



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

THAMIRES MONTEIRO SILVA MAUÉS

***Trichoderma asperellum* INCREMENTA A PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA,
REDUZ O USO DE FERTILIZANTES E AUMENTA OS GANHOS DO
AGRICULTOR FAMILIAR NA AMAZÔNIA**

BELÉM

2019

THAMIRES MONTEIRO SILVA MAUÉS

***Trichoderma asperellum* INCREMENTA A PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA,
REDUZ O USO DE FERTILIZANTES E AUMENTA OS GANHOS DO
AGRICULTOR FAMILIAR NA AMAZÔNIA**

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

Área de Concentração: Produção Vegetal em Sistemas Agrícolas.

Orientadora: Prof.^a Gisele Barata da Silva.

BELÉM

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

THAMIRES MONTEIRO SILVA MAUÉS

***Trichoderma asperellum* INCREMENTA A PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA,
REDUZ O USO DE FERTILIZANTES E AUMENTA OS GANHOS DO
AGRICULTOR FAMILIAR NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de mestrado em Agronomia, para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Produção Vegetal em Sistemas Agrícolas.

Aprovado em 03 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA

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

Prof.^a Antônia Benedita da Silva Bronze - 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Prof. Marcos Antônio Souza dos Santos - 2º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Prof.^a. Eliziete Pereira de Souza - 3º Examinador
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ - IFPA

RESUMO

A bananicultura é uma atividade de grande importância na agricultura familiar amazônica. Para obter alto rendimento, esta atividade requer abundante fertilização, o que onera os custos de produção e pode causar danos ambientais. O uso de microrganismos é uma estratégia cada vez mais utilizada na agricultura a fim de aumentar a eficiência da fertilização. Portanto, testou-se a eficiência de *Trichoderma asperellum* nativo no desempenho produtivo e econômico do cultivo de bananeira em sistema de produção familiar. Foram testados três tratamentos: 100% da fertilização (controle), 50% da fertilização + *T. asperellum* e 100% da fertilização + *T. asperellum*. A fertilização consistiu em adubos inorgânicos e cama de aviário. Avaliou-se a produção do 1º ciclo da banana e a viabilidade econômica das práticas no horizonte de seis anos. A inoculação de *T. asperellum* aumentou em 23% a produtividade de bananeiras sob 100% da fertilização e manteve a produtividade com a redução de 50% dos adubos. A tecnologia microbiana é economicamente viável em sistema de produção familiar. Em plantas inoculadas, o uso de 50% dos adubos reduziu os custos de produção em 7% no ano de implantação e, 18% a partir do 2º ano de plantio. Em seis anos, a inoculação com *T. asperellum* incrementou as receitas em R\$ 36.046,40, com 100% dos adubos, e R\$ 7.803,70 com 50% de adubos. Portanto, o uso de *T. asperellum* como biofertilizante é uma estratégia eficiente para melhorar o desempenho agrônomo da bananeira, aumentar a eficiência do uso de adubos e elevar os ganhos do agricultor familiar na Amazônia. O uso de microrganismos nativos é uma prática promissora para aumentar a rentabilidade de atividades financiadas com recursos de programas de crédito rural, bem como para tornar a agricultura da região mais sustentável.

Palavras-chave: Biofertilizante. Inoculante microbiano. BRS Pacoua. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

Banana farming is an activity of great importance in Amazonian family farming. In order to obtain high yield, this activity requires abundant fertilization, which increases production costs and can cause environmental damage. The use of microorganisms is a strategy increasingly used in agriculture in order to increase the efficiency of fertilization. Therefore, the efficiency of native *Trichoderma asperellum* in the productive and economic performance of banana cultivation in a family production system was tested. Three treatments were tested: 100% of fertilization (control), 50% of fertilization + *T. asperellum* and 100% of fertilization + *T. asperellum*. Fertilization consisted of inorganic fertilizers and poultry litter. The production of the 1st banana cycle and the economic viability of the practices over the six-year horizon were evaluated. The inoculation of *T. asperellum* increased banana productivity by 23% under 100% fertilization and maintained productivity with a 50% reduction in fertilizers. Microbial technology is economically viable in family production system. In inoculated plants, the use of 50% of fertilizers reduces production costs by 7% in the year of implantation and 18% from the 2nd year of planting. In six years, inoculation with *T. asperellum* increased revenues by R\$ 36,046.40, with 100% of fertilizers, and R\$ 7,803.70 with 50% of fertilizers. Therefore, the use of *T. asperellum* as a biofertilizer is an efficient strategy to improve the agronomic performance of bananas, increase the efficiency of the use of fertilizers and increase the earnings of family farmers in the Amazon. The use of native microorganisms is a promising practice to increase the profitability of activities financed with resources from rural credit programs, as well as to make agriculture in the region more sustainable.

Keywords: Biofertilizer. Inoculant. BRS Pacoua. Profitability.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Desempenho produtivo do 1º ciclo da banana BRS Pacoua, sob diferentes manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.....24
- 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.....25
- Tabela 3.** Estimativa da participação percentual dos custos de produção da banana BRS Pacoua em relação ao custo operacional total (COT) dos manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.....26
- Tabela 4.** Fluxo de caixa com estimativa da produtividade anual (PROD.A), receita bruta, custo operacional total (COT), margem bruta e margem bruta (MB) acumulada para 1 hectare de banana BRS Pacoua, sob diferentes manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.....27
- Tabela 5.** Indicadores da viabilidade econômica da produção da banana BRS Pacoua cultivada sob diferentes manejos nutricionais em sistema de produção familiar, pelo período de seis anos e taxa de juros de 3% ao ano.....28

SUMÁRIO

RESUMO	5
1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
REFERÊNCIAS	10
2 <i>Trichoderma asperellum</i> INCREMENTA A PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA, REDUZ O USO DE FERTILIZANTES E AUMENTA OS GANHOS DO AGRICULTOR FAMILIAR NA AMAZÔNIA	14
2.1 Introdução.....	16
2.3 Resultados e Discussão.....	21
2.3.1 <i>Desempenho agronômico da bananeira</i>	21
2.3.2 <i>Análise econômica.....</i>	22
2.4 Conclusão	24
REFERÊNCIAS	30

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A bananeira (*Musa* spp. L.) é uma espécie tropical, monocotiledônea, da família Musaceae, nativa do sudeste asiático e oeste do Pacífico. É uma planta herbácea, de porte exuberante, caule subterrâneo e frutos do tipo baga, amplamente cultivada em regiões do trópico e subtropical. Possui importância socioeconômica mundial, pois seus frutos constituem alimento básico para milhões de pessoas, especialmente nos países em desenvolvimento (FERREIRA et al., 2015; FAO, 2017). A boa aceitação da banana se dá por seu sabor, facilidade de consumo, baixo custo e alto valor nutricional – sendo fonte de energia, proteínas, vitaminas e sais minerais (TACO, 2011; SILVA et al., 2015).

Segundo dados da Food and Agriculture Organization (FAO), a bananeira é a frutífera mais cultivada no mundo, com uma área plantada de 5,6 milhões de hectares e produção de 114 milhões de toneladas, a qual tende a progredir, motivada pela necessidade alimentar da crescente população global (FAO, 2017). O Brasil é o quarto maior produtor, com cerca de 7 milhões de toneladas anuais 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 (30 t ha⁻¹) e Indonésia (60 t ha⁻¹), países mais importantes neste mercado (FAO, 2017; IBGE, 2018a).

No Brasil, o cultivo da banana está distribuído por todo o território. Em 2018, as maiores áreas plantadas pertenciam aos Estados da Bahia, com 67 mil ha, São Paulo, com 48 mil ha e Minas Gerais, com 46 mil ha. A região Sudeste e Nordeste concentrava 67% do volume de bananas produzido, com destaque para os Estados de São Paulo e Bahia, seguidos por Minas Gerais, Santa Catarina e Pará. Apesar de não estar entre os maiores produtores, o Estado do Rio Grande do Norte apresentou as maiores produtividades, média de 28 t ha⁻¹. Paraná e Santa Catarina também se destacaram por seus rendimentos, 25 t ha⁻¹ e 24 t ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2018a). Aproximadamente 98% da produção de bananas é destinada ao mercado interno, conforme Comex Brasil (2019). Em 2019, o Brasil importou cerca de 212 mil kg do produto (bananas frestas ou secas e purês), cerca de 59% do Equador, 40% das Filipinas e o restante da China (COMEX BRASIL, 2019).

No cenário nacional, o consumo aparente *per capita* da banana é estimado em torno de 30 kg por habitante por ano, sendo a segunda fruta mais consumida, atrás somente da laranja. Embora esteja presente em todas as camadas sociais, o consumo de bananas aumenta com a renda da população (IBGE, 2010). Cerca de 98% da produção de bananas é destinada ao consumo *in natura* (FOLEGATTI; MATSUURA, 2004). As cultivas de maior destaque no mercado interno são Prata, Pacovan, Prata-Anã, Maçã, Mysore e Terra D'angola. Nanica, Nanicão e Grande Naine são destinadas ao mercado interno e para exportação (SILVA et al., 2015).

O Estado do Pará é o maior produtor de bananas da região Amazônica, com uma áreas plantada de 423.383 ha, alcançando 423 mil t ano⁻¹ e produtividade de 12 t ha⁻¹ (IBGE, 2018b). Estima-se que 79% da produção está concentrada nas mesorregiões Sudoeste e Sudeste, com destaque para os municípios de Medicilândia, Altamira e Novo Repartimento (IBGE, 2018b). Nas áreas paraenses, a bananeira é cultivada em monocultivo, consórcio com outras frutíferas ou em sistemas agroflorestais (SAFs). Nos consórcios e SAFs, além da produção de frutos, a bananeira fornece sombreamento provisório para outras espécies, como açaí e cacau.

Conforme o Censo Agropecuário 2017, o Pará possui cerca de 9.375 estabelecimentos produtores de banana, 87% pertencentes à agricultores de base familiar (IBGE, 2017). Neste sentido, a atividade possui grande relevância socioeconômica, contribuindo para a qualidade de vida das famílias, com manutenção da segurança alimentar, geração de renda e permanência das pessoas no meio rural (Garcia et al. 2015; Ferreira et al. 2015).

Apesar da boa produção interna, existe um mercado potencial para o fruto, pois grande parte da banana consumida no Estado é oriunda do Nordeste (com destaque para Bahia e Pernambuco) e de São Paulo, que capta produtos de outras regiões via CEAGESP (AMARAL; SABINO, 2015). Por sua vez, a expansão desta cadeia produtiva ainda precisa superar limitações no campo, especialmente em relação à produtividade das áreas, haja vista que o rendimento paraense (12 t ha⁻¹) situa-se abaixo da média nacional (15 t ha⁻¹) (IBGE, 2019).

Nesse cenário, as principais limitações ao desenvolvimento da atividade incluem aspectos técnicos e financeiros. Se por um lado, há precariedade nos manejos adotados (fitossanitário, nutricional, tratamentos culturais e pós-colheita), no preparo de solo e qualidade das mudas; por outro, há baixo aporte de capital por parte dos agricultores-investidores para suprir a alta demanda nutricional da cultura, bem como implementar mecanização e irrigação (ALBUQUERQUE, 2014; BORGES et al., 2015; CHOPIN; BLAZY, 2013). A comercialização a baixos preços, como ocorre nas transações com atravessadores, também é percebida como um fator limitante, à medida que baixas rentabilidades restringem reinvestimentos nos bananais.

O uso de fertilizantes sintéticos é a prática mais difundida para suprir as demandas nutricionais da bananeira. Os nutrientes mais requeridos pela espécie são N e K, seguidos por P, Ca e Mg (MIA et al., 2010). Com base em Cravo et al. (2010), o requerimento mínimo de NPK para 1 hectare (1.035 plantas), visando alcançar de 20 a 30 t de banana é de 248 kg de N, 83 kg de P₂O₅ e 259 kg de K₂O (plantio e formação). Nos anos de produção, essa exigência cai para 207 kg de N, 51,8 kg de P₂O₅ e 155 kg de K₂O. Para os dois primeiros anos, isto representa um custo em torno de R\$ 4.400,0, conforme os preços atuais da ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. A este valor, somam-se ainda gastos com adubos orgânicos, demais fertilizantes e serviços correlatos.

O uso indiscriminado destes insumos – sem a devida atenção às fontes, método de distribuição, frequência e época da adubação – pode resultar no insucesso do manejo de adubação, com aumento dos custos e, conseqüente prejuízo ao empreendimento agrícola (VIEGAS; CRAVO; RODRIGUES, 2010). Além disso, o excesso de fertilizantes sintéticos pode causar salinização do solo e eutrofização dos corpos d'água (pelo excesso de nitratos e fosfatos) (PRADO, 2008; ARAÚJO FILHO et al., 2013). Deve-se considerar ainda o caráter não renovável destes recursos, cujas fontes estão se exaurindo, a exemplo das reservas de P (GILBERT, 2009).

Embora bananais de alta produtividade demandem grandes quantidades de fertilizantes, é possível reduzir a dependência destes insumos com a implementação de tecnologias que aumentem a eficiência da adubação, como o uso de bioestimulantes – produtos com base em substâncias naturais ou microrganismos que melhoram a eficiência nutricional, as respostas aos estresses abióticos, a produtividade e qualidade dos cultivos, sem levar em conta o seu conteúdo de nutrientes (DU JARDIN, 2015).

De modo geral, biofertilizantes a base de microrganismos, como fungos do gênero *Trichoderma*, possuem caráter multifuncional, atuando na promoção do crescimento, regulação da arquitetura radicular, e adaptação aos estresses abióticos e bióticos. No entanto, a manifestação de cada competência varia segundo a espécie e cepa microbiana, sua planta hospedeira e condições ambientais. Ademais, são produtos ecológicos, de fácil utilização que, se manipulados corretamente, não oferecem risco à saúde humana e animal (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015; HAYAT; AHMED; SHEIRDIL, 2012).

Os principais mecanismos envolvidos na bioestimulação por *Trichoderma* spp., referem-se a produção de compostos rizosféricos e fitohormônios, que beneficiam o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, ampliam a capacidade de absorção de nutrientes e água; solubilização de fosfato inorgânico; produção de sideróforos; e aceleração do processo de mineralização. Indiretamente, a promoção do crescimento pode ocorrer pela indução de resistência sistêmica ou antagonismo à patógenos (LÓPEZ-BUCIO et al., 2015).

A literatura tem relatado os benefícios de *Trichoderma* spp. na intensificação do crescimento e melhoria de processos fisiológicos em várias culturas, como arroz (NASCENTE et al., 2016), milho (LÓPEZ-VALENZUELA et al., 2019), tomate (KHAN et al., 2016; BIDELOU et al., 2018) e banana (QIN et al., 2017; SOUZA et al., 2016). Além disso, a incorporação da tecnologia microbiana ao manejo nutricional dos cultivos tem proporcionado a redução da demanda por fertilizantes sintéticos (ROMERO-PERDOMO et al., 2017; MAHESHWARI et al., 2012; MIA et al., 2005; ABDEL-HAFIZ et al., 2016). Portanto, o uso de *Trichoderma* spp. pode ser um grande aliado no

aumento da eficiência da fertilização na bananeira, reduzindo a quantidade de fertilizantes nos agroecossistemas.

Paralelamente, o uso da biotecnologia em substituição a produtos de origem fóssil, visando uma produção mais sustentável, está inserido em um contexto mais amplo, a bioeconomia. Esta refere-se ao conjunto de atividades econômicas que captam o valor latente em processos biológicos e nos recursos renováveis para produzir melhores condições de saúde, além de crescimento e desenvolvimento econômico sustentáveis (HORLINGS; MARSDEN, 2011). Neste cenário, a bioeconomia é considerada uma das fronteiras mais importantes da emergente revolução industrial, a qual congrega tecnologias físicas, biológicas e digitais (RODRIGUES, 2018).

Pelo rico patrimônio genético, o bioma Amazônia representa um campo fértil para o desenvolvimento de soluções biotecnológicas. No entanto, apesar dos avanços em termos de pesquisa, estas soluções ainda são pouco aplicadas na região (RODRIGUES, 2018). No setor agrícola, além de haver poucos bioprodutos disponíveis no mercado, seu custo-benefício é majoritariamente desconhecido pelos agricultores. Nesse sentido, tão importante quanto comprovar os efeitos agrônômicos deste tipo de alternativa é demonstrar a viabilidade econômica de sua implementação.

Em linhas gerais, o diagnóstico de viabilidade econômica é um estudo que evidencia se uma atividade ou negócio trará ou não retorno ao investidor, à medida que compara os custos e esforços gastos em sua implantação e funcionamento, às receitas e benefícios auferidos no decorrer de determinado período (MARTINS, 2009). 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. Vários trabalhos abordam a eficiência econômica da incorporação de tecnologias à cultura da banana, como Furlaneto, Martins e Esperancini (2011) e Barbosa et al. (2016) ao avaliarem diferentes tipos de manejo nutricional.

Sabendo que a inoculação de *Trichoderma* spp. promove o crescimento em plantas e melhora a disponibilização e absorção de nutrientes, levantou-se a seguinte hipótese: a inoculação de *T. asperellum* reduz em 50% a necessidade de fertilizantes sintéticos e orgânicos na bananeira, resultando em plantas com características produtivas semelhantes às aquelas manejadas de modo convencional, sendo uma tecnologia economicamente viável, por reduzir custos com insumos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-HAFIZ, G.; ABDEL-GALIL, H. A.; KAMELIA, I. A.; AMIN, R. A.; IBRAHIM, R. A.. Using the Organic and Bio-fertilizers as a Partial Substitute for Mineral-N in Williams Banana Orchards. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, v. 47, n. 3, p. 34–46, 2016.

ALBUQUERQUE, A. F. A. Importância econômica. In: BORGES, A. L.; BRASIL, E. C. (Eds.).

Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

AMARAL, M. D. B.; SABINO, T. A. G. A metrópole e a região na Amazônia : uma análise da centralidade de Belém Metropolis. **Ateliê Geográfico**, v. 9, n. 1, p. 138–162, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. C.; GUNKEL, G.; SOBRAL, M. C. M.; KAUPENJOHANN, M.; LOPES, H. L. . Funcionalidade de atributos do solo e eutroficação das águas nos arredores do Reservatório de Itaparica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 1005–1013, 2013.

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.

BORGES, A. L. SILVA, J. T. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; D'OLIVEIRA, P. S. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F. et al. (Eds.). **O agronegócio banana**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2015. p. 331–398.

CHOPIN, P.; BLAZY, J. M. Assessment of regional variability in crop yields with spatial autocorrelation: Banana farms and policy implications in Martinique. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 181, p. 12–21, 2013.

CRAVO, M.; SOUZA, L.; BRASIL, E. Banana. In: CRAVO, M.; VIEGAS, I.; BRASIL, E. (Eds.). . **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará.** 1ª ed. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 211–213.

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

FAO, 2017. **FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 18 out. 2019.

FERREIRA, C. F.; SILVA, SEBASTIÃO DE OLIVEIRA; AMORIM, EDSON PERITO; DOS SANTOS-SEREJO, J. A. (EDS.). **O agronegócio da banana.** 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. A produção de banana na região Norte. In: GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. (Eds.). **A cultura da bananeira na região norte do Brasil.** Brasília–DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. p. 13–62.

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, 2011.

GAMEZ, R.; CARDINALE, M.; MONTES, M.; RAMIREZ, S.; SCHNELL, S.; RODRIGUEZ, F. Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. Williams (*Musa acuminata* Colla). **Microbiological Research**, v. 220, p. 12–20, 2019.

- GILBERT, N. The disappearing nutrient. **Nature**, v. 462, p. 716–718, 2009.
- HAYAT, R.; AHMED, I.; SHEIRDIL, R. An Overview of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture. **Crop Production for Agricultural Improvement**, n. April, p. 557–579, 2012.
- HORLINGS, L. G.; MARSDEN, T. K. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could “feed the world”. **Global Environmental Change**, v. 21, n. 2, p. 441–452, 2011.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [2018]**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>>. Acesso em: 19 out. 2019a.
- IBGE. **Produção agrícola municipal: tabela 5457 [2018]**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 24 out. 2019b.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Censo agropecuário 2017: Tabela 6955 [2017]**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6955>>. Acesso em: 25 out. 2019.
- 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.
- MAHESHWARI, D. K.; DUBEY, R. C.; AERON, A.; KUMAR, B.; KUMAR, S.; TEWARI, S.; ARORA, N. K. et al. Integrated approach for disease management and growth enhancement of *Sesamum indicum* L. utilizing *Azotobacter chroococcum* TRA2 and chemical fertilizer. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 10, p. 3015–3024, 2012.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9^a ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MIA, M. A. B.; SHAMSUDDIN, Z. H.; WAHAB, Z.; MARZIAH, M. High-yielding and quality banana production through plant growth-promoting rhizobacterial inoculation. v. 61, n. 5, p. 313–319, 2005.
- MIA, M. A. B.; SHAMSUDDIN, Z. H.; WAHAB, Z.; MARZIAH, M.. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. 'Berangan'). **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80–87, 2010.
- NASCENTE, A.; DE FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; DE SOUZA, A. C. A.; Lobo, V. L. S.; DA 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, 2017a.
- NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; DE SOUSA, T. P.; DE SOUZA, A. C. A.; LOBO, V. L. S.; DA SILVA, G. B. Effects of beneficial microorganisms on lowland rice development. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 32, p. 25233–25242, 2017b.

POSADA, L. F.; RAMÍREZ, M.; OCHOA-GÓMEZ, N.; CUELLAR-GAVIRIA, T. Z.; ARGEL-ROLDAN, L. E.; RAMÍREZ, C. A.; VILLEGAS-ESCOBAR, V. . Bioprospecting of aerobic endospore-forming bacteria with biotechnological potential for growth promotion of banana plants. **Scientia Horticulturae**, v. 212, p. 81–90, 2016.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp, 2008.

RÊGO, M. C. F. CARDOSO, A. F.; FERREIRA, T. C.; DE FILIPPI, M. C. C.; BATISTA, T. F. V.; VIANA, R. G. DA SILVA, G. B. The role of rhizobacteria in rice plants: Growth and mitigation of toxicity. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 12, p. 2636–2647, 2018.

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

POSADA, L. F.; RAMÍREZ, M.; OCHOA-GÓMEZ, N.; CUELLAR-GAVIRIA, T. Z.; ARGEL-ROLDAN, L. E.; RAMÍREZ, C. A.; VILLEGAS-ESCOBAR, V. Bioprospecting of aerobic endospore-forming bacteria with biotechnological potential for growth promotion of banana plants. **Scientia Horticulturae**, v. 212, p. 81–90, 2016.

ROMERO-PERDOMO, F. ABRIL, J.; CAMELO, M.; MORENO-GALVÁN, A.; PASTRANA, I.; ROJAS-TAPIAS, D.; BONILLA, R. Azotobacter chroococcum as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton (*Gossypium hirsutum*): Effect in reducing N fertilization. **Revista Argentina de Microbiologia**, v. 49, n. 4, p. 377–383, 2017.

SOUZA, G. L. O. D.; NIETSCH, S.; XAVIER, A. A.; COSTA, M. R.; PEREIRA, M. C. T.; SANTOS, M. A. Triple combinations with PGPB stimulate plant growth in micropropagated banana plantlets. **Applied Soil Ecology**, v. 103, p. 31–35, 2016.

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

VIEGAS, I. J. M.; CRAVO, M. S.; RODRIGUES, J. E. L. F. Uso eficiente de fertilizantes. In: CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1^a ed. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 79–83.

2 *Trichoderma asperellum* INCREMENTA A PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA, REDUZ O USO DE FERTILIZANTES E AUMENTA OS GANHOS DO AGRICULTOR FAMILIAR NA AMAZÔNIA

***Normas da revista Agronomy for Sustainable Development**

RESUMO

A bananicultura é uma atividade de grande importância na agricultura familiar amazônica. Para obter alto rendimento, esta atividade requer abundante fertilização, o que onera os custos de produção e pode causar danos ambientais. O uso de microrganismos é uma estratégia cada vez mais utilizada na agricultura a fim de aumentar a eficiência da fertilização. Portanto, testou-se a eficiência de *Trichoderma asperellum* nativo no desempenho produtivo e econômico do cultivo de bananeira em sistema de produção familiar. Foram testados três tratamentos: 100% da fertilização (controle), 50% da fertilização + *T. asperellum* e 100% da fertilização + *T. asperellum*. A fertilização consistiu em adubos inorgânicos e cama de aviário. Avaliou-se a produção do 1º ciclo da banana e a viabilidade econômica das práticas no horizonte de seis anos. A inoculação de *T. asperellum* aumentou em 23% a produtividade de bananeiras sob 100% da fertilização e manteve a produtividade com a redução de 50% dos adubos. A tecnologia microbiana é economicamente viável em sistema de produção familiar. Em plantas inoculadas, o uso de 50% dos adubos reduziu os custos de produção em 7% no ano de implantação e, 18% a partir do 2º ano de plantio. Em seis anos, a inoculação com *T. asperellum* incrementou as receitas em R\$ 36.046,40, com 100% dos adubos, e R\$ 7.803,70 com 50% de adubos. Portanto, o uso de *T. asperellum* como biofertilizante é uma estratégia eficiente para melhorar o desempenho agrônomo da bananeira, aumentar a eficiência do uso de adubos e elevar os ganhos do agricultor familiar na Amazônia. O uso de microrganismos nativos é uma prática promissora para aumentar a rentabilidade de atividades financiadas com recursos de programas de crédito rural, bem como para tornar a agricultura da região mais sustentável.

Palavras-chave: Biofertilizante. Inoculante microbiano. BRS Pacoua. Viabilidade econômica.

***Trichoderma asperellum* INCREASES BANANA PRODUCTIVITY, REDUCES THE USE OF FERTILIZERS AND INCREASES THE FAMILY FARMER'S GAINS IN THE AMAZON**

ABSTRACT

Banana farming is an activity of great importance in Amazonian family farming. In order to obtain high yield, this activity requires abundant fertilization, which increases production costs and can cause environmental damage. The use of microorganisms is a strategy increasingly used in agriculture in order to increase the efficiency of fertilization. Therefore, the efficiency of native *Trichoderma asperellum* in the productive and economic performance of banana cultivation in a family production system was tested. Three treatments were tested: 100% of fertilization (control), 50% of fertilization + *T. asperellum* and 100% of fertilization + *T. asperellum*. Fertilization consisted of inorganic fertilizers and poultry litter. The production of the 1st banana cycle and the economic viability of the practices over the six-year horizon were evaluated. The inoculation of *T. asperellum* increased banana productivity by 23% under 100% fertilization and maintained productivity with a 50% reduction in fertilizers. Microbial technology is economically viable in family production system. In inoculated plants, the use of 50% of fertilizers reduces production costs by 7% in the year of implantation and 18% from the 2nd year of planting. In six years, inoculation with *T. asperellum* increased revenues by R\$ 36,046.40, with 100% of fertilizers, and R\$ 7,803.70 with 50% of fertilizers. Therefore, the use of *T. asperellum* as a biofertilizer is an efficient strategy to improve the agronomic performance of bananas, increase the efficiency of the use of fertilizers and increase the earnings of family farmers in the Amazon. The use of native microorganisms is a promising practice to increase the profitability of activities financed with resources from rural credit programs, as well as to make agriculture in the region more sustainable.

Palavras-chave: Biofertilizer. Inoculant. BRS Pacoua. Profitability.

2.1 Introdução

No Brasil, a bananeira (*Musa spp.*) é a segunda frutífera de maior importância pelo papel que desempenha na dieta da população e pela extensão da área cultivada. O Estado do Pará é o maior produtor de bananas da região Amazônica, com produção de 423 mil t e produtividade de 12 t ha⁻¹, inferior à média nacional, de 15 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). Neste estado, a atividade é desenvolvida majoritariamente por agricultores de base familiar, que representam 87% dos bananicultores (IBGE, 2017). Apesar da relevância da cultura na geração de renda e manutenção da segurança alimentar, a baixa tecnificação dos sistemas de produção e o baixo aporte de capital para investir em insumos permanecem como limitações ao desenvolvimento da atividade (Albuquerque 2014; Borges et al. 2015; Chopin e Blazy 2013).

A obtenção de altas produtividades no cultivo da bananeira exige fertilização abundante, devido a predominância de solos de baixa fertilidade nas áreas produtoras e porque grande parte dos nutrientes são exportados nos frutos. Os fertilizantes inorgânicos e a cama de aviário estão entre as fontes mais utilizadas para suprir a demanda nutricional da bananeira. No entanto, além de onerar os custos da atividade, o uso excessivo destes insumos pode causar danos ambientais, como eutrofização dos corpos d'água (Edwards e Daniel 1993; Neill et al. 2017). A cama de aviário pode ainda disseminar microrganismos patogênicos e contaminar o solo com resíduos de produtos veterinários (Arkan, Mulbry e Rice 2016; Neher et al. 2019).

O uso de inoculante microbianos é uma estratégia que minimiza a dependência dos fertilizantes e seus impactos ambientais, pois aumentam a eficiência da adubação. Estes produtos, denominados biofertilizantes, contêm microrganismos vivos (fungos e/ou bactérias) que melhoram a disponibilidade de nutrientes e sua utilização pelas plantas, resultando em maior crescimento, produtividade e tolerância ao estresse (Du Jardin 2015). Além disso, o uso de microrganismos pode manter ou aumentar a produtividade dos cultivos sob doses reduzidas de adubos (Haque et al. 2012; Lopez-Valenzuela et al. 2019). Desta forma, os biofertilizantes constituem importante tecnologia para tornar a agricultura mais sustentável.

Fungos do gênero *Trichoderma* têm grande potencial como biofertilizantes, por formarem associação simbiótica com as raízes das plantas, colonizarem rapidamente o solo e sobreviverem em restos culturais. O gênero compreende fungos de vida livre, presentes nos solos de uma ampla gama de zonas climáticas, que tem seu modo de vida baseado na saprotrofia, micotrofia e dependência de açúcares derivados de plantas. *Trichoderma* é o gênero mais utilizado em produtos comerciais para controle biológico de fitopatógenos (Lopez-Búcio et al. 2015). Esta popularização se deve à capacidade antagonista de *Trichoderma*, devido ao seu sucesso em interações de parasitismo, antibiose e competição; bem como à sua atuação na indução de resistência sistêmica em plantas (Machado et al., 2012). *Trichoderma* também atua como biofertilizante, através da disponibilização de nutrientes, promoção do crescimento e adaptação vegetal à estresses abióticos. Vários estudos reportam os efeitos de *Trichoderma* na promoção do crescimento de espécies de importância agrônômica, como milho, tomate, soja, arroz e banana (López-Valenzuela et al. 2019; Bader et al. 2019; Marra et al. 2019; Nascente et al. 2017; Qin et al. 2017). Estudos realizados em milho, mostarda e tomate indicam

que a inoculação de *Trichoderma* reduz em 50% a dose de fertilizantes nitrogenados (Haque, Ilias e Molla 2012; López-Valenzuela et al. 2019).

A dimensão econômica das práticas é um aspecto cada vez mais explorado em pesquisas agropecuárias, pois é uma das principais questões no processo decisório do agricultor em relação à adoção de novas tecnologias. Assim, tão importante quanto demonstrar a eficiência agrônômica da tecnologia microbiana é demonstrar sua viabilidade econômica. O diagnóstico de viabilidade econômica é um estudo que evidencia se uma atividade trará ou não retorno ao investidor, auxiliando-o na alocação de recursos aos projetos mais promissores (Martins 2009). A viabilidade técnica e econômica do uso de biofertilizantes já foi registrada no cultivo de soja, feijão e trigo (Soares et al. 2016; Galindo et al. 2018; Galindo et al., 2017). No entanto, a literatura tem poucos relatos sobre os benefícios econômicos da inoculação de *Trichoderma*, assim como sobre a rentabilidade da bananicultura em sistema de produção familiar na Amazônia.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho produtivo do 1º ciclo da bananeira BRS Pacoua inoculada com *T. asperellum* nativo em associação ao uso de 50% ou 100% da dose de fertilizantes, em sistema de produção familiar na região amazônica; e analisar a viabilidade econômica da tecnologia microbiana.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Caracterização da área

O estudo foi conduzido no bananal de uma propriedade familiar, localizada em Ourém (1°33'02.8"S, 47°06'49.9"O), Estado do Pará, Brasil. O clima local enquadra-se no tipo Am (quente e úmido) da classificação de Köppen, com estação seca entre setembro e novembro. Apresenta pluviosidade média anual de 2.400 mm, umidade relativa de 83% e temperatura média anual de 26,2 °C (Santos et al. 2015).

A área experimental abrange 355 m², nos limites de um bananal de 6,3 ha, onde antes havia vegetação secundária. Possui relevo plano, com leve declividade e solo caracterizado como Latossolo Amarelo de textura arenosa. A análise física e química do solo do local apresentou os seguintes resultados (camada de 0 a 20 cm): areia = 85,2%, silte = 4,1%, argila = 10,7%; pH em água = 5,56 (acidez média), P (Mehlich) = 1,83 mg.dm⁻³ (muito baixo), K⁺ = 0,07 cmol_c.dm⁻³ (muito baixo), Ca²⁺ = 2,05 cmol_c.dm⁻³ (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), M.O. = 20,87 g.dm⁻³ (adequado), CTC (efetiva) = 2,68 cmol_c.dm⁻³ (médio), CTC (potencial) = 5,87 cmol_c.dm⁻³ (médio), V = 42,08% (baixo), m = 7,84% (baixo - não prejudicial).

2.2.2 Implantação da área e desenho experimental

O plantio ocorreu em dezembro de 2017. Utilizaram-se mudas de bananeira tipo Pacovan, cultivar BRS Pacoua (*Musa acuminata* Colla), anteriormente denominada PV 0376. As mudas (tipo chifrinho) foram obtidas de um bananal comercial, com plantas de idade inferior a 4 anos, cujas matrizes apresentavam excelente vigor e qualidade fitossanitária. O espaçamento adotado foi de 4,5 m x 2,25 m (1.035 plantas.ha⁻¹), formato utilizado

para consórcio com plantas de açaí. Na ocasião do plantio, as covas foram adubadas com 5 litros de cama de aviário, 250 g de NPK (10-28-20), 100 g de cloreto de potássio (KCl) e 100 g de calcário dolomítico.

O desenho experimental foi em blocos completamente casualizados, com 4 blocos, 3 tratamentos e 4 unidades experimentais por tratamento, totalizando 48 unidades experimentais. Foram testados os seguintes manejos nutricionais: T1: 100% da dose de fertilizantes sintéticos e orgânicos, sem *T. asperellum* (100%F - controle); T2: 50% da dose de fertilizantes sintéticos e orgânicos + *T. asperellum* (50%F + Tricho) e; T3: 100% da dose de fertilizantes e orgânicos + *T. asperellum* (100%F + Tricho).

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

2.2.3 Caracterização, produção e inoculação de *T. asperellum*

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

Os isolados de *T. asperellum* foram cultivados separadamente em meio BDA (batata, dextrose e ágar) e incubados por 96 h, sob 28 °C. De cada isolado, preparou-se uma suspensão aquosa na concentração de 10⁸ conídios.mL⁻¹. As suspensões foram misturadas e inoculadas em arroz autoclavado, incubado por 7 dias, sob 28 °C. A partir do arroz colonizado, elaborou-se o bioestimulante, uma solução aquosa na concentração de 5 g.L⁻¹ de arroz autoclavado. Em campo, cada muda recebeu 300 mL do bioestimulante, aos 30 dias após o plantio. Adicionalmente, foram aplicados 4 L do bioproduto por touceira.ano⁻¹, de modo parcelado, cerca de 20 dias após as operações de adubação.

2.2.5 Manejo do bananal e avaliação da produção

A manutenção da área consistiu nas seguintes operações: coroamento, isto é, limpeza do entorno da touceira; aplicação de fertilizantes sintéticos e orgânicos, em semicírculo (raio de cerca de 50 cm), à frente do menor rebento; aplicação do bioestimulante, através de rega, no entorno da touceira (raio de cerca de 50 cm); desbaste, com manutenção de três plantas por touceira; desfolha, com remoção de folhas senescentes; roçagem, para o controle da matocompetição e; irrigação, realizada de setembro a dezembro, via sistema por aspersão, duas vezes por semana, na quantidade de 30 L por touceira.

A coleta de dados ocorreu durante as colheitas do 1º ciclo da cultura, entre novembro de 2018 e dezembro de 2019. As colheitas foram realizadas manualmente, quando os frutos alcançaram o estágio de

maturação 2 (casca verde claro). As variáveis analisadas foram: número de pencas por cacho (NPC) e número de frutos por cacho (NFC), obtidos a partir de contagem; número de frutos por penca, dada pela razão entre NFC e NPC; Comprimento do fruto, média do comprimento de 3 frutos da 3ª penca, mensurados com fita metrada; diâmetro do fruto, média do diâmetro de 3 frutos da 3ª penca, medidos com paquímetro, na área central dos frutos; massa da penca, razão entre a massa do cacho (sem o engaço) e o NPC; massa do cacho (com engaço), com corte do pedúnculo 20 cm acima da inserção do 1º cacho e; produtividade ($t\ ha^{-1}$), baseada na massa do cacho (com engaço) e na densidade de 1.035 plantas por hectare. A produtividade da fertilização foi obtida pela divisão da produtividade pelo total de nitrogênio, fósforo e potássio utilizados em um hectare desde o plantio.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelos teste de Tukey, $p < 0.10$, usando a linguagem de programação R (R Core Team, 2019).

2.2.8 Análise dos custos de produção

O levantamento dos custos de produção dos manejos foram realizados 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 estimativa do COE para o 1º ano de plantio referiu-se a soma das despesas com insumos e serviços dos seguintes itens: A) Manejo nutricional; B) Implantação do bananal; C) Implantação do sistema de irrigação; D) Sistema de irrigação e; E) Tratos culturais. A partir do 2º ano de plantio, o COE foi composto pelos itens: A) Manejo nutricional; D) Sistema de irrigação; E) Tratos culturais e; F) Colheita e pós-colheita. Além do custo com energia e com serviço de irrigação, o item “D” foi composto por despesas com manutenção e depreciação do sistema de irrigação, respectivamente 2,5% e 10% do valor da sua implantação.

Os custos foram orçados para 1 hectare e período de 1 ano. As cotações dos insumos foram realizadas no ano de 2019, no comércio do município de Castanhal-PA, local de compra da maioria dos insumos. O valor da diária (R\$ 33,27) foi calculado com base no salário mínimo vigente no período, isto é, R\$ 998,0. A despesa com energia do item Sistema de irrigação (D) foi estimado com base no consumo energético da bomba d'água (4,1 kWh), no tempo de uso anual do sistema, isto é, 384 horas (período de irrigação de 12 horas) e no valor do kWh, R\$ 0,51953.

2.2.9 Análise de rentabilidade

Elaborou-se um fluxo de caixa para os três manejos nutricionais, considerando o horizonte de 6 anos. O 1º Ano consiste na fase de formação da lavoura e, os anos subsequentes, constituem a fase de produção. Para cada período do fluxo de caixa, há um valor de produtividade anual (PROD.A), receita bruta, COT, margem bruta e relação benefício-custo. Para o 2º Ano, utilizou-se a PROD.A dos manejos testados, dada pela multiplicação entre a produtividade do manejo e o dois, número médio de cachos colhidos no ano. A partir do 3º Ano, adotaram-se valores estimados, iguais para os três tratamentos.

A Receita Bruta é a receita esperada com a atividade, sendo obtida pela multiplicação entre PROD.A ($t \text{ ha}^{-1}$) e valor médio da tonelada do fruto – baseado no preço de venda praticado pelo produtor, isto é, R\$ 25,0 por caixa de 15 kg. A margem bruta refere-se a margem resultante após a liquidação do COT, é obtida pela subtração entre a receita bruta e o COT do período (Martin et al. 1998). Por sua vez, a relação benefício-custo é dada pela razão entre receita bruta e COT.

Adicionalmente, foram calculados indicadores econômicos que consideram todos os períodos do fluxo de caixa, a saber: Ponto de Nivelamento (PN), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), relação Benefício-custo e *Payback* simples. A taxa de juros aplicada ao cálculo dos indicadores foi de 3% a.a., referente a linha de crédito PRONAF Custeio, direcionada para produtores da agricultura familiar.

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

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

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

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 ano; e K é a taxa de desconto utilizada, neste caso 3% a.a. Se o $VPL > 0$, 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:

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

Em que i^* refere-se a TIR. Como critério decisório, o empreendimento é economicamente viável se $i^* > K$ (taxa de desconto utilizada no cálculo da VPL).

A relação benefício-custo (B/C) que abrange todos os anos 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 (3% a.a.). Se esta relação for superior a 1, a atividade é considerada viável, se for menor que 1, é inviável, pois as receitas obtidas cobrem o custo de capital (Mendonça et al. 2009).

Segundo Bordeaux-Rêgo et al. (2007), 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 acumulada se iguala ao valor do investimento inicial. Assim, quanto menor o valor do *payback*, maior a viabilidade econômica da atividade. No processo decisório, o indicador é comparado ao prazo máximo suportado pelo investidor.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Desempenho agrônômico da bananeira

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

A média de produtividade do 1º ciclo da banana BRS Pacoua foi 7,32 t ha⁻¹, inferior à produtividade registrada em experimentos conduzidos na região Norte e Nordeste do Brasil, em média 10 t ha⁻¹, considerando a densidade de 1.035 plantas ha⁻¹ e adubação conforme a análise de solo (Nascimento et al. 2009; Leite et al. 2003). A redução em 26% do potencial produtivo da cultivar pode estar relacionada a textura arenosa do solo combinada às práticas de adubação e calagem adotadas no sistema de produção familiar, como o uso de apenas 20% da dose de calcário recomendada para elevar a saturação por bases a 60%, a aplicação localizada do corretivo (nas covas de plantio) e o uso de 83% da dose de N indicada para a cultura.

No presente estudo, a inoculação de *T. asperellum* incrementou a produtividade da bananeira (100%F + Tricho) e melhorou a eficiência do uso de fertilizantes (50%F + Tricho). O sucesso obtido com *T. asperellum* pode ser atribuído ao aumento do desenvolvimento do sistema radicular das plantas e da disponibilização de nutrientes no solo, através de mecanismos como estímulo à produção de fitohormônios, liberação de ácidos orgânicos na rizosfera, solubilização de fosfato e potássio, aceleração da mineralização da matéria orgânica, produção de sideróforos e controle biológico (López-Bucio et al., 2015). Vários estudos corroboram que a inoculação de *Trichoderma* spp. intensifica o crescimento e a produtividade de espécies agrícolas como milho, tomate, soja e arroz (López-Valenzuela et al. 2019; Bader et al. 2019; Marra et al. 2019; Nascente et al. 2017), bem como reduz a necessidade de fertilizantes no cultivo do milho, tomate e mostarda (Haque, Ilias e Molla 2012; López-Valenzuela et al. 2019). A elevada eficiência de *T. asperellum* (Ufra.T06, Ufra.T09, Ufra.T12, Ufra.T52) pode ainda estar relacionada à origem dos isolados, pois são nativos da região amazônica, o que favorece a adaptação dos microrganismos às condições de campo locais, fato corroborado pelo estudo de López-Valenzuela et al. (2019).

Em arroz de várzea, os isolados de *T. asperellum* utilizados no presente estudo, aumentaram o crescimento vegetal em 12% e a produtividade em 70%, bem como reduziram a severidade da queima da bainha em 26% (França et al 2012). Em bananeiras, *T. asperellum* (PZ6) incrementou o crescimento vegetal, a atividade das raízes e a capacidade defensiva das mudas contra *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Qin et al. 2017). Os efeitos da inoculação de *Trichoderma* spp. com diferentes doses de fertilizantes ainda são

desconhecidos na cultura da bananeira. No entanto, Mia et al. (2005) reportaram que 33% de N mais a inoculação de rizobactérias (*Azospirillum brasilense* ou *Bacillus sphaericus*) proporcionou produtividade análoga ao uso de 100% de N em banana beragan, na Malásia. Em contrapartida, 100% de N mais o inoculante microbiano não incrementou a produtividade das plantas.

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

2.3.2 Análise econômica

Independente do período, o menor custo operacional total (COT) ocorreu no manejo 50%F + Tricho, seguido por 100%F (controle) e 100%F + Tricho, fato explicado pelo custo de implementação das práticas (Tabela 2). No ano de implantação, o COT de 50%F + Tricho foi de R\$ 19.269,76 por ha (R\$ 18,62 por touceira) e, a partir do 2º ano, foi de R\$ 6.984,83 por ha (R\$ 6,75 por touceira), gerando uma economia anual de R\$ 1.495,29, que representa 7% e 18% do custo para fornecer 100% da dose de fertilizantes no 1º ano e a partir do 2º ano, respectivamente. Por outro lado, 100%F + Tricho acarretou no acréscimo anual de R\$ 765,94 sobre o COT do manejo padrão, para ambos os períodos.

Conforme a participação percentual dos custos de produção em relação ao COT (Tabela 3), no 1º ano de cultivo, as despesas com a implantação do bananal e do sistema de irrigação foram as mais representativas, independente do tratamento adotado. A partir do 2º ano, a maior parte dos desembolsos são despendidos com insumos e serviços ligados ao manejo nutricional e a operacionalização do sistema de irrigação (incluindo a depreciação dos equipamentos). Além disso, a participação do gasto com manejo nutricional foi menor na área sob 50%F + *T. asperellum*, 5,63 e 8,55 pontos percentuais a menos que 100%F (controle) no 1º ano e a partir do 2º ano, respectivamente. Em contrapartida, 100%F + Tricho gerou um acréscimo de 2,59 pontos percentuais no 1º ano e, de 3,31 pontos percentuais a partir do 2º ano, em relação ao tratamento controle.

A associação entre *T. asperellum* mais 100% ou 50% dos fertilizantes proporcionou maiores rentabilidades, conforme a análise dos indicadores VPL, TIR, B/C, *Payback* e PN (Tabela 5). O uso de *T. asperellum* como complemento à 100% da fertilização incrementou o VPL em 28,79% em comparação ao tratamento controle, o equivalente à receita de R\$ 36.046,40. Em 50%F + Tricho, este ganho foi de R\$ 7.803,70, 6% em relação ao manejo padrão. Independente do manejo adotado, o investimento inicial é liquidado no 3º ano de plantio. No entanto, após o desconto do investimento inicial, a margem bruta acumulada até o 3º ano é de R\$ 34.449,75 para 100%F + Tricho e, de R\$ 27.717,33 para 50%F + Tricho, margens que equivalem ao incremento respectivo de 47% e 18% sobre o retorno de 100%F (Tabela 4). Estes resultados são

corroborados pela taxa interna de retorno (TIR), ou taxa de remuneração do capital investido, com maior valor da TIR para 100%F + Tricho (134%), seguida pelo manejo 50%F + Tricho (126%) e pelo tratamento controle (112%). Estas taxas são superiores ao custo de capital das principais linhas de crédito que financiam atividades da agricultura familiar na região, como o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

A relação B/C foi superior a 1,00 para todos os tratamentos (Tabela 5), evidenciando a viabilidade econômica do cultivo da banana, independente da prática adotada. Todavia, o manejo 50%F + Tricho apresentou maior participação das receitas em relação ao COT, seguido pelo manejo 100%F + Tricho. Na prática, para cada real investido, obtém-se R\$ 3,60 para 50%F + Tricho e R\$ 3,52 para 100%F + Tricho, benefícios superiores à margem do tratamento padrão, R\$ 3,10. Por outro lado, o menor ponto de nivelamento (PN), produção mínima necessária para cobrir o custo de produção, ocorreu no manejo 50%F + Tricho (4,19 t ha⁻¹), seguido por 100%F (5,09 t ha⁻¹) e 100%F + Tricho (5,55 t ha⁻¹), corroborando os resultados relacionados ao COT. Assim, a rentabilidade obtida com 50%F + Tricho está relacionada à redução dos custos de produção e a rentabilidade de 100%F + Tricho está relacionada ao incremento da receita bruta, devido ao aumento na produtividade.

Lacerda et al. (2013) analisaram o desempenho econômico de lavouras de banana maçã em sistema de sequeiro, na região Norte do Brasil. O COT obtido do ano de implantação foi de R\$ 5.122,39 e, no ano de produção, foi de R\$ 3.164,08 (valores corrigidos). Com base nas produtividades de 12 t ha⁻¹ no 2º ano e 10 t ha⁻¹ a partir do 3º ano, o VPL para cinco anos foi de R\$ 26.212,92 (valor corrigido), TIR de 194%, razão B/C de 7,10, PN de 2,58 t ha⁻¹ e período de recuperação do capital de dois anos. Os resultados de COT, TIR, B/C, PN e *Payback* registrados por Lacerda et al. (2013) tiveram melhor desempenho em relação ao presente estudo. No entanto, a média do VPL do presente estudo (R\$ 139.828,15) é cerca de cinco vezes maior que o VLP obtido por Lacerda et al. (2013). Estas diferenças podem ser atribuídas aos custos de produção, produtividades consideradas, horizonte do fluxo de caixa e preços de comercialização.

Em lavouras de banana prata-anã no Nordeste brasileiro, sob manejo convencional do solo e diferentes lâminas de irrigação, Barbosa et al. (2016) registraram médias de 2,13 para relação B/C, 147% para TIR e R\$ 137.216,74 para VPL (valor corrigido). O desempenho médio do B/C do presente estudo (3,41) foi superior ao reportado por Barbosa et al. (2016), diferença que pode ser atribuída aos custos operacionais dos sistemas de produção comparados, possivelmente mais altos no trabalho de Barbosa et al. (2016), pelo uso diário do sistema de irrigação; bem como às produtividades estimadas e preços de comercialização da banana, R\$ 1,67 kg⁻¹ no presente estudo e R\$ 1,10 kg⁻¹ (valor corrigido) no trabalho de Barbosa et al. (2016). A média da TIR da presente pesquisa (124%) foi inferior ao reportado pelos referidos autores, possivelmente influenciada por maiores produtividades estimadas e menor taxa de juros (2% a.a.) utilizada no cálculo dos indicadores econômicos da banana prata-anã. Por outro lado, a média do VPL de ambos os trabalhos foi semelhante.

O baixo aporte de capital para investir em insumos permanece como um dos principais entraves ao aumento da produtividade da bananicultura no contexto da agricultura familiar. No presente estudo, o uso de *T. asperellum* combinado à fertilização proporcionou maior rentabilidade para o produtor familiar, seja através

da redução dos custos com insumos (50%F + Tricho), seja através do incremento das receitas, em função do aumento da produtividade (100%F + Tricho). Assim, a tecnologia microbiana mostrou ser uma estratégia economicamente viável, com alta rentabilidade, aspecto fundamental para a sustentabilidade da atividade. Além disso, os indicadores econômicos registrados podem servir de referência para a tomada de decisão do agricultor em relação ao planejamento do plantio e contratação de financiamentos de crédito rural.

2.4 Conclusão

Este estudo demonstrou que a inoculação de *T. asperellum* aumentou a produtividade de bananeiras adubadas com 100% da dose de fertilizantes, bem como reduziu em 50% a necessidade destes insumos. A tecnologia microbiana é economicamente viável, aumentando a rentabilidade da bananicultura através da redução de custos (com 50% da fertilização) ou incremento das receitas (com 100% da fertilização). Portanto, o uso de *T. asperellum* como biofertilizante é uma estratégia eficiente para melhorar o desempenho agrônomo da bananeira, aumentar a eficiência do uso de adubos e elevar os ganhos do agricultor familiar na Amazônia. O potencial de *T. asperellum* na bioestimulação da bananeira é muito alto, especialmente por ser uma técnica de baixo custo, de fácil utilização, não poluente e capaz de reduzir a dependência dos fertilizantes inorgânicos e os impactos destes sobre o meio ambiente. O uso de microrganismos nativos é uma biotecnologia promissora para tornar a agricultura da região amazônica mais sustentável e pode constituir alternativa para empreendimentos a serem financiados com recursos de programas de crédito rural, disponíveis em instituições financeiras de desenvolvimento.

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 + Tricho	100%F + Tricho	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	U	50%F + Tricho			100%F (controle)			100%F + Tricho		
		Qtd	Preço (R\$)		Qtd	Preço (R\$)		Qtd	Preço (R\$)	
			Unit.	Total		Unit.	Total		Unit.	Total
A-Manejo nutricional										
Cama aviária	L	7.762,5	0,08	621,00	15.525	0,08	1.242,00	15.525	0,08	1.242,00
NPK	kg	465,8	2,20	1.024,65	931,5	2,20	2.049,30	931,5	2,20	2.049,30
KCl	kg	155,3	2,20	341,55	310,5	2,20	683,10	310,5	2,20	683,10
Bioestimulante	L	3.415,5	0,16	546,48				3.415,5	0,16	546,48
Coroamento	h/d	6,5	33,27	216,26	6,5	33,27	216,26	6,5	33,27	216,26
Adubação orgânica	h/d	7	33,27	232,89	10,5	33,27	349,34	10,5	33,27	349,34
Adubação sintética	h/d	3	33,27	99,81	4,5	33,27	149,72	4,5	33,27	149,72
Inoculação	h/d	5,5	33,27	182,99				5,5	33,27	182,99
Subtotal A				3.264,63			4.689,72			5.419,17
B-Implantação do bananal*				4.342,26			4.342,26			4.342,26
C-Implantação do sistema de irrigação*				7.906,62			7.906,62			7.906,62
D-Sistema de irrigação				2.205,52			2.205,52			2.205,52
E-Tratos culturais				632,13			632,13			632,13
F-Colheita e despenca**				548,96			548,96			548,96
1º Ano										
Custo operacional efetivo (COE)				18.352,15			19.776,24			20.505,70
Outras despesas (5% do COE)				917,61			988,81			1.025,29
COT (ha)				19.269,76			20.765,05			21.530,99
COT por touceira				18,62			20,06			20,80
A partir do 2º Ano										
Custo operacional efetivo (COE)				6.652,22			8.076,31			8.805,77
Outras despesas (5% do COE)				332,61			403,82			440,29
COT (ha)				6.984,83			8.480,12			9.246,06
COT por touceira				6,75			8,19			8,93
COT por cacho				3,38			4,10			4,47

*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 de produção da banana BRS Pacoua em relação ao custo operacional total (COT) dos manejos nutricionais, em sistema de produção familiar, no Norte do Brasil.

Custos de produção	50%F + Tricho		100%F (controle)		100%F + Tricho	
	1º ano	2º ano	1º ano	2º ano	1º ano	2º ano
	%		%		%	
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

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

50%F + Tricho					
Período	PROD.A	Receita Bruta	COT	Margem bruta	MB acumulada
	t ha ⁻¹	b	c	b-c	
1º ano	-	-	19.269,76	-19.269,76	-19.269,76
2º ano	14,83	24.715,09	6.984,83	17.730,26	-1.539,50
3º ano	21,74	36.241,66	6.984,83	29.256,83	27.717,33
4º ano	28,38	47.305,01	6.984,83	40.320,18	68.037,51
5º ano	28,38	47.299,59	6.984,83	40.314,76	108.352,27
6º ano	28,38	47.299,59	6.984,83	40.314,76	148.667,04
100%F (controle)					
Período	PROD.A	Receita Bruta	COT	Margem bruta	MB acumulada
	t ha ⁻¹	b	c	b-c	
1º ano	-	-	20.765,05	-20.765,05	-20.765,05
2º ano	14,87	24.787,67	8.480,12	16.307,55	-4.457,50
3º ano	21,81	36.348,10	8.480,12	27.867,98	23.410,48
4º ano	28,47	47.443,94	8.480,12	38.963,82	62.374,30
5º ano	28,46	47.437,59	8.480,12	38.957,47	101.331,77
6º ano	28,46	47.437,59	8.480,12	38.957,47	140.289,25
100%F + Tricho					
Período	PROD.A	Receita Bruta	COT	Margem bruta	MB acumulada
	t ha ⁻¹	b	c	b-c	
1º ano	-	-	21.530,99	-21.530,99	-21.530,99
2º ano	18,12	30.195,23	9.246,06	20.949,17	-581,81
3º ano	26,57	44.277,62	9.246,06	35.031,56	34.449,75
4º ano	34,68	57.794,08	9.246,06	48.548,02	82.997,77
5º ano	34,67	57.787,62	9.246,06	48.541,56	131.539,32
6º ano	34,67	57.787,62	9.246,06	48.541,56	180.080,88

Preço comercial praticado na propriedade: R\$ 25.0 por caixa (15 kg), R\$ 1.666,67 a tonelada do fruto

Tabela 5. Indicadores da viabilidade econômica da produção da banana BRS Pacoua cultivada sob diferentes manejos nutricionais em sistema de produção familiar, pelo período de seis anos e taxa de juros de 3% ao ano.

Manejo Nutricional	Ponto de nivelamento	Valor presente líquido	Taxa interna de retorno	Relação benefício-custo	Payback
	t ha ⁻¹	R\$	%		Ano
50%F + Tricho	4,19	133.015,15	126,15	3,60	3
100%F (controle)	5,09	125.211,45	112,26	3,10	3
100%F + Tricho	5,55	161.257,85	133,56	3,52	3
Média	4,94	139.828,15	123,99	3,41	3

REFERÊNCIAS

- ADUBA, C. S. et al. Sistema de produção de banana para o Estado do Pará. p. 1–11, 2012.
- ALBUQUERQUE, A. F. A. Importância econômica. In: BORGES, A. L.; BRASIL, E. C. (Eds.). **Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará**. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- AMARAL, M. D. B.; SABINO, T. A. G. A metrópole e a região na Amazônia : uma análise da centralidade de Belém Metropolis and region in amazon : an analysis of the centrality of Belem. **Ateliê Geográfico**, v. 9, n. 1, p. 138–162, 2015.
- BADER, A. N. et al. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization , promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L .). **Journal of King Saud University - Science**, n. xxxx, 2019.
- BARBOSA, F. E. L. et al. 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.
- BIDELLAOUI, B. et al. Beneficial effects of *Rhizophagus 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, 2018.
- BORGES, A. L. et al. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F. et al. (Eds.). . **O agronegócio banana**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2015. p. 331–398.
- CHOPIN, P.; BLAZY, J. M. Assessment of regional variability in crop yields with spatial autocorrelation: Banana farms and policy implications in Martinique. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 181, p. 12–21, 2013.
- CRAVO, M.; SOUZA, L.; BRASIL, E. Banana. In: CRAVO, M.; VIEGAS, I.; BRASIL, E. (Eds.). . **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1ª ed. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 211–213.
- FAO, 2017. **FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 18 out. 2019.
- FERRARI, A. et al. **Diversidade de *Trichoderma* spp . coletados em solo na base petrolífera “Pedro de Moura” em Coari-AM**. (H. Oliveira, C. Ávila, F. Pereira, Eds.) Faça bonito: use controle biológico : anais / 13º Siconbiol, Simpósio de Controle Biológico, 15 a 18 de setembro de 2013, Bonito, MS. **Anais...**Brasília, DF: EMBRAPA, 2013
- FERREIRA, C. F. et al. (EDS.). **O agronegócio da banana**. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. A produção de banana na região Norte. In: GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. (Eds.). . **A cultura da bananeira na região norte do Brasil**. Brasília–DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. p. 13–62.
- 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, 2011.

GARCIA, B. N. R.; VIEIRA, T. A.; OLIVEIRA, F. DE A. Quintais agroflorestais e segurança alimentar em uma comunidade rural na Amazônia Oriental. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, n. 3, p. 67–73, 2015.

GILBERT, N. The disappearing nutrient. **Nature**, v. 462, p. 716–718, 2009.

HAQUE, M. M.; ILIAS, G.; MOLLA, A. 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.

HAYAT, R.; AHMED, I.; SHEIRDIL, R. An Overview of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture. **Crop Production for Agricultural Improvement**, n. April, p. 557–579, 2012.

HORLINGS, L. G.; MARSDEN, T. K. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could “feed the world”. **Global Environmental Change**, v. 21, n. 2, p. 441–452, 2011.

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

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [2018]**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>>. Acesso em: 19 out. 2019a.

IBGE. **Produção agrícola municipal: tabela 5457 [2018]**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 24 out. 2019b.

KHAN, A. L. et al. Indole acetic acid and ACC deaminase from endophytic bacteria improves the growth of *Solanum lycopersicum*. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 21, p. 58–64, 2016.
LACERDA, M. et al. Análise econômica da produção de banana-maçã na região Sudeste do Estado do Pará. p. 5–9, 2013.

LEITE, J. B. V. et al. 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.

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. et al. 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.

MAHESHWARI, D. K. et al. Integrated approach for disease management and growth enhancement of *Sesamum indicum* L. utilizing *Azotobacter chroococcum* TRA2 and chemical fertilizer. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 10, p. 3015–3024, 2012.

- MARRA, R. et al. Application of Trichoderma Strains and Metabolites Enhances Soybean Productivity and Nutrient Content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, p. 1814–1822, 2019.
- MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas** v. 28, n.1, p. 1–22, 1998.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MATSUNAGA, M. et al. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**São Paulo Instituto de Economia Agrícola, , 1976.
- MIA, M. A. B. et al. High-yielding and quality banana production through plant growth-promoting rhizobacterial inoculation. v. 61, n. 5, p. 313–319, 2005.
- MIA, M. A. B. et al. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (Musa spp. cv. 'Berangan'). **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80–87, 2010.
- NASCENTE, A. S. et al. 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.
- NASCENTE, A. S. et al. Effects of beneficial microorganisms on lowland rice development. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 32, p. 25233–25242, 2017.
- NASCIMENTO, W. M. O. DO et al. **Comunicado Técnico 218: Avaliação de Cultivares de Bananeira em Resistência à Sigatoka-Negra em Belém, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009.
- QIN, L. et al. 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.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>
- RÊGO, M. C. F. et al. Morphoanatomical and biochemical changes in the roots of rice plants induced by plant growth-promoting microorganisms. **Journal of Botany**, v. 2014, 2014.
- RODRIGUES, M. Bioeconomia é a nova fronteira para o futuro da América Latina. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 21–22, 2018.
- ROMERO-PERDOMO, F. et al. Azotobacter chroococcum as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton (Gossypium hirsutum): Effect in reducing N fertilization. **Revista Argentina de Microbiologia**, v. 49, n. 4, p. 377–383, 2017.
- SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. RUSLE para Determinação da Tolerância de Perda de Solo. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 78–83, 2015.
- SILVA, J. C. et al. Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by Trichoderma isolates from the Amazon Biocontrole da queima da bainha em arroz e promoção do crescimento por

isolados de Trichoderma da Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 4, p. 243–250, 2012.

SOUZA, G. L. O. D. et al. Triple combinations with PGPB stimulate plant growth in micropropagated banana plantlets. **Applied Soil Ecology**, v. 103, p. 31–35, 2016.

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

VELOSO, C. A. C. et al. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE BANANEIRA J NO NORDESTE PARAENSE PELA DIAGNOSE FOLIAR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 186–190, 2000.

VIEGAS, I. J. M.; CRAVO, M. .; RODRIGUES, J. E. L. F. Uso eficiente de fertilizantes. In: CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Eds.). . **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1^a ed. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 79–83.

EDWARDS, D. R. e DANIEL, T. C. Effects of poultry litter application rate and rainfall intensity on quality of runoff from fescue grass plots. **Journal of Environmental Quality**, v.22, p.361-365, 1993.