UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

VITOR RODRIGUES NATALI

ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE RÚCULA INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* E *Pseudomonas fluorescens* EM HIDROPONIA

Ilha Solteira – SP

Dezembro de 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

VITOR RODRIGUES NATALI

ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE RÚCULA INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* E *Pseudomonas fluorescens* EM HIDROPONIA

Trabalho de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Coorientador: Prof. Dr. Omar Jorge Sabbag

Ilha Solteira – SP

Dezembro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

N272a

Natali, Vitor Rodrigues.
Análise econômica da produção de rúcula inoculada com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* em hidroponia / Vitor Rodrigues Natali. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
22 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Co-orientador: Omar Jorge Sabbag
Inclui bibliografia

1. Hidroponia . 2. Rúcula. 3. Viabilidade econômica. 4. *Azospirillum brasilense*. 5. *Pseudomonas fluorescens*.

Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Análise econômica da produção de rúculas inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* em hidroponia

ALUNO: *Vitor Rodrigues Natali* RA: 161051571 ORIENTADOR:

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Aprovado (X) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com Nota: 7,0

Comissão Examinadora:

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Presidente (Orientador)

Natasha Mirella I. de Godoi

Me. Natasha Mirella Inhã Godoi

Guilherme Carlos Fernandes

Dr. Guilherme Carlos Fernandes

Vitor Rods. Natali

Vitor Rodrigues Natali

Ilha Solteira, 15 de dezembro de 2023.

DEDICO

A Sônia Cristina Santos Rodrigues, minha mãe, e ao José Flávio Natali, meu pai, pilares incansáveis que, com orientação e apoio incondicional, iluminaram toda a minha jornada. Vocês são meus exemplos e heróis, e esta conquista é reflexo do amor e sabedoria que compartilharam comigo ao longo da vida.

À memória da minha querida avó, Silas da Costa Maguetas Natali, e às minhas tias Suzana Natali Teixeira e Selma Natali Suman, cujo apoio constante e carinho moldaram meu caminho de maneiras inesquecíveis.

À minha amada esposa, Sara dos Santos, a quem devo mais do que palavras podem expressar. Sua paciência, compreensão e amor foram fundamentais para alcançar este momento. À nossa filha, Arya, que trouxe luz e motivação.

Amo todos vocês profundamente. Esta conquista é também a de vocês. Obrigado por serem minha fonte de inspiração e força ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

É com profunda gratidão que expresso meus agradecimentos a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, agradeço pela orientação exemplar, pelos bons conselhos e pela oportunidade de crescimento ao longo desta jornada acadêmica. Sua dedicação e sabedoria foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao coorientador, Prof. Dr. Omar Jorge Sabbag, expresso minha sincera gratidão pela orientação imprescindível, que enriqueceu este trabalho e agregou valiosos insights ao meu percurso acadêmico.

Ao Prof. Dr. Antônio César Bolonhezi, agradeço a generosidade em abrir as portas de sua equipe experimental, proporcionando-me oportunidades valiosas para adquirir conhecimento e experiência. Sua colaboração foi essencial para o enriquecimento deste estudo.

À integrantes da minha família, representada pelo meu padrasto Valdeir Candido de Jesus e minha madrasta Cláudia Simone da Mata Natali, expresso minha gratidão pelo constante apoio e incentivo. Suas palavras de estímulo foram um suporte fundamental nos momentos desafiadores.

À instituição UNESP - FEIS, agradeço por todo o período de formação. Agradeço especialmente por evidenciar a importância vital do sistema público de ensino brasileiro. Essa instituição não apenas forneceu conhecimento técnico, mas também cultivou em mim o valor da responsabilidade social e do compromisso com a educação.

A todos que de alguma forma estiveram presentes nesta jornada, meu mais profundo agradecimento. Cada contribuição foi fundamental para alcançar este momento significativo em minha trajetória.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo principal analisar a viabilidade econômica da incorporação das rizobactérias *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* no cultivo hidropônico do tipo Nutrient Film Technique (NFT) de rúcula. Os experimentos foram conduzidos em uma casa de vegetação na UNESP de Ilha Solteira, São Paulo, em condições controladas que representam o ambiente local de produção. Foram realizados dois experimentos distintos. No Experimento 1, aplicou-se *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6), variando as doses do inoculante durante o transplantio das mudas de rúcula (0 mL, 8 mL, 16 mL, 32 mL e 64 mL por 100 litros de solução nutritiva). No Experimento 2, utilizou-se *P. fluorescens* (Estirpe CCTB03) com doses de inoculantes semelhantes. A análise econômica seguiu a metodologia proposta por Matsunaga (1976). O Custo Operacional Efetivo (COE) considerou todas as despesas ao longo de um ano agrícola, e a Receita Bruta (RB) derivou da venda dos produtos durante um ciclo produtivo. Foram calculados indicadores contábeis, incluindo Margem Bruta (MB) e Margem Líquida (ML), para avaliar a viabilidade econômica. Os resultados indicaram que, no caso do *A. brasilense*, a dose de 64 mL por 100 litros de solução nutritiva gerou uma receita bruta de R$246,58, com uma Margem Líquida positiva de R$25,17. Para o *P. fluorescens*, a dose de 16 mL por 100 litros de solução nutritiva foi identificada como mais vantajosa, gerando uma receita bruta de R$200,63 e uma Margem Bruta positiva de R$9,66. Apesar do COE elevado, a atividade foi considerada rentável a curto prazo, embora a Margem Líquida negativa de R$1,79 tenha apontado para desafios de "descapitalização" a longo prazo. Este estudo oferece uma análise aprofundada sobre a viabilidade econômica da produção de rúcula em sistema hidropônico, destacando a importância de considerar tanto os aspectos agronômicos quanto os financeiros. A implementação bem-sucedida dos inoculantes requer uma abordagem adaptativa e contínua da análise econômica, levando em consideração as variáveis de mercado e incorporando estratégias flexíveis para superar os desafios financeiros associados a essa prática agrícola inovadora.

Palavras-chave: Hidroponia. Rúcula. Viabilidade econômica. *Azospirillum brasilense*. *Pseudomonas fluorescens.*

ABSTRACT

This study aimed to analyze the economic viability of incorporating the rhizobacteria *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic cultivation of arugula. The experiments were conducted in a greenhouse at UNESP in Ilha Solteira, São Paulo, under controlled conditions that replicated the local production environment. Two distinct experiments were carried out. In Experiment 1, *A. brasilense* (strains AbV5 and AbV6) was applied, varying inoculants doses during the transplanting of arugula seedlings (0 mL, 8 mL, 16 mL, 32 mL, and 64 mL per 100 liters of nutrient solution). In Experiment 2, *P. fluorescens* (Strain CCTB03) was used with similar inoculant doses. Economic analysis followed the methodology proposed by Matsunaga (1976). The Effective Operational Cost (EOC) considered all expenses throughout an agricultural year, and Gross Revenue (GR) derived from product sales during a production cycle. Accounting indicators, including Gross Margin (GM) and Net Margin (NM), were calculated to assess economic viability. Results indicated that, in the case of *A. brasilense*, the dose of 64 mL per 100 liters of nutrient solution generated a gross revenue of R$246.58, with a positive Net Margin of R$25.17. For *P. fluorescens*, the dose of 16 mL per 100 liters of nutrient solution was identified as more advantageous, generating a gross revenue of R$200.63 and a positive Gross Margin of R$9.66. Despite the high EOC, the activity was considered profitable in the short term, although the negative Net Margin of R$1.79 pointed to long-term "decapitalization" challenges. This study provides a comprehensive analysis of the economic viability of arugula production in hydroponic systems, emphasizing the importance of considering both agronomic and financial aspects. Successful implementation of inoculants requires an adaptive and continuous economic analysis, taking into account market variables and incorporating flexible strategies to overcome financial challenges associated with this innovative agricultural practice.

Keywords: Hydroponics. Arugula. Economic viability. *Azospirillum brasilense*. *Pseudomonas fluorescens*.

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO 7

2) REVISÃO DE LITERATURA.....8

3) MATERIAL E MÉTODOS.....9

Experimento 1: Inoculação de Azospirillum brasilense Estirpes AbV5 e AbV6 10

Experimento 2: Inoculação de Pseudomonas fluorescens Estirpe CCTB03 11

4) RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 13

5) CONCLUSÕES.....19

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 20

1) INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) tem origem do Mediterrâneo e da Ásia Ocidental. Rica em proteínas e vitaminas A e C, sais minerais, potássio e ferro. É adaptada a clima fresco, possui sabor forte, amargo e picante. É consumida normalmente em saladas na forma crua, com ou sem a utilização de temperos (TRANI, 1998). Apesar de se desenvolver melhor sob baixas temperaturas, a rúcula tem sido cultivada em numerosas regiões durante diversas épocas do ano (FILGUEIRA, 2007).

No Brasil, a hortaliça mais plantada e consumida é a alface, mas desde o final da década de 90 a rúcula vem conquistando mercado, sendo observado um aumento na quantidade comercializada (ALVES; SÁ, 2010).

Comparando-se os tipos de cultivo em ambiente protegido, a hidroponia possui mais aceitabilidade devido a esse sistema ser mais versátil, possuindo um maior controle em relação disponibilidade de água, sais minerais e nutrientes, possibilitando o seu cultivo em qualquer época do ano, favorecendo a produção de hortaliças folhosas como a rúcula (OLIVEIRA et al., 2022).

No cultivo em solo, muitas culturas foram aptas a se associarem com bactérias promotoras de crescimento de plantas, apresentando resultados benéficos como maior produtividade, tolerância a patógenos, resistência a estresse, biofortificação com nutrientes (Ex: Zn) e também diminuição na quantidade de adubo necessário devido a maior eficiência na absorção de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo (MOREIRA et al., 2022).

As bactérias promotoras de crescimento vegetal são organismos associativos de vida livre com característica endofítica ou não, e que possuem mecanismo diretos e indiretos na promoção do crescimento das plantas. O resultado da ação desses mecanismos é principalmente o favorecimento do crescimento vegetal aéreo e das raízes, melhorias na absorção de nutrientes e água (REIS, 2007; OLIVEIRA et. al., 2003).

A inoculação de microrganismos benéficos é uma alternativa para a redução do uso de fertilizantes. Além disso, são escassas análises econômicas de cultivos hidropônicos em que houve uso de inoculantes com bactérias promotoras de crescimento de plantas. Logo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise econômica da utilização de microrganismos benéficos como *A. brasilense* e *P. fluorescens* no cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca Sativa*) visando a sua viabilidade financeira.

2) REVISÃO DE LITERATURA

O cultivo hidropônico oferece vantagens significativas em comparação com métodos tradicionais, como a otimização no uso de água e a capacidade de controlar variáveis ambientais. Trani e Passos (1998) e Filgueira (2007) destacam a rúcula como uma cultura passível de adaptação a esses sistemas, ressaltando a importância de explorar métodos inovadores para maximizar a produção.

O uso de inoculantes biológicos, como *A. brasilense* e *P. fluorescens* é uma prática consolidada em diversas culturas (REIS, 2007; OLIVEIRA et al., 2003). A compreensão do papel desses microrganismos na promoção do crescimento e desenvolvimento da rúcula é vital para a avaliação econômica, pois impacta diretamente nos custos relacionados à aquisição e aplicação desses insumos.

As bactérias promotoras de crescimento de planta (BPCPs) apresentam múltiplos mecanismos de atuação no crescimento de plantas, como a produção e secreção de fitormônios como o (ácido indol-3-acético (AIA), citocininas, giberelinas e etileno); de reguladores de crescimento de plantas (ácido abscísico, óxido nítrico e de poliaminas como espermidina, espermina); aumento na disponibilidade de nutrientes, solubilização do fosfato, na atividade da redutase do nitrato e na eficiência de uso do N; biocontrole de fitopatógenos e doenças; proteção das plantas contra estresse salino e elementos tóxicos do solo; além de FBN (TEIXEIRA FILHO; GALINDO, 2019).

Visando uma forma mais sustentável de fornecer o nutriente às plantas, tem-se a inoculação com *A. brasilense*, que pode promover resultados significativos na fixação de N2. Além de maior desenvolvimento radicular foi devido à ação hormônios vegetais como ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas, aumentando, portanto, a absorção de água e nutrientes pela planta, maior tolerância a fatores abióticos gerando efeitos positivos na produtividade de grãos (BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004)

Dentre as BPCPs, a *P. fluorescens* é uma das mais promissoras, devido suas características de rápido crescimento, simples requisitos nutricionais, alta mobilidade e capacidade de utilizar diversos substratos orgânicos. São rizobactérias gram-negativas, aeróbicas, que colonizam profundamente a superfície da raiz, e são capazes de colonizar e persistir na rizosfera por longo ciclo (DORJEY; DORKAI; SHARMA, 2017).

3) MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com rizobactérias em cultivo hidropônico NFT de rúcula foram desenvolvidos em casa de vegetação na UNESP de Ilha Solteira - SP com tela de sombreamento de 30%, com altitude de 376 m. A temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. A radiação, temperatura e umidade relativa do ar foram coletadas durante o período dos experimentos (Figura 1).

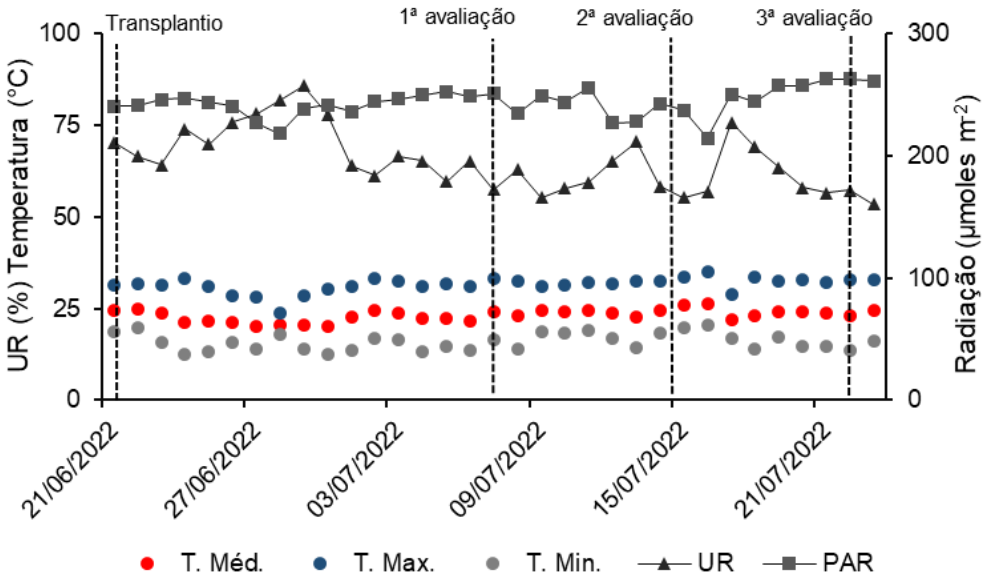

Figura 1. Condições climáticas de umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T. Máx.), média (T. Méd.) e mínima (T. Mín.) e radiação PAR (PAR) durante o experimento.

A escolha do local proporcionou condições controladas, permitindo uma análise mais precisa e consistente. Em todos os experimentos, foram aplicados os inoculantes de cada espécie BPCPs na solução nutritiva na ocasião do transplantio das mudas de rúcula. Cada bancada receberá um tratamento, ou seja, as unidades experimentais foram instaladas em bancadas individuais, com seis metros de comprimento e declividade de 10%. Os canais de cultivos são de perfil de PVC com sessão retangular, de 8 centímetros de largura e 4 centímetros de altura, com perfurações superiores para alojamentos das plantas a cada 25 centímetros. A bancada contém 6 canais de cultivo espaçados em 20 centímetros, com sistema de bombeamento individual, e um reservatório de 300 L, a vazão utilizada foi de 1 L por minuto e o período de exposição da solução nutritiva com fluxo contínuo.

O cultivar de rúcula escolhido foi o Astro, conhecido por apresentar características desejáveis, tais como ciclo precoce, plantas vigorosas, moderado nível de resistência ao

pendoamento precoce, folhas largas e qualidade visual comercial. A seleção desse cultivar se baseou em critérios que buscam representar as condições reais de produção comercial.

Experimento 1: Inoculação de *Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6

Inoculação com doses variadas (0, 8, 16, 32 e 64 mL) do inoculante líquido para cada 100L^{-1} de solução nutritiva. Esta abordagem visa avaliar a resposta da rúcula à inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes concentrações aplicadas na solução nutritiva.

Experimento 2: Inoculação de *Pseudomonas fluorescens* estirpe CCTB03

Similar ao experimento anterior, mas com a inoculação da estirpe CCTB03 de *Pseudomonas fluorescens*. Novamente, foram testadas doses do inoculante líquido (0, 8, 16, 32 e 64 mL para cada 100L^{-1} de solução nutritiva) aplicadas na solução nutritiva.

Nos dois experimentos, a aferição e correção de condutividade elétrica e pH (manutenção no pH 6,0) foi realizada todas as manhãs, nesta ocasião a condutividade elétrica pontual foi observada e procedida a reposição da solução nutritiva (Figuras 2 e 3).

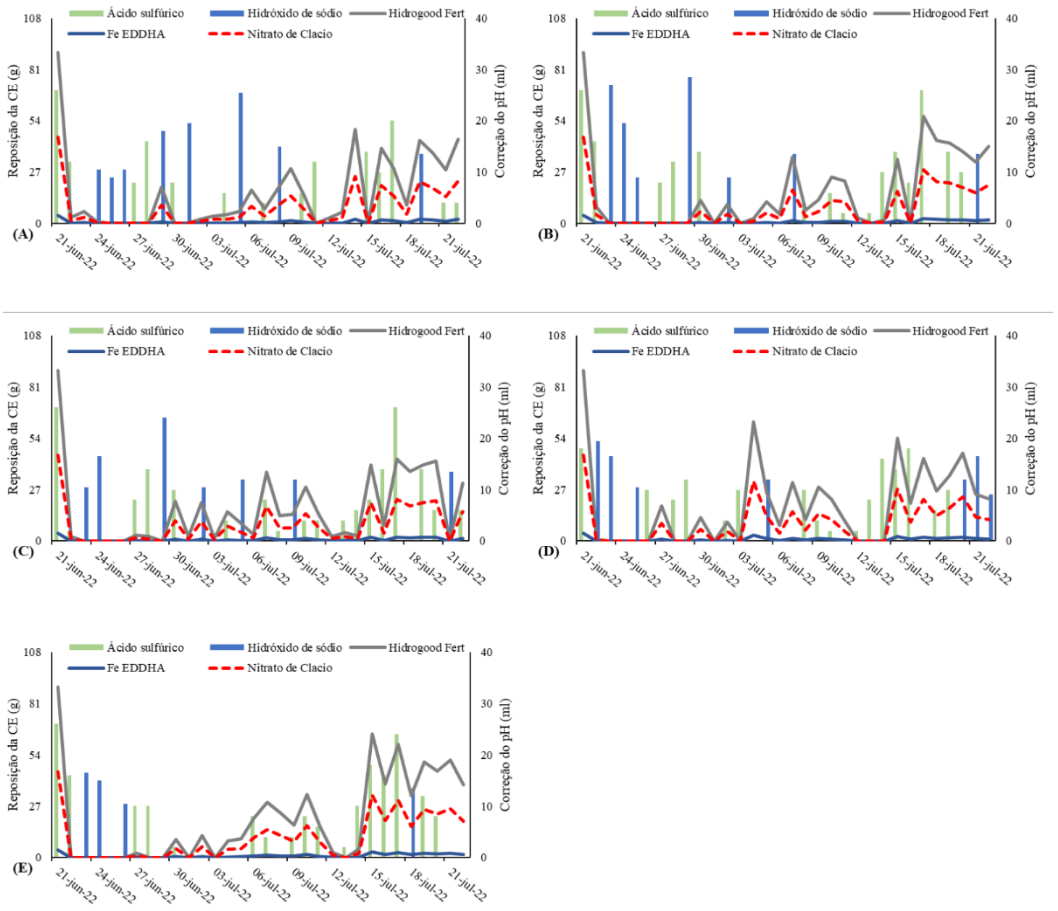

Figura 2. Reposição de pH e condutividade elétrica (CE) em sistema hidropônico NFT no tratamento controle (A), com inoculação de *A. brasilense* via solução nutritiva na dose de 8 mL 100 L^{-1}, (B) 16 mL 100 L^{-1} (C), 32 mL 100L^{-1} (D), 64 mL 100L^{-1} (E) no período experimental.

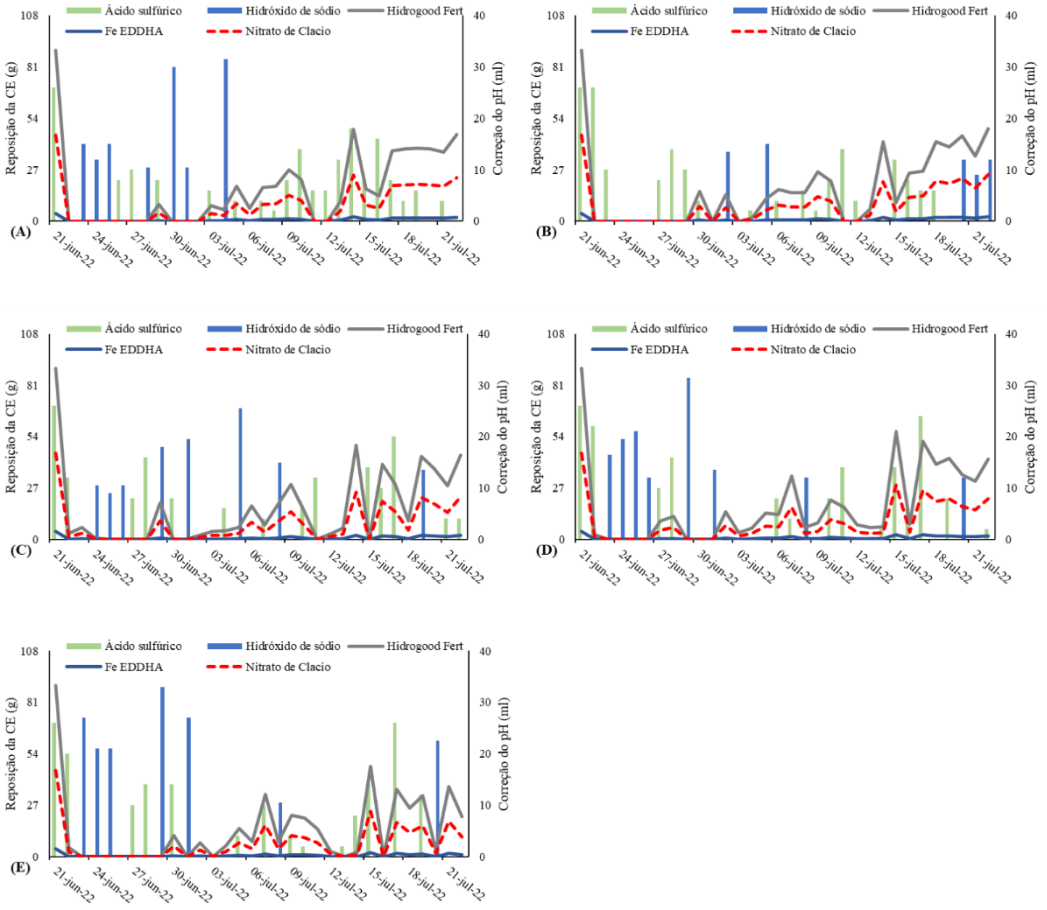

Figura 3. Reposição de pH e condutividade elétrica (CE) em sistema hidropônico NFT no tratamento controle (A), com inoculação de *P. fluorescens* via solução nutritiva na dose de 8 mL 100 L^{-1}, (B) 16 mL 100 L^{-1} (C), 32 mL 100L^{-1} (D), 64 mL 100L^{-1} (E) no período experimental.

As colheitas das plantas de rúcula nos dois experimentos foram realizadas aos 31 dias após o transplantio das mudas, em cada uma das ocasiões foram avaliadas a massas frescas da parte aérea.

Para a análise econômica dos experimentos, adotou-se a metodologia proposta por Matsunaga (1976). O Custo Operacional Efetivo (COE) foi calculado, incorporando todas as

despesas desembolsadas durante um ano agrícola. Esses custos abrangem mão-de-obra, energia elétrica para irrigação e consumo de água. Além disso, foram incluídos custos de insumos específicos para hidroponia, como inoculantes, mudas, Hidrogood Fert, Ferro EDDHA 6%, Nitrato de Cálcio, Cloreto de Potássio, Hidróxido de sódio 25% e Ácido sulfúrico 25%.

O Custo Operacional Total (COT) foi obtido pela soma do COE com as depreciações. Este indicador representa não apenas a reposição da capacidade produtiva a curto prazo, mas também a remuneração do responsável pelo gerenciamento da atividade.

Os Custos de Oportunidade (CO) dos bens de capital e do capital circulante próprio (de 6%), somados ao COT, resultam no Custo Total (CT). O CT reflete a situação econômica do empreendimento, considerando todos os custos implícitos, relacionados aos valores que esses fatores gerariam em investimentos alternativos.

A Receita Bruta (RB), proveniente da venda dos produtos durante um ciclo produtivo, é fundamental para calcular indicadores contábeis. Utilizando o método do custo operacional, são derivados indicadores como a Margem Bruta (MB) e a Margem Líquida (ML). A MB é a diferença entre a RB e o COE, enquanto a ML subtrai o COT da RB.

Os valores do Kg da rúcula fresca utilizados foram os disponíveis no CEASA-CAMPINAS, em 26/12/2022, que está cotado em R$7,14.

Esses indicadores são cruciais para avaliar se as unidades produtivas geram valor, indicando se os custos de produção são superiores ou inferiores à receita bruta da produção. A análise desses indicadores é vital para determinar a viabilidade econômica dos experimentos com rizobactérias no cultivo hidropônico de rúcula.

4) RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 constam os resultados de massa fresca da parte aérea obtidos a partir do primeiro experimento, no qual foram utilizadas doses de *Azospirillum brasilense,* sendo observado um ajuste a função linear crescente com o incremento das doses do inoculante.

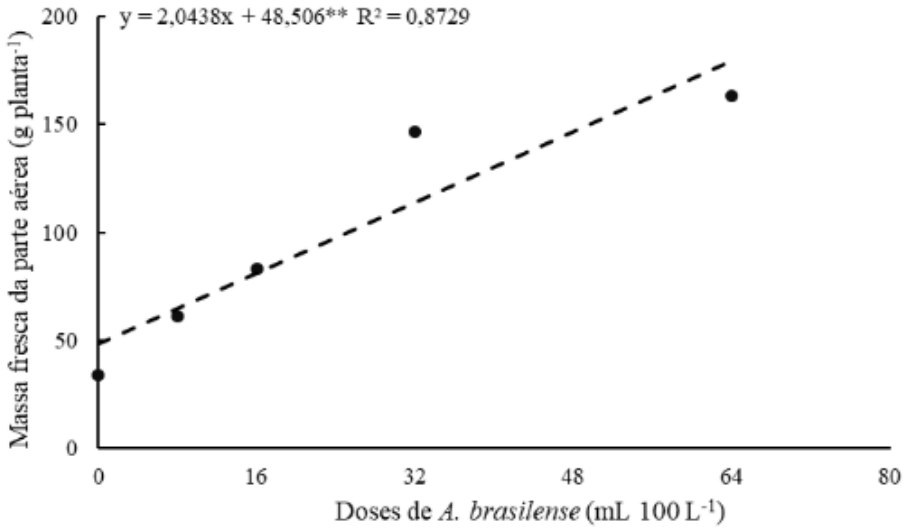

Figura 4. Massa fresca da parte aérea na avaliação das plantas de rúcula em sistema hidropônico NFT em resposta a doses de *Azospirillum brasilense* via solução nutritiva.

Estes resultados estão relacionados coma capacidade do *A. brasilense* de promover crescimento pela liberação de hormônios vegetais que estimulam o maior crescimento das plantas (MEZA et al., 2015). A massa fresca em rúcula é uma das características mais importantes, por ser uma hortaliça comercializável in natura, o maior peso fresco favorece o uso de apenas 1 planta para formação do maço, aumentando o número plantas por maço comercializável a lucratividade pode reduzir em 50% (MOREIRA et al., 2022).

Na Tabela 1, avaliando a rentabilidade dessas doses conforme a metodologia proposta por Matsunaga (1976). O menor Custo Operacional foi observado no tratamento sem a aplicação do inoculante, totalizando R$185,21.

Observando os resultados das análises, destaca-se que o tratamento mais interessante foi o tratamento 5, que utilizou a dose de 64 mL de *A. brasilense* por 100 litros de solução nutritiva (Tabela 1). Este tratamento gerou 3,14 kg de massa verde por m² e uma receita bruta de R$246,58. A Margem Bruta revela um superávit financeiro de R$37,70, embora a elevada despesa do Custo Operacional Efetivo (COE) de R$208,88 em relação à Receita Bruta. Essa

constatação classifica a atividade como rentável, não indicando a necessidade de subsídio para a captação de outras fontes de recursos e a manutenção da produção a curto prazo.

A Margem Líquida, que reflete a situação após considerar o Custo Operacional Total (COT), também apresentou resultado positivo de R$25,17. Nesse contexto, os custos com depreciações conseguem ser cobertos pela receita gerada. Essa condição caracteriza um processo de "capitalização", indicando que o produtor não enfrenta dificuldades em manter e repor os investimentos necessários para sustentar a atividade no longo prazo.

Tabela 1 - Custo operacional total (COT, R$ m-²) e rentabilidade (R$ m-²) modelo de estrutura de rúcula em hidroponia sob o tratamento controle (0 mL 100L-¹ solução nutritiva), e as doses de *Azospirillum brasilense* via solução nutritiva.

Tratamento		0 mL 100 L-¹ de *A. brasilense*			8 mL 100 L-¹ de *A. brasilense*			16 mL 100 L-¹ de *A. brasilense*			32 mL 100 L-¹ de *A. brasilense*			64 mL 100 L-¹ de *A. brasilense*		
Descrição	Un.	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)
A. Operações																
Mão-de-Obra	hr	40	12,5	6,94	40	12,5	6,94	40	12,50	6,94	40,00	12,50	6,94	40	12,50	6,94
Irrigação (Energia elétrica)	kwh-¹	123	0,45	7,69	123	0,45	7,69	123	0,45	7,69	123,00	0,45	7,69	123	0,45	7,69
Consumo de água	L	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09
Subtotal A.				14,72			14,72			14,72			14,72			14,72
B. Insumos hidroponia																
Inoculante	L	0,00	80,00	0,00	0,024	80,00	0,27	0,048	80,00	0,53	0,096	80,00	1,07	0,192	80,00	2,13
Mudas	muda	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95
Hidrogood Fert	kg	0,0510	7,00	0,0496	0,055	7,00	0,0535	0,046	7,00	0,0447	0,061	7,00	0,059	0,066	7,00	0,064
Ferro EDDHA 6%	kg	0,002	70,00	0,0194	0,002	70,00	0,019	0,002	70,00	0,0194	0,003	70,00	0,029	0,003	70,00	0,029
Nitrato de Cálcio	kg	0,026	2,20	0,0079	0,027	2,20	0,008	0,025	2,20	0,008	0,03	2,20	0,009	0,033	2,20	0,010
Cloreto de Potássio	kg	0,06	5,08	0,042	0,060	5,08	0,042	0,06	5,08	0,0423	0,06	5,08	0,042	0,060	5,08	0,042
Hidróxido de sódio 25%	L	0,026	10,00	0,036	0,029	10,00	0,040	0,024	10,00	0,033	0,020	10,00	0,027	0,018	10,00	0,025
Ácido sulfúrico 25%	L	0,02	5,00	0,0139	0,027	5,00	0,0188	0,027	5,00	0,019	0,018	5,00	0,013	0,024	5,00	0,017
Subtotal B.				2,12			2,40			2,65			3,20			4,27
Custo operacional efetivo				185,21			188,29			191,04			197,06			208,88
Terraplanagem				41,67			41,67			41,67			41,67			41,67
Instalação da hidroponia				34,72			34,72			34,72			34,72			34,72
Custo de Juros				11,11			11,30			11,46			11,82			12,53
Custo operacional total				196,32			199,59			202,51			208,88			221,41
Custo de oportunidade				16,36			16,56			16,73			17,12			17,87
Custo total				212,69			216,15			219,24			226,00			239,28
C. Receita																
Receita Bruta	kg	0,72	7,14	56,71	1,23	7,14	96,49	1,60	7,14	125,59	2,9	7,14	226,67	3,1395	7,14	246,58
Margem Bruta				-128,51			-91,80			-65,46			29,61			37,70
Margem Líquida				-139,62			-103,10			-76,92			17,79			25,17

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 5 constam os resultados de massa fresca da parte aérea obtidos a partir do segundo experimento, no qual foram utilizadas doses de *Pseudomonas fluorescens*, sendo constatado um ajuste a função quadrática com dose ótima estimada de 39,8 mL 100 L^{-1}.

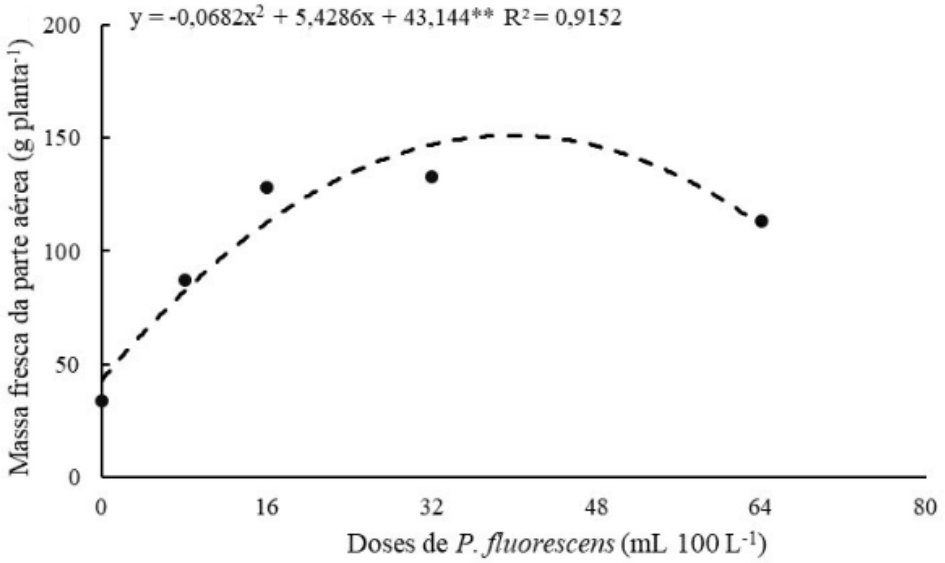

Figura 5. Massa fresca da parte aérea na avaliação das plantas de rúcula em sistema hidropônico NFT em resposta a doses de *Pseudomonas fluorescens* via solução nutritiva.

Estes resultados estão relacionados com a capacidade do *P. fluorescens* de promover crescimento pela liberação de hormônios vegetais que estimulam o maior crescimento das plantas, além de ser uma bactéria que promove controle de doenças radiculares (SAH et al., 2021). A massa fresca em rúcula é uma das características mais importantes, por ser uma hortaliça comercializável in natura o maior peso fresco favorece o uso de apenas 1 planta para formação do maço, aumentando o número plantas por maço comercializável a lucratividade pode reduzir em 50% (MOREIRA et al., 2022).

Na Tabela 2 observa-se os resultados do segundo experimento, no qual foram empregadas doses de *P. fluorescens*, sendo avaliada a rentabilidade dessas doses. O menor Custo Operacional Efetivo foi observado no tratamento sem a aplicação do inoculante, totalizando R$185,28.

Analisando os resultados obtidos, destaca-se que o tratamento mais vantajoso foi o tratamento 3, utilizando a dose de 16 mL de *P. fluorescens* por 100 litros de solução nutritiva (Tabela 2). Este tratamento gerou 2,55 kg de massa verde por m², alcançando uma receita bruta de R$200,63.

A Margem Bruta evidencia um superávit financeiro na operação, totalizando R$9,66. Embora o elevado Custo Operacional Efetivo (COE) de R$190,97 em comparação à Receita Bruta, o que caracteriza a atividade como rentável. Nesse contexto, não se torna necessário o subsídio da atividade para a captação de outras fontes de recursos, garantindo a manutenção da produção a curto prazo.

A Margem Líquida, foi negativa em R$1,79 indicando que os custos com depreciações não podem ser cobertos pela receita gerada. Essa condição sinaliza um processo de "descapitalização", sugerindo que o produtor enfrenta desafios em manter e repor os investimentos necessários para sustentar a atividade no longo prazo.

Em síntese, a presente pesquisa contribui para a compreensão da dinâmica econômica na produção de rúcula em sistema hidropônico, especialmente quando associada a implementação bem-sucedida dos inoculantes *A. brasilense* e *P. fluorescens* no cultivo hidropônico de rúcula, é essencial uma análise econômica contínua e adaptativa. Destacando a importância de considerar não apenas os aspectos agronômicos, mas também os impactos financeiros na tomada de decisões relacionadas à adoção desses microrganismos. A consideração das variáveis de mercado e a incorporação de estratégias flexíveis são fundamentais para enfrentar os desafios financeiros inerentes a essa prática agrícola inovadora.

Tabela 2 - Custo operacional total (COT, R$ m-²) e rentabilidade (R$ m-²) modelo de estrutura de rúcula em hidroponia sob o tratamento controle (0 mL 100L-¹ solução nutritiva), e as doses de *Pseudomonas fluorescens* via solução nutritiva.

Tratamento		0 mL 100 L-¹ de *P. fluorescens*			8 mL 100 L-¹ de *P. fluorescens*			16 mL 100 L-¹ de *P. fluorescens*			32 mL 100 L-¹ de *P. fluorescens*			64 mL 100 L-¹ de *P. fluorescens*		
Descrição	Un.	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)	Qnt.	Custo Un. (R$)	Custo Tot. (R$)
A. Operações																
Mão-de-Obra	hr	40	12,5	6,94	40	12,5	6,94	40	12,50	6,94	40,00	12,50	6,94	40	12,50	6,94
Irrigação (Energia elétrica)	kwh-¹	123	0,45	7,69	123	0,45	7,69	123	0,45	7,69	123,00	0,45	7,69	123	0,45	7,69
Consumo de água	L	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09	310	0,002	0,09
Subtotal A.				14,72			14,72			14,72			14,72			14,72
B. Insumos hidroponia																
Inoculante	L	0,00	80,00	0,00	0,024	80,00	0,27	0,048	80,00	0,53	0,096	80,00	1,07	0,192	80,00	2,13
Mudas	muda	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95	19,5	0,10	1,95
Hidrogood Fert	kg	0,052	7,00	0,0506	0,052	7,00	0,0506	0,051	7,00	0,0496	0,056	7,00	0,0544	0,051	7,00	0,0496
Ferro EDDHA 6%	kg	0,002	70,00	0,0194	0,002	70,00	0,0194	0,001	70,00	0,0097	0,002	70,00	0,0194	0,002	70,00	0,0194
Nitrato de Cálcio	kg	0,026	2,20	0,0079	0,025	2,20	0,0076	0,025	2,20	0,0076	0,028	2,20	0,0086	0,025	2,20	0,0076
Cloreto de Potássio	kg	0,060	5,08	0,0423	0,060	5,08	0,0423	0,060	5,08	0,0423	0,060	5,08	0,0423	0,060	5,08	0,0423
Hidróxido de sódio 25%	L	0,031	10,00	0,0431	0,015	10,00	0,0208	0,026	10,00	0,036	0,032	10,00	0,0444	0,033	10,00	0,0458
Ácido sulfúrico 25%	L	0,018	5,00	0,0125	0,014	5,00	0,0097	0,020	5,00	0,0139	0,024	5,00	0,0167	0,027	5,00	0,0188
Subtotal B.				2,13			2,37			2,64			3,20			4,27
Custo operacional efetivo				185,28			187,94			190,97			197,13			208,83
Terraplanagem				41,67			41,67			41,67			41,67			41,67
Instalação da hidroponia				34,72			34,72			34,72			34,72			34,72
Custo de Juros				11,12			11,28			11,46			11,83			12,53
Custo operacional total				196,40			199,21			202,43			208,95			221,36
Custo de oportunidade				16,37			16,54			16,73			17,12			17,87
Custo total				212,77			215,75			219,15			226,07			239,23
C. Receita																
Receita Bruta	kg	0,88	7,14	68,92	1,87	7,14	147,03	2,55	7,14	200,63	2,59	7,14	203,69	2,22	7,14	174,59
Margem Bruta				-116,36			-40,91			9,66			6,57			-34,24
Margem Líquida				-127,48			-52,19			-1,79			-5,26			-46,77

Fonte: Próprio autor.

5) CONCLUSