Como discutido por Olivier *et al.* (2020), a concha de ostra marinha triturada, vendida como calcário de conchas de ostras extraído no litoral de Santa Catarina - Brasil, pode ser útil como um condicionador de solo em bananicultura para estimular o crescimento de microrganismos e melhorar os atributos físico-químicos do mesmo.

Possivelmente, as plantas de Prata Gorutuba ganharam em altura e diâmetro do pseudocaulo em virtude dos benefícios que o calcário e a alga calcária podem proporcionar para o crescimento vegetativo, como exemplo: aumento da disponibilidade no solo dos teores de Ca e Mg, redução do teor de alumínio trocável e elevação do pH do solo (CENTENO *et al.*, 2017; DINIZ *et al.*, 2020; MELO *et al.*, 2019).

A elevação da soma de base com aumento do Ca e do Mg, também favorece o crescimento vegetal, segundo Mantovani *et al.* (2019). Entretanto, a nutrição mineral é o fator que interfere nos princípios ativos da planta que merece maior destaque, o excesso de determinado nutriente, como o Ca, por exemplo, pode provocar alterações na produção (BAUMGARTNER *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2019). Isto pode explicar o efeito negativo do *L. calcareum* e do bioestimulante Acadian no desbalanço nutricional e redução do crescimento em altura e diâmetro das bananeiras.

Tanto o aumento de perfilhos provocado por CC e ACA, quanto à redução do número de folhas de bananeiras em pleno crescimento vegetativo influenciado por LT e ACA, são características indesejadas pelos bananicultores, conforme observado na Tabela 3. A emissão de muitos perfilhos reduzem o tamanho do cacho da bananeira, em razão da competição intra e inter-materna de foto assimilados, água e nutrientes (BHENDE; KURIEN; SETHA IYER, 2017), e a redução de folhas ativas diminui a capacidade fotossintética da planta, em consequência da redução de área foliar para captação de radiação fotossinteticamente ativa (BOLFARINI *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2020).

Os bioestimulantes à base de extrato de algas, como o fator ACA, produzem alguns hormônios vegetais, além de conter carboidratos, macro e micronutrientes que melhoram o desempenho vegetal (SILVA *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2018). Segundo Renaut *et al.* (2019),

a aplicação do Acadian favorece o crescimento radicular e, conseqüentemente, a melhor formação da parte aérea da planta, devido a concentrações importante do nutriente P e a presença de auxinas, classe de fitohormônios de crescimento. Neste caso, juntamente com a melhor disponibilidade de nutrientes fornecida pelo calcário de conchas, o ACA aumentou o número de perfilhos por planta (TABELA 3).

O gasto energético para emissão de novos perfilhos pode ter reduzido a emissão de novas folhas das bananeiras avaliadas, favorecido pela ação do bioestimulante ACA, conforme Tabela 3. Isso exige a remoção regular dos perfilhos antes que fiquem muito grandes, pois estes reduzem a radiação no solo e drenam grande parte da assimilação da planta-mãe (BHENDE; KURIEN; SESHIA IYER, 2017; MUZIRA *et al.*, 2020).

A manutenção de folhas ativas na bananeira depende da realização de tratos culturais como a desfolha de folhas velhas ou danificadas, da retirada de excesso de brotos, de adubações potássica e nitrogenada e do manejo irrigado (MARTINS *et al.*, 2020; MUZIRA *et al.*, 2020; NOMURA *et al.*, 2016). O Ca também é importante na manutenção do equilíbrio da seiva das plantas, podendo reduzir o fluxo do floema até os drenos (folhas novas), caso haja algum desequilíbrio nutricional (SANTOS *et al.*, 2017), visto que a ação individual da alga *L. calcareum* também reduziu o número de folhas (TABELA 3).

Para todas as variáveis fitotécnicas, houve efeitos negativos do *L. calcareum* e do bioestimulante Acadian, contudo não foi observado alteração drástica de desempenho da cultura. Já o fator CC e sua associação com LT foram responsáveis pela melhor adequação do pH do solo, portanto, aumentou-se a disponibilidade de N, P, K, S, Mo e Cl, proporcionando maior crescimento vegetal (CARMO; SILVA, 2016; CENTENO *et al.*, 2017).

Para a variável NPC, estimou-se redução do número de pencas pelo fator Celtonita (TABELA 5). Este fator tem estrutura do material de origem denominado zeólita e foi enriquecido com NPK (LIRA-SALDIVAR *et al.*, 2017; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017). De acordo com Campisi *et al.* (2016), as zeólitas possuem alta capacidade de troca catiônica e grande capacidade de retenção do íon amônio  $\text{NH}_4^+$ . São alumínio silicatos porosos de origem vulcânica, excelentes armazenadores de água e nutrientes no solo como o K, Mg, Ca e Na (DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHEA, 2015).

A retenção do amônio em sua estrutura porosa ajuda a reduzir a lixiviação de nitratos e disponibiliza o N por mais tempo (SANGEETHA; BASKAR, 2016; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017). O acúmulo de N amoniacal atrasa a emergência do cacho, produzindo cachos com pencas espaçadas e facilmente danificadas no transporte (EMBRAPA, 2012). O excesso de N

pode favorecer o crescimento vegetativo e emissão de cachos com menor quantidade de pencas, como no caso deste trabalho.

A associação CC:LT, importante no crescimento da bananeira Prata Gorutuba, também teve seu efeito positivo na produção do bananal, com ganho de peso médio das pencas (TABELAS 3 e 5). Não se encontra na literatura, trabalhos com esta variedade e uso destes produtos para ganho de PMP, sendo assim, tal fato, pode ser atribuído ao alto potencial da alga calcária *L. calcareum*, associado aos benefícios que o calcário de conchas pode trazer para a agricultura (OLIVIER *et al.*, 2020; XIA *et al.*, 2014; YAO *et al.*, 2014).

Ambos são produtos com alto poder de neutralização (PN > 90%), indicativo de intensa e rápida ação corretiva de acidez do solo (MELO; FURTINI NETO, 2003; NEGREIROS *et al.*, 2019; OLIVIER *et al.*, 2020; YAO *et al.*, 2014). Desta forma, é viável a utilização destes corretivos com a finalidade de elevar o pH do solo e fornecer Ca e Mg como nutrientes respectivamente responsáveis pela estrutura das células vegetais e pelo metabolismo energético das plantas, e necessários ao processo de frutificação (NOMURA *et al.*, 2019).

Para as variáveis de duração de ciclo, foi considerada positiva a estimativa de redução, em dias, tido como uma possibilidade de colheita do cacho mais rápida ao bananicultor. A mesma associação de fatores que aumentou o PMP, também reduziu o CV (TABELA 5).

A elevação do pH no solo aumenta a disponibilidade de dois macronutrientes essenciais para a bananicultura, o N e o K (CARMO; SILVA, 2016; NOMURA *et al.*, 2017). Esta associação exitosa de CC:LT para encurtar a duração do ciclo vegetativo da bananeira Prata Gorutuba foi possível pela reação mais acelerada dos óxidos de Ca e Mg no solo e consequente aumento da disponibilidade de N e K, essenciais durante o período de crescimento até a emissão das flores masculinas e femininas (BOLFARINI *et al.*, 2020; OLIVIER *et al.*, 2020).

A associação de CC com LT aumentou o peso das pencas maduras e o diâmetro médio dos frutos (TABELA 7), fato que pode ser corroborado pelos aumentos estimados em outras variáveis como AP, DP e PMP (TABELAS 3 e 5). Plantas de uma mesma variedade, quanto mais altas e mais vigorosas, tendem a produzirem, em média, pencas maiores, e consequentemente, maiores serão os valores de PPM e DMF (REIS *et al.*, 2016). Uma explicação para este incremento observado é a correção do pH do solo pelos dois produtos em associação, com maior disponibilidade de K para ser translocado aos frutos (ARAUJO *et al.*, 2019; BOLFARINI *et al.*, 2020; NOMURA *et al.*, 2019), visto que o potássio é o principal macronutriente absorvido pela bananeira e também o responsável pela qualidade pós colheita das pencas.

Por fim, na Tabela 7, para a variável ATT foi observado aumento crescente quando aplicado o CC, não sendo este, capaz de reduzir o ácido málico presente na polpa dos frutos selecionados. Contrariamente, o fator LT aplicado separadamente, reduziu a acidez total da polpa dos frutos, por ação da elevação do pH do solo e maior disponibilidade do K na polpa (COSTA et al., 2015), característica organoléptica interessante que confere melhor sabor às bananas Prata Gorutuba. Portanto, o baixo suprimento de K no solo diminui a translocação de carboidratos das folhas para os frutos da bananeira, restringe a conversão em amido e produz frutos impróprios para comercialização, com maturação irregular e polpa pouco saborosa (FREITAS et al., 2019; NOMURA et al., 2017, 2019; REIS et al., 2016).

Resultados semelhantes de efeito do *L. calcareum* foram relatados na pitaya de polpa vermelha (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose), como ganho na qualidade dos frutos produzidos (COSTA et al., 2015) e na manga Kent (*Mangifera indica* L.), como melhoria do estado nutricional (LOBO et al., 2019).

Os elementos considerados micronutrientes ocorrem em concentrações baixas e não têm função estrutural nos tecidos vegetais. Portanto, as principais funções desses nutrientes estão relacionadas à constituição ou à ativação de enzimas (KIRKBY, 2012). Com exceção do Cl e do Mo, todos os micronutrientes são considerados imóveis nas plantas, desta forma, seus sintomas de deficiência são observados primeiramente nas folhas mais novas (KIRKBY, 2012; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O papel do *L. calcareum* em aumentar o pH do solo foi evidenciado nos resultados da Tabela 9, sendo que a medida que este eleva-se até determinado ponto (faixa 6,0-7,0), a disponibilidade de micronutrientes como o Cu, Fe e Zn no solo tende a reduzir (CREMONESI et al., 2019; KIRKBY, 2012; KURTZ et al., 2016).

O ACA funcionou como potencializador deste efeito de correção do pH, em virtude do alto potencial da alga *Ascophyllum nodosum* L., em modificá-lo (CARVALHO et al., 2019; MOURA et al., 2020). Já a CT, atuou na diminuição dos teores dos micronutrientes, em razão da sua estrutura porosa, constituída por alumino silicatos de origem vulcânica que armazenam água e nutrientes no solo (CAMPISI et al., 2016; LIRA-SALDIVAR et al., 2017).

Foi observado que apenas os teores de K e S estiveram um pouco abaixo da faixa de teores foliares adequados para a bananeira Prata Anã (TABELA 10), possivelmente pela translocação de ambos para a zona de produção da planta, ou seja, o cacho. O N teve maior acúmulo que o K e, o P teve maior teor que o S, divergente ao que foi proposto por Silva et al. (2002).

Consoante a Araújo *et al.* (2019), o potássio é o principal macronutriente absorvido pela bananeira e também o responsável pela qualidade pós-colheita das pencas. A translocação deste deve ter ocorrido de forma considerável devido ao gasto energético demandado para completar o 1º ciclo da planta (BOLFARINI *et al.*, 2020).

O enxofre exerce funções estruturais nas plantas, atuando como um componente de aminoácidos, proteínas, vitaminas e coenzimas (MARSCHNER, 2012), normalmente suprido pelas adubações nitrogenada com sulfato de amônio e fosfatada com o superfosfato simples. O teor de enxofre foliar pode ser significativamente afetado pela adubação fosfatada, quanto mais alta ela for aplicada em bananeiras do subgrupo Prata, conforme relatado por Bolfarini *et al.* (2020), em estudo com bananeira FHIA-18 (Musa AAAB), híbrido tetraploide originado deste mesmo subgrupo.

## 5 CONCLUSÃO

Os fatores CC, CT, LT e ACA, previamente triados em ensaio anterior, podem ser mantidos com os três níveis de doses (metade, comercial e dobrada) sem alteração de desempenho da cultura.

Há economia na experimentação agrícola, adotando-se em um único ensaio, apenas 35,71% do número de parcelas totais utilizadas no experimento prévio de triagem de 84 parcelas.

Recomenda-se o uso de estratégias do tipo fatorial fracionário, incluindo desenhos de DSD em ensaios agronômicos, especialmente para estimativa de efeitos dos fatores.

A estimativa dos quatro fatores: calcário de conchas de ostras marinhas (CC), Celtonita (CT), *Lithothamnium calcareum* (LT) e Acadian (ACA), proporcionam bons resultados para o desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos das bananeiras Prata Gorutuba, com destaque especial ao fator LT aplicado isolado ou conjuntamente com os outros três fatores.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.B.F. *et al.* Produtividade da bananeira ‘Nanicão’ sob doses crescentes de potássio associado a cobertura do solo com palha de carnaúba. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinh, MA, v. 10, n. 2, p. 41-49, 2019.
- BARBOSA, F.E.L. *et al.* Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1271-1277, 2013.
- BAUMGARTNER, D. *et al.* Correlation between 2, 4-D herbicide residues and soil attributes in southern of Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 3, p. 428-437, 2017.
- BHENDE, S.S.; KURIEN, S.; SETHA IYER, K. Grouping of banana clones based on genomic groups, ploidy, and seasons of planting for sucker production in *Musa* spp. **International Journal of Fruit Science**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 45-67, 2018.
- BOLFARINI, A.C.B. *et al.* Yield and nutritional evaluation of the banana hybrid ‘FHIA-18’ as influenced by phosphate fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.], v. 43, n. 9, p. 1331-1342, 2020.
- CAMPISI, T. *et al.* Ammonium-charged zeolite effects on crop growth and nutrient leaching: greenhouse experiments on maize (*Zea mays*). **Catena**, [S.l.], v. 140, p. 66-76, 2016.
- CARMO, D.L. do. SILVA, C.A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1762-1772, 2016.
- CARVALHO, R.P. de. *et al.* “Niágara Rosada” table grape cultivated with seaweed extracts: physiological, nutritional, and yielding behavior. **Journal of Applied Phycology**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 2053-2064, 2019.
- CENTENO, L.N. *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.
- CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana**. Produção: aspectos técnicos. 1. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- COSTA, A.C. *et al.* Organic fertilizer and Lithothamnium on the cultivation of red pitaya. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 77-88, 2015.
- CREMONESI, M.V. *et al.* Marcha de absorção, taxa de acúmulo e exportação de micronutrientes e alumínio pelo tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 1, p. 13-23, 2019.

CRISOSTOMO, L.A. *et al.* Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. “Pacovan”. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 45-52, 2008.

DE SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 71, n. 10, p. 1355-1367, 2015.

DINIZ, A.A. *et al.* Leaf composition and productivity of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) Access “Guinezinho” in soil with bovine biofertilizer and nitrogen. **AJCS**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 133-139, 2020.

DONATO, S.L.R. *et al.* Experimental planning for the evaluation of phenotypic descriptors in banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, (e-962), 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *In*: LIMA, M. B.; DE OLIVEIRA, S.; FERREIRA, S.C.F. (Ed. Téc.). **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2012.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

FREITAS, V.A. *et al.* Anthracnose intensity and physical and chemical characteristics of ‘Prata anã’ banana under different nitrogen doses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5, 2019.

GOMES, E.N. *et al.* Brown seaweed extract enhances rooting and roots growth on *Passiflora actinia* Hook stem cuttings. **Ornamental Horticulture**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 269-276, 2018.

GOOS, P.; GILMOUR, S.G. Testing for lack of fit in blocked, split-plot, and other multi-stratum designs. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 49, n. 4, p. 320-336, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística -. **Produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 18 jun. 2020.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. Efficient designs with minimal aliasing. **Technometrics**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 62-71, 2011a.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. A class of three-Level designs for definitive screening in the presence of second-order effects. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 43, n. 1, p. 1-15, 2011b.

JONES, B.; NACHTSHEIM, C.J. Definitive screening designs with added two-level categorical factors. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 45, n. 2, p. 121-129, 2013.

KIM, T.K.T test as a parametric statistic. **Korean Journal of Anesthesiology**, [S.l.], v. 68, n. 6, p. 540-546, 2015.

KIRKBY, E. Introduction, definition, and classification of nutrients. *In*: MARSCHNER, P. (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2012. p. 191-248.

- KURTZ, C. *et al.* Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola “Bola Precoce” no sistema de transplante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 279-288, 2016.
- LAVEZO, A. *et al.* Plot size and number of replications to evaluate the grain yield in oat cultivars. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 4, p. 512-520, 2017.
- LIRA-SALDIVAR, R.H. *et al.* Gas exchange, yield and fruit quality of *Cucurbita pepo* cultivated with zeolite and plastic mulch. Gas exchange, yield and fruit quality of *Cucurbita pepo* cultivated with zeolite and plastic mulch. **Agrochimica**, [S.l.], v. 61, n. 2, p. 123-139, 2017.
- LOBO, J.T. *et al.* Biostimulants on nutritional status and fruit production of mango ‘Kent’ in the brazilian semiarid region. **HortScience**, [S.l.], v. 54, n. 9, p. 1501-1508, 2019.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012.
- MELO, P.C. de; FURTINI NETO, A. E. Avaliação do *Lithothamnium* como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.
- MELO, R.M. *et al.* Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 101-110, 2019.
- MEAD, R.; GILMOUR, S.G.; MEAD, A. **Statistical principles for the design of experiments: applications to real experiments**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- MOURA, E.A. *et al.* Production of Formosa papaya seedlings irrigated with wastewater and application of biostimulant. **Comunicata Scientiae Horticulture Journal**, Bom Jesus, PI, v. 11, (e-3153), 2020.
- MUZIRA, R. *et al.* Exploration of the Growth Performance of Indigenous and Exotic Banana Clones in the Semi-Arid Climate of South-Western Agro-Ecological Zone of Uganda. **Open Access Library Journal**, [S.l.], v. 7, n. 02, p. 1, 2020.
- NEGREIROS, A.M.P. *et al.* *Lithothamnium calcareum* nanoparticles increase growth of melon plants. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, [S.l.], v. 47, n. 2, p. 426-431, 2019.
- NOBRE, R.C.G.G. *et al.* Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, 2018.

NOMURA, E.S. *et al.* Fertilization with nitrogen and potassium in banana cultivars ‘Grand Naine’, ‘FHIA 17’ and ‘Nanicão IAC 2001’ cultivated in Ribeira Valley, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 505-513, 2017.

NOMURA, E.S. *et al.* Post-harvest characterization of ‘Prata’ banana cultivar grown under different nitrogen and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 4, 2019.

OLIVIER, A. VAN DER S. *et al.* A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 3-25, 2020.

PLACKETT, R.L.; BURMAN, J.P. The design of optimum multifactorial experiments. **Biometrika**, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 305-325, 1946.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 14 mar. 2018.

REIS, R.C. *et al.* Physicochemical and sensorial quality of banana genotypes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 89-95, 2016.

RENAUT, S. *et al.* A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. **Microbial biotechnology**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 1346-1358, 2019.

RIBEIRO, P.C.M. *et al.* Fractional factorials in a case study nutrition experiment with banana trees. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 3, p. 335-349, 2019.

RODRIGUES, D.S. *et al.* Influence of mineral nutrition on plant development and chemical composition of volatile oils of *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass subspecies. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 14, n. 34, p. 1870-1877, 2019.

SANGEETHA, C.; BASKAR, P. Zeolite and its potential uses in agriculture: A critical review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 37, n. 2, p. 101-108, 2016.

SANTANA JÚNIOR, E.B. *et al.* Physiological and vegetative behavior of banana cultivars under irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 82-88, 2020.

SANTOS, E.O. *et al.* Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana ‘Prata Catarina’ under biofertilisers. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017.

SILVA, C.C. *et al.* Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 2, p. 234-241, 2016.

SILVA, J.T.A. *et al.* **Diagnóstico nutricional da bananeira ‘Prata-Anã’ para o Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Epamig, 2002.

TSINTSKALADZE, G. *et al.* Nitrogenous zeolite nanomaterial and the possibility of its application in agriculture. **Annals of Agrarian Science**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 365-369, 2017.

WANG, Y.; AI, M.; LI, K. Optimality of pairwise blocked definitive screening designs. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, [S.l.], v. 68, n. 3, p. 659-671, 2016.

XIA, M. *et al.* A potential bio-filler: The substitution effect of furfural modified clam shell for carbonate calcium in polypropylene. **Journal of Composite Materials**, [S.l.], v. 49, n. 7, p. 807-816, 2014.

YAO, Z. *et al.* Bivalve shell: not an abundant useless waste but a functional and versatile biomaterial. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 44, n. 22, p. 2502-2530, 2014.

YANG, J.; LIN, D.K.J.; LIU, M-Q. Construction of minimal-point mixed-level screening designs using conference matrices. **Journal of Quality Technology**, [S.l.], v. 46, n. 3, p. 251-264, 2017.

ZHANG, M. *et al.* Effects of combined organic/inorganic fertilizer application on growth, photosynthetic characteristics, yield and fruit quality of *Actinidia chinensis* cv. 'Hongyang'. **Global Ecology and Conservation**, [S.l.], p. e00997, 2020.

## CAPÍTULO 4 ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUTIVA EM MANEJOS DE ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO ADOTADOS NO SISTEMA DE CULTIVO DE BANANEIRA PRATA GORUTUBA

### RESUMO

A bananicultura brasileira é uma das atividades agrícolas mais praticadas no cenário nacional, podendo ser altamente produtiva e economicamente rentável ao produtor que investe em tecnologia e novos manejos de produção. Objetivou-se com este trabalho comparar dois manejos distintos de adubação no sistema de cultivo de bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa sp.*) de 1º ciclo, quanto a produção, pós-colheita e viabilidade econômica. O experimento foi conduzido em uma fazenda comercial na região central do estado de Minas Gerais, Brasil. Foi adotado um DIC, planejado com dois tratamentos de adubação e dez repetições. O tratamento convencional de adubação (MC), adotado pelo produtor (testemunha), foi comparado com o tratamento alternativo: manejo convencional + três condicionadores de solo + um bioestimulante (MC+3CS+1B), aplicado na dosagem comercial destes produtos. A área experimental foi composta por 20 parcelas experimentais, com cada parcela constituída de três plantas de bananeira Prata Gorutuba, totalizando um N = 60. Os quatro produtos selecionados para o tratamento alternativo foram: calcário de conchas, Celtonita, *Lithothamnium calcareum* e Acadian. Realizou-se avaliações fitotécnicas, de produção, de duração de ciclo, de pós-colheita e minerais foliares para comparar a produção e qualidade de frutos dos dois manejos de adubação. Todas as variáveis resposta foram submetidas a ANOVA e quando necessário foram transformadas para melhor distribuição dos dados. Posteriormente, as fontes de variação significativas para F foram submetidos a estimativa do 'teste t' para obter a direção do efeito causal em determinada variável. Verificou-se a viabilidade econômica dos dois tratamentos a partir dos dados de produtividade e custos operacionais totais de produção, com base nos principais indicadores econômicos (TIR, TMA, VPL, RB/C, PRC, PN e MS). A aplicação dos quatro produtos no tratamento MC+3CS+1B, proporcionou resultados satisfatórios no desempenho da cultura, principalmente pelo aumento de 4,032 toneladas ha<sup>-1</sup> e, apresentou viabilidade econômica para o bananicultor, com RB/C > 1 e maiores valores de Receita Bruta, TIR e VPL. Foram corroboradas as duas hipóteses principais do trabalho, relativas a ganhos de produção e maior viabilidade econômica. Sugere-se a realização de pesquisas futuras na mesma região, com este tratamento alternativo, durante ciclos subsequentes da variedade Prata Gorutuba.

Palavras-chave: Rentabilidade. Banana `Prata Anã`. Adubação organomineral. Produtividade.

## ABSTRACT

Brazilian banana culture is one of the most practiced agricultural activities in the national scenario, and can be highly productive and economically profitable for producers who invest in technology and new production managements. The objective of this work was to compare two different types of fertilization in the cultivation system of 'Prata Anã' banana clone: Gorutuba (*Musa* sp.) of 1st cycle, in terms of production, post-harvest and economic viability. We conducted an experiment on a commercial farm in the central region of the state of Minas Gerais, Brazil. We adopted a DIC, planned with two fertilization treatments and ten repetitions. The conventional fertilization treatment (CM), adopted by the producer (control), was compared with the alternative treatment: conventional management + 3 soil conditioners + 1 biostimulant (CM + 3SC + 1B), applied at commercial dosage of these products. The experimental area was composed of 20 experimental plots, with each plot consisting of three 'Prata Gorutuba' banana plants, totaling an N = 60. The four selected products for the alternative treatment were oyster shells limestone, Celtonite, *Lithothamnium calcareum* and Acadian. We carried out phytotechnical, production, cycle duration, post-harvest and leaf mineral evaluations to compare the production and fruit quality of the two fertilization managements. All response variables were submitted to ANOVA and, when necessary, we transformed for better data distribution. Subsequently, we submitted the significant sources of variation for F to an estimate of the "t test" to obtain the direction of the causal effect in a given variable. We verified, based on productivity data and total operational costs of production, the economic viability of the two treatments, based on the main economic indicators (IRR, MAR, NPV, B/C ratio, payback period, LP and SM). The application of the four products in the CM + 3SC + 1B treatment, provided satisfactory results on the performance of the crop, mainly due to the increase of 4.032 tons ha<sup>-1</sup> and presented economic viability for the banana grower, with B/C ratio > 1 and higher Gross Revenue, IRR and NPV values. We corroborated the two main hypotheses of the work, related to production gains and greater economic viability. We suggested carrying out future research in the same region, with this alternative treatment, during subsequent cycles of the Prata Gorutuba variety.

Keywords: Profitability. `Prata Anã` banana. Organomineral fertilization. Yield.

## 1 INTRODUÇÃO

A banana é uma fruta mundialmente consumida, posicionada como a segunda fruta mais produzida e como o quinto alimento mais consumido no mundo (FAOSTAT, 2018). No Brasil, a atividade bananicultura é vista como um ramo importante da fruticultura e agricultura nacional, considerada a frutífera mais consumida no país e a segunda mais produzida, apenas atrás da laranja (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2020). Segundo dados do IBGE para a safra 2019/2020, foram 6,86 milhões de toneladas produzidas, com uma variação negativa de 3,5% em relação à safra 2018/2019; com 488,5 mil hectares plantados e 15,1 toneladas ha<sup>-1</sup> de produtividade média nacional (IBGE, 2020).

Um dos mais importantes polos brasileiros de produção de banana encontra-se no estado de Minas Gerais, sobretudo na região norte, engloba-se municípios bananicultores localizados a partir de 100 km da capital, até as regiões limítrofes com o polo de produção bananeiro da Bahia, no sudoeste baiano e no Vale do rio São Francisco (RODRIGUES *et al.*, 2011; SALOMÃO *et al.*, 2016). O norte de Minas Gerais merece destaque, por produzir basicamente o cultivar Prata-Anã (RODRIGUES *et al.*, 2011), sobretudo o clone deste, conhecido por Prata Anã Gorutuba (FERNANDES *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2019).

A bananeira Prata Gorutuba tem se destacado como a mais produzida e comercializada no mercado mineiro, isto explica a preferência peculiar dos brasileiros ao subgrupo Prata – responsável por 80% da banana comercializada no país (MAIA *et al.*, 2015; NOBRE *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2017).

Apesar do excelente volume de produção, a bananicultura brasileira apresenta alguns problemas que reduzem a produtividade média anual e a qualidade pós-colheita dos frutos (SALOMÃO *et al.*, 2016). A exploração de solos de baixa fertilidade, sem assistência técnica especializada, e a não manutenção dos níveis adequados de nutrientes durante o ciclo da planta, são bons exemplos responsáveis por impedir a evolução do cenário nacional desta cultura.

Ainda de acordo com Salomão *et al.* (2016), em virtude da importância desta atividade agrícola para a balança comercial brasileira, com geração de vários empregos e fonte de renda para pequenos e grandes produtores, pesquisas de adubação com objetivos de ganhos de produtividade e qualidade pós-colheita, estão sendo desenvolvidas com bananeiras do subgrupo Prata (AAB), o mais aceito pelos consumidores do mercado nacional (NOBRE *et al.*, 2018; NOMURA *et al.*, 2019; SANTANA JÚNIOR *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2017).

Atualmente, a aplicação de condicionadores de solo, como suplementos da adubação de plantio, e a utilização de bioestimulantes, principalmente aqueles compostos por extrato a base

de algas marinhas, estão sendo adotadas em experimentações agrícolas em algumas regiões do país e do mundo (BROWN; SAA, 2015; CARVALHO; CRUZ; MARTINS, 2013; DU JARDIN, 2015; MELO *et al.*, 2016, 2017; YAKHIN *et al.*, 2017). Apesar de existirem estudos com bioestimulantes e condicionadores de solo em diversas culturas, sabe-se pouco sobre o real efeito desses produtos no crescimento e desenvolvimento de bananeiras, menos ainda sobre a atuação destes em conjunto.

Os benefícios proporcionados por novos produtos no crescimento e produtividade da cultura, em regiões caracterizadas por estresse hídrico e com baixa fertilidade natural, devem ser avaliados economicamente, a fim de difundir ou não, o uso da tecnologia pelo produtor rural (ALMEIDA; SOUZA, 2000). Para uma boa rentabilidade e retorno em produtividade da bananeira, o produtor rural deve investir em manejos de adubação que propiciem um excelente desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (NOMURA *et al.*, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2018).

Novos manejos demandam maiores custos que, por falta de controle, podem reduzir a lucratividade do sistema produtivo. Segundo Pacheco *et al.* (2016), para que o cultivo da bananeira seja possível, alguns custos para a produção são necessários. Custos estes ligados a todo o processo de cultivo da fruta, desde a implantação da área, manutenção do terreno, adubações, até os custos com a colheita, transporte e pós-colheita, sendo todos levados em consideração e analisados necessariamente, antes de iniciar a produção. Por isso, é fundamental o conhecimento sobre custos para que se possa obter melhores indicadores econômicos com a produção de qualquer produto e/ou serviço (CARDOSO, 2020; DO COUTO *et al.*, 2020).

Este estudo baseou-se em duas hipóteses principais, uma sendo relacionada a cultura e outra ao plano experimental. Respectivamente, estas foram: (i) a aplicação combinada de condicionadores de solo e bioestimulantes, parceladamente durante o ciclo de produção, tem efeitos benéficos no desempenho das bananeiras Prata Gorutuba; e (ii) a condução de um experimento com o manejo alternativo (manejo convencional + condicionador de solo + bioestimulante) na dosagem comercial, contrastado com o manejo convencional adotado pelo produtor (testemunha sem utilização de condicionador de solo + bioestimulante), em apenas 20 parcelas, deve ser eficientemente produtiva e economicamente viável para o 1º manejo.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi comparar dois manejos distintos de adubação de bananeira 'Prata Anã' clone: Gorutuba (*Musa* sp.) de 1º ciclo, quanto a produção, pós-colheita e viabilidade econômica.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área experimental**

Ver seção 2.1 do capítulo 3 (EMBRAPA, 2013).

### **2.2 Implantação do experimento**

Ver seção 2.2 do capítulo 3.

### **2.3 Delineamento experimental utilizado**

O delineamento experimental consistiu de um DIC (Delineamento inteiramente casualizado), com dois tratamentos e 10 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela experimental constituiu-se de três plantas de bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), totalizando um N = 60 plantas ou unidades amostrais.

Neste caso, a área experimental não precisou ser dividida em blocos, em razão das condições edafoclimáticas homogêneas nas duas linhas de plantio selecionadas para experimentação (TABELA 1, ANEXO C). A alocação inicial dos dois tratamentos foi feita de forma aleatória pelo software R (R CORE TEAM, 2018).

O tratamento convencional foi definido pelo manejo convencional de adubação adotado na fazenda Agromila, mesmo padrão para bananicultura irrigada do Norte de Minas Gerais, sendo este, codificado por MC. O tratamento alternativo foi composto de quatro produtos que representaram suplementos para adubação em bananeiras, previamente selecionados em um ensaio de triagem, como mais eficientes para aplicação nas regiões bananiculoras do estado de Minas Gerais. Este manejo alternativo constituiu-se do MC + 4 produtos, neste caso foi codificado como MC+3CS+1B, ou seja, a soma do convencional com aplicação de três condicionadores de solo e de um bioestimulante (TABELA 1, ANEXO C).

### **2.4 Doses aplicadas no tratamento alternativo**

Os três condicionadores de solos selecionados para o tratamento alternativo (MC+3CS+1B) foram os subsequentes: calcário de conchas de ostras marinhas (49% CaO, 0,05% MgO), da CYSY® - 180 g/cova/ano; Celtonita (zeólita enriquecida com NPK), da

ZEOCEL Portugal Ltda. - 200 g/cova/ano e, ALGUE® (32% Ca), *Lithothamnium calcareum* (Pó), da CERES TECNOLOGIA LTDA - 180 g/cova/ano. Na devida ordem, foram codificados da seguinte forma: CC; CT e LT. Estas doses foram convertidas para 1/3 do valor comercial para os condicionadores, pois cada planta recebeu um *blend*: CC:CT:LT (p:p:p), conforme elucidado na Tabela 2, do Anexo C.

O bioestimulantes a base de extrato de algas utilizado foi o Acadian® (5,3% K<sub>2</sub>O), da Acadian Seaplants Limited – ASL, respectivamente codificado como ACA e aplicado separadamente em dose comercial (TABELA 2, ANEXO C).

## **2.5 Adubações realizadas no tratamento alternativo**

Ver seção 2.5 do capítulo 3.

## **2.6 Avaliações experimentais**

Ver seção 2.6 do capítulo 3.

### **2.6.1 Avaliações fitotécnicas**

Ver seção 2.6.1 do capítulo 3 (BARBOSA *et al.*, 2013).

### **2.6.2 Avaliações de produção e duração de ciclo**

Ver seção 2.6.2 do capítulo 3 (BARBOSA *et al.*, 2013; CORDEIRO, 2000).

### **2.6.3 Avaliações de pós-colheita**

Ver seção 2.6.3 do capítulo 3 (BARBOSA *et al.*, 2013; CHITARRA; CHITARRA, 2005; CRISOSTOMO *et al.*, 2008).

### **2.6.4 Avaliações minerais foliares**

Ver seção 2.6.4 do capítulo 3 (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

## 2.7 Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas com a utilização do software R (R CORE TEAM, 2018). Todas as variáveis foram submetidas a análise de variância (ANOVA), seguindo os pressupostos da mesma e quando necessário, era feita a transformação Box Cox para determinar a melhor distribuição dos dados.

Após a ANOVA, as fontes de variação significativas foram submetidas à estimativa do ‘teste t’, com a finalidade de obter a direção do efeito causal desta FV em determinada variável resposta, ou seja, de aumento (sinal +) ou decréscimo (sinal -) da variável em questão.

## 2.8 Análise econômica

As avaliações de rentabilidade do tratamento alternativo foram comparadas às tabelas de custos de produção da banana Prata Anã, disponibilizadas por Do Couto *et al.* (2020) e pela Embrapa Informação Tecnológica, com autoria de Cardoso (2020), visando ter estas como base de avaliação comparativa para cálculos de viabilidade econômica de ambos os tratamentos adotados neste estudo (TABELA 1).

Os custos de produção seguiram as descrições feitas por Vilela *et al.* (2016) e por Do Couto *et al.* (2020), especificados com base no Custo Operacional Efetivo (COE), constituído por serviços e insumos aplicados para a produção de bananeira Prata Gorutuba e, pelo Custo Operacional Total (COT); resultante da soma do COE e outros custos (10%), representados por eventuais encargos financeiros não previstos na implantação da cultura (assistência técnica, juros de capital fixo, depreciação de bens e maquinário e mão de obra familiar), conforme Tabela 1.

A análise econômica dos custos considerou o 1º e o 2º ano de cultivo avaliados durante o experimento de campo, além de uma estimativa para o 3º ano de produção, ou seja, foram contabilizados os COTs das duas primeiras colheitas da bananeira Prata Gorutuba, na região central de Minas Gerais.

Tabela 1 – Custo por hectare de implantação e produção de bananal de Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), até o 2º ciclo, sob diferentes manejos de adubação na região central de Minas Gerais, Brasil (continua).

Descrição	Unidade	Preço / Unidade	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
			Quant.	Valor***	Quant.	Valor***	Quant.	Valor***
<b>1. INSUMOS</b>								
Mudas (+10%)*	Unidade	2,10	1.833	3.848,46	0	0,00	0	0,00
Esterco de galinha	Kg	0,25	1.666	416,50	0	0,00	0	0,00
Calc. Dolomítico**	Mg	197,00	1,4	275,80	0	0,00	0	0,00
Ureia**	Kg	1,50	0	0,00	870	1.305,00	870	1.305,00
Super simples**	Kg	3,18	333,2	1.059,58	0	0,00	0	0,00
Cloreto de K**	Kg	4,48	750	3.360,00	1250	5.600,00	1250	5.600,00
Yoorin Master	Kg	1,80	333,2	599,76	0	0,00	0	0,00
Óleo mineral OPPA	L	3,90	58	227,76	58	227,76	58	227,76
Tilt (25%)	L	160,00	1,6	256,00	1,6	256,00	1,6	256,00
Beauveria bassiana	L	120,00	3	360,00	3	360,00	3	360,00
Formicida Fipronil	L	63,50	2	127,00	2	127,00	2	127,00
<b>Subtotal***</b>				<b>10.530,86</b>		<b>7.875,76</b>		<b>7.875,76</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>58,19</b>		<b>54,42</b>		<b>47,52</b>

Tabela 1 – Custo por hectare de implantação e produção de bananal de Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), até o 2º ciclo, sob diferentes manejos de adubação na região central de Minas Gerais, Brasil (continua).

Descrição	Unidade	Preço / Unidade	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
			Quant.	Valor***	Quant.	Valor***	Quant.	Valor***
<b>2. PREPARO DO SOLO E PLANTIO</b>								
Análise de solo	Unidade	45,00	1	45,00	0	0,00	0	0,00
Amostragem de solo	Homem/dia	65,32	1	65,32	0	0,00	0	0,00
Aração	Hora/trator	124,91	3	374,73	0	0,00	0	0,00
Calagem	Hora/trator	84,79	1	84,79	0	0,00	0	0,00
Gradagem (02)	Hora/trator	124,91	2	249,82	0	0,00	0	0,00
Sulcagem	Hora/trator	124,91	1	124,91		0,00		0,00
Demarcação (covas)	Homem/dia	65,32	2	130,64	0	0,00	0	0,00
Abertura das covas	Homem/dia	65,32	5	326,60	0	0,00	0	0,00
Adubação de plantio	Homem/dia	65,32	1	65,32	0	0,00	0	0,00
Plantio e replantio	Homem/dia	65,32	7	457,24	0	0,00	0	0,00
<b>Subtotal***</b>				<b>1.924,37</b>		<b>0,00</b>		<b>0,00</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>10,63</b>		<b>0,00</b>		<b>0,00</b>

Tabela 1 – Custo por hectare de implantação e produção de bananal de Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), até o 2º ciclo, sob diferentes manejos de adubação na região central de Minas Gerais, Brasil (continua).

Descrição	Unidade	Preço / Unidade	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
			Quant.	Valor***	Quant.	Valor***	Quant.	Valor***
<b>3. TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS</b>								
Análises foliares	Unidade	45,00	0	0,00	6	270,00	6	270,00
Capina (manual)	Homem/dia	65,32	16	1.045,12	2	130,64	2	130,64
Adubação de cobertura	Homem/dia	65,32	11	718,52	11	718,52	11	718,52
Tratos culturais	Homem/dia	65,32	6	391,92	3	195,96	3	195,96
Pulverizações	Homem/dia	65,32	5	326,60	5	326,60	5	326,60
Tratamento fitossanitário	Homem/dia	65,32	5	326,60	5	326,60	5	326,60
Colheita manual	Homem/dia	65,32	0	0,00	15	979,80	25	1.633,00
Transporte interno	Homem/dia	65,32	2	130,64	2	130,64	2	130,64
Transporte externo	L	2,95	0	0,00	66,66	196,65	99,99	294,97
Embalador	Caixa	0,50	0	0,00	900	450,00	1650	825,00
Embalagem	Unidade	1,30	0	0,00	900	1.170,00	1650	2.145,00
<b>Subtotal***</b>				<b>2.939,40</b>		<b>4.895,41</b>		<b>6.996,93</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>16,24</b>		<b>33,83</b>		<b>42,22</b>
<b>4. IRRIGAÇÃO****</b>								
Irrigante	Homem/dia	65,32	5	326,60	5	326,60	5	326,60
Irrigação	Implantação	1000,00	1	1.000,00	0	0,00	0	0,00
Irrigação	Manutenção	100,00	1	100,00	1	100,00	1	100,00
Energia	Kwh	0,16	1.500	240,00	1.500	240,00	1.500	240,00
<b>Subtotal***</b>				<b>1.666,60</b>		<b>666,60</b>		<b>666,60</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>9,21</b>		<b>4,61</b>		<b>4,02</b>

Tabela 1 – Custo por hectare de implantação e produção de bananal de Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), até o 2º ciclo, sob diferentes manejos de adubação na região central de Minas Gerais, Brasil (continua).

