



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

THAMIRES MONTEIRO SILVA MAUÉS

**DESEMPENHO AGROECONÔMICO DA BANANEIRA SOB MANEJO NUTRICIONAL
COM *Trichoderma asperellum*, EM SISTEMA DE PRODUÇÃO FAMILIAR**

BELÉM, PA

2020

THAMIRES MONTEIRO SILVA MAUÉS

**DESEMPENHO AGROECONÔMICO DA BANANEIRA SOB MANEJO NUTRICIONAL
COM *Trichoderma asperellum*, EM SISTEMA DE PRODUÇÃO FAMILIAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestra.

Área de Concentração: Agronomia

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Barata da Silva

BELÉM, PA

2020

Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Maués, Thamires Monteiro Silva

Desempenho agroeconômico da bananeira sob manejo nutricional com
Trichoderma asperellum, em sistema de produção familiar / Thamires Monteiro Silva
Maués. - 2020.

63 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia (PGAGRO),
Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.
Orientadora: Profa. Dra. Gisele Barata da Silva

1. *Musa* (grupo AAAB) 'BRS Pacoua'. 2. Bioestimulante vegetal. 3. Viabilidade econômica. 4. Região amazônica. I. da Silva, Gisele Barata, *orient.* II. Título

CDD 630.275

THAMIRES MONTEIRO SILVA MAUÉS

**DESEMPENHO AGROECONÔMICO DA BANANEIRA SOB MANEJO NUTRICIONAL
COM *Trichoderma asperellum*, EM SISTEMA DE PRODUÇÃO FAMILIAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestra.

Área de Concentração: Agronomia

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Barata da Silva

Aprovado em 03 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Gisele Barata da Silva - Orientadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Prof.^a Eliziete Pereira de Souza - 1^a. Examinadora
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ - IFPA

Prof.^a Antônia Benedita da Silva Bronze - 2^a. Examinadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA UFRA

Prof. Marcos Antônio Souza dos Santos - 3^o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Ofereço este trabalho aos meus pais, esposo e demais familiares, os principais motivos da minha dedicação profissional.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de vivenciar novas experiências, aprender novos saberes e crescer um pouco mais como ser humano.

À minha família, em especial meu esposo e minha mãe, pelo apoio e compreensão dispensados a fim de que eu pudesse realizar mais este projeto.

À minha orientadora, Prof.^a Gisele Barata da Silva, por ter me acolhido e apontado soluções nos momentos de confusão. Agradeço pelos seus ensinamentos, por confiar no meu potencial e por sua dedicação à educação e pesquisa na Amazônia.

Aos professores que colaboraram com as habilidades e competências necessárias à conclusão do mestrado. Em especial, aos professores Marcos Antônio Souza dos Santos, Gledson Luiz Salgado de Castro e Leonardo Vaz Pereira.

À equipe do Laboratório de Proteção de Plantas da UFRA, que com palavras e atitudes me incentivou a concluir esta pesquisa. Em especial, aos colegas Rafael, Aline, Daniel, José Ailton, Gleiciane, Josué, Fernando, Alessandra e Ricardo, pela amizade, paciência e apoio.

Aos proprietários do bananal onde a pesquisa foi desenvolvida, por acreditarem na possibilidade de melhorar o cultivo com novas práticas.

À banca avaliadora da qualificação e da defesa, por suas contribuições.

À todos que, de algum modo, colaboraram com a realização deste trabalho.

RESUMO

A bananeira (*Musa spp.*) é a frutífera mais cultivada no mundo, tendo impacto socioeconômico positivo nos países em desenvolvimento. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de bananas e o Estado do Pará, o maior produtor da região Amazônica. A bananicultura paraense é desenvolvida majoritariamente por agricultores familiares, em sistemas de produção de baixa tecnificação, baixa produtividade e escasso aporte de capital. A necessidade de grandes quantidades de fertilizantes é um dos principais entraves para alcançar o máximo do potencial produtivo das cultivares de banana, impactando negativamente o aspecto econômico e ambiental da atividade. Por outro lado, o uso de bioestimulantes vegetais pode otimizar o uso destes insumos e beneficiar a produtividade e rentabilidade dos cultivos. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho produtivo e a viabilidade econômica do cultivo da bananeira sob manejo nutricional com *Trichoderma asperellum* nativo, em sistema de produção familiar na região Amazônica. O ensaio foi realizado em sistema de produção familiar, nas condições de campo de Ourém (Pará, Brasil), entre dezembro de 2017 e dezembro de 2019. Utilizou-se o cultivar BRS Pacoua, delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e três tratamentos: T1, 100% da dose de fertilizantes (controle); T2, 50% da dose de fertilizantes + *T. Asperellum* (TA) (mix de isolados: Ufra.T06, Ufra.T09, Ufra.T12, Ufra.T52) e; T3, 100% da dose de fertilizantes + TA (mix de isolados). A adubação consistiu no uso de fertilizantes inorgânicos e cama de aviário. Avaliou-se a produção do 1º ciclo da bananeira e a viabilidade econômica das práticas no horizonte de seis anos. A inoculação de TA + 100% dos fertilizantes aumentou em 23% a produtividade. A produtividade de bananas foi semelhante nos tratamentos controle (100%) e com 50% de fertilizantes + TA, no entanto, o uso de 50% dos fertilizantes reduziu os custos de produção em 7,2% no ano de implantação e, em 17,6% a partir do 2º ano de plantio. Em seis anos, a inoculação com *T. asperellum* incrementa as receitas em US\$ 8.944,40 com 100% dos fertilizantes, e em US\$ 1.936,35 com 50% dos fertilizantes. Portanto, o uso do bioestimulante à base de *T. asperellum* é uma estratégia economicamente viável para melhorar o desempenho agrônômico da bananeira, aumentar a eficiência do uso de adubos e elevar os ganhos em sistema de produção familiar na Amazônia. O uso de microrganismos nativos é uma prática promissora para aumentar a

rentabilidade de atividades que venham a ser financiadas com recursos de programas de crédito rural, bem como para possibilitar uma agricultura sustentável.

Palavras-chave: *Musa* (grupo AAAB) 'BRS Pacoua'. Bioestimulante vegetal. Viabilidade econômica. Região amazônica.

ABSTRACT

The banana (*Musa* spp.) is the most cultivated fruit tree in the world, having a positive socioeconomic impact in developing countries. Brazil is the world's fourth largest banana producer and the State of Pará, the largest producer in the Amazon region. Banana cultivation in Pará is mainly developed by family farmers, in production systems of low technification, low productivity and scarce capital input. The need for large quantities of fertilizers is one of the main obstacles to reach the maximum productive potential of banana cultivars, negatively impacting the economic and environmental aspect of the activity. On the other hand, the use of plant biostimulants can optimize the use of these inputs and benefit the productivity and profitability of crops. The objective of the study was to evaluate the productive performance and economic viability of banana cultivation under nutritional management with native *Trichoderma asperellum*, in a family production system in the Amazon region. The test was carried out in a family production system, in the field conditions of Ourém (Pará, Brazil), between december 2017 and december 2019. The cultivar BRS Pacoua was used, in a randomized block design, with four replications and three treatments: T1, 100% of the fertilizer dose (control); T2, 50% of the fertilizer dose + *T. Asperellum* (TA) (mix of isolates: Ufra.T06, Ufra.T09, Ufra.T12, Ufra.T52) and; T3, 100% of the fertilizer dose + TA (mix of isolates). Fertilization consisted of using inorganic fertilizers and poultry litter. The production of the 1st banana cycle and the economic viability of the practices in the six-year horizon were evaluated. The inoculation of TA + 100% of fertilizers increased productivity by 23%. The productivity of bananas was similar in the control treatments (100%) and with 50% of fertilizers + TA, however, the use of 50% of the fertilizers reduced the production costs by 7.2% in the year of implantation and, in 17.6% from the 2nd year of planting. In six years, inoculation with *T. asperellum* increases revenues by US\$ 8,944.40 with 100% of fertilizers, and by US\$ 1,936.35 with 50% of fertilizers. Therefore, the use of the biostimulant based on *T. asperellum* is an economically viable strategy to improve the agronomic performance of the banana, increase the efficiency of the use of fertilizers and increase the gains in the family production system in the Amazon. The use of native microorganisms is a promising practice to increase the profitability of activities that will be financed with resources from rural credit programs, as well as to enable sustainable agriculture.

Keywords: *Musa* (group AAAB) 'BRS Pacoua'. Plant biostimulant. Economic viability. Amazon region.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Banana BRS Pacoua produzida com 100% dos fertilizantes (à esquerda), 50% dos fertilizantes mais Trichoderma (no centro) e 100% dos fertilizantes mais Trichoderma (à direita) (a). Produtividade e Valor Presente Líquido da bananeira sob diferentes manejos nutricionais em sistema de produção familiar (b).....57
- Tabela 1** – Desempenho produtivo do 1º ciclo da banana BRS Pacoua, sob diferentes manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.....58
- Tabela 2** – Estimativa do custo operacional total (COT) de 1 hectare da banana BRS Pacoua em sistema de produção familiar no Norte do Brasil, com custo detalhado para os manejos nutricionais.....59
- Tabela 3** – Estimativa da participação percentual dos custos em relação ao COT e indicadores de viabilidade econômica da produção da banana BRS Pacoua dos manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.....60
- Tabela 4** – Fluxo de caixa com estimativa da produtividade anual (PROD.A), receita bruta, custo operacional total (COT), margem bruta (MB) e MB acumulada para 1 hectare de banana BRS Pacoua, sob diferentes manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.....61

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Aspectos gerais da cultura da banana	15
2.1.1 Importância socioeconômica	15
2.1.2 Origem e distribuição geográfica	18
2.1.3 Taxonomia	18
2.1.4 Morfologia e ciclo de vida	19
2.1.5 Exigências edafoclimáticas	21
2.1.6 <i>Musa</i> (grupo AAAB) 'BRS Pacoua'	23
2.2 Cultivo da bananeira	24
2.2.1 Preparo manual da área	25
2.2.2 Preparo mecanizado da área	25
2.2.3 Coveamento, sulcagem e adubação de fundação	26
2.2.4 Espaçamento e densidade de plantio	26
2.2.5 Plantio e replantio	27
2.2.6 Manejo nutricional	27
2.2.7 Tratos culturais	28
2.3 Bioestimulantes vegetais	31
2.3.1 Conceitos, mercado e legislação	31
2.3.2 <i>Trichoderma</i> como bioestimulante vegetal	32
2.3.3 Aspectos econômicos do uso de bioestimulantes microbianos	34
2.4 Estudo da viabilidade econômica	35
REFERÊNCIAS	37
3 DESEMPENHO AGROECONÔMICO DA BANANEIRA SOB MANEJO NUTRICIONAL COM <i>Trichoderma asperellum</i>, EM SISTEMA DE PRODUÇÃO FAMILIAR	44
3.1 Introdução	46

3.2 Materiais e métodos	47
3.2.1 Caracterização da área	47
3.2.2 Implantação da área e desenho experimental	48
3.2.3 Caracterização, produção e inoculação de <i>T. asperellum</i>	48
3.2.4 Manejo do bananal e avaliação da produção	48
3.2.5 Análise dos custos de produção	49
3.2.6 Análise de rentabilidade da atividade	50
3.3 Resultados e Discussão	51
3.3.1 Desempenho agrônômico da bananeira	51
3.3.2 Análise econômica.....	52
3.4 Conclusão	54
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICES	57

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A banana está entre as frutas mais consumidas e comercializadas no mundo, com importância particular nos países em desenvolvimento, onde é alimento básico. Conforme a Food and Agriculture Organization (FAO), o consumo global de bananas gira em torno de 15 kg por habitante ao ano (FAO, 2020a). Nas áreas rurais, pode representar cerca de 25% da ingestão diária de calorias (FAO, 2019). Além do importante papel na manutenção da segurança alimentar das famílias rurais, a cultura é fonte de emprego e renda, proporcionando postos de trabalho do cultivo ao processamento industrial. A ampla aceitação no mercado, o alto valor nutricional, o baixo custo de produção e a possibilidade de cultivo em diferentes regiões tornam a banana um produto estratégico para suprir a crescente demanda mundial por alimentos.

Atualmente, a banana é a fruta mais produzida no mundo, são cerca de 116 milhões de toneladas e área plantada de 5,7 milhões (FAO, 2018). O Brasil é o quarto maior produtor, com aproximadamente 7 milhões de toneladas e produtividade de 15 t ha⁻¹, inferior à média mundial (20 t ha⁻¹) e inferior à média da Índia (35 t ha⁻¹), China (31 t ha⁻¹) e Indonésia (60 t ha⁻¹), os países mais importantes nesse mercado (FAO, 2018). No Brasil, o cultivo da banana está distribuído por todo o território. Sudeste e Nordeste concentram cerca de 67% do volume produzido; os maiores produtores são os Estados de São Paulo e Bahia, seguidos por Minas Gerais, Santa Catarina e Pará (IBGE, 2018). Cerca de 98% da produção nacional de bananas é destinada ao mercado interno (BRASIL, 2019a).

O Estado do Pará é o maior produtor de bananas da região Norte, com uma área plantada de 35 mil ha, alcançando 423 mil t ano⁻¹ e produtividade média de 12 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). Nesse cenário, agricultores de base familiar são grandes os protagonistas, produzindo cerca de 72% das bananas do Estado. No entanto, nos sistemas de produção familiares predominam baixas produtividades (média de 8 t ha⁻¹), fato atribuído ao não uso de práticas agrícolas e à ausência de instrução técnica na maioria das propriedades (IBGE, 2017), assim como à incidência de doenças danosas, como sigatoka-amarela, sigatoka-negra, mal-do-Panamá e moko (POLTRONIERI; VERZIGNASS, 2007).

A plena expressão do potencial produtivo das cultivares de bananeira exige o uso abundante de fertilizantes e corretivos, especialmente nas condições edáficas amazônicas, onde há predominância de solos de baixa fertilidade, elevada acidez e alta saturação por alumínio (BORGES et al., 2015; CRAVO; VIEGAS; BRASIL, 2010). No entanto, a solução para essa questão implica no aumento dos custos de produção, encargos incompatíveis com o baixo poder econômico dos agricultores. Além de onerar os custos da atividade, o uso excessivo de

fertilizantes pode causar danos ambientais, como a contaminação do solo e a eutrofização dos corpos d'água (NEILL et al., 2017; SOLGI; SHEIKHZADEH; SOLGI, 2018). A cama de aviário não curtida, por exemplo, pode causar a disseminação de microrganismos patogênicos e a contaminação do solo com resíduos de produtos veterinários (ARIKAN; MULBRY; RICE, 2016; CHEN; KIM; JIANG, 2018). Deve-se considerar ainda o caráter não renovável dos adubos sintéticos, cujas fontes estão em processo de esgotamento, como as reservas de P (GILBERT, 2009). Portanto, soluções tecnológicas que reduzam a demanda por fertilizantes são fundamentais para tornar a produção de bananas mais eficiente e mais sustentável do ponto de vista ambiental.

O uso de bioestimulantes vegetais é uma estratégia que reduz a dependência dos fertilizantes e seus impactos negativos à medida que otimiza o uso destes insumos. Bioestimulantes são produtos à base substâncias e/ou microrganismos que aumentam a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou a qualidade dos cultivos, com efeitos dissociados do teor nutricional dos produtos (DU JARDIN, 2015). Fungos do gênero *Trichoderma* podem ter ação bioestimulante, com mecanismos que resultam, principalmente, na promoção do crescimento vegetal e/ou na redução dos efeitos de estresses abióticos. Tais mecanismos abrangem: a produção de compostos rizosféricos e indução da produção de fitohormônios, que beneficiam o desenvolvimento radicular; a disponibilização de nutrientes, via solubilização de P, produção de sideróforos e aceleração da mineralização da matéria orgânica (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015) e; a indução de tolerância sistêmica e modulação dos mecanismos de defesa das plantas (KUPPUSAMY et al., 2019). Na cultura da banana, *Trichoderma* promove o crescimento vegetal e reduz a incidência de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (KAVOO-MWANGI et al., 2013; QIN et al., 2017; TARIBUKA et al., 2017). Em milho (LÓPEZ-VALENZUELA et al., 2019), mostarda e tomate (HAQUE; ILIAS; MOLLA, 2012), a inoculação de *Trichoderma* reduziu em 50% a dose de fertilizantes nitrogenados, demonstrando o potencial do microrganismo para otimizar o uso de adubos em diferentes culturas. No entanto, os efeitos do uso do microrganismo em regimes nutricionais sub-ótimos ainda são desconhecidos na cultura da banana.

Por sua vez, a dimensão econômica é um aspecto cada vez mais explorado em pesquisas agropecuárias, pois é uma das principais objeções do agricultor à adoção de novas práticas. Em linhas gerais, o diagnóstico da viabilidade econômica é um estudo que evidencia se uma atividade ou negócio trará ou não retorno ao investidor, ao passo que compara os custos em sua implantação e funcionamento às receitas e benefícios auferidos no decorrer de determinado período (MARTINS, 2009). O diagnóstico contempla a projeção de custos e receitas, bem como

a análise de indicadores. Tem importante papel no processo decisório, auxiliando o investidor na alocação de recursos aos projetos mais promissores. Alguns trabalhos abordam a eficiência econômica da incorporação de tecnologias na produção de bananas, como em Barbosa et al. (2016) e Furlaneto, Martins e Esperancini (2011), que avaliaram o custo e a rentabilidade de diferentes manejos nutricionais. No entanto, verifica-se a necessidade de mais estudos sobre os benefícios econômicos de práticas no cultivo da bananeira, como o uso de bioestimulantes. Além disso, estudos sobre a rentabilidade da bananicultura em sistemas de produção familiar podem servir como fontes de informação para produtores interessados em financiar a atividade com recursos de programas de crédito rural.

Sabendo que *Trichoderma* promove o crescimento em plantas e melhora a disponibilização e absorção de nutrientes, levantou-se as seguintes hipóteses: 1) a inoculação de *Trichoderma* nativo reduz em 50% a necessidade de fertilizantes na bananeira, resultando em desempenho produtivo superior ou semelhante à fertilização convencional; 2) a inoculação de *Trichoderma* nativo melhora a performance produtiva das bananeiras sob 100% da fertilização e; 3) a tecnologia microbiana é economicamente viável e mais rentável que a prática de adubação convencional. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho agrônomo e a viabilidade econômica do cultivo da bananeira sob práticas de adubação com *Trichoderma* nativo, em sistema de produção familiar na região amazônica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura da banana

2.1.1 Importância socioeconômica

As bananas constituem alimento básico para milhões de pessoas ao redor do mundo, especialmente para as populações mais pobres da América Latina, África e Pacífico (FAO, 2018, 2020b). O consumo global de bananas gira em torno de 15 kg por habitante ao ano (FAO, 2020a). A forte aceitação do fruto se dá por seu sabor, facilidade de consumo, baixo custo e alto valor nutricional – sendo fonte de energia, proteínas, vitaminas e sais minerais (SILVA et al., 2015; TACO, 2011). Nas áreas rurais, o consumo da banana pode representar cerca de 25% da ingestão diária de calorias (FAO, 2019). Além da importância alimentícia, a cultura é fonte de renda e emprego para as famílias rurais, com possibilidade de comercialização semanal dos frutos, bem como de geração de postos de trabalho no campo e na indústria. Estudo realizado em 10 países mostrou que a receita com bananas pode explicar cerca de 75% da renda familiar mensal total de pequenos agricultores (FAO, 2019). Estima-se ainda que cerca de 400 milhões de trabalhadores atuem na indústria de bananas em todo o mundo (FAO, 2019).

No mercado mundial de frutas frescas, as bananas ocupam o primeiro lugar em volume produzido, com 116 milhões de toneladas (FAO, 2018), movimentando mais de US\$ 38 bilhões ao ano (FAO, 2016). A área cultivada com bananeiras gira em torno de 6 milhões de hectares (FAO, 2018). Os maiores produtores mundiais do fruto – Índia (30,8 mil t), China (11,2 mil t), Indonésia (7,3 mil t), Brasil (6,8 mil t) e Equador (6,5 mil t) – concentram 54% da produção global. Entre estes países, em termos de produtividade, destacam-se a Indonésia (60 t ha⁻¹), o Equador (40 t ha⁻¹), a Índia (35 t ha⁻¹) e a China (31 t ha⁻¹). O Brasil alcança apenas 15 t ha⁻¹, produtividade inferior à média mundial, 20 t ha⁻¹ (FAO, 2018).

No Brasil, a bananicultura movimenta aproximadamente US\$ 7 bilhões ao ano (IBGE, 2018). Em 2018, a banana foi o 7º *commoditie* mais produzido no país, perfazendo 6,8 mil toneladas, numa área de 449 mil hectares (FAO, 2018). A maior parte da produção brasileira destina-se ao mercado interno. Em 2019, apenas 1,17% da produção foi exportada, o equivalente a 79 mil toneladas, gerando divisas de US\$ 24 milhões. No mesmo ano, o país importou apenas 212 t do produto (entre bananas frescas ou secas e purês), cerca de 59% oriundas do Equador, 40% das Filipinas e o restante da China (BRASIL, 2019a). Recentemente, o governo brasileiro suspendeu a importação de bananas do Equador, motivado por riscos fitossanitários, sobretudo o vírus *Banana Bract Mosaic Virus - BBrMV* (BRASIL, 2019b).

O cultivo de bananas ocorre em todas as unidades federativas brasileiras, em variados ecossistemas. Tem destaque as regiões Sudeste (2,31 milhões de t) e Nordeste (2,26 milhões de t), que concentram 67% do volume de bananas produzido. São Paulo é o maior produtor nacional, seguido por Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina, Pernambuco e Pará. As maiores áreas plantadas pertencem aos Estados da Bahia (67 mil ha), São Paulo (49 mil ha), seguidos por Minas Gerais (47 mil ha), Pernambuco (39 mil ha) e Pará (35 mil ha). Embora a maior produtividade ocorra no Rio Grande do Norte (27,8 t ha⁻¹), no Nordeste, as maiores produtividades ocorrem nas regiões Sul (21,4 t ha⁻¹) e Sudeste (17,4 t ha⁻¹). Centro-Oeste, Nordeste e Norte apresentam produtividades inferiores à média nacional de 15 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). A disparidade no desempenho produtivo das regiões está fortemente relacionada à heterogeneidade tecnológica da bananicultura no Brasil.

O cultivo da bananeira no Brasil é conduzido majoritariamente por produtores de pequeno e médio porte, sob diversificado nível tecnológico (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010). Nesse cenário, a agricultura familiar tem marcante participação. Conforme o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), 82% dos estabelecimentos produtores do fruto pertencem à agricultura familiar, embora apenas 49% da produção venha destas propriedades. Isto é, 18% dos estabelecimentos produtores de banana, as unidades não-familiares, suprem 51% da produção nacional. Neste aspecto, verifica-se que, independente da região, a produtividade da bananicultura é menor nos sistemas de produção familiares, fato atribuído ao desuso de práticas agrícolas, à ausência de instrução técnica e à baixa capacidade de investimento nos bananais (IBGE, 2017). À parte desta tendência, há produções familiares altamente tecnificadas, tal como ocorre no município de Bom Jesus da Lapa, Bahia.

Na região Norte, o Estado do Pará é o maior produtor de bananas, seguido por Amazonas, Rondônia e Acre. A produção paraense alcança 423 mil t ano⁻¹, com área plantada de 35 mil ha e produtividade de 12 t ha⁻¹, desempenho inferior ao obtido em Rondônia e no Amazonas, que atingem o patamar nacional, 15 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). Cerca de 79% da produção paraense se concentra nas Mesorregiões Sudoeste e Sudeste Paraense. Em volume produzido, destacam-se os municípios de Medicilândia, Altamira e Novo Repartimento, com 42 mil t, 40 mil t e 29 mil t, respectivamente. As maiores produtividades são obtidas em Tailândia (50 t ha⁻¹) e Moju (25 t ha⁻¹), seguidos por Terra Santa, Santo Antônio do Tauá e Paragominas, ambos com 20 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). Nos estabelecimentos rurais do Estado, os plantios ocorrem em monocultivo, consórcios e sistemas agroflorestais (SAFs). Nos consórcios e SAFs, a frutífera comumente é associada com espécies alimentícias anuais ou com espécies perenes (açazeiro, dendezeiro, coqueiro, cupuaçuzeiro e cacauzeiro), constituindo importante fonte de receita para o custeio da atividade

global, além de fornecer sombreamento provisório às culturas perenes e material orgânico ao agroecossistema.

Conforme o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), o Pará possui 9.375 estabelecimentos produtores de banana, 87% pertencentes à agricultores familiares. Assim, a atividade possui grande relevância socioeconômica, contribuindo para a diversificação dos sistemas de produção, geração de renda, segurança alimentar, qualidade de vida às famílias e permanência no meio rural. Apesar da agricultura familiar fornecer 72% das bananas produzidas no Estado, nos bananais destes sistemas predominam baixas produtividades, média de 8 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). Este fato pode ser atribuído ao desuso de práticas agrícolas e à ausência de instrução técnica na maioria das propriedades, haja vista que 95% dos estabelecimentos familiares paraenses não recebem nenhum tipo de orientação técnica, 80% não realizam adubação, 95% não utilizam calcário ou outro tipo de corretivo, 69% não realizam preparo de solo e menos de 5% utilizam irrigação ou mecanização (IBGE, 2017).

Em relação ao consumo paraense de bananas, em 2019, a Centrais de Abastecimento do Pará S/A (PARÁ, 2019) registrou a comercialização de mais de 43 mil t de banana na Região Metropolitana de Belém. A maior parte deste volume foi de banana Prata (86%), seguido por Nanica (11%) e Mysore (2,3%). A banana Prata foi o tipo mais comercializado no período, no entanto, cerca de 96% do produto foi obtido de Estados do Nordeste, principalmente Bahia, Piauí e Maranhão. Apesar da considerável produção interna, menos de 1% da produção estadual foi comercializada na região Metropolitana de Belém (PARÁ, 2019). Isto pode ser explicado pelas condições precárias de acesso e distância dos principais centros produtivos à capital, o que representa um grande desafio à cadeia produtiva do fruto.

As principais limitações da bananicultura paraense incluem aspectos técnicos e econômicos. Se por um lado, há precariedade na assistência técnica, no preparo de solo e nos manejos adotados; por outro, há baixo aporte de capital por parte dos agricultores para investir em insumos, mecanização e irrigação (ALBUQUERQUE, 2014; IBGE, 2017). A alta demanda nutricional da cultura e o perfil dos solos amazônicos – de baixa fertilidade natural, elevada acidez e alta saturação por alumínio – são fatores críticos ao aumento da produtividade estadual (BORGES et al., 2015; CRAVO; VIEGAS; BRASIL, 2010). A incidência de doenças danosas, como sigatoka-amarela, sigatoka-negra, mal-do-Panamá e moko também limita a atividade (POLTRONIERI; VERZIGNASS, 2007). A resistência dos agricultores ao cooperativismo e a comercialização da produção a preços baixos, como ocorre nas transações com atravessadores, também são desafios ao desenvolvimento da atividade (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

2.1.2 Origem e distribuição geográfica

As bananeiras são espécies tropicais, cujo centro de origem está situado no sul e sudeste Asiático, com centros secundários na África Oriental e ilhas do Pacífico, além de um importante centro de diversidade na África Ocidental. Em ambiente natural, ocorrem nas áreas mais baixas das florestas tropicais, embora também sejam encontradas em altitudes mais elevadas. Possivelmente, as bananeiras introduzidas nas Américas saíram da Guiné, na África. Por sua vez, o material do continente africano pode ter chegado por uma ou duas vias: Índia – Golfo Pérsico – Arábia – África Ocidental ou Indonésia – Madagascar – África Oriental. A entrada da bananeira na América se deu no período colonial, em 1916, por meio de Tomás de Berlanga. A cultura foi bem aceita pelos indígenas, levando à sua rápida dispersão (DANTAS et al., 2015a).

Atualmente, as bananeiras são cultivadas em 138 países (FAO, 2018). A maioria destes localizados em regiões do trópico e subtropical, entre as latitudes 30° N e 30° S do Equador, embora as condições ótimas de cultivo estejam entre as latitudes 15° N e 15° S do Equador. O bom crescimento e desenvolvimento da cultura ocorre, preferencialmente, em climas tropicais, com boa disponibilidade hídrica e temperatura média diária de 27 °C. Apesar disso, cultivos fora destas condições também podem ocorrer, como nos subtropicais frios e trópicos semiáridos (DANTAS, 2015a).

2.1.3 Taxonomia

Conforme o sistema de classificação hierárquico, as bananeiras que produzem frutos comestíveis pertencem à classe Magnoliopsida, ordem Zingiberales, família Musaceae, subfamília Musoideae e gênero *Musa*, o qual compreende cerca de 35 espécies, distribuídas em duas seções: *Musa* e *Callimusa* (CHAMPION, 1967; HAKKINEN, 2013; WONG et al., 2002).

A classificação do gênero *Musa* é baseada no genoma. Esta classificação singular, proposta por Ernest E. Cheesman, em 1948, baseia-se no número básico de cromossomos das espécies e as divide em dois grupos: espécies com $n = 10$ cromossomos, abrangendo as seções *Australimusa* e *Callimusa*, e espécies com $n = 11$ cromossomos, que incluem as seções *Rhodochlamys* e *Eumusa* (DANTAS et al., 2015a). No entanto, recentemente, com base em evidências moleculares, Hakkinen (2013) concluiu que o gênero *Musa* é formado por apenas duas seções: *Musa*, que agrega as seções *Musa* e *Rhodochlamys*; e *Callimusa*, que integra as seções *Callimusa* e *Australimusa*.

A maioria dos grupos de importância socioeconômica desenvolveu-se a partir de espécies da seção *Musa*, pela hibridação intra e interespecíficas de *M. acuminata* (genoma A) e *M.*

balbisiana (genoma B), cujas combinações resultam em grupos diploides (AA, BB e AB), triploides (AAA, AAB e ABB) e tetraploides (AAAA, AAAB, AABB e ABBB) (DANTAS et al., 2015a). Além disso, a seção compreende a maior parte das espécies do gênero, tendo ampla distribuição geográfica.

Devido à complexidade da origem das espécies de *Musa*, que envolve hibridação, mutação e seleção artificial, a nomenclatura das bananas relacionadas à *M. acuminata* e *M. balbisiana* difere da nomenclatura binomial (gênero + epíteto específico). Este sistema baseia-se no grupo genômico e subgrupo (SIMMONDS; SHEPHERD, 1955), definido como um conjunto de cultivares com características comerciais de identidade específica, derivadas por mutações do mesmo genótipo (DANTAS et al., 2015a). Assim, o nome do cultivar é colocado entre ápices ('), sendo precedido pelo nome do gênero e, quando conhecido, pelo nome do grupo e subgrupo, como em *Musa* (grupo AAA, subgrupo Cavendish) 'Nanicão' (SIMMONDS; SHEPHERD, 1955).

2.1.4 Morfologia e ciclo de vida

A bananeira é um vegetal herbáceo completo, de porte exuberante, considerada perene, pois a formação de rebentos na base da planta possibilita sua constante renovação. Possui tronco curto e subterrâneo, denominado rizoma, órgão de reserva onde se inserem as raízes. O rizoma é constituído de duas zonas: o córtex e o cilindro vascular. O córtex possui função protetiva e é, basicamente, formado pelo parênquima, onde estão os feixes vasculares que suprem folhas, raízes e brotações. No cilindro vascular, há células meristemáticas de crescimento (gema apical), que originam as gemas laterais de brotação e o sistema aéreo e radicular. As raízes são adventícias e fibrosas, chegando a atingir de 5 a 10 m de comprimento, dependendo da variedade e condições do solo. De maneira geral, cerca de 70% do sistema radicular concentra-se na profundidade de 20 cm e a distância de 1,5 m do pseudocaule (DANTAS et al., 2015b).

As folhas são formadas por bainha foliar, pseudopecíolos, nervura e limbo foliar. Em média, a cada 7 a 11 dias surge uma nova folha, com vida útil entre 100 e 200 dias. Devido a estreita relação superfície foliar-fotossíntese, o número de folhas, assim como o tamanho destas, influencia no peso e no número de pencas dos cachos. O número de folhas funcionais na iniciação floral gira em torno de 10 a 12. O pseudocaule é o sustentáculo dos cachos, atingindo de 1,2 a 8,0 m de altura, e diâmetro entre 10 e 50 cm. A estrutura resulta do conjunto de bainhas foliares sobrepostas até a rozeta, onde as folhas se abrem, formando uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida (DANTAS et al., 2015b).

A inflorescência, do tipo racimo (cacho), é formada por pedúnculo (engaxo), ráquis (eixo central), brácteas e flores. Desenvolve-se a partir do ápice meristemático (rizoma), crescendo em tamanho e avançando pelo centro do pseudocaule, de onde emerge, rompendo as bainhas foliares. Nesta fase, a estrutura é protegida por uma grande bráctea ovalada, geralmente de coloração roxo-avermelhada. Em seguida, o ápice avoluma-se e origina as brácteas da inflorescência. Nas axilas das brácteas ocorre a diferenciação das flores, que se agrupam em pencas, constituídas de duas fileiras de flores, horizontais e paralelas. As flores são completas, porém ocorre atrofia das anteras nas flores femininas e, atrofia do ovário nas flores masculinas. As pencas femininas desenvolvem-se antes das masculinas. Assim, as primeiras flores da ráquis são femininas, com ovário bem desenvolvido, que originam frutos por partenocarpia. A inserção das flores masculinas ocorre no restante da ráquis. No intervalo entre flores femininas e masculinas pode haver pencas com ambos os sexos, ou mesmo hermafroditas, que originam frutos de qualidade inferior em termos de sabor. As brácteas que protegem as flores femininas sempre caem. O mangará (coração) consiste nas pencas de flores masculinas ainda em desenvolvimento, com suas respectivas brácteas. Os frutos (dedos) são do tipo baga, sem sementes, e formam uma penca (mão). Possuem formato alongado, com pericarpo, quando maduro, de amarelo a avermelhado e, mesocarpo com coloração branca a rosada. O comprimento do fruto varia em função do cultivar e condições de cultivo (DANTAS et al., 2015b).

O ciclo de vida da bananeira inicia com a formação da muda e seu aparecimento ao nível do solo. Em seguida, a planta cresce e produz frutos, que se desenvolvem, amadurecem, escurecem e caem. Na sequência, as folhas secam, culminando na morte da planta. Este ciclo pode ocorrer em dez meses, ou se estender por mais de 20 meses (SCARPARE FILHO et al., 2016). No entanto, ao longo do desenvolvimento vegetal há a formação de brotações, que permitem a multiplicação das bananeiras (DANTAS et al., 2015b). As mudas que brotam a partir da planta-mãe (1º geração) são denominadas planta filha (2º geração) e planta neta (3º geração). Por sua vez, o conjunto de bananeiras interligadas, com diferentes idades, denomina-se touceira ou família (MOREIRA, 1999).

Conforme Donato et al. (2015), o ciclo fenológico da cultura divide-se em fase infantil, juvenil e reprodutiva. A fase infantil corresponde ao período entre o plantio da muda (ou brotação) e a emissão da folha F10, com duração de 100 dias. Em seguida, ocorre a fase juvenil, que termina com a emissão da primeira folha normal em média 90 dias. A fase reprodutiva compreende o período entre o início da diferenciação floral e a colheita do cacho. Na prática, diz-se que a bananeira apresenta ciclo vegetativo, que abrange o intervalo entre o aparecimento

do rebento na superfície do solo e a colheita do cacho, e ciclo de produção, que refere-se ao período entre a colheita do cacho de uma bananeira e a colheita do cacho do seu rebento (MOREIRA, 1999). Ciclos vegetativo e de produção podem variar conforme cultivar, manejos culturais, condições edafoclimáticas, idade do bananal, entre outros.

2.1.5 Exigências edafoclimáticas

O crescimento e o desenvolvimento da bananeira, e sua consequente produtividade, são processos dependentes das interações água-solo-genótipo-atmosfera, além de agentes bióticos e da interferência humana (BORGES; SOUSA, 2004; DONATO et al., 2015).

Acerca das condições edáficas, recomenda-se que os bananais sejam estabelecidos em terrenos planos a levemente ondulados (<8%), a fim de facilitar os manejos, a mecanização, a colheita e a conservação do solo. Bananais situados em terrenos mais declivosos necessitam implantar práticas conservacionistas como aplicação de cobertura morta, plantio em nível, cordões em contorno, renques de vegetação e terraços. Áreas com declividade acima de 30% são consideradas inadequadas, devido à necessidade de rigorosas medidas de controle da erosão do solo. Indica-se que os solos sejam profundos, com mais de 0,75 m sem impedimentos, e bem drenados. A compactação do solo ou o encharcamento do solo podem prejudicar o suprimento de oxigênio à planta, ocasionando o apodrecimento das raízes. Assim, os solos dos bananais não devem apresentar camada impermeável, pedregosa ou endurecida, nem lençol freático a menos de 1,0 m de profundidade. A textura de solo ideal para a bananicultura é a média ou argilosa com boa estrutura física (BORGES; SOUSA, 2004; SOUZA; BORGES; SILVA, 2015).

A temperatura média ótima para o cultivo da bananeira é de 27 °C, temperatura que permite o equilíbrio entre emissão foliar e fotossíntese líquida. A temperatura mínima limite oscila entre 15 °C e 15,6 °C, e a máxima entre 35 °C e 37,8 °C. Temperaturas abaixo de 15 °C prejudicam as atividades fisiológicas da planta, com aumento no ciclo de produção, destruição da clorofila e amarelecimento das folhas, “chilling” e danos às raízes, flores e frutos. O “chilling” consiste em danos fisiológicos à planta e/ou aos frutos, e relaciona-se à má circulação da seiva, consequência do fechamento estomático, que paralisa de modo parcial ou total a respiração e induz a coagulação da seiva, dos cloroplastos das células, bem como a oxidação do tanino. Por outro lado, temperaturas acima de 35 °C inibem a emissão foliar e o desenvolvimento vegetal, especialmente sob déficit hídrico. Em virtude da desidratação, as folhas podem sofrer queimadura solar, tornando-se mais suscetíveis ao fendilhamento (BORGES; SOUSA, 2004; DONATO et al., 2015).

O cultivo da bananeira exige elevado e contínuo consumo de água, consequência direta da absorção de CO₂ para a fotossíntese e formação de suas estruturas. As maiores produções de banana estão associadas a uma precipitação total anual de 1.900 mm, bem distribuída durante o ano, isto é, cerca de 160 mm por mês (BORGES; SOUSA, 2004). Para Donato et al. (2015), o cultivo da bananeira demanda uma precipitação média anual de 2.000 mm a 2.500 mm, com suprimento mínimo 25 mm por semana para um crescimento satisfatório. Para Borges e Sousa (2004), o limite de 100 mm ao mês pode ser suficiente em solos mais profundos e com boa capacidade de retenção hídrica e, 180 mm ao mês para solos com menor capacidade de retenção. Assim, para estes autores, a precipitação efetiva anual varia entre 1.200 e 2.160 mm ao ano.

Conforme Souza, Borges e Silva (2015), o manejo da água no solo deve ser conduzido de modo que a água disponível atinja entre 10% e 20%, e que o potencial da água no solo não seja mais negativo que -20 kPa na zona radicular. Assim, recomenda-se manter a umidade do solo próximo da capacidade do campo durante todo o ciclo da cultura, o que é possível com irrigação. Sob déficit hídrico, as relações hídricas da bananeira são perturbadas, com efeito sobre a absorção de nutrientes, crescimento, ciclo fenológico, fotossíntese e rendimento (DONATO et al., 2015). Os períodos mais críticos ao suprimento de água à planta são as fases de diferenciação floral e o início da frutificação. No período floral, por exemplo, a deficiência hídrica prejudica a expansão da roseta foliar, dificultando ou mesmo impedindo o lançamento da inflorescência (BORGES; SOUSA, 2004).

A bananeira é uma planta C3, com altas taxas fotossintéticas, que requer alta luminosidade (TURNER et al., 2007). Sua atividade fotossintética é acelerada na faixa entre 2.000 e 10.000 lux (intensidade de iluminância/m²), e mais lenta entre 10.000 e 30.000 lux, conforme medições realizadas na face abaxial das folhas. Valores inferiores a 1.000 lux são insuficientes para o bom desenvolvimento da planta (BORGES; SOUSA, 2004). Nesse sentido, Donato et al. (2015) afirmam que a baixa radiação solar inibe a síntese de clorofila, tornando os limbos foliares brancos, e alonga as bainhas foliares e pseudocaulis. Dias nublados podem afetar a quantidade de carbono fixada pela copa, afetando o crescimento e funções das raízes. Além disso, em lavouras adensadas, sob baixa luminosidade, as plantas sombreadas tendem a estiolar, fenômeno que dessincroniza crescimento e desenvolvimento radicular e aéreo, com prejuízo sobre a produção (DONATO et al., 2015). Por outro lado, o excesso de radiação solar pode provocar queimaduras nas folhas, principalmente nas fases de cartucho ou recém-abertas. Em regiões com alta luminosidade o corte do cacho é mais precoce, de 80 a 90 dias após sua emissão. Em regiões ou períodos do ano de baixa luminosidade, o corte pode ocorrer de 85 a 112

dias. Sob iluminação intermediária, a colheita varia entre 90 e 100 dias a partir da emissão do cacho (BORGES; SOUSA, 2004).

Umidades relativas do ar acima de 80% proporcionam o melhor desenvolvimento à cultura, favorecendo a emissão de folhas, inflorescência, além de ajudar a uniformizar a coloração dos frutos e prolongar a longevidade das folhas. Por sua vez, a baixa umidade implica em folhas mais coriáceas e de menor longevidade. Apesar dos benefícios da alta umidade, quando associada à alta precipitação e alta temperatura, favorece o aparecimento de doenças fúngicas, principalmente sigatoka-amarela (BORGES; SOUSA, 2004).

O cultivo da bananeira é realizado sob altitudes de 0 a 1.000 m, no entanto, o acréscimo em altitude comumente eleva o ciclo de produção. De modo geral, a altitude influi na temperatura, precipitação, umidade relativa, luminosidade, entre outros fatores que, consequentemente, afetarão o crescimento e a produção da cultura (BORGES; SOUSA, 2004).

Outro fator ambiental que afeta os bananais são os ventos, cujos danos variam conforme a velocidade, duração e temperatura, além do cultivar e fase fenológica. Estima-se que as perdas causadas pelo vento girem em torno de 20% e 30% (DONATO et al., 2015). A maior parte das variedades de banana suporta ventos de até 40 km/h. Velocidades entre 40 e 55 km/h provocam danos moderados, já ventos acima de 55 km/h podem ocasionar perda total. Todavia, variedades de porte baixo conseguem suportar ventos de até 70 km/h. Os prejuízos causados pelos ventos abrangem: "chilling", devido aos ventos frios; desidratação da planta, pelo aumento da evaporação; fendilhamento das nervuras secundárias das folhas; redução da área foliar; rompimento das raízes; quebra da planta e; tombamento da planta. Em áreas sujeitas aos ventos intensos, recomenda-se o uso de quebra-ventos, como cortinas de bambu ou de outras plantas, como *Musa balbisiana*, *Musa textilis*, entre outras (BORGES; SOUSA, 2004; DONATO et al., 2015).

2.1.6 *Musa* (grupo AAAB) 'BRS Pacoua'

A cultivar BRS Pacoua, antes denominada PV-0376, é produto do Programa de Melhoramento Genético de Bananas e Plátanos da Embrapa Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA, 2016). Consiste em um híbrido entre Pacovan e Calcutta, resultando em grupo genômico AAAB (LEITE et al., 2003), resistente à sigatoka-amarela e ao mal-do-Panamá, e medianamente resistente à sigatoka-negra (EMBRAPA, 2016). O nome do cultivar é uma homenagem ao Frei Cristóvão de Lisboa que, no século XVII, grafou "Pacoua" (banana) e "Pacoeira" (bananeira) em sua obra "História dos animais e árvores do Maranhão". Pacoua

provavelmente é uma corruptela de Pacova, nome dado pelos indígenas brasileiros à banana (EMBRAPA, 2016).

Possui porte inferior ao da Pacovan, medindo entre 3 e 3,5 m (EMBRAPA, 2016). Estudo realizado em Belmonte/BA, sob condições de sequeiro, demonstrou que no 4º ciclo a cultivar alcançou 4 m de altura e 28 cm de diâmetro do pseudocaule (LEITE et al., 2003). No mesmo estudo, o número de dias do plantio à colheita do 1º cacho foi de 460 dias; a massa do cacho foi de 9,6 kg, 10,6 kg, 10,3 kg e 19,4 kg para o 1º, 2º, 3º e 4º ciclo, respectivamente. O número de frutos por cacho foi de 88 (1º ciclo), 82 (2º ciclo), 104 (3º ciclo) e 110 (4º ciclo); e o comprimento do fruto, 15,7 cm (1º ciclo), 17,0 cm (2º ciclo), 15,3 cm (3º ciclo) e 19,3 cm (4º ciclo).

Com base em experimentos realizados na região Norte e Nordeste do Brasil, o potencial produtivo do 1º ciclo do cultivar gira em torno de 9,7 kg de massa do cacho, cinco pencas por cacho, 12 frutos por penca, 15,7 cm de comprimento do fruto, 74 frutos por cacho e produtividade de 10 t ha⁻¹, considerando densidade ajustada de 1.035 plantas ha⁻¹ e adubação adequada (LEITE et al., 2003; NASCIMENTO et al., 2009). No 4º ciclo de produção, BRS Pacoua alcançou uma produtividade de aproximadamente 20 t ha⁻¹ (cálculo para 1.035 plantas ha⁻¹, peso do cacho de 19,4 kg) (LEITE et al., 2003).

No entanto, o material de divulgação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2016) informa que as pencas de BRS Pacoua apresentam, em média, 14 bananas; a massa do cacho varia entre 25 e 42 kg e; a produtividade a partir do 2º ciclo gira em torno de 30 t/ha. A emissão do cacho do cultivar ocorre aos oito ou nove meses após o plantio e a colheita entre 11 e 12 meses. Cada cacho possui entre 120 e 130 frutos. Os frutos são pentaquinados, bastante retos e uniformes, o que facilita o transporte, a exposição e a comercialização dos frutos. Os frutos são menores que os do cultivar Pacovan, e semelhantes aos da Prata comum e prata-anã, com peso médio de 150 g e rendimento de 67% (EMBRAPA, 2016).

Em resumo, as respostas produtivas do cultivar podem variar em função de inúmeros fatores, como condições edafoclimáticas, ciclo de produção, manejos adotados, qualidade das mudas, densidade de plantio, entre outros. Ademais, verifica-se a necessidade da elaboração da ficha técnica do cultivar, por parte da EMBRAPA.

2.2 Cultivo da bananeira

A escolha da área para o cultivo da bananeira deve contemplar tanto as exigências edafoclimáticas quanto a infraestrutura necessária ao desempenho das atividades produtivas,

incluindo pós-colheita e escoamento da produção. Escolhido o local, é fundamental realizar o preparo da área, que pode incluir limpeza do terreno, preparo do solo, correção da acidez, coveamento e adubação de fundação (SOUZA; BORGES; SILVA, 2015). Na sequência, realizam-se as operações de plantio e replantio. Ao longo do cultivo é necessário efetuar adubações, tratos culturais, manejo fitossanitário, colheita e pós-colheita.

2.2.1 Preparo manual da área

O preparo manual abrange operações de roçagem, encoivamento dos restos vegetais, calagem, coveamento e adubação de fundação. O método tem como principal vantagem a baixa mobilização das camadas do solo. Durante a limpeza do lote, recomenda-se que os restos vegetais não sejam queimados, mas que sejam dispostos em curvas de nível. A correção de acidez e adubação devem ser orientadas pela análise de solo, a qual é feita cerca de 6 meses antes da instalação do bananal. A calagem deve ser feita com antecedência mínima de 30 dias do plantio. O calcário deve ser aplicado a lanço, preferencialmente em área total, embora haja a possibilidade de aplicá-lo apenas nas covas de plantio (BORGES; BRASIL, 2014; SOUZA; BORGES; SILVA, 2015).

2.2.2 Preparo mecanizado da área

O preparo mecanizado visa melhorar as condições físicas do solo, garantindo condições para o bom desenvolvimento radicular e estabelecimento da cultura. Seus benefícios incluem o aumento da aeração e da infiltração da água, a redução da resistência do solo ao crescimento das raízes, a melhoria do controle de plantas invasoras e, o aumento da eficiência do uso de corretivos e fertilizantes. No entanto, o uso de máquinas e implementos exige alguns cuidados, como: alternar o tipo de implemento utilizado e a profundidade de trabalho; revolver o solo o mínimo possível; trabalhar sob solo friável; conservar a biomassa vegetal sobre o terreno; usar maquinários leves e; executar as operações acompanhando as curvas de nível. De modo geral, o uso de implementos agrícolas deve ser balizado pela avaliação do perfil do solo, observando a presença de camadas compactadas ou adensadas (SOUZA; BORGES, 2004; SOUZA; BORGES; SILVA, 2015).

O método mecanizado pode incluir limpeza, aração e gradagem (ou escarificação), calagem e coveamento (ou sulcagem). Na limpeza com máquinas, deve-se ter o cuidado de manter a camada superficial do solo. A aração deve ser feita no mínimo a 20 cm da superfície do solo, ou mais profundamente possível. Como alternativa ao arado e à grade, indica-se o uso de escarificador, que movimentam pouco o solo e conserva a biomassa vegetal. A profundidade da

escarificação deve ser no máximo entre 25 e 30 cm (SOUZA; BORGES, 2004). Em áreas com pastagens ou com subsolos adensados, deve-se utilizar subsolador, na profundidade entre 50 e 70 cm. Em áreas declivosas, indica-se reduzir o uso de máquinas (SOUZA; BORGES; SILVA, 2015). Em áreas sujeitas a encharcamento, deve-se estabelecer sistema de drenagem (SOUZA; BORGES, 2004).

A incorporação do calcário é realizada durante a aração e gradagem, ou na escarificação. A calagem deve ser executada com antecedência mínima de 30 dias do plantio, com aplicação do corretivo a lanço, em duas etapas: primeiro, aplica-se a dose recomendada para a camada de 20 a 40 cm e faz-se uma escarificação com hastes retas, que atinge 30 cm de profundidade; depois de 10 a 15 dias, aplica-se a dose recomendada para a camada de 0 a 20 cm, seguida de nova escarificação, de modo a cruzar a primeira. Aguarda-se mais 15 a 20 dias para realizar o plantio (SOUZA; BORGES; SILVA, 2015).

2.2.3 Coveamento, sulcagem e adubação de fundação

Após a movimentação do solo, realiza-se o coveamento ou a sulcagem (SOUZA; BORGES, 2004). As covas devem medir 30 x 30 x 30 cm ou 40 x 40 x 40 cm, para mudas com massa entre 0,5 e 1,0 kg e entre 1,0 e 1,5 kg, respectivamente. No coveamento manual, as covas são abertas com cavador e/ou enxada. No coveamento mecanizado, utiliza-se o trado mecânico acoplado ao trator (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

A sulcagem é uma opção ao coveamento. Os sulcos de plantio podem ter profundidade de 30 cm. Na abertura destes, o sulcador deve passar duas vezes em cada linha, na direção nascente-poente, a fim de facilitar o manejo da colheita. O solo removido das covas ou sulcos deve ser reservado para o plantio das mudas (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

Na adubação de fundação, cada cova recebe 10 litros de esterco bovino ou 5 litros de esterco de galinha ou 2 litros de torta de mamona. Juntamente com a adubação orgânica, adiciona-se o adubo fosfatado e o FTE BR8 ou BR12. O material deve ser misturado. Fecha-se a cova e finca-se um piquete no seu centro. A adubação de fundação deve ser feita com antecedência de, pelo menos, 10 dias antes do plantio (BORGES; BRASIL, 2014; CRAVO; SOUZA; BRASIL, 2010).

2.2.4 Espaçamento e densidade de plantio

Os espaçamentos de plantio mais comuns seguem os formatos quadrado, retângulo, hexágono e em fileiras duplas (LIMA; ALVES, 2004). Para as condições do Estado do Pará, indica-se o espaçamento 3 x 3 m para as cultivares Thap Maeo (AAB), BRS Conquista (AAB) e

BRS Prata Garantida (AAAB); e o espaçamento 3 x 2 m para a cultivar Caipira (AAA). O espaçamento em fileira dupla 4 x 3 x 2,5 m é recomendado para Thap Maeo (AAB) e BRS Conquista (AAB); 4 x 2 x 2 m para Caipira (AAA) e 4 x 2 x 2,5 m ou 4 x 2,5 x 2 m para BRS Prata Garantida (AAAB). A densidade de plantio destes espaçamentos varia de 1.111 a 1.666 plantas por hectare (BORGES; BRASIL, 2014). Para consórcios não irrigados, adota-se o espaçamento 4 x 2 x 2 m (cultivares de porte médio) ou 4 x 2 x 3 m (cultivares de porte alto). Em consórcios sob irrigação, recomenda-se a ampliação do espaçamento, em função do maior vigor das plantas; assim, pode-se utilizar o espaçamento 4,5 (entre fileiras duplas) x 2,0 (entre fileiras) x 2,35 (entre plantas das fileiras duplas) ou ainda, 4,5 x 2,0 x 3,35 (ALVES, 2003).

2.2.5 Plantio e replantio

O plantio deve ser realizado em períodos menos chuvosos, considerando que a necessidade hídrica das bananeiras jovens é menor nos três primeiros meses após o plantio. Sob irrigação, o plantio pode ser feito durante todo o ano. Indica-se o plantio escalonado das áreas, de modo a manter a produção ao longo do ano e facilitar o manejo do bananal. As mudas usadas devem ter boa procedência, isto é, obtidas preferencialmente de viveiros registrados, com material originário de plantas sadias (de idade não superior a três anos), com alta vitalidade e aparência normal. Cada rizoma deve apresentar massa inferior a 2 kg. Na prática, as mudas mais utilizadas são do tipo micropropagada, chifrão, chifre e chifrinho (LIMA; ALVES, 2004). A fim de obter áreas homogêneas, o local de plantio é selecionado conforme o tipo da muda. Isto é, plantas do mesmo tamanho são cultivadas na mesma área (BORGES; BRASIL, 2014).

Durante o plantio, coloca-se a muda no centro da cova, procurando firmá-la. Em seguida, fecha-se a cova com a porção de solo anteriormente removida. O rizoma deve ser coberto por uma camada de solo não inferior a 10 cm, e não superior a 20 cm. O solo na cova deve ser pressionado, eliminando os espaços vazios. Em mudas tipo chifre, chifrão e chifrinho, a parte aérea deve ser rebaixada, deixando cerca de 3 cm de pseudocaule, o qual, posteriormente, é coberto por uma camada entre 3 e 5 cm de terra solta. As mudas micropropagadas devem ser aclimatadas antes do plantio, por um período entre 45 e 60 dias. Depois de 30 a 45 dias do plantio, realiza-se o replantio, com mudas maiores que as utilizadas anteriormente, objetivando manter a uniformidade da época da colheita (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

2.2.6 Manejo nutricional

O uso de fertilizantes inorgânicos e esterco animal são as práticas mais difundidas para suprir as demandas da bananeira no Estado do Pará. Na maioria das cultivares, K e N são os

macronutrientes mais absorvidos, ao passo que o P é o elemento mais exportado pelos frutos (BORGES et al., 2015). A avaliação do estado nutricional do cultivar BRS Pacoua, antiga PV 0376, evidenciou que, no 5º ano de cultivo, os macronutrientes mais abundantes nas folhas são $K > N > Ca > Mg > P > S$, e os micronutrientes são $Mn > Fe > Zn > B > Cu$ (VELOSO et al.; 2000). Entre outras funções, o N está relacionado ao aumento do número de pencas, o P atua nas funções dos órgãos florais e o K promove a produção de cachos e pencas, bem como influi na qualidade e resistência dos frutos (BORGES et al., 2015).

As recomendações de adubação e calagem da bananeira para o Estado do Pará baseiam-se em Cravo, Souza e Brasil (2010) e Borges e Brasil (2014). Durante o primeiro ano do bananal, realiza-se a adubação de formação, onde as quantidades de N e K recomendadas são divididas em seis ou, no mínimo quatro parcelas. As adubações anuais de N, P e K devem ser realizadas dois meses depois da última adubação de formação. Em áreas não irrigadas, divide-se a dose total em três parcelas, aplicando-as no início, no meio e no final do período chuvoso. Em áreas irrigadas, parcelar a dose em seis vezes. O adubo fosfatado é aplicado em dose única, junto às primeiras parcelas de N e K. Os fertilizantes são distribuídos em círculo, a uma distância de 30 a 50 cm das plantas, incorporando levemente o material. Aumenta-se a distância conforme a idade da planta. Em bananais formados, os fertilizantes são aplicados em meia-lua, em frente à planta filha e neta. Indica-se utilizar cobertura morta sempre que possível (BORGES; BRASIL, 2014; CRAVO; SOUZA; BRASIL, 2010).

2.2.7 Tratos culturais

A adequada realização dos tratos culturais tem importante papel no desempenho produtivo e na rentabilidade dos bananais. Excetuando-se calagem e adubação, explanados anteriormente, os tratos culturais básicos da bananeira incluem: desbaste, desfolha, eliminação da ráquis masculina e da última penca, colheita, manejo de plantas infestantes e controle fitossanitário (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

O desbaste da touceira consiste na eliminação do excesso de rebentos, mantendo uma população que favoreça a produtividade, qualidade e o controle de pragas. Durante a formação do bananal, os desbastes são realizados, geralmente, aos quatro, seis e dez meses de plantio. Em cultivos adultos, o desbaste é realizado junto à desfolha. Deve-se selecionar brotos vigorosos, afastados cerca de 20 cm da planta-mãe, considerando o alinhamento do bananal. Recomenda-se manter uma planta de cada geração por touceira. Assim, a cada ciclo, conduz-se a touceira com mãe e filho. A seleção do neto ocorre quando a planta-mãe está prestes a ser colhida. Na prática,

o desbaste é feito com o corte da planta ou das brotações, rente ao solo. Em seguida, com o sacador de gemas, retira-se a gema apical (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

A desfolha consiste na eliminação de folhas secas, doentes, amareladas, deformadas, com pecíolo quebrado ou folhas que firam os frutos. O corte das folhas é realizado no pecíolo, rente ao pseudocaule, de baixo para cima, a fim de evitar o esfacelamento da bainha. Geralmente, no primeiro ano, a desfolha é realizada aos quatro, seis e dez meses. Em bananais formados, a desfolha deve preceder o desbaste, sendo realizada após as adubações (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

A eliminação da ráquis masculina, ou “coração”, proporciona aumento na massa do cacho e melhoria na qualidade e maturação dos frutos. Além disso, reduz danos por tombamento, sendo ainda uma importante prática fitossanitária no controle de tripes e moko. A operação é realizada quando a última "mão" verdadeira apresentar os "dedos" voltados para cima, cerca de duas semanas após a emissão da última penca. Para tanto, corta-se o “coração”, em seguida, no solo, o órgão é fracionado, a fim de acelerar sua decomposição (BORGES; BRASIL, 2014). Simultaneamente à eliminação do “coração”, extrai-se a última penca (ou as duas últimas pencas). Conforme a qualidade esperada para os frutos e a necessidade do bananal, procede-se o ensacamento do cacho e o escoramento das plantas, respectivamente (LIMA; ALVES, 2004).

A colheita deve ser planejada e executada adequadamente, pois a qualidade dos frutos depende desta operação. O momento da colheita depende basicamente do tempo que o produto levará para chegar ao mercado consumidor. A aparência morfológica dos frutos é o método mais utilizado para identificar o ponto de colheita dos cachos. Para bananas do grupo Prata e Maçã, por exemplo, o ponto de colheita está associado ao desaparecimento das quinas da superfície dos frutos (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004). Outros critérios podem ser usados para avaliar o ponto de colheita, como a coloração da casca dos frutos, ou grau de maturação; o diâmetro do dedo central da segunda penca e; a idade do cacho, associado às práticas de ensacamento e ao uso de fitas coloridas (AQUINO; SALOMÃO; AZEVEDO, 2016; BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

Em cultivares de porte baixo-médio e no 1º ciclo de plantas de porte médio, a colheita é realizada por apenas uma pessoa. No entanto, o trabalho individual pode causar danos aos frutos. Para minimizar perdas, recomenda-se que a operação seja conduzida por equipes, principalmente em cultivares de porte médio-alto. A equipe deve contar com um cortador, um aparador/carregador e um arrumador. O cortador é responsável por avaliar o ponto de colheita, cortar o engajo e separar o cacho, cortar o pseudocaule e depositar a biomassa nas entrelinhas. O aparador recebe o cacho no momento do corte e deposita-o no cabo aéreo ou numa carreta de

transporte. Por sua vez, o arrumador acondiciona os cachos nas carretas de transporte ou, quando utiliza-se o cabo aéreo, coloca a proteção entre as pencas e conduz o material até a casa de embalagem. Depois da colheita, os cachos são despencados, os frutos são lavados, classificados e embalados. Adicionalmente, os frutos podem passar por climatização ou algum tipo de procedimento de conservação (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

O manejo das plantas infestantes visa reduzir a competição por água e nutrientes. Recomenda-se o uso combinado dos métodos de controle, que oferece benefícios sobre custos, meio ambiente e competitividade da atividade. O controle do mato é essencial nos primeiros cinco meses de cultivo, requerendo de cinco a seis operações. De modo geral, as limpezas devem ser constantes, até que o sombreamento das bananeiras retarde o surgimento ou rebrotas das plantas infestantes. As práticas de controle do mato incluem capina, roçagem e controle químico. A capina possui limitações, pois pode danificar o sistema radicular e expor o solo às intempéries, além de ser uma operação de baixo rendimento de trabalho e elevado custo. Por outro lado, a roçagem e o controle químico possuem grande rendimento, conservando ainda a integridade do solo. A roçagem pode ser realizada com estrovenga, roçadeira manual ou roçadeira motomecanizada. O controle químico é feito com herbicidas registrados para a cultura, conforme a composição matoflorística. Atualmente, há uma forte tendência do uso de herbicidas de pós-emergência, pela formação da cobertura morta (BORGES; BRASIL, 2014; LIMA; ALVES, 2004).

A cultura da banana apresenta diversos problemas fitossanitários, alguns com alto potencial de causar danos econômicos e de ampla distribuição geográfica. Na região Amazônica, destacam-se sigatoka-amarela (*Mycosphaerella musicola*), sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis*), mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) e o moko/murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum*). O manejo de doenças é realizado basicamente através do uso de variedades resistentes, controle cultural e controle químico (CORDEIRO; MATOS, 2000). As principais pragas da cultura são broca-do-rizoma, broca-do-pseudocaule, tripes, lagartas de folhas, nematoides, pulgão e traça-da-bananeira. O manejo de pragas baseia-se no monitoramento, uso de mudas livres de infestação, resistência varietal, iscas atrativas, controle biológico, práticas culturais, controle químico e controle por comportamento (FANCELLI; MESQUITA, 2000).

2.3 Bioestimulantes vegetais

2.3.1 Conceitos, mercado e legislação

Nos últimos anos, os impactos do uso excessivo de insumos sintéticos, a perda da fertilidade dos solos e a maior frequência de pragas, doenças e oscilações climáticas tem motivado o desenvolvimento produtos biológicos, como os bioestimulantes. Conforme Du Jardin (2015), bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microrganismo (ou mistura de substâncias e/ou microrganismos) aplicada às plantas a fim de aumentar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou a qualidade dos cultivos, com efeito dissociado do seu teor nutricional. A categoria abrange formulações de natureza diversificada, como ácidos húmicos e fúlvicos, hidrolisados de proteínas e outros compostos contendo N, extratos de algas, extratos de plantas, quitosana e outros biopolímeros, compostos inorgânicos, fungos e bactérias benéficas.

Embora estes insumos encontrem maior apelo na agricultura orgânica, há uma crescente popularidade dos bioestimulantes entre os agricultores convencionais, resultado de inúmeros projetos de extensão com véis sustentável (governamentais e não-governamentais), divulgação de pesquisas e da demanda dos consumidores por produtos ecologicamente corretos. Conforme relatório da Fortune Business Insights (2020), a participação global dos bioestimulantes em 2020 foi avaliada em US\$ 2,83 bilhões e deverá atingir US\$ 5,68 bilhões até o final de 2026, com crescimento anual de 12,4% durante o período (2020-2026). Neste mercado, América do Norte e Europa são os maiores consumidores, respondendo por mais de 50% de participação. A Market Data Forecast (2020) avaliou o mercado latino-americano de bioestimulantes em US\$ 302,56 milhões, com expectativa de crescimento de 14,33% ao ano, atingindo US\$ 700,66 milhões em 2025. Nesse cenário, Brasil e Argentina são os grandes protagonistas (MORDOR INTELLIGENCE, 2020).

A definição do termo “bioestimulante vegetal” é uma etapa crucial para o desenvolvimento do quadro regulatório dos países, que atualmente regulam/registram os produtos desta categoria como fertilizantes, inoculantes, melhoradores de solo, entre outros. Nesse âmbito, os primeiros conceitos acerca do termo “bioestimulantes” focavam em diferenciá-los dos fertilizantes, pesticidas e agentes de biocontrole (DU JARDIN, 2015). Embora existam outros, o conceito mais aceito pela comunidade é aquele formulado por Du Jardin (2015), que fez a primeira análise aprofundada sobre o tema, baseando suas proposições em conhecimentos sobre a natureza, os modos de ação e os tipos de efeitos dos bioestimulantes sobre as culturas.

A primeira definição legal do termo foi publicada na lei agrícola norte-americana de 2018, que descreve os bioestimulantes vegetais como “substância ou microrganismo que, quando aplicado às sementes, plantas ou rizosfera, estimula processos naturais para melhorar ou

beneficiar absorção de nutrientes, eficiência dos nutrientes, tolerância ao estresse abiótico, ou qualidade e rendimento da colheita” (US CONGRESS, 2018). No entanto, a União Europeia foi o primeiro órgão governante do mundo a reconhecer os bioestimulantes como uma classe distinta de insumos agrícolas, estabelecendo em seu novo regulamento de fertilizantes o seguinte:

Os bioestimulantes vegetais contêm substância(s) e/ou microrganismos cuja função quando aplicada às plantas ou à rizosfera é estimular processos naturais para melhorar/beneficiar a absorção de nutrientes, a eficiência dos nutrientes, a tolerância ao estresse abiótico e a qualidade da colheita (EUROPEAN UNION, 2019).

No Brasil, o termo “bioestimulantes” ainda não é contemplado na legislação. Assim, insumos contendo biotivos que promovam efeitos estimulantes, que não sejam agrotóxicos ou exclusivamente fonte de nutrientes, são regulados pela legislação de fertilizantes, conforme o Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004), na classe de “Bioestimulantes ou Biofertilizantes”; ou ainda, pela legislação dos Sistemas Orgânicos de Produção, conforme a Instrução Normativa 64 de 2008 (BRASIL, 2008), na classe “Biofertilizantes”. Recentemente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento lançou o Programa Nacional de Bioinsumos, Decreto 10.375 de 27 de maio de 2020 (BRASIL, 2020a), com foco em aproveitar a biodiversidade brasileira para estimular a pesquisa, a produção e o uso de produtos biológicos no país. A base conceitual do programa descreve bioestimulante como:

Produto que contém substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante (BRASIL, 2020b).

Apesar do avanço, até o presente momento, não houve publicação de novos regulamentos contemplando a referida definição. Assim, nota-se a necessidade de atualização na legislação brasileira de insumos agrícolas, a fim de proteger o direito dos agricultores enquanto consumidores e promover a concorrência leal entre as empresas do segmento.

2.3.2 *Trichoderma* como bioestimulante vegetal

O gênero *Trichoderma* compreende fungos de vida livre, presentes nos solos de uma ampla gama de zonas climáticas, cujo modo de vida baseia-se na saprotrofia, micotrofia e dependência de açúcares derivados de plantas. *Trichoderma* possui grande potencial como

bioinsumo por formar associação simbiótica com as raízes das plantas, colonizar rapidamente o solo e sobreviver em restos culturais. Constituem os bioativos mais utilizados em formulações comerciais para o controle biológico de fitopatógenos, popularização que resulta da capacidade antagonista das cepas, bem sucedidas em interações de parasitismo, antibiose e competição; e da capacidade de induzir resistência sistêmica em plantas. Além do biocontrole, *Trichoderma* pode atuar como bioestimulante, com benefícios sobre a promoção do crescimento, disponibilização de nutrientes no solo e adaptação vegetal aos estresses abióticos. Destaca-se que a manifestação da atividade biopesticida ou bioestimulante varia conforme a espécie, o isolado, a planta hospedeira e as condições ambientais; geralmente com predomínio de uma das duas competências (LOPEZ-BÚCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015).

Atualmente, no Brasil, há cinco produtos comerciais à base de *Trichoderma* cujo modo de ação abrange mecanismos de bioestimulação. Destes, três apresentam dupla competência, são eles: Trichodermax EC (*Trichoderma asperellum*), Stimucontrol (*Trichoderma harzianum*) e Trianium (*Trichoderma harzianum*). Trichoplus JCO Grafite (*Trichoderma harzianum*), indicado para a cultura do feijão e soja e, ICB Nutrisolo Trichoderma (*Trichoderma* spp.), comercializado como inoculante, atuam exclusivamente como promotores do crescimento vegetal (BETTIOL et al., 2019). Entre os atributos que tornam os formulados de *Trichoderma* tão singulares destacam-se: versatilidade de funções e de culturas-alvo; produção de estruturas de resistência; boa adaptação sob várias condições edafoclimáticas, incluindo solos ácidos; caráter ecológico; facilidade do uso e; baixo risco à saúde humana e animal (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015; MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

Em relação aos mecanismos de ação, *Trichoderma* produz compostos rizosféricos e induz a produção de fitohormônios, processos que beneficiam o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, ampliam a capacidade de absorção de nutrientes e água. *Trichoderma* também disponibiliza nutrientes via solubilização de P, produção de sideróforos e aceleração da mineralização da matéria orgânica (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015); mecanismos importantes para otimizar o uso de fertilizantes, como observado nas culturas milho (LÓPEZ-VALENZUELA et al., 2019), mostarda e tomate (HAQUE; ILIAS; MOLLA, 2012), onde a inoculação de *Trichoderma* reduziu em 50% a dose de fertilizantes nitrogenados. A sinergia de tais mecanismos promove o crescimento vegetal, externado no incremento de biomassa e de produtividade, como observado nas culturas do arroz (NASCENTE et al., 2016), soja (MARRA et al., 2019), tomate (BIDELLAOUI et al., 2018) e banana (QIN et al., 2017). *Trichoderma* também altera respostas metabólicas que podem aliviar ou reduzir o efeito de estresses abióticos (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-

ESTRELLA, 2015); tolerância que pode ocorrer via melhoria da nutrição e crescimento, e/ou via indução de tolerância sistêmica e modulação dos mecanismos de defesa das plantas (KUPPUSAMY et al., 2019).

Estudos têm demonstrado a eficácia de *Trichoderma* em reduzir a incidência de doenças e promover o crescimento em bananeiras; no entanto, os efeitos do uso do microrganismo em regimes nutricionais sub-ótimos ainda são desconhecidos nesta cultura. A utilização de *Trichoderma asperellum* (PZ6) incrementou o crescimento vegetal, a atividade das raízes e a capacidade defensiva de mudas de banana contra *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (QIN et al. 2017). Semelhantemente, *Trichoderma harzianum* (PSR-1) expressou capacidade antagônica contra *F. oxysporum* f. sp. cubense e estimulou o crescimento vegetativo de mudas de banana (TARIBUKA et al., 2017). Em condições de campo, a aplicação de *Trichoderma* aumentou o crescimento de mudas de banana (volume aparente e área superficial da folha) no Vertisol em mais 25% (KAVOO-MWANGI et al., 2013). Porque a bioestimulação por *Trichoderma* tem grande potencial para aprimorar os sistemas de produção de banana, há a necessidade de mais informações sobre os efeitos da associação *Trichoderma*-bananeira na otimização do uso de fertilizantes, em adaptações aos estresses abióticos e no incremento do crescimento, rendimento e qualidade da cultura. Aspectos como dosagem, métodos de aplicação, frequência de uso e momento de aplicação de *Trichoderma* em bananeiras ainda precisam ser melhor compreendidos.

2.3.3 Aspectos econômicos do uso de bioestimulantes microbianos

Os microrganismos são importantes recursos no contexto da bioeconomia, com potencial de gerar impactos positivos dentro e fora da porteira. Nos estabelecimentos rurais, melhoram as condições de saúde dos agricultores e a eficiência do uso de insumos, beneficiando a conservação ambiental e o desempenho produtivo e econômico das culturas. Fora da porteira, a tecnologia pode contribuir para o crescimento econômico e a criação de empregos nas regiões em que os bioinsumos são desenvolvidos, alinhando-se, assim, à vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS1, “acabar com a pobreza em todas as suas formas” e, o ODS10 “reduzir a desigualdade dentro e entre os países” (TIMMIS et al., 2017). Por essas razões, os microrganismos estão entre os principais recursos da revolução agrícola emergente.

O bioma Amazônia representa um campo fértil para o desenvolvimento de bioinsumos devido à sua biodiversidade. No entanto, apesar dos avanços, o potencial econômico dos ativos

biológicos nativos ainda é subutilizado (RODRIGUES, 2018). Ademais, embora o consumo de produtos biológicos tenha crescido nos últimos anos, ainda representam uma tecnologia pouco difundida entre os agricultores. Os desafios ao desenvolvimento deste segmento incluem: a elaboração de mais pesquisas, com foco na seleção de bioagentes, formulações, eficiência técnica e econômica de processos, impactos ambientais e tecnologia de aplicação; o aumento do número de laboratórios/empresas produtoras; o aumento da oferta de produtos; o estímulo à geração de demanda e; o aperfeiçoamento da legislação correlata (BETTIOL; SILVA; CASTRO, 2019).

Nessa perspectiva, estudos que demonstrem a efetividade agroeconômica do uso de bioestimulantes, sobretudo àqueles conduzidos nas propriedades rurais, podem, em certa medida, contribuir para a disseminação desta biotecnologia na região.

2.4 Estudo da viabilidade econômica

A dimensão econômica é um dos fatores que mais determinam a adesão dos agricultores a novas práticas. Por isso, esta abordagem tem sido cada vez mais explorada nas pesquisas agropecuárias. Na cultura da banana, Barbosa et al. (2016) e Furlaneto, Martins e Esperancini (2011) avaliaram a viabilidade econômica de diferentes tipos de manejos nutricionais. De modo semelhante, Soares et al. (2016) e Galindo et al. (2018) avaliaram a eficiência técnica e econômica do uso de bioestimulantes nas culturas do feijão e do trigo, respectivamente.

Em linhas gerais, o diagnóstico da viabilidade econômica é um estudo que evidencia se uma atividade ou negócio trará ou não retorno ao investidor, à medida que compara os custos de sua implantação e funcionamento às receitas e benefícios auferidos no decorrer de determinado período (MARTINS, 2009). O diagnóstico pode contemplar análise de custos operacionais, elaboração do fluxo de caixa e cálculo/análise de indicadores econômicos.

Os custos operacionais podem ser calculados conforme estrutura utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola (MATSUNAGA et al., 1976). Neste método, obtém-se o Custo Operacional Total (COT), que é dado pela soma do Custo Operacional Efetivo (COE) mais o item “Outros custos” (referente a taxa de 5% sobre o valor do COE). A elaboração do fluxo de caixa pode conter informações como produtividade anual, receita bruta, COT e margem bruta (MARTIN et al. 1998).

Nessa abordagem, os indicadores econômicos mais utilizados incluem ponto de nivelamento (PN), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), relação benefício-custo, payback simples, entre outros.

O ponto de nivelamento (PN) consiste no volume de produção suficiente para gerar receitas que se igualem aos custos de produção. O PN deve ser o mais baixo possível. Pode ser obtido pela razão entre o COT e o valor médio da tonelada do produto (MARTIN et al., 1998).

O valor presente líquido (VPL) refere-se ao valor presente dos fluxos de caixa (benefícios menos os desembolsos) gerados pela atividade ao longo da sua vida útil (SAMANEZ, 2009). O VPL é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

Em que, I representa o investimento inicial; FC é o fluxo de caixa no período t , isto é, o resultado da subtração entre a receita bruta e o COT de dado período; e K é a taxa de desconto utilizada. Se $VPL > 0$, a atividade é considerada economicamente viável.

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de retorno do investimento (SAMANEZ, 2009). Matematicamente, a TIR consiste na taxa de juros que anula o VPL de um fluxo de caixa, satisfazendo a seguinte equação:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2)$$

Em que, I representa o investimento inicial; FC é o fluxo de caixa no período t , isto é, o resultado da subtração entre a receita bruta e o COT de dado período; e TIR é a taxa interna de retorno. Como critério decisório, o empreendimento é economicamente viável se $TIR > K$ (taxa de desconto utilizada no cálculo da VPL).

A relação benefício-custo (B/C) pode abranger todos os períodos do fluxo de caixa. É obtida pela razão entre o valor atual das entradas (receita bruta) e o valor atual das saídas (COT), ambos descontados a determinada taxa. Se esta relação for superior a um, a atividade é considerada viável, se for menor que um, é inviável, pois as receitas obtidas não cobrem o custo de capital.

O método do *payback* simples refere-se ao tempo de retorno do capital investido. De outro modo, consiste no período do fluxo de caixa em que a Margem Bruta se iguala ao valor do investimento inicial. Assim, quanto menor o valor do *payback*, maior a viabilidade econômica da atividade (BORDEAUX-RÊGO et al., 2007). No processo decisório, o indicador é comparado ao prazo máximo suportado pelo investidor.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. F. A. Importância econômica. *In*: BORGES, A. L.; BRASIL, E. C. (ed.). **Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 2-3. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113450/1/SistemaProducaoBanana.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2020.
- ALVES, E. J. **Circular técnica 52**: Consórcio da bananeira com culturas anuais, perenes e plantas de cobertura do solo. Cruz das Almas: Embrapa, 2003. 16 p.
- AQUINO, C. F.; SALOMÃO, L. C. C.; AZEVEDO, A. M. Qualidade pós-colheita de banana 'Maçã' tratada com ácido giberélico avaliada por redes neurais artificiais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 824-833, 2016.
- ARIKAN, O. A.; MULBRY, W.; RICE, C. The effect of composting on the persistence of four ionophores in dairy manure and poultry litter. **Waste Management**, v. 54, p. 110-117, 2016.
- BARBOSA, F. E. L. LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; COSTA, R. N. T.; SILVA, J. A. FERNANDEZ, F. F. F. Produtividade e viabilidade econômica da bananeira associada com plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1078-1082, 2016.
- BETTIOL, W.; PINTO, Z. V.; SILVA, J. C.; FORNER, C.; FARIA, M. R.; PACÍFICO, M. G.; COSTA, L. S. A. S. Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. *In*: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma**: uso na agricultura. Brasília: Embrapa, 2019. p. 45-162.
- BETTIOL, W.; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. *In*: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma**: uso na agricultura. Brasília: Embrapa, 2019. p. 21-44.
- BIDELLAOUI, B.; SEGARRA, G.; HAKKOU, A.; TRILLAS, M. I. Beneficial effects of *Rhizoglyphus irregularis* and *Trichoderma asperellum* strain T34 on growth and fusarium wilt in tomato plants. **Journal of Plant Pathology**, v. 101, n. 1, p. 121-127, 2019.
- BORDEAUX-REGO, R. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007. 152 p.
- BORGES A. L.; SILVA, J. T. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; D'OLIVEIRA, P. S. Nutrição e adubação. *In*: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. D. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). **O agronegócio banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 331-398.
- BORGES, A. L.; BRASIL, E. C. (ed.). **Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113450/1/SistemaProducaoBanana.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Exigências edafoclimáticas. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 15-23.

BRASIL. Decreto 10.375 de 27 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 100, p. 105, 27 mai. 2020a.

_____. Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 2, 15 jan. 2004.

_____. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Assuntos / Bioinsumos / O programa / Conceitos**. Brasília, DF: MAPA, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 02 jun. 2020.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 18 de março de 2019. Suspende os efeitos da Instrução Normativa nº 3, de 20 de março de 2014 e da Instrução Normativa nº 46, de 6 de dezembro de 2017. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 54, p. 2, 20 mar. 2019b.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 64 de 18 de dezembro de 2008. Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 21, 19 dez. 2008.

_____. Ministério da Economia. **Comex Stat**: Exportação e Importação Geral. Brasília, DF: Ministério da Economia, 2019a. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 25 jan. 2020.

CHAMPION, J. **Les bananiers et leur culture: botanique et génétique**. Paris: IFAC, 1967. 214 p.

CHEN, Z.; KIM, J.; JIANG, X. Survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* in animal waste - based composts as influenced by compost type, storage condition and inoculum level. **Journal of applied microbiology**, v. 124, n. 5, p. 1311-1323, 2018.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P. Doenças fúngicas e bacterianas. In: CORDEIRO, Z. J. M. (org.). **Banana**: Fitossanidade. Brasília: Embrapa, 2000. p. 36-65.

CRAVO, M.; SOUZA, L.; BRASIL, E. Banana. In: CRAVO, M.; VIEGAS, I.; BRASIL, E. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 211-213.

CRAVO, M.; VIEGAS, I.; BRASIL, E. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 262 p.

DANTAS, A. C. V. L.; ALMEIDA, W. A. B.; DANTAS, J. L. L.; ALVES, E. J. Estrutura da planta. *In*: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015b. p. 30-44.

DANTAS, J. L. L.; SILVA, S. O.; SOARES FILHO, W. S.; CARVALHO, P. C. L. Filogenia, história, evolução, distribuição geográfica e habitat. *In*: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015a. p. 17-28.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. M. Considerações ecológicas, fisiológicas e de manejo. *In*: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 46-110.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, v. 196, p. 3-14, 2015.

EMBRAPA. **BRS Pacoua**: nova cultivar de bananeira do tipo Pacovan. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. 6 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149378/1/Folder-BRS-Pacoua.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2020.

EUROPEAN UNION. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC)[...]. **European Union**, 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1009/oj>. Acesso em: 02 abr. 2020.

FANCELLI, M.; MESQUITA, A. L. M. Pragas. *In*: CORDEIRO, Z. J. M. (org.). **Banana: Fitossanidade**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 21-35.

FAO. **FAOSTAT**: Production / Crops. FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 02 jan. 2020.

_____. **FAOSTAT**: Production / Value of Agricultural Production. FAO, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 02 jan. 2020.

_____. **Food Outlook**: Biannual Report on Global Food Markets – November 2019. Roma: FAO, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca6911en/CA6911EN.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

_____. **Medium-term Outlook**: Prospects for global production and trade in bananas and tropical fruits 2019 to 2028. Roma: FAO, 2020a. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca7568en/ca7568en.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

_____. **World Banana Forum (WBF)**. FAO, 2020b. Disponível em: <http://www.fao.org/world-banana-forum/en>. Acesso em: 02 jan. 2020.

FORTUNE BUSINESS INSIGHTS. **Biostimulants market size, share and industry analysis by source [...] forecast 2019-2026**. Fortune Business Insights, 2020. Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/biostimulants-market-100414>. Acesso em: 02 abr. 2020.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Fruticultura**: Banana. 3. ed. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2010. 52 p. Disponível em: <https://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/Vol3FruticBanana.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

FURLANETO, F. D. P. B.; MARTINS, A. N.; ESPERANCINI, M. S. T. Viabilidade econômica de manejos nutricionais na cultura de banana. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 205-212, 2011.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ROSA, P. A. L.; TRITAPEPE, C. A. Technical and economic viability of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 51-56, 2018.

GILBERT, N. Environment: The disappearing nutrient. **Nature**, v. 462, p. 716-718, 2009.

HAKKINEN, M. Reappraisal of sectional taxonomy in *Musa* (Musaceae). **Taxon**, v. 62, n. 4, p. 809-813, 2013.

HAQUE, M. M.; ILIAS, G. N. M.; MOLLA, A. H. Impact of *Trichoderma*-enriched biofertilizer on the growth and yield of mustard (*Brassica rapa* L.) and tomato (*Solanum lycopersicon* Mill.). **The Agriculturists**, v. 10, n. 2, p. 109-119, 2012.

IBGE. **Censo agropecuário 2017**: Tabela 6955. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6955>. Acesso em: 25 out. 2019.

_____. **Produção agrícola municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 24 out. 2019.

KAVOO-MWANGI, A. M.; KAHANGI, E. M.; ATEKA, E.; ONGUSO, J.; MUKHONGO, R. W.; MWANGI, E. K.; JEFWA, J. M. Growth effects of microorganisms based commercial products inoculated to tissue cultured banana cultivated in three different soils in Kenya. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 152-162, 2013.

KUPPUSAMY, P.; BAGUL, S. Y.; DAS, S.; CHAKDAR, H. Microbe-Mediated Abiotic Stress Alleviation: Molecular and Biochemical Basis. *In*: Varma, A.; Tripathi, S.; Prasad, R. (ed.). **Plant Biotic Interactions**. Cham: Springer, 2019. p. 263-281.

LEITE, J. B. V.; SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; LINS, R. D.; JESUS, O. N. Caracteres da planta e do cacho de genótipos de bananeira, em quatro ciclos de produção, em Belmonte, Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 443-447, 2003.

LIMA, M. B.; ALVES, E. J. Estabelecimento do Pomar. *In*: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 87-106.

LÓPEZ-BUCIO, J.; PELAGIO-FLORES, R.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma* as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 109-123, 2015.

LÓPEZ-VALENZUELA, B. E.; ARMENTA-BOJÓRQUEZ, A. D.; HERNANDEZ-VERDUGO, S.; APODACA-SANCHEZ, M. A.; SAMANIEGO-GAXIOLA, J. A.; VALDEZ-

ORTIZ, A. *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. as growth promoters in maize (*Zea mays* L.). **Phyton, Internacional Journal of Experimental Botany**, v. 88, n. 1, p. 37-46, 2019.

MARKET DATA FORECAST. **Latin America Biostimulants Market By Active Ingredients [...] Forecasts 2025**. Market Data Forecast, 2020. Disponível em: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/latin-america-biostimulants-market>. Acesso em: 02 abr. 2020.

MARRA, R.; LOMBARDI, N.; D'ERRICO, G.; TROISI, J.; SCALA, G.; VINALE, F.; WOO, L. S.; BONANOMI, G.; LORITO, M. Application of *Trichoderma* strains and metabolites enhances soybean productivity and nutrient content. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 7, p. 1814-1822, 2019.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, jan. 1998.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2009. 262 p.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MONTE, E.; BETTIOL, W. HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 2019. p. 181-200.

MORDOR INTELLIGENCE. **South America biostimulants market - growth, trends and forecasts (2020 - 2025)**. Mordor Intelligence, 2020. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/south-america-biostimulants-market>. Acesso em: 02 abr. 2020.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999. 335 p.

NASCENTE, A.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; DE SOUZA, A. C. A.; LOBO, V. L. S.; SILVA, G. B. Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 3, p. 2956-2965, 2016.

NASCIMENTO, W. M. O.; MÜLLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U.; MARTINS, L. L.; LEMOS, O. F. **Comunicado Técnico 218**: Avaliação de cultivares de bananeira em resistência à sigatoka-negra em Belém, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 5 p.

NEILL, C.; JANKOWSKI, K. J.; BRANDO P. M.; COE, M. T.; DEEGAN, L. A.; MACEDO, M. N.; RISKIN, S. H.; PORDER, S.; ELSENBEER, H.; KRUSCHE, A. V. Surprisingly modest water quality impacts from expansion and intensification of large-scale commercial agriculture in the Brazilian Amazon-Cerrado Region. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1-5, 2017.

PARÁ (Estado). Centrais de Abastecimento do Pará S/A. **Participação da oferta de produtos regionais em relação às outras procedências [2019]**. Belém, PA: Centrais de Abastecimento do Pará S/A, 2019. Base de dados.

POLTRONIERI, L. S.; VERZIGNASSI, J. R. (ed.). **Fitossanidade na Amazônia**: inovações tecnológicas. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 425p.

QIN, L.; GUO, C.; HUANG, S.; LI, C.; WEI, L.; WEI, S.; DANDAN, T.; WEI, Z. Growth-promoting effects of *Trichoderma asperellum* strain PZ6 on banana and its indoor control effect against banana fusarium wilt. **Journal of Southern Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 277-283, 2017.

RODRIGUES, M. Bioeconomia é a nova fronteira para o futuro da América Latina. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 21-22, 2018.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 224 p.

SCARPARE FILHO, J. A.; SILVA, S. R.; SANTOS, C. B. C.; NOVOLETTI, G. **Cultivo e produção de banana**. São Paulo: ESALQ, 2016. 86 p. Disponível em: Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/cprural/flipbook/pb/pb87/assets/basic-html/toc.html>. Acesso em: 03 mar. 2020.

SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A.; BORGES, A. L. Cultivares. *In*: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). **O agronegócio banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 139-223.

SIMMONDS, N. W.; SHEPHERD, K. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 55, n. 359, p. 302-312, 1955.

SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; RUFINI, M.; MARTINS, F. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; REIS, R. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Agronomic and economic efficiency of common-bean inoculation with Rhizobia and mineral nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 40, p. 1-13, 2016.

SOLGI, E.; SHEIKHZADEH, H.; SOLGI, M. Role of irrigation water, inorganic and organic fertilizers in soil and crop contamination by potentially hazardous elements in intensive farming systems: Case study from Moghan agro-industry, Iran. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 185, p. 74-80, 2018.

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L. Preparo e conservação do solo. *In*: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 24-31.

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. Solo: Manejo e conservação. *In*: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 277-330.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. Campinas: UNICAMP-NEPA, 2011. 164 p.

TARIBUKA, J.; WIBOWO, A.; WIDYASTUTI, S. M.; SUMARDIYON, C. Potency of six isolates of biocontrol agents endophytic *Trichoderma* against fusarium wilt on banana. **Journal of Degraded of Mining Lands Management**, v. 4, n. 2, p. 723-731, jan. 2017.

TIMMIS, K.; LORENZO, V.; VERSTRAETE, W.; RAMOS, J. L.; DANCHIN, A.; BRÜSSOW, H.; SINGH, B. K.; TIMMIS, J. K. The contribution of microbial biotechnology to economic

growth and employment creation. **Microbial Biotechnology**, v. 10, n. 5, p. 1137-1144, 2017.

TURNER, D.W.; FORTESCUE, J.A.; THOMAS, D.S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal Plant Physiology**, Rio de Janeiro, v.19, p. 463-484, 2007.

US CONGRESS. **H.R. 2 (115th)**: Agriculture Improvement Act of 2018. US Congress, 2018. Disponível em: <https://www.congress.gov/115/bills/hr2/BILLS-115hr2enr.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.

VELOSO, C. A. C.; MENEZES, A. J. E. A.; BRASIL, E. C.; GAZEL FILHO, A. B. Avaliação nutricional de cultivares de bananeira no nordeste paraense pela diagnose foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 186-190, 2000.

WONG, C.; KIEW, R.; ARGENT, G.; SET, O.; LEE, S. K.; GAN, Y. Y. Assessment of the validity of the sections in *Musa* (Musaceae) using AFLP. **Annals of Botany**, v. 90, n. 2, p. 231-238, 2002.

3 DESEMPENHO AGROECONÔMICO DA BANANEIRA SOB MANEJO NUTRICIONAL COM *Trichoderma asperellum*, EM SISTEMA DE PRODUÇÃO FAMILIAR

*Normas da revista *Agronomy for Sustainable Development*

RESUMO

A cultura da bananeira requer doses elevadas de fertilizantes para atingir o potencial produtivo das cultivares melhoradas. Por outro lado, mais de 70% dos plantios de banana estão concentrados em cultivos familiares, os quais tem baixa disponibilidade de capital e tecnificação. O presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de *Trichoderma asperellum* em melhorar a eficiência do uso de nutrientes e a viabilidade econômica do cultivo da bananeira sob manejo nutricional com *T. asperellum* nativo, em sistema de produção familiar na região Amazônica. Foram testados três tratamentos: 100% dos fertilizantes (controle), 50% dos fertilizantes + *T. asperellum* (TA) e 100% dos fertilizantes + TA. A adubação consistiu em fertilizantes inorgânicos e cama de aviário. Avaliou-se a produção do 1º ciclo da banana e a viabilidade econômica das práticas. A inoculação de TA + 100% dos fertilizantes aumentou em 23% a produtividade. A produtividade de bananas foi semelhante nos tratamentos controle (100%) e 50% de fertilizantes + TA, no entanto, o uso de 50% dos fertilizantes reduziu os custos de produção em 7,2% no ano de implantação e, em 17,6% a partir do 2º ano de plantio. Em seis anos, a inoculação com *T. asperellum* incrementou as receitas em US\$ 8.944,40 com 100% dos fertilizantes, e em US\$ 1.936,35 com 50% dos fertilizantes. Nossos resultados mostram pela primeira vez que o uso de *T. asperellum* no manejo nutricional da bananeira melhora o desempenho agrônomo da cultura, sendo economicamente viável em sistema de produção familiar na Amazônia. O uso do bioestimulante é uma prática promissora para elevar os ganhos dos agricultores, bem como para tornar a produção de bananas mais sustentável na região.

Palavras-chave: BRS Pacoua. Bioestimulantes. Viabilidade econômica. Condições de campo. Região amazônica.

1 **AGRO-ECONOMIC PERFORMANCE OF BANANA UNDER NUTRITIONAL MANAGEMENT**
2 **WITH *Trichoderma asperellum*, IN FAMILY PRODUCTION SYSTEM**

3

4

5 **Thamires Monteiro Silva Maués; Gisele Barata da Silva (*)**

6 Plant Protection Laboratory, Federal Rural University of Amazon, Av Perimetral, 2501, 66077-901

7 Campus Belém, Pará, Brazil

8 e-mail: giselebaratasilva@gmail.com(*)

9

10

11 **ABSTRACT**

12 Banana cultivation requires high doses of fertilizers to reach the productive potential of improved
13 cultivars. On the other hand, more than 70% of banana plantations are concentrated in family crops,
14 which have low availability of capital and technology. The present study aimed to evaluate the ability of
15 *Trichoderma asperellum* to improve the efficiency of nutrient use and the economic viability of banana
16 cultivation under nutritional management with native *T. asperellum*, in a family production system in the
17 Amazon region. Three treatments were tested: 100% of fertilizers (control), 50% of fertilizers + *T.*
18 *asperellum* (TA) and 100% of fertilizers + TA. Fertilization consisted of inorganic fertilizers and poultry
19 litter. The production of the 1st banana cycle and the economic viability of the practices were evaluated.
20 The inoculation of TA + 100% of fertilizers increased productivity by 23%. Banana productivity was
21 similar for control treatments (100%) and 50% for fertilizers + TA, however, the use of 50% of fertilizers
22 reduced production costs by 7.2% in the year of implantation and, in 17.6% from the 2nd year of planting.
23 In six years, inoculation with *T. asperellum* increased revenues by US\$ 8,944.40 with 100% of fertilizers,
24 and by US\$ 1,936.35 with 50% of fertilizers. Our results show for the first time that the use of *T.*
25 *asperellum* in the nutritional management of bananas improves the agronomic performance of the crop,
26 being economically viable in a family production system in the Amazon. The use of biostimulants is a
27 promising practice to increase farmers' earnings, as well as to make banana production more sustainable
28 in the region.

29

30 **Keywords:** BRS Pacoua. Biostimulants. Economic viability. Field conditions. Amazon region.

31 **3.1 Introdução**

32 A banana é a fruta mais cultivada na América do Sul, constituindo alimento básico das suas
33 populações, além de importante produto para as famílias de agricultores e para os países que a exportam
34 (FAO 2019; FAOSTAT 2018). O Brasil é o maior produtor e consumidor de bananas do continente,
35 perfazendo um volume de 6,8 mi t, com 99% da produção voltada ao mercado interno (FAOSTAT 2018).
36 Contudo, no *ranking* de produtividade, o país amarga a 7^a posição, com média de 15 t ha⁻¹, diferença de
37 25 t ha⁻¹ do rendimento do Equador, que alcança 40,3 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2018). O cultivo da banana no
38 Brasil é realizado majoritariamente por agricultores familiares, porém os rendimentos nas pequenas
39 propriedades geralmente são baixos (IBGE 2017). A baixa fertilidade dos solos das regiões produtoras
40 associado ao não de práticas agrícolas e o baixo poder econômico dos agricultores implicam diretamente
41 no baixo rendimento da bananicultura (Borges et al. 2015; IBGE 2017).

42 A fertilização é uma das práticas fundamentais para o alcance do potencial produtivo das cultivares
43 de bananeira. No entanto, dependendo das características do sistema de produção, o adequado suprimento
44 de adubos às plantas implica em investimentos em torno de 45% do custo operacional total da atividade
45 (Rambo et al. 2015). Por outro lado, o uso intensivo de fertilizantes pode contaminar o solo e causar
46 eutrofização dos corpos d'água (Neill et al. 2017; Solgi, Sheikhzadeh e Solgi, 2018). A cama de aviário
47 não curtida, por exemplo, pode causar a disseminação de microrganismos patogênicos e a contaminação
48 do solo com resíduos de produtos veterinários (Arikan, Mulbry e Rice 2016; Chen, Kim e Jiang 2018).
49 Deve-se considerar ainda o caráter não renovável dos fertilizantes sintéticos, cujas fontes estão em
50 processo de esgotamento, como as reservas de P (Gilbert 2009). Portanto, soluções tecnológicas que
51 otimizem o uso dos fertilizantes pelas plantas podem melhorar a eficiência produtiva da bananicultura e
52 tornar a atividade mais sustentável.

53 O uso de bioestimulantes vegetais é uma estratégia que reduz a dependência dos fertilizantes à
54 medida que otimiza o uso destes insumos pelas culturas. Bioestimulantes são produtos à base substâncias
55 e/ou microrganismos que aumentam a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou a
56 qualidade dos cultivos, com efeitos dissociados do teor nutricional dos produtos (Du Jardin 2015). Além
57 de agente de biocontrole, fungos do gênero *Trichoderma* podem ter ação bioestimulante, com
58 mecanismos que resultam, principalmente, na promoção do crescimento vegetal e/ou na redução dos
59 efeitos de estresses abióticos (López-Bucio, Pelagio-Flores e Herrera-Estrella 2015). Tais mecanismos
60 abrangem a produção de compostos rizosféricos e indução da produção de fitohormônios, que beneficiam
61 o desenvolvimento radicular; a disponibilização de nutrientes, via solubilização de P, produção de
62 sideróforos e aceleração da mineralização da matéria orgânica (López-Bucio, Pelagio-Flores e Herrera-
63 Estrella 2015) e; a indução de tolerância sistêmica e modulação dos mecanismos de defesa das plantas
64 (Kuppusamy et al. 2019). Na cultura da banana, *Trichoderma* promove o crescimento vegetal e reduz a
65 incidência de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Qin et al. 2017). Em milho (López-Valenzuela et al.
66 2019), mostarda e tomate (Haque, Ilias e Molla 2012), a inoculação de *Trichoderma* reduziu em 50% a
67 dose de fertilizantes nitrogenados, demonstrando o potencial do microrganismo para otimizar o uso de

68 adubos em diferentes culturas. No entanto, os efeitos do uso do microrganismo em regimes nutricionais
69 sub-ótimos ainda são desconhecidos na cultura da banana.

70 A dimensão econômica das tecnologias é um aspecto cada vez mais explorado nas pesquisas
71 agrícolas, pois é determinante para a decisão dos agricultores em aderir ou não a novas práticas. O
72 diagnóstico da viabilidade econômica é um estudo que evidencia se uma atividade trará ou não retorno ao
73 investidor, enquanto compara os custos de sua implantação e funcionamento às receitas e benefícios
74 auferidos no decorrer de determinado período (Martins 2009). Alguns trabalhos abordam a viabilidade
75 econômica de diferentes manejos nutricionais na produção de bananas, como em Barbosa et al. (2016) e
76 Furlaneto, Martins e Esperancini (2011). No entanto, o uso de bioestimulante à base de *Trichoderma* é
77 uma prática ainda não testada no manejo nutricional da bananeira, tampouco nas condições de campo
78 amazônicas. Além disso, para o agricultor familiar interessado em investir na bananicultura, é
79 fundamental basear-se em custos e rentabilidades de sistemas de produção semelhantes ao seu, a fim de
80 reduzir os riscos financeiros da operação.

81 Sabendo que *Trichoderma* promove o crescimento em plantas e melhora a disponibilização e
82 absorção de nutrientes, levantou-se as seguintes questões: (1) O uso de bioestimulante à base de
83 *Trichoderma* pode reduzir em 50% a dose de fertilizantes aplicados na bananeira sem prejudicar a
84 produção de frutos? (2) O uso do bioestimulante pode melhorar a performance produtiva da bananeira sob
85 100% da dose de fertilizantes? (3) O manejo nutricional da bananeira com o bioestimulante é
86 economicamente viável em sistema de produção familiar? Assim, o objetivo do presente estudo foi
87 avaliar o desempenho agrônomico e a viabilidade econômica do cultivo da bananeira sob práticas de
88 adubação com *Trichoderma* nativo, em sistema de produção familiar na região amazônica (Figura 1).

89

90 **3.2 Materiais e métodos**

91 3.2.1 Caracterização da área

92 O estudo foi conduzido no bananal de uma propriedade familiar, localizada em Ourém
93 (1°33'02.8"S, 47°06'49.9"W), Estado do Pará, Brasil. O clima local enquadra-se no tipo Am (quente e
94 úmido) da classificação de Köppen, com estação seca entre setembro e novembro. Apresenta pluviosidade
95 média anual de 2,400 mm, umidade relativa de 83% e temperatura média anual de 26.2 °C.

96 A área experimental abrange 355 m², nos limites de um bananal de 6.3 ha, onde antes havia
97 vegetação secundária. Possui relevo plano, com leve declividade e solo caracterizado como Latossolo
98 Amarelo de textura arenosa. A análise física e química do solo do local apresentou os seguintes resultados
99 (camada de 0 a 20 cm): areia = 85.2%, silte = 4.1%, argila = 10.7%; pH em água = 5.56 (acidez média), P
100 (Mehlich) = 1.83 mg.dm⁻³ (muito baixo), K⁺ = 0.07 cmol_c.dm⁻³ (muito baixo), Ca²⁺ = 2.05 cmol_c.dm⁻³
101 (médio), Mg²⁺ = 0.35 cmol_c.dm⁻³ (baixo), Al³⁺ = 0.21 cmol_c.dm⁻³ (baixo), H+Al = 3.4 cmol_c.dm⁻³ (médio),
102 M.O. = 20.87 g.dm⁻³ (adequado), CTC (efetiva) = 2.68 cmol_c.dm⁻³ (médio), CTC (potencial) = 5.87
103 cmol_c.dm⁻³ (médio), V = 42.08% (baixo), m = 7.84% (baixo - não prejudicial).

104

105 3.2.2 Implantação da área e desenho experimental

106 O plantio ocorreu em dezembro de 2017. Utilizaram-se mudas de bananeira *Musa* (grupo AAAB)
107 'BRS Pacoua', anteriormente denominada PV 0376. As mudas (tipo chifrinho) foram obtidas de um
108 bananal comercial, com plantas de idade inferior a 4 anos, cujas matrizes apresentavam excelente vigor e
109 qualidade fitossanitária. O espaçamento adotado foi de 4.5 m x 2.25 x 2.25 m (1,035 plantas.ha⁻¹),
110 disposição utilizada para consórcio com açaí. Na ocasião do plantio, as covas foram adubadas com 5
111 litros de cama de aviário, 250 g de NPK (10-28-20), 100 g de cloreto de potássio (KCl) e 100 g de
112 calcário dolomítico.

113 O desenho experimental foi em blocos casualizados, com 4 blocos, 4 repetições por bloco e 3
114 tratamentos, totalizando 48 unidades experimentais. Foram testados os seguintes manejos nutricionais:
115 100%F (controle): 100% dos fertilizantes (sintéticos e orgânicos); 50%F + TA: 50% dos fertilizantes + *T.*
116 *asperellum* (mix dos isolados: Ufra.T06, Ufra.T09, Ufra.T12, Ufra.T52) e; 100%F + TA: 100% dos
117 fertilizantes + *T. asperellum* (mix dos isolados).

118 A fertilização completa (100%F - controle) referiu-se a adubação usual do agricultor parceiro, isto
119 é, 15 litros de cama de aviário, 900 g de NPK (10-28-20) e 300 g de KCl, por touceira, durante a
120 formação e; 15 litros de cama de aviário e 900 g de NPK (10-28-20), por touceira, na fase de produção.
121 As doses de adubos foram parceladas em três vezes e aplicadas ao longo ano. A adubação utilizada
122 equivale a aproximadamente 83% do N, 220% do P₂O₅ e 102% do K₂O recomendado para a cultura,
123 considerando as adubações orgânicas (nutrientes disponíveis no ano de aplicação) e minerais realizadas
124 no plantio, formação e produção (Cravo, Viegas e Brasil 2010).

125

126 3.2.3 Caracterização, produção e inoculação de *T. asperellum*

127 Os microrganismos utilizados fazem parte da coleção do Laboratório de Proteção de Plantas (LPP)
128 da Universidade Federal Rural da Amazônia, Estado do Pará, Brasil. Utilizou-se um preparado a base de
129 quatro isolados de *T. asperellum* (Ufra.T06, Ufra.T09, Ufra.T12, Ufra.T52), obtidos de solos rizosféricos
130 de áreas florestais reflorestadas e nativas da Amazônia, identificados taxonomicamente por Ferrari et al.
131 (2013).

132 Os isolados de *T. asperellum* foram cultivados separadamente em meio BDA (batata, dextrose e
133 ágar) e incubados por 96 h, sob 28 °C. De cada isolado, preparou-se uma suspensão aquosa na
134 concentração de 10⁸ conídios.mL⁻¹. As suspensões foram misturadas e inoculadas em arroz autoclavado,
135 incubado por 7 dias, sob 28 °C. A partir do arroz colonizado, elaborou-se o bioestimulante, uma solução
136 aquosa na concentração de 2 g L⁻¹ de arroz autoclavado. Em campo, cada muda recebeu 300 mL do
137 bioestimulante, 100 mL aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. Adicionalmente, foram aplicados 3 L do
138 bioproduto por touceira.ano⁻¹, de modo parcelado, 20 dias após as operações de adubação.

139

140 3.2.4 Manejo do bananal e avaliação da produção

141 A manutenção da área consistiu nas seguintes operações: coroamento, isto é, limpeza do entorno da
142 touceira; aplicação de fertilizantes sintéticos e orgânicos, em semicírculo (raio de cerca de 0.50 m), à

143 frente do menor rebento; aplicação do bioestimulante, através de rega, no entorno da touceira (raio de
144 cerca de 0.50 m); desbaste, com manutenção de três plantas por touceira; desfolha, com remoção de
145 folhas senescentes; roçagem, para o controle da matocompetição; corte do mangará, abaixo da última
146 penca, à distância de 0.10 a 0.20 m e; irrigação, realizada de setembro a dezembro, via aspersão
147 convencional, duas vezes por semana, na quantidade de 30 litros por touceira. Não foi realizado controle
148 fitossanitário.

149 A coleta de dados ocorreu durante as colheitas do 1º ciclo da cultura, entre novembro de 2018 e
150 dezembro de 2019. As colheitas foram realizadas manualmente, quando os frutos alcançaram o estágio de
151 maturação 2 (casca verde claro). As variáveis analisadas foram: número de pencas por cacho (NPC) e
152 número de frutos por cacho (NFC), obtidos a partir de contagem; número de frutos por penca, dada pela
153 razão entre NFC e NPC; Comprimento do fruto, média do comprimento de 3 frutos da 3º penca,
154 mensurados com fita metrada; diâmetro do fruto, média do diâmetro de 3 frutos da 3º penca, medidos
155 com paquímetro, na área central dos frutos; massa da penca, razão entre a massa do cacho (sem o engaço)
156 e o NPC; massa do cacho (com engaço), com corte do pedúnculo 20 cm acima da inserção do 1º cacho e;
157 produtividade ($t\ ha^{-1}$), baseada na massa do cacho (com engaço) e na densidade de 1,035 plantas por
158 hectare. A produtividade da fertilização foi obtida pela divisão da produtividade pelo total de nitrogênio,
159 fósforo e potássio utilizados em um hectare desde o plantio.

160 Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas
161 pelos teste de Tukey, $p < 0.10$, usando a linguagem de programação R.

162

163 3.2.5 Análise dos custos de produção

164 O levantamento dos custos de produção dos manejos foram realizados conforme estrutura utilizada
165 pelo Instituto de Economia Agrícola (Matsunaga et al. 1976). Neste método, obtém-se o Custo
166 Operacional Total (COT), que é dado pela soma do Custo Operacional Efetivo (COE) mais o item
167 “Outros custos” (referente a taxa de 5% sobre o valor do COE).

168 A estimativa do COE para o 1º ano de plantio referiu-se a soma das despesas com insumos e
169 serviços dos seguintes itens: A) Manejo nutricional; B) Implantação do bananal; C) Implantação do
170 sistema de irrigação; D) Sistema de irrigação e; E) Tratos culturais. A partir do 2º ano de plantio, o COE
171 foi composto pelos itens: A) Manejo nutricional; D) Sistema de irrigação; E) Tratos culturais e; F)
172 Colheita e pós-colheita. Além do custo com energia e com serviço de irrigação, o item “D” foi composto
173 por despesas com manutenção e depreciação do sistema de irrigação, respectivamente 2.5% e 10% do
174 valor da sua implantação.

175 Os custos foram orçados para um hectare e período de um ano. Os valores monetários foram
176 convertidos de real (R\$) para dólar americano (US\$), utilizando a taxa de câmbio comercial para compra
177 de 4.0301, média anual de 2019, disponibilizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA.
178 As cotações dos insumos foram realizadas no ano de 2019, no comércio do município de Castanhal-PA,
179 local de compra da maioria dos insumos. O valor da diária (US\$ 8.26) foi calculado com base no salário
180 mínimo vigente no período, isto é, US\$ 247.64. A despesa com energia do item Sistema de irrigação (D)

181 foi estimada com base no consumo energético da bomba d'água (4.1 kWh), no tempo de uso anual do
182 sistema, isto é, 384 h (período de irrigação de 12 h) e no valor do kWh, US\$ 0.12891.

183

184 3.2.6 Análise de rentabilidade da atividade

185 O fluxo de caixa para as três práticas nutricionais foi realizado considerando o horizonte de 6 anos.
186 O 1º Ano consistiu na fase de formação da lavoura e, os anos subsequentes, constituíram a fase de
187 produção. Para cada período do fluxo de caixa, há um valor de produtividade anual (PROD.A), receita
188 bruta, COT, margem bruta e margem bruta acumulada. Para o 2º Ano, utilizou-se a PROD.A dos manejos
189 testados, calculada através da multiplicação entre a produtividade obtida e o número dois, valor médio de
190 cachos colhidos no ano. A partir do 3º Ano, adotaram-se valores estimados, baseados na tendência de
191 crescimento da produtividade da BRS Pacoua (PV 0307), registrada por Leite et al. (2003).

192 A receita bruta refere-se à receita esperada com a atividade, sendo obtida pela multiplicação entre
193 PROD.A (t ha⁻¹) e valor médio da tonelada do fruto – baseado no preço de venda praticado pelo produtor,
194 isto é, US\$ 6.20 por caixa de 15 kg. A margem bruta refere-se a margem resultante após a liquidação do
195 COT, sendo obtida pela subtração entre a receita bruta e o COT do período (Martin et al. 1998). Por sua
196 vez, a margem bruta acumula é dada pela soma entre a margem bruta do período e a margem bruta
197 acumulada do período anterior.

198 Adicionalmente, foram calculados indicadores econômicos que consideram todos os períodos do
199 fluxo de caixa, a saber: ponto de nivelamento (PN), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno
200 (TIR), relação benefício-custo e *payback* simples. A taxa de juros aplicada ao cálculo dos indicadores foi
201 de 3% a.a., referente a linha de crédito PRONAF Custeio, direcionada para produtores da agricultura
202 familiar.

203 O ponto de nivelamento (PN) é a produtividade mínima para cobrir o COT do período, sendo
204 obtido pela razão entre o COT e o valor médio da tonelada do fruto (Martin et al. 1998).

205 Conforme Samanez (2009), o VPL refere-se ao valor presente dos fluxos de caixa (benefícios
206 menos os desembolsos) gerados pela atividade ao longo da sua vida útil. Seu cálculo é feito a partir da
207 expressão:

$$208 \quad VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

209 Em que, I representa o investimento inicial; FC é o fluxo de caixa no período t , isto é, o resultado
210 da subtração entre a receita bruta e o COT de dado ano; e K é a taxa de desconto utilizada, neste caso 3%
211 a.a. Se o $VPL > 0$, a atividade é considerada economicamente viável. Para fins de comparação, os
212 resultados de VPL registrados em outros trabalhos passaram por correção monetária para dezembro de
213 2019, com base no Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), através da ferramenta
214 “Calculadora do Cidadão”, disponibilizada pelo Banco Central do Brasil.

215 Os valores monetários foram convertidos de real (R\$) para dólar americano (US\$), utilizando a
216 taxa de câmbio comercial para compra de 4.0301, média anual de 2019, disponibilizada pelo IPEA.

217 A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de retorno do investimento (Samanez 2009).
218 Matematicamente, a TIR consiste na taxa de juros que anula o VPL de um fluxo de caixa, satisfazendo a
219 seguinte equação:

$$220 \quad 0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2)$$

221 Como critério decisório, o empreendimento é economicamente viável se $TIR > K$ (taxa de desconto
222 utilizada no cálculo da VPL).

223 A relação benefício-custo (B/C) que abrange todos os anos do fluxo de caixa é obtida pela razão
224 entre o valor atual das entradas (receita bruta) e o valor atual das saídas (COT), ambos descontados a
225 determinada taxa (3% a.a.). Se esta relação for superior a um, a atividade é considerada viável, se for
226 menor que um, é inviável, pois as receitas obtidas não cobrem o custo de capital.

227 Segundo Bordeaux-Rêgo et al. (2007), o método do *payback* simples refere-se ao tempo de retorno
228 do capital investido. De outro modo, consiste no período do fluxo de caixa em que a Margem Bruta
229 acumulada se iguala ao valor do investimento inicial. Assim, quanto menor o valor do *payback*, maior a
230 viabilidade econômica da atividade. No processo decisório, o indicador é comparado ao prazo máximo
231 suportado pelo investidor.

232

233 **3.3 Resultados e Discussão**

234 3.3.1 Desempenho agrônômico da bananeira

235 A inserção do *T. asperellum* no manejo nutricional influenciou positivamente os parâmetros de
236 produtividade do 1º ciclo da banana BRS Pacoua (Tabela 1). A combinação 100%F + TA proporcionou
237 aumento de 11% no número de pencas por cacho, 17% na massa da penca e 23% na massa do cacho e
238 produtividade, em relação ao controle (100%F). Por outro lado, plantas tratadas com 50%F + TA
239 exibiram parâmetros produtivos semelhantes às plantas controle (100%F). Entre plantas inoculadas com
240 TA, o uso de 100% dos fertilizantes resultou em aumento médio de 22% nas variáveis massa do cacho e
241 produtividade. A elevada eficiência do uso de nutrientes foi verificada no tratamento 50%F + TA, onde
242 para cada kg de N resultou em quase 30 kg de produção de banana, e para cada kg de P e K resultou em
243 mais de 13 kg de banana. Por outro lado, quando utilizou-se 100%F (controle) foi necessário duas vezes
244 mais N, P e K para produzir a mesma quantidade de banana obtida em 50%F + TA.

245 A média de produtividade do 1º ciclo da banana BRS Pacoua foi 7.32 t ha⁻¹, inferior à
246 produtividade registrada em experimentos conduzidos na região Norte e Nordeste do Brasil, em média 10
247 t ha⁻¹, considerando a densidade de 1,035 plantas ha⁻¹ e adubação conforme a análise de solo (Leite et al.
248 2003; Nascimento et al. 2009). A redução em 26% do potencial produtivo da cultivar pode estar
249 relacionada a textura arenosa do solo combinada às práticas de adubação e calagem adotadas no sistema
250 de produção familiar, como o uso de apenas 20% da dose de calcário recomendada para elevar a
251 saturação por bases a 60%, a aplicação localizada do corretivo (nas covas de plantio) e o uso de 83% da
252 dose de N indicada para a cultura.

253 No presente estudo, a inoculação de *T. asperellum* incrementou a produtividade da bananeira
254 (100%F + TA) e melhorou a eficiência do uso de fertilizantes (50%F + Tricho). O sucesso obtido com *T.*
255 *asperellum* pode ser atribuído ao aumento do desenvolvimento do sistema radicular das plantas e da
256 disponibilização de nutrientes no solo, através de mecanismos como estímulo à produção de
257 fitohormônios, liberação de ácidos orgânicos na rizosfera, solubilização de fosfato e potássio, aceleração
258 da mineralização da matéria orgânica, produção de sideróforos e controle biológico (López-Bucio,
259 Pelagio-Flores e Herrera-Estrella 2015). Vários estudos corroboram que a inoculação de *Trichoderma*
260 spp. intensifica o crescimento e a produtividade de espécies agrícolas como milho (López-Valenzuela et
261 al. 2019) e arroz (França et al. 2015), bem como reduz a necessidade de fertilizantes no cultivo do milho,
262 tomate e mostarda (Haque, Ilias e Molla 2012; López-Valenzuela et al. 2019). A elevada eficiência de *T.*
263 *asperellum* (Ufra.T06, Ufra.T09, Ufra.T12, Ufra.T52) pode ainda estar relacionada à origem dos isolados,
264 pois são nativos da região amazônica, o que favorece a adaptação dos microrganismos às condições de
265 campo locais, fato corroborado por López-Valenzuela et al. (2019).

266 Em arroz de várzea, os isolados de *T. asperellum* utilizados no presente estudo aumentaram o
267 crescimento vegetal em 12% e a produtividade em 70%, bem como reduziram a severidade da queima da
268 bainha em 26% (França et al. 2015). Em bananeiras, *T. asperellum* (PZ6) incrementou o crescimento
269 vegetal, a atividade das raízes e a capacidade defensiva das mudas contra *Fusarium oxysporum* f. sp.
270 cubense (Qin et al. 2017). Os efeitos da inoculação de *Trichoderma* spp. com diferentes doses de
271 fertilizantes ainda são desconhecidos na cultura da bananeira. No entanto, Mia et al. (2005) reportaram
272 que 33% de N mais a inoculação de rizobactérias (*Azospirillum brasilense* ou *Bacillus sphaericus*)
273 proporcionou produtividade análoga ao uso de 100% de N em banana beragan, na Malásia. Em
274 contrapartida, 100% de N mais o inoculante microbiano não incrementou a produtividade das plantas.

275 Diante do exposto, a tecnologia microbiana é uma importante estratégia para tornar a produção de
276 bananas mais sustentável, por melhorar a performance produtiva das plantas e mitigar a dependência dos
277 fertilizantes. Além disso, a técnica é eficiente em condições de campo e compatível com práticas adotadas
278 nos sistemas de produção familiar amazônicos. A inserção de *T. asperellum* no manejo nutricional da
279 bananeira possui alto potencial, por ser uma técnica de baixo custo, de fácil utilização, não poluente,
280 capaz de reduzir a dependência dos fertilizantes inorgânicos e os impactos destes sobre o meio ambiente.
281 As sucessivas inoculações com o microrganismo podem trazer benefícios adicionais ao agroecossistemas,
282 como antagonismo à patógenos de solo e ativação do sistema imune das plantas.

283

284 3.3.2 Análise econômica

285 Independente do período, o menor custo operacional total (COT) ocorreu no manejo 50%F + TA,
286 seguido por 100%F (controle) e 100%F + TA, fato explicado pelo custo de implementação das práticas
287 (Tabela 2). No ano de implantação, o COT de 50%F + TA foi de US\$ 4.781,46 por ha (US\$ 4.62 por
288 touceira) e, a partir do 2º ano, foi de US\$ 1,733.17 por ha (US\$ 1.67 por touceira). Este tratamento gerou
289 economia anual de US\$ 371.03, que representa 7.2% e 17.6% do custo para fornecer 100% dos

290 fertilizantes no 1º ano e a partir do 2º ano, respectivamente. Por outro lado, 100%F + TA acarretou no
291 acréscimo anual de US\$ 190.05 sobre o COT do manejo, para ambos os períodos.

292 Conforme a participação percentual dos custos de produção em relação ao COT (Tabela 3), no 1º
293 ano de cultivo, as despesas com a implantação do bananal e do sistema de irrigação foram as mais
294 representativas, independente do tratamento adotado. A partir do 2º ano, a maior parte dos desembolsos
295 são despendidos com insumos e serviços ligados ao manejo nutricional e a operacionalização do sistema
296 de irrigação (incluindo a depreciação dos equipamentos). Além disso, a participação do gasto com manejo
297 nutricional foi menor na área sob 50%F + TA, 5.63 e 8.55 pontos percentuais a menos que 100%F
298 (controle) no 1º ano e a partir do 2º ano, respectivamente. Em contrapartida, 100%F + TA gerou um
299 acréscimo de 2.59 pontos percentuais no 1º ano e, de 3.31 pontos percentuais a partir do 2º ano, em
300 relação ao tratamento controle.

301 A associação entre *T. asperellum* mais 100% ou 50% dos fertilizantes proporcionou maiores
302 rentabilidades, conforme a análise dos indicadores VPL, TIR, B/C, *Payback* e PN (Tabela 3). O uso de *T.*
303 *asperellum* como complemento à 100% da fertilização incrementou o VPL em 28,8% em comparação ao
304 tratamento controle, o equivalente à receita de US\$ 8,944.40. Em 50%F + TA, este ganho foi de US\$
305 1,936.35, 6.2% em relação ao manejo padrão. Independente do manejo adotado, o investimento inicial é
306 liquidado no 3º ano de plantio. No entanto, após o desconto do investimento inicial, a margem bruta
307 acumulada até o 3º ano é de US\$ 8,548.32 para 100%F + TA e, de US\$ 6,877.74 para 50%F + TA,
308 margens que equivalem ao incremento respectivo de 47.2% e 18.4% sobre o retorno de 100%F (Tabela
309 4). Estes resultados são corroborados pela taxa interna de retorno (TIR), ou taxa de remuneração do
310 capital investido, com maior valor da TIR para 100%F + TA (133.56%), seguida pelo manejo 50%F + TA
311 (126.15%) e pelo tratamento controle (112.27%). Estas taxas são superiores ao custo de capital das
312 principais linhas de crédito que financiam atividades da agricultura familiar na região, como o Fundo
313 Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) e o Programa Nacional de Fortalecimento da
314 Agricultura Familiar (PRONAF).

315 A relação B/C foi superior a 1.00 para todos os tratamentos (Tabela 3), evidenciando a viabilidade
316 econômica do cultivo da banana independente da prática adotada. Todavia, o manejo 50%F + TA
317 apresentou maior participação das receitas em relação ao COT, seguido pelo manejo 100%F + TA. Na
318 prática, para cada dólar investido, obtém-se US\$ 3.60 para 50%F + TA e US\$ 3.52 para 100%F + TA,
319 benefícios superiores à margem do tratamento padrão, US\$ 3.10. Por outro lado, o menor ponto de
320 nivelamento (PN), produção mínima necessária para cobrir o custo de produção, ocorreu no manejo
321 50%F + TA (4.19 t ha⁻¹), seguido por 100%F (5.09 t ha⁻¹) e 100%F + TA (5.55 t ha⁻¹), corroborando os
322 resultados relacionados ao COT. Assim, a rentabilidade obtida com 50%F + TA está fortemente
323 relacionada à redução dos custos de produção e, a rentabilidade de 100%F + TA ao incremento da receita
324 bruta, devido ao aumento na produtividade.

325 Lacerda et al. (2013) analisaram o desempenho econômico de lavouras de banana maçã em sistema
326 de sequeiro, na região Norte do Brasil. O COT obtido do ano de implantação foi de US\$ 1,271.03 e, no
327 ano de produção, foi de US\$ 785.11 (valores corrigidos). Com base nas produtividades de 12 t ha⁻¹ no 2º

328 ano e 10 t ha⁻¹ a partir do 3º ano, o VPL para cinco anos foi de US\$ 6,504.29 (valor corrigido), TIR de
329 194%, razão B/C de 7.10, PN de 2.58 t ha⁻¹ e período de recuperação do capital de dois anos. Os
330 resultados de COT, TIR, B/C, PN e *Payback* registrados por Lacerda et al. (2013) tiveram melhor
331 desempenho em relação ao presente estudo. No entanto, a média do VPL do presente estudo (US\$
332 34,696.49) é cerca de cinco vezes maior que o VLP obtido por Lacerda et al. (2013). Estas diferenças
333 podem ser atribuídas aos custos de produção, produtividades, horizonte do fluxo de caixa e preços de
334 comercialização.

335 Em lavouras de banana prata-anã no Nordeste brasileiro, sob manejo convencional do solo e
336 diferentes lâminas de irrigação, Barbosa et al. (2016) registraram médias de 2.13 para relação B/C, 147%
337 para TIR e US\$ 34,047.97 para VPL (valor corrigido). O desempenho médio da relação B/C do presente
338 estudo (3.41) foi superior ao reportado por Barbosa et al. (2016), diferença explicada pelos custos
339 operacionais dos sistemas de produção comparados, possivelmente mais altos no trabalho de Barbosa et
340 al. (2016), pelo uso diário do sistema de irrigação; bem como às produtividades estimadas e preços de
341 comercialização da banana, US\$ 0.41 kg⁻¹ no presente estudo e US\$ 0.27 kg⁻¹ (valor corrigido) no
342 trabalho de Barbosa et al. (2016). A média da TIR da presente pesquisa (123.99%) foi inferior ao
343 reportado pelos referidos autores, possivelmente influenciada por maiores produtividades estimadas e
344 menor taxa de juros (2% a.a.) utilizada no cálculo dos indicadores econômicos da banana prata-anã. Por
345 outro lado, a média do VPL de ambos os trabalhos foi semelhante.