<b>5. TRATAMENTO ALTERNATIVO (MC+3CS+1B)</b>								
Calcário de conchas (CC)	Kg	0,86	99,96	85,97	99,96	85,97	99,96	85,97
Celtonita/FERTCEL (CT)	Kg	2,30	111,07	255,46	111,07	255,46	111,07	255,46
<i>Lithothamnium calcareum</i> (LT)	Kg	1,50	99,96	149,94	99,96	149,94	99,96	149,94
Acadian® (ACA)	L	100,90	1,5	151,35	1,5	151,35	1,5	151,35
Adubação de cobertura	Homem/dia	65,32	3	195,96	3	195,96	3	195,96
Pulverização (axila foliar)	Homem/dia	65,32	3	195,96	3	195,96	3	195,96
<b>Subtotal***</b>				<b>1.034,64</b>		<b>1.034,64</b>		<b>1.034,64</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>5,72</b>		<b>7,15</b>		<b>6,24</b>

Tabela 1 – Custo por hectare de implantação e produção de bananal de Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), até o 2º ciclo, sob diferentes manejos de adubação na região central de Minas Gerais, Brasil (conclusão).

<b>CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - MC***</b>	<b>17.061,23</b>	<b>13.437,77</b>	<b>15.539,29</b>
<b>CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - MC+3CS+1B***</b>	<b>18.095,86</b>	<b>14.472,40</b>	<b>16.573,93</b>
<b>PERCENTUAL TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>ENCARGOS FINANCEIROS (10%) - MC***</b>	<b>1.706,12</b>	<b>1.343,78</b>	<b>1.553,93</b>
<b>ENCARGOS FINANCEIROS (10%) - MC+3CS+1B***</b>	<b>1.809,59</b>	<b>1.447,24</b>	<b>1.657,39</b>
<b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL - MC***</b>	<b>18.767,35</b>	<b>14.781,54</b>	<b>17.093,22</b>
<b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL - MC+3CS+1B***</b>	<b>19.905,45</b>	<b>15.919,64</b>	<b>18.231,32</b>

Estande de 1666 plantas por hectare, em espaçamento de fileira dupla (3,30 m x 2,70 m x 2,00 m).

\*\* Refere-se à recomendação máxima, podendo ser reduzida conforme os resultados da análise do solo.

\*\*\* R\$ ha<sup>-1</sup>. \*\*\*\* Valores da irrigação foram estimados para dez hectares e diluídos para um hectare.

Fonte: Adaptado de Cardoso (2020) e Do Couto et al. (2020).

O estudo para análise de viabilidade econômica foi elaborado por meio da simulação para um hectare de produção e, pela comparação dos resultados entre os dois manejos adotados (convencional e alternativo), obtidos durante o primeiro ciclo da bananeira Prata Gorutuba. Para identificar a viabilidade da adubação suplementar neste cultivar foi considerada a variável de produção PROD, em Mg, a partir do produto do peso do cacho sem engajo da planta útil e a densidade de plantio, igual a 1666 plantas.

Os resultados de PROD foram estimados para seis anos de cultivo, sendo o 1º ano de implantação + os cinco primeiros ciclos de produção (cinco colheitas). A partir desta estimativa, a viabilidade econômica foi determinada com cálculos realizados em planilha eletrônica do Excel, elaborada por Cardoso (2020), utilizando os seguintes indicadores:

- i) Indicador de lucratividade: refere-se à receita bruta (RB, R\$ ha<sup>-1</sup>)

$$RB = PROD \times PV \times 1000 \quad (1)$$

sendo PROD, a produção na área de estudo (Mg) e PV, o preço de venda (R\$ Kg<sup>-1</sup>) (DO COUTO *et al.*, 2020; FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005).

- ii) Valor Presente Líquido (VPL, R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), definido como a diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos (DO COUTO *et al.*, 2020; FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005)

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

onde n é o número de fluxo de caixa, j o período de cada fluxo, CF o saldo do fluxo de caixa e i a taxa de juros. Para efeito de cálculo, utilizou-se uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 4,94 % a.a., refere-se a taxa de juro a longo prazo no período abr. a jun. de 2020 (BNDES, 2020).

- iii) Taxa Interna de Retorno (TIR, %): retorno financeiro potencial gerado pelo projeto. Essa taxa zera o resultado, quando aplicada ao cálculo do VPL, (DO COUTO *et al.*, 2020; FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005)

$$TIR = \sum_{j=0}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (3)$$

O conhecido ‘prêmio de risco’ é definido pela subtração da TIR e da TMA, ou seja, o prêmio que o projeto está se comprometendo gerar para que o produtor aceite o risco de investimento.

iv) Período de recuperação do capital (PRC, anos), também conhecido como *payback period*: é o tempo que o projeto demora para retornar o capital investido (RODRIGUES *et al.*, 2018)

$$PRC = \frac{COT}{(RB-COT)} \times 12 \text{ meses} \quad (4)$$

onde COT, representa os investimentos do projeto e a subtração da RB pelo COT, representa os lucros do projeto.

v) Relação benefício/custo: razão que verifica se os benefícios são maiores do que os custos (RB/C)

$$RB/C = \frac{\sum_{k=0}^n B_k(1+j)^k}{\sum_{k=0}^n C_k(1+j)^k} \quad (5)$$

em que B é o benefício (R\$), C o custo (R\$), j a taxa de juros (anual) e k a vida útil (anos). O projeto se torna viável quando a  $RB/C > 1$  (DO COUTO *et al.*, 2020; FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2018).

Outros indicadores econômicos secundários também foram determinados automaticamente por cálculos da planilha de Cardoso (2020), sendo estes abreviados por PN (ponto de nivelamento, em Mg); MS (margem de segurança, em %); CC (custo por caixa de 20 kg de banana Prata Anã, em R\$) e CUn (custo unitário, em R\$ Mg<sup>-1</sup>).

Os preços de vendas utilizados nesta análise foram encontrados através de pesquisas com produtores da região central de Minas Gerais e de vendas realizadas ao CEASA-MG, sendo valores reais (R\$ 2,15 Kg<sup>-1</sup>), utilizados na venda do fruto na região de Belo Horizonte - MG, no mês de abril de 2020 (AGROLINK, 2020).

### 3 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados em grupos de variáveis divididos em dois tipos de tabelas por grupo. O 1º tipo de tabela de cada grupo corresponde aos valores do ‘teste F’ significativos a 5% (\*) e 1% (\*\*), obtidos pela ANOVA. O 2º tipo de tabela de cada grupo corresponde aos valores da estimativa do ‘teste t’ significativos a 5% (\*), 1% (\*\*\*) e 0,1% (\*\*\*), para as variáveis respostas.

Os valores de ‘p’ estão explicitados no texto após o resultado de cada fonte de variação significativa para determinada variável. As tabelas completas de ANOVA de todas as variáveis significativas do capítulo 4, encontram-se em material suplementar a esta tese.

#### 3.1 Avaliações fitotécnicas

Todas as variáveis fitotécnicas apresentaram significância a 0,1% para o fator Época, para o ‘teste F’. Não foi preciso transformar os dados de contagem, referentes as variáveis NF e NP (TABELA 2).

Tabela 2 – Valores de F significativos a 0,1% (\*\*\*), para as variáveis fitotécnicas, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>FV</b>	<b>AP</b>	<b>DP</b>	<b>NF</b>	<b>NP</b>
Época	14,799***	10,931***	17,801***	14,745***
Tratamento	0,3236	0,8946	2	0,2979
Época:Tratamento	0,0208	0,0322	0,3149	0,4683

FV: fonte de variação; AP: altura de plantas (m); DP: diâmetro do pseudocaule (m); NF: número de folhas e NP: número de perfilhos.

Fonte: Do autor (2020).

Apenas o efeito da época foi importante para as variáveis fitotécnicas ( $\alpha = 0,1\%$ ), o tratamento alternativo não diferiu do convencional quanto aos dados fitotécnicas. Não houve interação entre Época e Tratamento (TABELA 2).

Os p-valores para AP, DP, NF e NP foram, respectivamente: 2,50e-09; 2,87e-07; 8,49e-11 e 2,66e-09.

Todas as variáveis fitotécnicas apresentaram significância para o ‘teste t’, para o fator Época (TABELA 3).

Os valores do intercepto em cada modelo linear representaram a média geral de cada variável com o efeito da 1ª época, somado ao efeito do somatório dos fatores ( $\sum_i^k \tau_i = 0$ ). Os valores das estimativas do efeito do fator Época, para 't', em cada variável significativa pelo 'teste F', conforme Tabela 2, representaram ganho ou redução da variável resposta, ou seja, o efeito da estimativa é linear crescente ou linear decrescente, dependendo do sinal + ou -, quando aumentavam-se as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 3).

Tabela 3 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis fitotécnicas, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 1% (\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>AP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	0,903	0,070	12,940	<2,00e-16***
Época2	0,147	0,099	1,484	0,141
Época3	0,377	0,099	3,820	0,00024***
Época4	0,513	0,099	5,198	1,15e-06***
Época5	0,685	0,099	6,936	4,88e-10***
<b>DP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	0,136	0,010	13,890	<2,00e-16***
Época2	0,017	0,014	1,206	0,231
Época3	0,033	0,014	2,397	0,019*
Época4	0,066	0,014	4,757	7,00e-06***
Época5	0,079	0,014	5,706	1,31e-07***
<b>NF</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	7,366	0,221	33,290	<2,00e-16***
Época2	2,050	0,313	6,551	2,92e-09***
Época3	1,384	0,313	4,423	2,59e-05***
Época4	2,485	0,313	7,941	4,00e-12***
Época5	1,310	0,313	4,185	6,37e-05***
<b>NP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	2,534	0,194	13,052	<2,00e-16***
Época2	0,399	0,275	1,453	0,149
Época3	0,567	0,275	2,064	0,042*
Época4	-1,150	0,275	-4,189	6,26e-05***
Época5	0,742	0,275	2,701	0,008**

FV: fonte de variação; AP: altura de plantas (m); DP: diâmetro do pseudocaule (m); NF: número de folhas e NP: número de perfilhos.

Fonte: Do autor (2020).

Houve crescimento vegetativo ao longo do tempo como esperado, a partir da significância do fator Época. A partir da 3ª época de avaliação (190 DAT) houve significância para todas as variáveis, exceto NF que obteve diferença significativa a partir da 2ª época (170 DAT), segundo a Tabela 3.

Exceto a variável NP, para a 4ª Época (210 DAT), todas as demais obtiveram crescimento linear positivo de uma época de avaliação anterior para a seguinte. Provavelmente, este resultado de NP se deve à desbrota realizada no bananal durante o período de avaliação fitotécnica (TABELA 3).

Tanto o aumento de perfilhos, quanto a redução do número de folhas de bananeiras em pleno crescimento vegetativo, são características indesejadas pelos bananicultores. É válido destacar que a 1ª desfolha de limpeza, feita com 120 dias após o transplante, já havia sido realizada antes das medições das variáveis fitotécnicas (150 DAT a 230 DAT).

### 3.2 Avaliações de produção e pós-colheita

As variáveis de produção e pós-colheita que apresentaram significância a 5% para o fator Tratamento, para o ‘teste F’ foram: PROD e CMF. As variáveis PMP e PCCE foram significativas com  $\alpha > 5\%$ , embora tenha se chegado próximo a (5%) de erro tipo I, quando  $\alpha$  é a probabilidade de  $H_0$  ser verdadeira e ser rejeitada por encontrar valor alto e/ou extremo por mero acaso. Não foi preciso transformar os dados de PMP e PROD, entretanto PCCE e CMF sofreram transformações raiz quadrada e lambda, respectivamente (TABELA 4).

Tabela 4 – Valores de F significativos a 5% (\*) e 10% (·), para as variáveis de produção e de pós-colheita, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.).

FV	PMP	PCCE	PROD	CMF
Tratamento	4,059 ·	4,222 ·	5,162*	5,281*

FV: fonte de variação; PMP: peso médio das pencas (Kg); PCCE: peso do cacho com engaço (Kg); PROD: produtividade ( $Mg\ ha^{-1}$ ) e CMF: comprimento médio dos frutos (mm).

Fonte: Do autor (2020).

O peso médio das pencas, em Kg, teve indício de alteração entre os tratamentos (p-valor: 0,0591) e o peso do cacho com engaço, em Kg, teve indício de alteração entre os tratamentos (p-valor: 0,0547), conforme Tabela 4.

A produtividade teve efeito significativo a 5% para o fator tratamento (p-valor: 0,0356). Houve também para o CMF, alteração significativa a 5% para tratamento (p-valor: 0,0338), segundo Tabela 4.

As variáveis de produção e pós-colheita que apresentaram significância a 5% ou 10% (erro tipo I), para o ‘teste t’ foram as seguintes: PMP, PCCE, PROD e CMF (TABELA 5).

Os valores do intercepto em cada modelo linear coincidiram com a média geral do tratamento convencional (MC), já a estimativa coincide neste caso, o quanto o tratamento MC+3CS+1B foi superior ao tratamento inferior. Os valores das estimativas do efeito do tratamento alternativo, para t, em cada variável significativa pelo teste F, conforme Tabela 4, representaram ganho, quando aumentavam-se as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 5).

Tabela 5 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis de produção e de pós-colheita, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*), 5% (\*) e 10% (·), para o experimento com bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>PMP</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	0,920	0,082	11,193	1,54e-09***
Tratamento MC+3CS+1B	0,234	0,116	2,015	0,059·
<b>PCCE</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	3,199	0,118	27,169	4,60e-16***
Tratamento MC+3CS+1B	0,342	0,167	2,055	0,055·
<b>PROD</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	14,361	1,255	11,445	1,08e-09***
Tratamento MC+3CS+1B	4,032	1,775	2,272	0,036*
<b>CMF</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	62,740	1,786	35,127	<2,00e-16***
Tratamento MC+3CS+1B	5,805	2,526	2,298	0,034*

FV: fonte de variação; PMP: peso médio das pencas (Kg); PCCE: peso do cacho com engajo (Kg); PROD: produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>) e CMF: comprimento médio dos frutos (mm).

Fonte: Do autor (2020).

O tratamento MC+3CS+1B aumenta provavelmente tanto o peso do cacho, quanto o peso médio das pencas, mas, o mais importante é que também aumentou a produtividade em 4,032 Mg ha<sup>-1</sup> (p-valor: 0,036), com erro padrão de 1,775 Mg ha<sup>-1</sup>. Os possíveis aumentos de

PMP e PCCE, com a aplicação do tratamento alternativo, obtiveram os seguintes p-valores: 0,059 e 0,055, respectivamente (TABELA 5).

Também foi estimado aumento do CMF das pencas de banana Prata Gorutuba (p-valor: 0,034), em virtude da aplicação do tratamento alternativo ao convencional, conforme Tabela 5.

### 3.3 Avaliações minerais foliares

As variáveis minerais foliares que apresentaram significância a 5%, para o ‘teste F’ foram as seguintes: teores de S e B. Todas as variáveis sofreram transformação lambda (TABELA 6).

Tabela 6 – Valores de F significativos a 5% (\*), para as variáveis minerais foliares, para cada fator selecionado para o experimento com bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>FV</b>	<b>S</b>	<b>B</b>
Tratamento	4,683*	5,924*

FV: fonte de variação; S: teor foliar de enxofre (g/Kg) e B: teor foliar de boro (mg/Kg).

Fonte: Do autor (2020).

O teor de S teve efeito significativo a 5% para o fator tratamento (p-valor: 0,0442). Já para o B foliar, também houve indício de alteração significativa a 5% para tratamento (p-valor: 0,0256), conforme descrito na Tabela 6.

As variáveis minerais foliares que apresentaram significância a 5%, para o ‘teste t’ foram as seguintes: S e B (TABELA 7).

Os valores do intercepto em cada modelo linear coincidiram com a média geral do tratamento convencional (MC), já a estimativa coincide neste caso, o quanto o tratamento MC+3CS+1B foi superior ou inferior ao outro tratamento. Os valores das estimativas do efeito do tratamento alternativo, para t, em cada variável significativa pelo ‘teste F’, conforme Tabela 6, representaram ganho ou redução, quando aumentavam-se as doses da menor para a dose comercial e desta para a maior dose (TABELA 7).

Tabela 7 – Resumo das estimativas dos modelos e testes t associados as variáveis minerais foliares, considerando apenas os fatores selecionados após a redução do modelo linear, significativos a 0,1% (\*\*\*) e 5% (\*), para o experimento com bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa sp.*).

<b>S</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	0,163	0,020	7,989	2,5e-07***
Tratamento MC+3CS+1B	0,062	0,029	2,164	0,044*
<b>B</b>				
<b>FV</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>t-valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	3,138	0,075	41,982	<2,00e-16***
Tratamento MC+3CS+1B	-0,257	0,106	-2,434	0,026*

FV: fonte de variação; S: teor foliar de enxofre (g/Kg) e B: teor foliar de boro (mg/Kg).

Fonte: Do autor (2020).

Para S, estimou-se aumento em seu teor (p-valor: 0,044), devido ao efeito da aplicação do tratamento MC+3CS+1B nas plantas de bananeira Prata Gorutuba (TABELA 7). Para B, houve redução em seu teor (p-valor: 0,026), em comparação ao efeito da aplicação do tratamento convencional (TABELA 7).

A Tabela 8 comparou os teores foliares dos nutrientes analisados nas parcelas deste ensaio, com os valores adequados destes para a variedade estudada (SILVA *et al.*, 2002).

Tabela 8 – Teores foliares médios de todas as parcelas do experimento bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa sp.*), e respectivos teores foliares adequados dos nutrientes para a variedade estudada sob manejo irrigado.

<b>Teores foliares médios do tratamento MC</b>										
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>g kg<sup>-1</sup></b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>					
26,07	1,48	23,91	6,91	3,27	1,19	11,46	4,61	111,56	352,05	17,35
A	B	B	A	A	B	B	A	A	A	A
<b>Teores foliares médios do tratamento MC+3CS+1B</b>										
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>g kg<sup>-1</sup></b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>					
26,15	1,56	22,85	7,50	3,03	1,28	9,86	5,05	110,12	366,96	16,72
A	A	B	A	A	B	B	A	A	A	A
<b>Faixa de teores foliares adequados para a bananeira Prata Anã</b>										
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>g kg<sup>-1</sup></b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>					
25,0-	1,5-	27,0-	4,5-	2,4-	1,7-	12,0-	2,6-	72,0-	173,0-	14,0-
29,0	1,9	35,0	7,5	4,0	2,0	25,0	8,8	157,0	630,0	25,0

A: teor foliar adequado ao nível ótimo e B: teor foliar baixo, menor que o nível ótimo.

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2002).

Para os teores de macro e micronutrientes na matéria seca foliar, obteve-se a seguinte ordem de concentração, para ambos os tratamentos:  $N > K > Ca > Mg > P > S$  e  $Mn > Fe > Zn > B > Cu$ . Esta sequência de concentração de teores na Tabela 8 divergiu da proposta por Silva et al. (2002).

Foi observado que os teores dos macronutrientes P, K e S e o teor foliar do micronutriente B, estiveram abaixo da faixa de teores foliares adequados para a bananeira Prata Anã, no tratamento MC, possivelmente pela translocação destes para a zona de produção da planta, ou seja, o cacho. No caso do B, por ser um nutriente imóvel no solo e na planta, pode ser um indício de deficiência no solo da área experimental (TABELA 8).

Para o tratamento MC+3CS+1B verificou-se que os teores dos macronutrientes K e S e o teor foliar do micronutriente B, estiveram abaixo da faixa de teores foliares adequados para a bananeira Prata Anã, possivelmente pela translocação de ambos macronutrientes para a zona de produção da planta. No caso do B, segue mesma explanação do tratamento MC (TABELA 8).

Além disso, observou-se que o teor de  $S_{MC} < S_{MC+3CS+1B}$  ( $1,19 \text{ g kg}^{-1} < 1,28 \text{ g kg}^{-1}$ ) e que o teor de  $B_{MC} > B_{MC+3CS+1B}$  ( $11,46 \text{ mg kg}^{-1} > 9,86 \text{ mg kg}^{-1}$ ), corroborando resultados estimados na Tabela 7. O teor foliar de K foi menor para o tratamento alternativo ( $22,85 \text{ g kg}^{-1}$ ), possivelmente devido a maior translocação para o cacho e, conseqüentemente, o motivo da melhor PROD deste tratamento (TABELAS 5 e 8).

### 3.4 Análises estatísticas

A utilização dos quatro produtos CC, CT, LT e ACA no tratamento alternativo, proporcionaram resultados satisfatórios para o desempenho produtivo e qualidade dos frutos das bananeiras Prata Gorutuba, com resultado expressivo para a produtividade (TABELA 5).

Deste modo, sugere-se a realização de pesquisas futuras com este tratamento alternativo na mesma região, durante ciclos subseqüentes da cultura, com a mesma variedade e mantida na dose comercial.

### 3.5 Análise da viabilidade econômica

A distribuição dos custos operacionais efetivos nos três primeiros anos de cultivo da banana Prata Gorutuba para a região central de Minas Gerais, com a inclusão do tratamento

alternativo, ficou percentualizada da seguinte forma na implantação: 58,19 % de insumos, 10,63 % do preparo do solo e plantio, 16,24 % dos tratos culturais e fitossanitários, 9,21 % da irrigação e 5,72 % do tratamento alternativo (MC+3CS+1B), este o menor custo do 1º ano (TABELA 9).

Tabela 9 – Distribuição dos custos operacionais efetivos (COE), em %, da produção de bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), nos três primeiros anos de cultivo (implantação + duas colheitas), com adição do manejo de adubação alternativo (MC+3CS+1B), na região central de Minas Gerais, Brasil.

COE (%)*						
Período	Insumos	Preparo do solo e plantio	Tratos culturais	Irrigação	Tratamento alternativo (MC+3CS+1B)	Total
1º ANO	58,19	10,63	16,24	9,21	5,72	<b>100,00</b>
2º ANO	54,42	0,00	33,83	4,61	7,15	<b>100,00</b>
3º ANO	47,52	0,00	42,22	4,02	6,24	<b>100,00</b>

\* COE: custos calculados para 1 hectare com estande de 1666 plantas.

Fonte: Adaptado de Cardoso (2020).

Foi observado que os insumos reduziram cerca de 10,67 %, ao longo dos anos, devido ao maior gasto destes durante a adubação de plantio. Além disso, observou-se respectivamente, aumento nos tratos culturais e fitossanitários de 25,98 % e redução na irrigação de 5,19 %. Os tratos culturais aumentam, em %, devido a expectativa de maior produção da primeira (2º ano) para a segunda colheita (3º ano); já o gasto com irrigação tende a diminuir, pois o maior custo ocorre na implantação do sistema no 1º ano de cultivo (TABELAS 1 e 9).

A adoção do tratamento alternativo neste sistema produtivo foi bastante viável, pois representou em termos percentuais, um custo médio anual de 6,37 %, valor este muito próximo ao COE médio anual da irrigação (5,95 %), conforme Tabela 9.

Foi verificado maior COT para ambos os tratamentos no ano de implantação, devido aos custos operacionais de preparo do solo e plantio, bem como em virtude do maior gasto de insumos no plantio com adubos, mudas e defensivos químicos (TABELAS 1, 9 e 10).

Quando se associou o indicador de lucratividade (RB) aos COTs, foi possível compreender a importância da aplicação do tratamento alternativo e, por consequência, o ganho em produtividade de 4,032 Mg ha<sup>-1</sup> (TABELA 5). O acréscimo de R\$ 1034,64 no valor do COT deste tratamento, foi compensado pela maior RB obtida, em R\$ ha<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento MC (TABELAS 1 e 10).

Tabela 10 – Custo operacional total, produtividade e renda bruta de dois manejos de produção em três anos de cultivo de bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.), na região central de Minas Gerais, Brasil.

Tratamento	Ano 1 (implantação)			Ano 2 (manutenção)			Ano 3 (manutenção)		
	COT	PROD	RB	COT	PROD	RB	COT	PROD	RB
MC	18767,35	0,00	0,00	14781,54	14,36	30876,15	17093,22	33,00	70950,00
MC+3CS+1B	19905,45	0,00	0,00	15919,64	18,39	39544,95	18231,32	35,00*	75250,00

COT: custo operacional total (R\$ ha<sup>-1</sup>), para 1 hectare com estande de 1666 plantas; PROD: produção (Mg ha<sup>-1</sup>) e RB: receita bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>).

\* Valor estimado, considerando o potencial da cultivar irrigada e o ganho previsto de 50 % da diferença de produção entre tratamentos na colheita anterior (50% de 4 Mg ha<sup>-1</sup>).

Fonte: Do autor (2020).

A PROD foi maior no tratamento alternativo com adição de três condicionadores de solo e um bioestimulante foliar, mesmo com aumento dos custos, ainda houve maior receita bruta para o mesmo. Tratando-se da produção avaliada em campo (2º ano), houve diferença na RB entre os tratamentos de R\$ 8668,80, ou seja, um aumento de 28,07 % para o tratamento MC+3CS+1B, de acordo com a Tabela 10.

Na Tabela 11, estão apresentados os indicadores de lucratividade para os dois manejos de produção, aplicados no cultivo da bananeira Prata Gorutuba, considerando-se uma projeção de análise econômica dos seis primeiros anos de investimento do bananal.

Tabela 11 – Indicadores econômicos em seis anos de investimento no cultivo da bananeira Prata Anã clone Gorutuba (*Musa* sp.) em dois manejos de produção, na região central de Minas Gerais, Brasil.

<b>Tratamento</b>	<b>VPL</b>	<b>TMA</b>	<b>TIR</b>	<b>PRC</b>	<b>RB/C</b>	<b>PN</b>	<b>MS</b>	<b>CC</b>	<b>CUn</b>
MC	188250,71	4,94	162,81	3,00	3,05	7,87	-71,59	14,10	705,25
MC+3CS+1B	194342,46	4,94	177,16	2,00	2,98	8,40	-72,18	14,41	720,57

VPL: Valor Presente Líquido (R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); TMA: Taxa Mínima de Atratividade (% a.a.); TIR: Taxa Interna de Retorno (%); PRC: Período de Recuperação do Capital ou Payback (anos); RB/C: Relação Benefício Custo (adm.); PN: Ponto de Nivelamento (Mg); MS: Margem de Segurança (%); CC: Custo por Caixa de 20 kg de banana Prata Anã (R\$/cx.) e CUn: custo unitário (R\$ Mg<sup>-1</sup>).

Fonte: Adaptado de Cardoso (2020).

Na Tabela 11, observou-se um VPL de R\$ 188250,71 para um hectare, conduzido em manejo convencional durante seis anos, isto demonstra lucratividade significativa ao ser ajustado à taxa de juros de 4,94 % a.a. Quando comparamos o VPL dos manejos de adubação adotados, percebe-se que em ambos houve lucratividade, entretanto, o manejo alternativo obteve 3,24 % a mais de valores líquidos durante o cultivo. Na avaliação econômica aos seis anos de cultivo, o tratamento MC+3CS+1B apresentou o maior VPL (R\$ 194342,46 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). A maior lucratividade deste tratamento, pode estar associada a boa produção (18393 kg ha<sup>-1</sup>), visto que, o sucesso da adubação depende da resposta do cultivar ao acréscimo de condicionadores de solo e bioestimulante, em cobertura (TABELA 11).

Notou-se que a TIR foi de 162,81%, para MC e de 177,16% para MC+3CS+1B, resultados superiores a taxa mínima de atratividade (4,94% a.a.), atestando o elevado retorno financeiro dessa frutífera (TABELA 11). Os valores encontrados da TIR com seis anos de investimento foram muito superiores ao valor da TMA adotada como taxa de juros do empreendimento, mostrando a grande viabilidade da produção irrigada da Prata Gorutuba, independente do manejo de adubação escolhido, na região central mineira.

Foi possível observar o *payback*, verificando que, com a utilização do manejo de adubação alternativo há retorno financeiro no segundo ano, ou seja, a arrecadação com a colheita do cacho da planta mãe (R\$ 39544,95 ha<sup>-1</sup>) superou os custos de implantação e de manutenção do 2º ano, enquanto que, sem a utilização da adubação alternativa houve um período de retorno apenas no 3º ano, após a colheita da planta filha (TABELAS 10 e 11). Isto demonstra que, mesmo com o maior investimento inicial, o tratamento MC+3CS+1B, propiciou com maior rapidez um retorno do capital inicial investido e oportunizou a manutenção da produção pelo produtor.

Observou-se pela Tabela 11 que ambos os manejos utilizados apresentaram  $RB/C > 1,0$ , isto indica que a produção de bananeira Prata Gorutuba na região central de Minas Gerais é viável, apresentando o melhor desempenho para o tratamento convencional, com R\$ 2,05 de retorno líquido para cada real investido, a partir do 2º ano. Entretanto, apesar da maior  $RB/C$  para MC no prazo de seis anos, os indicadores de lucratividade RB, VPL e TIR foram maiores para o tratamento MC+3CS+1B, corroborando a segunda hipótese deste trabalho.

Também foi verificado na Tabela 11, maiores valores de PN, CC e CUn e menor MS para o tratamento MC+3CS+1B, visto que em virtude do maior investimento em adubação de cobertura, aumentou-se o custo por caixa de banana Prata Gorutuba produzida em 31 centavos e, conseqüentemente, elevou-se o custo por tonelada produzida em 15,32 reais.

Além disso, é necessário comercializar 0,53 tonelada de banana a mais para nivelar os custos operacionais, a partir do 2º ano de cultivo e, adotar uma margem de segurança do investimento menor, em consequência do menor risco que este tratamento alternativo gera durante o cultivo. A MS tem como principal objetivo mostrar para o bananicultor, qual manejo que está gerando lucro para o negócio e qual é o percentual que poderá reduzir em produção, caso seja necessário, antes de ser incorrido como prejuízo financeiro do bananal (CARDOSO, 2020). Neste caso, a redução média das cinco primeiras colheitas, com adoção do manejo MC+3CS+1B, poderia chegar até 72,18 % da produção, com segurança financeira.

## 4 DISCUSSÃO

A bananeira é uma cultura que apresenta acelerado crescimento vegetativo nos seis primeiros meses, muitas vezes tal fato inibe o efeito significativo de manejos de adubação ou diferentes doses de N ou K, aplicados no bananal (NOMURA *et al.*, 2019). Muitos trabalhos encontram diferenças significativas apenas para atributos de crescimento quando comparados genótipos de grupos genômicos diferentes de bananeira (ARAUJO *et al.*, 2019; MARTINS *et al.*, 2020; MUZIRA *et al.*, 2020).

Ao avaliar o crescimento de quatro cultivares, inclusive da Prata Anã, a mesma deste trabalho, Santana Junior *et al.* (2020) não observaram alteração no diâmetro do pseudocaule e no número de folhas pelos tratamentos aplicados. Entretanto, segundo os mesmos autores, houve efeito negativo no crescimento de plantas em altura e em área foliar, à medida que se aumentava o estresse salino do solo.

Em estudo com bananeira Galil 18 (subgrupo Prata), em dois manejos de irrigação (com e sem), não foram encontradas diferenças significativas para as variáveis altura de plantas, circunferência do pseudocaule e número de folhas vivas, em três ciclos de produção avaliados por Martins *et al.* (2020). Portanto, variáveis fitotécnicas no período vegetativo anterior ao florescimento, sobretudo até os 180 DAT, conforme Tabela 3, são pouco influenciadas por manejos de adubação e/ou irrigação, exceto para diferentes níveis de salinidade que afeta todos os genótipos de bananeiras.

O tratamento alternativo MC+3CS+1B aplicado apresentou diferenças significativas esperadas para algumas variáveis de produção. Houve ganho de produtividade principalmente, assim como pencas e cachos com maior peso e frutos com maior comprimento (TABELA 5). Alguns trabalhos na literatura sobre comparação de manejos obtiveram aumento de produtividade e peso dos cachos, como por exemplo, o de Martins *et al.* (2020), que avaliaram bananeiras do tipo Prata, durante três ciclos de produção, ou no estudo realizado por Araujo *et al.* (2019), onde investigaram bananeiras do subgrupo Cavendish, sob doses crescentes de K associado a diferentes coberturas do solo.

Também foi estimado aumento do CMF das pencas de banana Prata Gorutuba, em virtude da aplicação do tratamento alternativo ao convencional, conforme Tabela 5. Tais resultados são corroborados pelo estudo de pós colheita feito por Freitas *et al.* (2019), com cinco doses de N, onde obtiveram aumento da massa dos frutos e da polpa de banana Prata Anã, devido ao maior crescimento destes. Todavia, alguns trabalhos com bananeiras do tipo Prata,

não alcançaram aumento do comprimento e de outros atributos físicos dos frutos, seja por diferentes doses de N e K aplicadas (NOMURA *et al.*, 2017; NOMURA *et al.*, 2019) ou por uso ou não da irrigação (MARTINS *et al.*, 2020).

Este manejo de adubação alternativo aplicado no presente trabalho foi composto por três produtos condicionadores de solo com capacidade de suplementação de Ca e aumento da disponibilidade de outros nutrientes importantes para a cultura, como o K e o N (NOMURA *et al.*, 2019). Além disso, houve aplicação na axila foliar do bioestimulante Acadian®, composto pelo extrato da alga marrom *Ascophyllum nodosum* L. e por 5,3 % de K<sub>2</sub>O, principal macronutriente absorvido pela bananeira, sendo responsável pela qualidade dos frutos das pencas e por ganhos de produção (ARAUJO *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2019).

O tratamento MC+3CS+1B aumentou a produtividade em 4,032 Mg ha<sup>-1</sup> (TABELA 5), possivelmente: pelo papel da alga *A. nodosum* L. na produção vegetal (MOURA *et al.*, 2020; RENAUT *et al.*, 2019); pelos benefícios que o calcário de conchas de ostras, extraído no litoral de Santa Catarina, Brasil, pode proporcionar como o aumento dos teores de Ca e Mg no solo, adequação do pH e aumento da disponibilidade de N, P, K, S, Mo e Cl, proporcionando maior crescimento vegetal (CARMO; SILVA, 2016; OLIVIER *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2016; XIA *et al.*, 2014; YAO *et al.*, 2014); pela ação da Celtonita, um alumino silicato poroso de origem vulcânica, enriquecido com NPK, que possui alta capacidade de troca catiônica e grande capacidade de retenção do íon amônio NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, atua como armazenador de água e nutrientes no solo como o K, Mg, Ca e Na (CAMPISI *et al.*, 2016; LIRA-SALDIVAR *et al.*, 2017; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017) e, pela atuação da alga calcária vermelha da ordem Corallinales, *Lithothamnium calcareum*, comercializada em pó, bastante rica em cálcio, com reduzida presença de outros nutrientes e com alto poder de neutralização (PN > 93 %), sendo considerada um fertilizante simples (LOBO *et al.*, 2019; MELO; FURTINI NETO, 2003; NEGREIROS *et al.*, 2019).

O bioestimulante ACA tem capacidade de sintetizar alguns hormônios vegetais, além de conter carboidratos, macro e micronutrientes que melhoram produtividade de espécies vegetais (SILVA *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2018). De acordo com Renaut *et al.* (2019), a aplicação do Acadian, devido a concentração importante do nutriente P e a presença de auxinas, favorece o crescimento radicular e a melhor formação da parte aérea da planta. Seu efeito no ganho de peso médio das pencas, no maior comprimento dos frutos e, por conseguinte, na produtividade de bananeiras Prata Gorutuba pode ser considerado inédito na literatura (TABELA 5).

O uso do *L. calcareum* e do calcário de conchas, ambos os produtos de origem marinha, comercializados como calcário calcítico ( $\text{MgO} < 5,0\%$ ), foram responsáveis por aumentarem a produção por árvore da manga 'Kent', em  $23,1 \text{ Kg arvore}^{-1}$  (LOBO *et al.*, 2019); pelo maior crescimento e produção do melão amarelo cv. 'Glacial' (NEGREIROS *et al.*, 2019) e, pela melhora nos atributos microbiológicos de solos ácidos, estimulando o crescimento de diversas culturas, em virtude da correção do pH do solo (YAO *et al.*, 2014). Sendo assim, ambos foram extremamente importantes nas variáveis de produção e pós-colheita deste trabalho, comparado ao resultado alcançado pelo tratamento convencional MC (TABELA 5).

Por último, como forma de justificativa do desempenho superior do tratamento MC+3CS+1B, quanto as variáveis de produção e do CMF (TABELA 5), está na utilização do condicionador de solo Celtonita, um produto comercial mineral natural capaz de realizar a troca catiônica seletiva cedendo íons úteis tais como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$  (CAMPISI *et al.*, 2016; DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHEA, 2015). A retenção do amônio em sua estrutura porosa ajuda a reduzir a lixiviação de nitratos e disponibiliza o N por mais tempo, favorecendo a produção das plantas (SANGEETHA; BASKAR, 2016; TSINTSKALADZE *et al.*, 2017), como visto neste trabalho.

Para os teores foliares de S e B, estimou-se respectivamente, aumento e redução dos teores, devido ao efeito da aplicação do tratamento MC+3CS+1B nas plantas de bananeira Prata Gorutuba, em comparação ao efeito da aplicação do tratamento convencional (TABELA 7). O teor de enxofre foliar é afetado pelo aumento da dose de adubação fosfatada, conforme observado por Bolfarini *et al.* (2020), em estudo com bananeira FHIA-18 (*Musa AAAB*). Na Tabela 8, verificou-se que os teores foliares de P e S são menores no tratamento MC, estando estes abaixo dos níveis adequados para a bananeira Prata Anã. Portanto, a maior concentração de P no tratamento alternativo possibilitou o maior acúmulo foliar de S.

Quanto ao boro, mesmo sendo menor no tratamento MC+3CS+1B, para ambos os tratamentos foram encontrados valores abaixo da faixa adequada de teor foliar, ou seja, pode ser um indício de deficiência deste micronutriente no solo da área experimental (TABELA 8), muito comum em regiões de latossolos de Cerrado (DUARTE *et al.*, 2020).

A sequência de concentração de teores na Tabela 8, divergiu da proposta por Silva *et al.* (2002) e da encontrada por Bolfarini *et al.* (2020), com teores de  $\text{K} < \text{N}$  e teores de  $\text{S} < \text{P}$ , provavelmente pela translocação destes para o cacho. O teor foliar de K foi menor para o tratamento alternativo, que teve por consequência a melhor produtividade, em torno de  $18,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  (TABELAS 5 e 8).

O cacho da bananeira é a parte da planta mais influenciada pelo suprimento de K, em níveis adequados no solo, a translocação de carboidratos das folhas para os frutos aumenta, a sua conversão em amido é realizada, produzindo frutos grandes, com maturação regular e polpa levemente ácida e saborosa (FREITAS *et al.*, 2019; NOMURA *et al.*, 2017; NOMURA *et al.*, 2019). Deste modo, a maior PROD obtida com o tratamento MC+3CS+1B (TABELA 5), foi favorecida pela maior translocação deste nutriente das folhas para o cacho (TABELA 8).

Em virtude da maior produtividade do tratamento alternativo, fez-se necessário a análise da viabilidade econômica deste, em comparação ao custo operacional total do manejo convencional aplicado na bananicultura na região central e norte de Minas Gerais, Brasil (TABELAS 1 e 10). Em sistemas irrigados, como neste trabalho, caso haja maior investimento em outros insumos (principalmente nutrientes), a produtividade tende a aumentar (BOLFARINI *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2020).

A produtividade média obtida neste trabalho durante a 1ª colheita (14361 e 18393 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para MC e MC+3CS+1B) foi alta no manejo alternativo, considerando que a média nacional referente aos últimos dois anos agrícolas (2018/2019 e 2019/2020) atingiu uma produtividade de 15100 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020). As variáveis de produção, embora expressem diretamente a rentabilidade por hectare, não podem ser consideradas isoladamente na seleção de uma nova cultivar ou na adoção de um novo manejo, pois existem outros atributos que estão relacionados, principalmente a qualidade e aceitação dos frutos pelo consumidor e a viabilidade econômica do manejo para o bananicultor (NOMURA *et al.*, 2019; DO COUTO *et al.*, 2020).

Na Tabela 9, observou-se a maior distribuição do COE para os insumos no ano da implantação, mesmo comportamento descrito por Pacheco *et al.* (2016), Rodrigues *et al.* (2018) e por Do Couto *et al.* (2020). Os custos com as mudas, preparo de área, insumos e mão de obra para implantação e condução do bananal, excluindo-se as despesas com irrigação e aplicação do tratamento alternativo, somam a maior parte do custo operacional efetivo, cerca de 85,1% no primeiro ano e nos demais aproximadamente 89%. Em trabalho de viabilidade econômica com bananeiras do tipo Prata, sob dois manejos de irrigação, Do Couto *et al.* (2020), encontraram valores próximos ao deste estudo, sendo 88,7% do COE para os custos supracitados e 11,3% para a irrigação.

Conforme a Tabela 10, o tratamento MC obteve valor de RB (R\$ 30876,15 ha<sup>-1</sup>) semelhante ao encontrado por Do Couto *et al.* (2020), em 4 cultivares do tipo Prata no 1º ciclo (R\$ 31.895,14 ha<sup>-1</sup>), considerando condições edafoclimáticas semelhantes aos dois estudos.

Portanto, também se pode considerar o MC bastante viável economicamente, mesmo com menor produção no 1º cacho colhido, ideal para o bananicultor que não deseja promover uma nova tecnologia de adubação.

Na Tabela 11, o VPL apresenta os valores líquidos atualizados, a partir de um fluxo de caixa formado por uma série de receitas e custos do empreendimento (VILELA *et al.*, 2016). Além do mais, o VPL obtido para os dois tratamentos foi o maior observado quando comparado aos resultados de Lacerda *et al.* (2013), Pacheco *et al.* (2016), Rodrigues *et al.* (2018) e por Do Couto *et al.* (2020). Este fato pode ser explicado pela melhora nas cotações de preço da caixa da Prata Anã nos últimos 5 anos (AGROLINK, 2020), como também pela utilização de alta tecnificação na produção bananeira na fazenda Agromila, local de realização deste estudo.

Notou-se pela Tabela 11, que a TIR foi de 162,81 % para o MC, valor menor que a TIR = 199 %, obtida por Rodrigues *et al.* (2018) com Prata Anã no sudeste goiano. Entretanto, desde que a TIR > TMA, o plantio e comercialização de banana é considerado uma atividade altamente lucrativa e promissora. Na maioria dos estudos com diferentes subgrupos de banana, seja Prata, em Rodrigues *et al.* (2018); Maçã, em Lacerda *et al.* (2013) e Cavendish, em Pacheco *et al.* (2016), recuperou-se o capital investido no 2º ano conforme o *Payback*, mostrando a alta atratividade para realização do investimento nesta atividade agrícola (TABELA 11).

O indicador RB/C deve assumir valores > 1, para afirmar quanto a viabilidade econômica de um investimento (FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005). Além disso, quanto maior for esta relação, obtendo-se até valores > 3, igual ao observado em trabalhos como este e de Rodrigues *et al.* (2018), pode-se inferir sobre o maior aprimoramento da tecnologia para cultura, como também pelo ótimo preço do fruto *in natura*. Segundo estudo desenvolvido por Kogler *et al.* (2007), obteve-se uma RB/C de 1,53 apresentando um índice menor que o estudo em questão, reflexo dos baixos preços da época e, portanto, houve menor VPL e menor valor da relação.

Atualmente, no nível de tecnologia máximo e com o preço da caixa de 20 Kg de Prata Anã acima de R\$ 40,00, valores de RB/C < 2,0 estão sendo considerados de baixa rentabilidade econômica (DO COUTO *et al.*, 2020). Não basta o cultivo da banana ser viável economicamente a curto prazo, mas sim, rentável por um longo período de tempo, com valores altos de RB/C, evitando-se assim, problema financeiro devido a constante oscilação de preços do mercado da banana.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização dos quatro produtos CC, CT, LT e ACA no tratamento alternativo, proporcionou ganho expressivo de 4,032 Mg ha<sup>-1</sup> de produtividade de bananeiras Prata Gorutuba.

A aplicação extra dos quatro produtos supracitados ao manejo convencional apresenta viabilidade econômica para o bananicultor, com  $RB/C > 1$  e maiores valores de PROD, RB, TIR e VPL.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.O.; SOUZA, J.S. Custos e Rentabilidade. *In*: CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 136-138.
- AGROLINK. **Cotações de preço da caixa da Banana Prata Anã**. 2020. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/frutas/banana/banana-prata-ana-primeira-produtor-cx-20kg>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- ARAUJO, M.B.F. *et al.* Produtividade da bananeira ‘Nanicão’ sob doses crescentes de potássio associado a cobertura do solo com palha de carnaúba. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinh, MA, v. 10, n. 2, p. 41-49, 2019.
- BARBOSA, F.E.L. *et al.* Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1271-1277, 2013.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **TJLP - Taxa De Juros De Longo Prazo**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/taxa-juros-longo-prazo-tjlp>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 6, n. 671, p. 1-3, 2015.
- CARDOSO, C.E.L. **Custos de produção: planilha de cálculos do custo de produção da banana**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2020. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01\\_21\\_41020068055.htm](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_21_41020068055.htm). Acesso em: 19 mar. 2020.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.
- CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana. Produção: aspectos técnicos**. 1. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- CRISOSTOMO, L.A. *et al.* Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. “Pacovan”. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 45-52, 2008.
- CARVALHO, R.P. de; CRUZ, M. do C.M.; MARTINS, L.M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidro absorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.
- DO COUTO, C.A. *et al.* Economic viability of micro sprinkler irrigation in banana cultivars in the central region of Goiás state. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 19015-19032, 2020.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Ojokokoox tia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 3-14, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *In*: LIMA, M. B.; DE OLIVEIRA, S.; FERREIRA, S.C.F. (Ed. Téc.). **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2012.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de bananeira**. Roma, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 19 jun. 2020.

FERNANDES, M.B. *et al.* Bagging time of ‘Prata-anã’ banana regarding anthracnose control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, 2019.

FREITAS, V.A. *et al.* Anthracnose intensity and physical and chemical characteristics of ‘Prata anã’ banana under different nitrogen doses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5, 2019.

FRIZZONE, J.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 18 jun. 2020.

KOGLER, E.V. *et al.* Estudo da viabilidade econômica do cultivo da banana irrigado por microaspersão em Bom Jesus da Lapa. *In*: CONGRESSO DA SOBER, 45., 2007, Londrina. **Anais [...]**. Londrina, 2007. Disponível em: <<http://sober.org.br/palestra/6/460.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2020. 45

MARTINS, A.N. *et al.* Desempenho de genótipos de bananeiras em cultivos irrigado e sequeiro, na região Centro Oeste Paulista. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 1, p. 12-18, 2020.

MELO, D.M. *et al.* Agronomic performance and soil chemical attributes in a banana tree orchard fertigated with humic substances. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.l.], v. 46, n. 4, p. 421-428, 2016.

MOURA, E.A. *et al.* Production of Formosa papaya seedlings irrigated with wastewater and application of biostimulant. **Comunicata Scientiae Horticulture Journal**, Bom Jesus, PI, v. 11, (e-3153), 2020.

MUZIRA, R. *et al.* Exploration of the Growth Performance of Indigenous and Exotic Banana Clones in the Semi-Arid Climate of South-Western Agro-Ecological Zone of Uganda. **Open Access Library Journal**, [S.l.], v. 7, n. 02, p. 1, 2020.

NOBRE, R.C.G.G. *et al.* Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, 2018.

NOMURA, E.S. *et al.* Fertilization with nitrogen and potassium in banana cultivars ‘Grand Naine’, ‘FHIA 17’ and ‘Nanicão IAC 2001’ cultivated in Ribeira Valley, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 505-513, 2017.

NOMURA, E.S. *et al.* Post-harvest characterization of ‘Prata’ banana cultivar grown under different nitrogen and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 4, 2019.

PACHECO, A. *et al.* Custos e viabilidade financeira da bananeira (CAVENDISH) irrigada no município de Aquidauana-MS: um estudo de caso. **Agrotrópica**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 297-302, 2016.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 14 mar. 2018.

RENAUT, S. *et al.* A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. **Microbial biotechnology**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 1346-1358, 2019.

RODRIGUES, C.C. *et al.* Rentabilidade econômico-financeira para implantação da banana Prata Anã. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 5, n. 10, p. 170-180, 2018.

RODRIGUES, M.G.V. *et al.* Banana. **Informe Agropecuário**, [S.l.], v. 32, p. 35-48, 2011.

SALOMÃO, L.C.C. *et al.* Crescimento e produção da bananeira (Musa spp. AAB) Prata-Anã, oriunda de rizoma e micropropagada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p. 340-347, 2016.

SANTANA JUNIOR, E.B. *et al.* Physiological and vegetative behavior of banana cultivars under irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 82-88, 2020.

SANTOS, E.O. *et al.* Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana ‘Prata Catarina’ under biofertilisers. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017.

SILVA, J.T.A. *et al.* **Diagnóstico nutricional da bananeira ‘Prata-Anã’ para o Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Epamig, 2002.

VILELA, R. *et al.* Estimativa do custo de produção do cultivo de soja na região dos chapadões – ano agrícola 2015/16. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, [S.l.], v. 1, n. 9, p. 208-212, 2016.

YAKHIN, O.I. *et al.* Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 7, n. 2049, p. 1-32, 2017.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A - Tabelas da ANOVA e do Summary (teste t) para as variáveis fitotécnicas significativas na 5ª época de avaliação (experimento do capítulo 2)**

Tabela 1 – Quadro da ANOVA para a variável altura de plantas (AP), em m, na 5ª época de avaliação do experimento com bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB `Prata Anã` clone: Gorutuba) de 1º ciclo ( $\alpha = 10\%$ ).

FV	SQ	GL	F	Pr (>F)
CC	0,001	1	0,012	0,913
AG	0,117	1	1,016	0,318
CT	0,065	1	0,563	0,457
LT	0,070	1	0,610	0,439
CO	0,002	1	0,016	0,901
CD	0,203	1	1,764	0,190
HA	0,061	1	0,530	0,470
MTU	0,007	1	0,057	0,813
ACA	0,243	1	2,111	0,153
PDQ	0,005	1	0,041	0,841
BKP	0,018	1	0,156	0,695
BF2	0,061	1	0,526	0,472
LTL	0,136	1	1,187	0,281
VTK	0,021	1	0,183	0,671
I(CC^2)	0,035	1	0,303	0,584
I(AG^2)	0,018	1	0,153	0,698
I(CT^2)	0,034	1	0,298	0,588
I(LT^2)	0,011	1	0,094	0,760
I(CO^2)	0,056	1	0,485	0,490
I(CD^2)	0,347	1	3,017	<b>0,089</b>
I(HA^2)	0,151	1	1,312	0,258
I(MTU^2)	0,045	1	0,392	0,534
I(ACA^2)	0,052	1	0,454	0,504
I(PDQ^2)	0,057	1	0,496	0,485
I(BKP^2)	0,056	1	0,486	0,489
I(BF2^2)	0,021	1	0,181	0,673
I(LTL^2)	0,002	1	0,015	0,903
I(VTK^2)	0,005	1	0,046	0,831
CC:AG	0,046	1	0,399	0,530
CC:CT	0,023	1	0,202	0,655
CC:LT	0,155	1	1,351	0,251
AG:CT	0,134	1	1,164	0,286
AG:LT	0,068	1	0,590	0,446
CT:LT	0,012	1	0,108	0,744

FV: fonte de variação; SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; F: valor do teste F e Pr (>F): probabilidade de significância do teste F a 10% (·) ou  $\alpha = 0,1$ .

Fonte: Do autor (2020).

Tabela 2 – Estimativas do teste t (Summary) para a variável altura de plantas (AP), em m, na 5ª época de avaliação do experimento com bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba) de 1º ciclo ( $\alpha = 10\%$ ).

FV	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	Pr (> t )
(Intercepto)	2,035	0,169	12,009	3,29E-16***
CC	0,003	0,064	0,049	0,961
AG	0,062	0,062	1,007	0,319
CT	-0,062	0,064	-0,968	0,338
LT	0,044	0,055	0,799	0,428
CO	-0,006	0,046	-0,125	0,901
CD	-0,058	0,043	-1,328	0,190
HA	0,036	0,050	0,728	0,470
MTU	0,011	0,047	0,238	0,813
ACA	0,073	0,050	1,453	0,153
PDQ	0,009	0,043	0,202	0,841
BKP	0,017	0,043	0,395	0,695
BF2	-0,035	0,048	-0,726	0,472
LTL	0,055	0,050	1,089	0,281
VTK	0,019	0,045	0,428	0,671
I(CC^2)	0,056	0,102	0,551	0,584
I(AG^2)	-0,041	0,105	-0,390	0,698
I(CT^2)	0,057	0,104	0,546	0,588
I(LT^2)	-0,031	0,102	-0,307	0,760
I(CO^2)	-0,093	0,133	-0,696	0,490
I(CD^2)	0,245	0,141	1,737	<b>0,089</b>
I(HA^2)	-0,166	0,145	-1,145	0,258
I(MTU^2)	-0,085	0,136	-0,626	0,534
I(ACA^2)	0,085	0,126	0,674	0,504
I(PDQ^2)	0,094	0,134	0,704	0,485
I(BKP^2)	0,093	0,134	0,697	0,489
I(BF2^2)	0,054	0,127	0,425	0,673
I(LTL^2)	-0,017	0,142	-0,123	0,903
I(VTK^2)	-0,030	0,138	-0,214	0,831
CC:AG	-0,054	0,085	-0,632	0,530
CC:CT	-0,038	0,084	-0,450	0,655
CC:LT	0,121	0,104	1,162	0,251
AG:CT	0,085	0,079	1,079	0,286
AG:LT	-0,068	0,088	-0,768	0,446
CT:LT	0,026	0,078	0,329	0,744

FV: fonte de variação; t-valor: valor do teste t e Pr (>|t|): probabilidade de significância do teste t a 10% (·) ou  $\alpha = 0,1$ . O intercepto foi significativo a 0,1% ou  $\alpha = 0,001$ .

Fonte: Do autor (2020).

## ANEXOS

**ANEXO A - Plano original feito aleatoriamente pelo algoritmo de troca no software R e doses aplicadas de cada fator (experimento do capítulo 2)**

Tabela 1 – Código base adotado para a combinação do fatorial completo ( $3^4$ ) e do fatorial fracionário ( $DSD_{10}$ ) do experimento com banana Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), sendo dose padrão (0), dose dobrada (+1) e metade da dose (-1) (continua).

Parcela	Bloco	CC	AG	CT	LT	CO	CD	HA	MTU	ACA	PDQ	BKP	BF2	LTL	VTK
1	1	-1	0	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
2	1	1	-1	1	0	1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1
3	1	1	1	0	1	-1	1	-1	1	1	0	1	-1	1	1
4	1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	-1	1
5	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1
6	1	0	-1	0	1	0	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
7	1	0	1	0	-1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1
8	1	0	1	1	0	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1
9	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	-1
10	1	1	0	-1	0	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0	-1
11	1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
12	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1
13	1	0	0	1	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
14	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	1	0	-1	1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1
17	1	1	1	-1	1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
18	1	0	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	-1
19	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	1
20	1	0	0	0	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0
21	1	0	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0
22	2	0	0	1	0	-1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	-1
23	2	1	0	-1	0	-1	1	-1	1	1	0	1	-1	1	1
24	2	0	-1	0	1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
25	2	0	1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	-1	1
26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	2	1	1	0	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	1
28	2	-1	0	1	0	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0
29	2	-1	1	-1	0	-1	-1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
30	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1
31	2	0	0	0	1	0	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
32	2	0	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1
33	2	1	1	-1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
34	2	0	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1
35	2	0	0	0	0	1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1

Tabela 1 – Código base adotado para a combinação do fatorial completo ( $3^4$ ) e do fatorial fracionário (DSD<sub>10</sub>) do experimento com banana Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), sendo dose padrão (0), dose dobrada (+1) e metade da dose (-1) (continua).

Parcela	Bloco	CC	AG	CT	LT	CO	CD	HA	MTU	ACA	PDQ	BKP	BF2	LTL	VTK
36	2	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0
37	2	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0	-1
38	2	0	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
39	2	-1	-1	0	1	1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1
40	2	-1	0	0	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
41	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1
42	2	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	-1
43	3	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	1
44	3	-1	0	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0
45	3	0	0	0	-1	-1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	-1
46	3	0	-1	0	0	-1	-1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
47	3	1	0	0	1	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	-1	1
48	3	-1	-1	-1	1	-1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
49	3	-1	0	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0	-1
50	3	0	-1	1	0	1	1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
51	3	0	-1	1	0	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	-1
52	3	0	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0
53	3	0	1	-1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
54	3	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	0	1	-1	1	1
55	3	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1
56	3	1	1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1
57	3	1	0	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1
58	3	0	0	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
59	3	-1	1	1	0	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1
60	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	3	-1	-1	0	0	1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1
62	3	0	1	0	0	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1
63	3	1	0	0	-1	0	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
64	4	-1	1	-1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
65	4	0	-1	0	-1	-1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	-1
66	4	0	-1	1	1	-1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
67	4	0	1	0	-1	0	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
68	4	-1	0	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0
69	4	1	1	0	0	1	1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
70	4	0	0	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1
71	4	0	1	0	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0
72	4	1	0	-1	-1	-1	1	-1	1	1	0	1	-1	1	1
73	4	1	1	1	0	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0	-1
74	4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	-1
75	4	1	-1	1	-1	1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1
76	4	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
77	4	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	1
78	4	0	-1	0	0	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1
79	4	1	1	0	1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
80	4	0	0	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1
81	4	-1	0	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1

Tabela 1 – Código base adotado para a combinação do fatorial completo ( $3^4$ ) e do fatorial fracionário ( $DSD_{10}$ ) do experimento com banana Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), sendo dose padrão (0), dose dobrada (+1) e metade da dose (-1) (conclusão).

<b>Parcela</b>	<b>Bloco</b>	<b>CC</b>	<b>AG</b>	<b>CT</b>	<b>LT</b>	<b>CO</b>	<b>CD</b>	<b>HA</b>	<b>MTU</b>	<b>ACA</b>	<b>PDQ</b>	<b>BKP</b>	<b>BF2</b>	<b>LTL</b>	<b>VTK</b>
82	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	4	-1	0	1	-1	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	-1	1
84	4	0	0	-1	0	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1

Fonte: Bueno Filho (2016).

Tabela 2 - Doses aplicadas para cada fator selecionado para o experimento com bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), sendo dose padrão (0), dose dobrada (+1) e metade da dose (-1).

<b>Dose</b>	<b>CC</b>	<b>AG</b>	<b>CT</b>	<b>LT</b>	<b>CO</b>	<b>CD</b>	<b>HA</b>
Dose (-)	78	78	78	78	108	108	108
Dose (0)	96	96	96	96	36	36	36
Dose (+)	78	78	78	78	108	108	108
<b>Total de pl.</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>
<b>Doses anuais g/cova</b>							
Dose (-)	90	106	100	90	75	100	75
Dose (0)	180	212	200	180	150	200	150
Dose (+)	360	424	400	360	300	400	300
<b>Doses parceladas g/cova</b>							
Dose (-)	15,00	17,67	16,67	15,00	12,50	16,67	12,50
Dose (0)	30,00	35,33	33,33	30,00	25,00	33,33	25,00
Dose (+)	60,00	70,67	66,67	60,00	50,00	66,67	50,00
<b>Doses convertidas (1/7) g/cova</b>							
Dose (-)	2,14	2,52	2,38	2,14	1,79	2,38	1,79
Dose (0)	4,29	5,05	4,76	4,29	3,57	4,76	3,57
Dose (+)	8,57	10,10	9,52	8,57	7,14	9,52	7,14
<b>Dose</b>	<b>MTU</b>	<b>ACA</b>	<b>PDQ</b>	<b>BKP</b>	<b>BF2</b>	<b>LTL</b>	<b>VTK</b>
Dose (-)	108	108	108	108	108	108	108
Dose (0)	36	36	36	36	36	36	36
Dose (+)	108	108	108	108	108	108	108
<b>Total de pl.</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>252</b>
<b>Doses comerciais ml/ha (ml em 100 L de calda)</b>							
Dose (-)	250	250	250	250	250	250	250
Dose (0)	500	500	500	500	500	500	500
Dose (+)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Doses por aplicação ml/ha (padrão 0,5% ou 500 ml em 100 L de calda)</b>							
Dose (-)	250	250	250	250	250	250	250
Dose (0)	500	500	500	500	500	500	500
Dose (+)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Doses convertidas por aplicação (1/7) ml/ha (ml em 100 L de calda)</b>							
Dose (-)	36	36	36	36	36	36	36
Dose (0)	71	71	71	71	71	71	71
Dose (+)	143	143	143	143	143	143	143

Para calcular as doses por planta dos bioestimulantes (ml/pl.), basta multiplicar o volume das doses apresentadas na tabela por 5 (volume em L do pulverizador) e dividir por 100 (volume de calda: 100 L / hectare). Dose de calda/pl. = 5L/252 pl. = 19,84 ml de calda/pl.

Fonte: Melo e Campos (2016).

**ANEXO B - Plano original feito aleatoriamente pelo algoritmo de troca no software R e doses aplicadas de cada fator (experimento do capítulo 3)**

Tabela 1 – Código base adotado para a combinação do fatorial completo ( $3^3$ ) e do fatorial fracionário (DSD) do experimento com banana Prata Gorutuba (Musa AAB Prata Anã clone: Gorutuba), sendo dose padrão (0), dose dobrada (+1) e metade da dose (-1).

<b>Parcela</b>	<b>Bloco</b>	<b>CC</b>	<b>CT</b>	<b>LT</b>	<b>ACA</b>
1	1	0	-1	0	-1
2	1	0	0	0	0
3	1	0	1	0	1
4	1	0	1	0	-1
5	1	0	-1	0	1
6	2	0	0	0	0
7	2	1	-1	0	0
8	2	-1	-1	0	0
9	2	1	1	0	0
10	2	-1	1	0	0
11	3	-1	0	0	1
12	3	0	0	0	0
13	3	-1	0	0	-1
14	3	1	0	0	-1
15	3	1	0	0	1
16	4	1	0	1	0
17	4	-1	0	1	0
18	4	-1	0	-1	0
19	4	0	0	0	0
20	4	1	0	-1	0
21	5	0	0	1	1
22	5	0	0	1	-1
23	5	0	0	0	0
24	5	0	0	-1	1
25	5	0	0	-1	-1
26	6	0	0	0	0
27	6	0	1	1	0
28	6	0	-1	1	0
29	6	0	1	-1	0
30	6	0	-1	-1	0

Fonte: Bueno Filho (2018).

Tabela 2 - Doses aplicadas para cada fator selecionado para o experimento com bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), sendo dose padrão (0), dose dobrada (+1) e metade da dose (-1).

<b>Dose</b>	<b>CC</b>	<b>CT</b>	<b>LT</b>
Dose (-)	18	18	18
Dose (0)	54	54	54
Dose (+)	18	18	18
<b>Total de pl.</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>Doses anuais g/cova</b>			
Dose (-)	90	100	90
Dose (0)	180	200	180
Dose (+)	360	400	360
<b>Doses parceladas g/cova</b>			
Dose (-)	30	33,33	30
Dose (0)	60	66,67	60
Dose (+)	120	133,33	120
<b>Doses convertidas (1/3) g/cova</b>			
Dose (-)	10	11,11	10
Dose (0)	20	22,22	20
Dose (+)	40	44,44	40
<b>Dose</b>	<b>ACA</b>		
Dose (-)	18		
Dose (0)	54		
Dose (+)	18		
<b>Total de pl.</b>	<b>90</b>		
<b>Doses comerciais ml/ha (ml em 100 L de calda)</b>			
Dose (-)	250		
Dose (0)	500		
Dose (+)	1000		
<b>Doses por aplicação ml/ha (padrão 0,5% ou 500 ml em 100 L de calda)</b>			
Dose (-)	250		
Dose (0)	500		
Dose (+)	1000		

Para calcular as doses por planta dos bioestimulantes (ml/pl.), basta multiplicar o volume das doses apresentadas na tabela por 2 (volume em L do pulverizador) e dividir por 100 (volume de calda: 100 L / hectare). Dose de calda/pl. = 2L/90 pl. = 22,22 ml de calda/pl.

Fonte: Melo e Campos (2018).

**ANEXO C - Plano original feito aleatoriamente pelo algoritmo de troca no software R e doses aplicadas de cada fator (experimento do capítulo 4)**

Tabela 1 – Código base adotado para o DIC do experimento com banana Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), com os tratamentos MC (manejo convencional) e MC+3CS+1B (manejo alternativo com aplicação de CC, CT, LT e ACA), sendo (---) sem aplicação de dose e (0) a dose padrão ou comercial.

<b>Tratamento</b>	<b>Repetição</b>	<b>CC</b>	<b>CT</b>	<b>LT</b>	<b>ACA</b>
MC+3CS+1B	1	0	0	0	0
MC	1	---	---	---	---
MC+3CS+1B	2	0	0	0	0
MC	2	---	---	---	---
MC+3CS+1B	3	0	0	0	0
MC	3	---	---	---	---
MC+3CS+1B	4	0	0	0	0
MC	4	---	---	---	---
MC+3CS+1B	5	0	0	0	0
MC	5	---	---	---	---
MC	6	---	---	---	---
MC+3CS+1B	6	0	0	0	0
MC	7	---	---	---	---
MC+3CS+1B	7	0	0	0	0
MC	8	---	---	---	---
MC+3CS+1B	8	0	0	0	0
MC	9	---	---	---	---
MC+3CS+1B	9	0	0	0	0
MC	10	---	---	---	---
MC+3CS+1B	10	0	0	0	0

Fonte: Bueno Filho (2018).

Tabela 2 - Doses aplicadas para o tratamento alternativo MC+3CS+1B, no experimento com bananeira Prata Gorutuba (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba), em DIC, sendo (0) a dose padrão ou comercial.

<b>Dose</b>	<b>CC</b>	<b>CT</b>	<b>LT</b>
Dose (0)	30	30	30
<b>Total de pl.</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>Doses anuais g/cova</b>			
Dose (0)	180	200	180
<b>Doses parceladas g/cova</b>			
Dose (0)	60	66,67	60
<b>Doses convertidas (1/3) g/cova</b>			
Dose (0)	20	22,22	20
<b>Dose</b>	<b>ACA</b>		
Dose (0)	30		
<b>Total de pl.</b>	<b>30</b>		
<b>Doses comerciais ml/ha (ml em 100 L de calda)</b>			
Dose (0)	500		
<b>Doses por aplicação ml/ha (padrão 0,5% ou 500 ml em 100 L de calda)</b>			
Dose (0)	500		

Para calcular as doses por planta dos bioestimulantes (ml/pl.), basta multiplicar o volume das doses apresentadas na tabela por 2 (volume em L do pulverizador) e dividir por 100 (volume de calda: 100 L / hectare). Dose de calda/pl. = 2L/30 pl. = 66,67 ml de calda/pl.

Fonte: Melo e Campos (2018).