346 O baixo aporte de capital para investir em insumos permanece como um dos principais entraves ao
347 aumento da produtividade da bananicultura no contexto da agricultura familiar. No presente estudo, o uso
348 de *T. asperellum* combinado à fertilização proporcionou maior rentabilidade para o produtor familiar, seja
349 através da redução dos custos com insumos (50%F + TA), seja através do incremento das receitas, em
350 função do aumento da produtividade (100%F + TA). Assim, a tecnologia microbiana mostrou ser uma
351 estratégia economicamente viável, com alta rentabilidade, aspecto fundamental para a sustentabilidade da
352 atividade. Além disso, os indicadores econômicos registrados podem servir de referência para a tomada
353 de decisão do agricultor em relação ao planejamento do plantio, adoção de tecnologias e contratação de
354 financiamentos de crédito rural.

355

356 **3.4 Conclusão**

357 Este estudo é o primeiro a demonstrar que a inoculação de *T. asperellum* aumenta a produtividade
358 de bananeiras adubadas com 100% dos fertilizantes, bem como reduz em 50% a necessidade destes
359 insumos, mantendo a produtividade das plantas. A tecnologia microbiana é economicamente viável,
360 aumentando a rentabilidade da bananicultura pela redução de custos ou incremento das receitas
361 mostrando-se como estratégia eficiente para melhorar o desempenho agrônomo da bananeira, aumentar
362 a eficiência do uso de adubos e elevar os ganhos do agricultor familiar, especialmente na Amazônia.

363

364 **REFERÊNCIAS**

365 Arikan OA, Mulbry W, Rice C (2016) The effect of composting on the persistence of four ionophores in

366 dairy manure and poultry litter. *Waste Manage* 54:110–117. doi:10.1016/j.wasman.2016.04.032
367
368 Barbosa FEL, Lacerda CF, Amorim AV, Costa RNT, Silva JA, Fernandez FFF (2016) Produtividade e
369 viabilidade econômica da bananeira associada com plantas de cobertura. *Rev bras eng agrí ambient*
370 20:1078–1082. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1078-1082
371
372 Borges AL, Silva JTA, Oliveira AMG, D'Oliveira OS (2015) Nutrição e adubação. In: Ferreira CF, Silva
373 SDO, Amorim EP, Santos-Serejo JA. *O agronegócio banana*. Embrapa, Brasília, pp. 331-398
374
375 Bordeaux-Rego, R. (2007) Viabilidade econômico-financeira de projetos. Editora FGV, Rio de Janeiro
376
377 Chen Z, Kim J, Jiang X (2018) Survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* in animal
378 waste - based composts as influenced by compost type, storage condition and inoculum level. *J Appl*
379 *Microbiol* 124(5):1311-1323. doi: 10.1111 / jam.13719
380
381 Cravo M, Viegas I, Brasil E (2010) Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará.
382 Embrapa Amazônia Oriental, Belém/PA
383
384 Du Jardin P (2015) Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hortic*
385 196:3–14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021
386
387 FAO (2019) Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets – November 2019. FAO, Roma.
388 <http://www.fao.org/3/ca6911en/CA6911EN.pdf>. Accessed 2 January 2020
389
390 FAOSTAT (2018) FAO Statistical Databases. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Accessed 2 January
391 2020
392
393 Ferrari A; Batista TFV; Montenegro H; Delalibera Junior I (2013) Diversidade de *Trichoderma* spp.
394 coletados em solo na base petrolífera “Pedro de Moura” em Coari-AM. In: XIII Siconbiol, Bonito, pp.1
395
396 França SKS, Cardoso AF, Lustrosa DC, Ramos EMLS, Filippi MCC, Silva GB (2015) Biocontrol of
397 sheath blight by *Trichoderma asperellum* in tropical lowland rice. *Agron Sustain Dev* 35:317–324.
398 doi:10.1007/s13593-014-0244-3
399
400 Furlaneto FDPB, Martins NA, Esperancini MST (2011) Viabilidade econômica de manejos nutricionais
401 na cultura de banana. *Pesqui Agropecu Trop* 41(2):205-212. doi: 10.5216/pat.v41i2.10813
402
403 Gilbert N (2009) Environment: The disappearing nutrient. *Nature* 461:716-718
404 doi: doi.org/10.1038/461716a
405
406 Haque MM, Ilias G, Molla A (2012) Impact of *Trichoderma*-enriched biofertilizer on the growth and
407 yield of mustard (*Brassica rapa* L.) and tomato (*Solanum lycopersicon* Mill.). *AGRIC* 10:109–119.
408 doi:10.3329/agric.v10i2.13148
409
410 IBGE (2017) Censo agropecuário 2017. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6955>. Accessed 25 October 2019
411
412 Kuppusamy P, Bagul SY, Das S, Chakdar H (2019) Microbe-Mediated Abiotic Stress Alleviation:
413 Molecular and Biochemical Basis. In: Varma A, Tripathi S, Prasad R. *Plant Biotic Interactions*. Springer,
414 Cham, pp. 263-281
415
416 Lacerda MD, Tarsitano RA, Hernandez FBT, Nasser MD (2013) Análise econômica da produção de
417 banana-maçã na região Sudeste do Estado do Pará. *Inf Econ* 43:40–44
418
419 Leite JBV, Silva SO, Alves EJ, Lins RD, Jesus ON (2003) Caracteres da planta e do cacho de genótipos
420 de bananeira, em quatro ciclos de produção, em Belmonte, Bahia. *Rev Bras Frutic* 25:443–447.
421 doi:10.1590/S0100-29452003000300021

422
423 López-Bucio J, Pelagio-Flores R., Herrera-Estrella A (2015) *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the
424 multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Sci Hortic* 196:109–123.
425 doi:10.1016/j.scienta.2015.08.043
426
427 López-Valenzuela BE, Armenta-Bojórquez AD, Hernandez-Verdugo S, Apodaca-Sanchez MA,
428 Samaniego-Gaxiola JA, Valdez-Ortiz A (2019) *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. as growth promoters
429 in maize (*Zea mays* L.). *PHYTON* 88:37–46. doi:10.32604/phyton.2019.04621
430
431 Martin NB, Serra R, Oliveira MDM, Ângelo JA, Okawa H (1998) Sistema integrado de custos
432 agropecuários - CUSTAGRI. *Inf Econ* 28:1–22
433
434 Martins E. (2009) Contabilidade de custos. Atlas S. A., São Paulo
435
436 Matsunaga M, Bemelmans PF, Toledo PEN, Dulley RD, Okawa H, Pedroso IA (1976) Metodologia de
437 custo de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola, São Paulo*
438
439 Mia MAB, Shamsuddin, ZH, Wahab Z, Marziah M (2005) High-yielding and quality banana production
440 through plant growth-promoting rhizobacterial inoculation. *Fruits* 61:313–319.
441 doi:10.1051/fruits:2005024
442
443 Nascimento WMO, Müller CH, Carvalho JEU, Martins LL, Lemos OF (2009) Comunicado Técnico n°
444 218: Avaliação de cultivares de bananeira em resistência à sigatoka-negra em Belém, PA. Embrapa
445 Amazônia Oriental, Belém
446
447 Neill C, Jankowski KJ, Brando PM, Coe MT, Deegan LA, Macedo MN, Riskin SH, Porder S, Elsenbeer
448 H, Krusche AV (2017) Surprisingly modest water quality impacts from expansion and intensification of
449 large-scale commercial agriculture in the Brazilian Amazon-Cerrado Region. *Trop Conserv Sci* 10:1–5.
450 doi:10.1177/1940082917720669
451
452 Qin L, Guo C, Huang S, Li C, Wei L, Wei S, DanDan T, Wei Z (2017) Growth-promoting effects of
453 *Trichoderma asperellum* strain PZ6 on banana and its indoor control effect against banana fusarium wilt.
454 *J South Agric* 48:277–283
455
456 Rambo JR, Tarsitano MAA, Krause W, Laforga G, Silva C (2015) Análise financeira e custo de produção
457 de banana-maçã: um estudo de caso em Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. *Inf econ* 45(5):29-39
458
459 Samanez CP (2009) Engenharia econômica. Pearson Prentice Hall, São Paulo
460
461 Solgi E, Sheikhzadeh H, Solgi M (2018) Role of irrigation water, inorganic and organic fertilizers in soil
462 and crop contamination by potentially hazardous elements in intensive farming systems: Case study from
463 Moghan agro-industry, Iran. *J Geochem Explor* 185:74-80. doi: doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.11.008

APÊNDICES

Figura 1 Banana BRS Pacoua produzida com 100% da dose de fertilizantes (à esquerda), 50% da dose de fertilizantes mais *Trichoderma* (no centro) e 100% da dose de fertilizantes mais *Trichoderma* (à direita) (a). Produtividade e Valor Presente Líquido da bananeira sob diferentes manejos nutricionais em sistema de produção familiar (b)

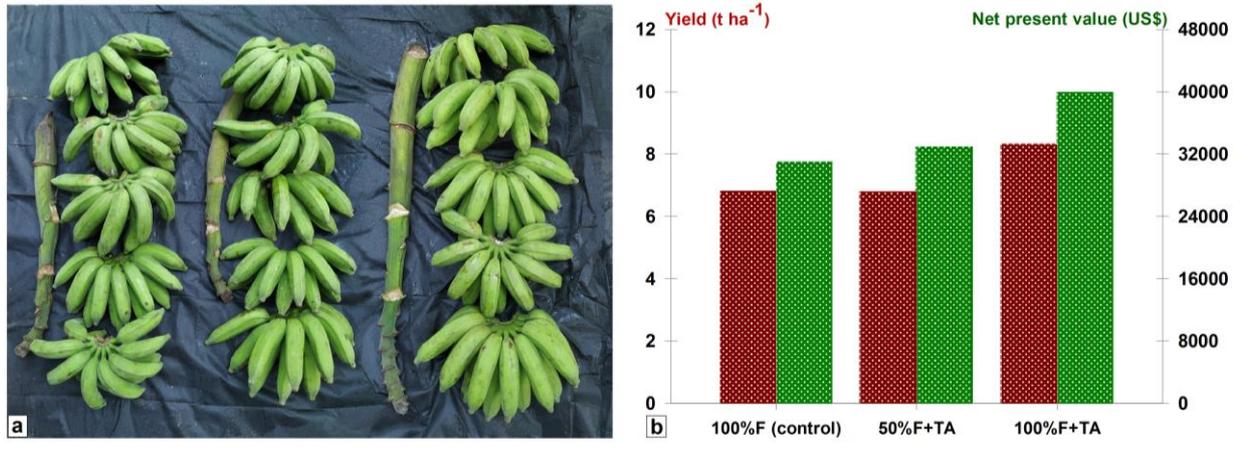


Tabela 1 Desempenho produtivo do 1º ciclo da banana BRS Pacoua, sob diferentes manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil

	100%F (controle)	50%F + TA	100%F + TA	CV%	P valor
Número de pencas por cacho	5.38 ± 0.14a	5.23 ± 0.17a	5.67 ± 0.14a	9.98	0.16
Número de frutos por cacho	67.46 ± 2.55b	68.08 ± 3.22ab	75.33 ± 2.94a	13.04	0.08
Número de frutos por penca	12.55 ± 0.42a	12.95 ± 0.28a	13.28 ± 0.36a	8.45	0.18
Comprimento do fruto (cm)	16.36 ± 0.61a	17.46 ± 0.48a	17.09 ± 0.63a	12.30	0.34
Diâmetro do fruto (cm)	3.50 ± 0.09a	3.51 ± 0.09a	3.52 ± 0.07a	8.97	0.98
Massa da penca (kg)	1.09 ± 0.06b	1.11 ± 0.05ab	1.28 ± 0.09a	18.74	0.07
Massa do cacho (kg)	6.60 ± 0.38b	6.58 ± 0.33b	8.04 ± 0.59a	20.12	0.02
Produtividade (t ha ⁻¹)	6.83 ± 0.39b	6.81 ± 0.34b	8.32 ± 0.61a	20.12	0.02
Produtividade da fertilização (N)	14.66 ± 0.84b	29.23 ± 1.46a	17.86 ± 1.90b	19.16	1.65e ⁻⁰⁷
Produtividade da fertilização (P)	6.92 ± 0.40b	13.80 ± 0.69a	8.43 ± 0.90b	19.17	1.65e ⁻¹⁰
Produtividade da fertilização (K)	6.62 ± 0.38b	13.20 ± 0.66a	8.07 ± 0.62b	19.17	1.66e ⁻¹⁰

CV: Coeficiente de variação

Valores [média ± erro padrão] na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem no teste de Tukey (P <0.10)

Tabela 2 Estimativa do custo operacional total (COT) de 1 hectare da banana BRS Pacoua em sistema de produção familiar no Norte do Brasil, com custo detalhado para os manejos nutricionais

Descrição	50%F + TA			100%F (controle)			100%F + TA		
	Preço (US\$)			Preço (US\$)			Preço (US\$)		
	Qtd	Unit.	Total	Qtd	Unit.	Total	Qtd	Unit.	Total
A-Manejo nutricional									
Camá aviária (L)	7,762.50	0.02	154.09	15,525.00	0.02	308.20	15,525.00	0.02	308.20
NPK (kg)	465.80	0.55	254.25	931.50	0.55	508.50	931.50	0.55	508.50
KCl (kg)	155.30	0.55	84.75	310.50	0.55	169.50	310.50	0.55	169.50
Bioestimulante (L)	3,415.50	0.04	135.60				3,415.50	0.04	135.60
Coroamento (h/d)	6.50	8.26	53.66	6.50	8.26	53.70	6.50	8.26	53.70
Adubação orgânica (h/d)	7.00	8.26	57.79	10.50	8.26	86.70	10.50	8.26	86.70
Adubação sintética (h/d)	3.00	8.26	24.77	4.50	8.26	37.10	4.50	8.26	37.10
Inoculação (h/d)	5.50	8.26	45.40				5.50	8.26	45.40
Subtotal A			810.31			1,163.67			1,344.67
B-Implantação do bananal*			1,077.46			1,077.46			1,077.46
C-Implantação do sistema de irrigação*			1,961.89			1,961.89			1,961.89
D-Sistema de irrigação			547.26			547.26			547.26
E-Tratos culturais			156.85			156.85			156.85
F-Colheita e despenca**			136.21			136.21			136.21
1º Ano									
Custo operacional efetivo (COE)			4,553.77			4,907.13			5,088.14
Outras despesas (5% do COE)			227.69			245.36			254.41
COT (ha)			4,781.46			5,152.49			5,342.54
COT por touceira			4.62			4.98			5.16
A partir do 2º Ano									
Custo operacional efetivo (COE)			1,650.63			2,004.00			2,185.00
Outras despesas (5% do COE)			82.53			100.20			109.25
COT (ha)			1,733.17			2,104.20			2,294.25
COT por touceira			1.6			2.03			2.22
COT por cacho			0.84			1.02			1.11

*Incluído no cálculo do COE e COT do 1º ano

** Incluído no cálculo do COE e COT apenas a partir do 2º ano de plantio

Tabela 3 Estimativa da participação percentual dos custos em relação ao COT e indicadores de viabilidade econômica da produção da banana BRS Pacoua dos manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil

	50%F + TA		100%F (controle)		100%F + TA	
	1º ano	2º ano	1º ano	2º ano	1º ano	2º ano
Custos de produção (%)						
Implantação do bananal	22.53	-	20.91	-	20.17	-
Implantação irrigação	41.03	-	38.08	-	36.72	-
Manejo nutricional	16.95	46.75	22.58	55.30	25.17	58.61
Sistema de irrigação	11.45	31.58	10.62	26.01	10.24	23.85
Tratos culturais	3.28	9.05	3.04	7.45	2.94	6.84
Colheita	-	7.86	-	6.47	-	5.94
Indicadores de viabilidade econômica						
Ponto de nivelamento (t ha-1)	4.19		5.09		5.55	
Valor presente líquido (US\$)	33,005.92		31,069.57		40,013.97	
Taxa interna de retorno (%)	126.15		112.27		133.56	
Relação benefício-custo	3.60		3.10		3.52	
<i>Payback</i> (Ano)	3		3		3	

Tabela 4 Fluxo de caixa com estimativa da produtividade anual (PROD.A), receita bruta, custo operacional total (COT), margem bruta (MB e MB acumulada para 1 hectare de banana BRS Pacoua, sob diferentes manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil

50%F + TA					
Período	PROD.A t ha ⁻¹	Receita Bruta b	COT c	Margem bruta b-c	MB acumulada
1º ano	-	-	4,781.46	-4,781.46	-4,781.46
2º ano	14.83	6,132.69	1,733.17	4,399.53	-381.93
3º ano	21.74	8,992.84	1,733.17	7,259.68	6,877.74
4º ano	28.38	11,738.05	1,733.17	10,004.89	16,882.63
5º ano	28.38	11,736.71	1,733.17	10,003.54	26,886.17
6º ano	28.38	11,736.71	1,733.17	10,003.54	36,889.72
100%F (controle)					
Período	PROD.A t ha ⁻¹	Receita Bruta b	COT c	Margem bruta b-c	MB acumulada
1º ano	-	-	5,152.49	-5,152.49	-5,152.49
2º ano	14.87	6,150.70	2,104.20	4,046.51	-1,105.98
3º ano	21.81	9,019.25	2,104.20	6,915.06	5,809.07
4º ano	28.47	11,772.53	2,104.20	9,668.33	15,477.40
5º ano	28.46	11,770.95	2,104.20	9,666.76	25,144.16
6º ano	28.46	11,770.95	2,104.20	9,666.76	34,810.91
100%F + TA					
Período	PROD.A t ha ⁻¹	Receita Bruta b	COT c	Margem bruta b-c	MB acumulada
1º ano	-	-	5,342.54	-5,342.54	-5,342.54
2º ano	18.12	7,492.51	2,294.25	5,198.26	-144.28
3º ano	26.57	10,986.85	2,294.25	8,692.60	8,548.32
4º ano	34.68	14,340.76	2,294.25	12,046.51	20,594.83
5º ano	34.67	14,339.16	2,294.25	12,044.91	32,639.74
6º ano	34.67	14,339.16	2,294.25	12,044.91	44,684.64

Preço comercial praticado na propriedade: US\$ 6.20 por caixa (15 kg), US\$ 413.56 a tonelada do fruto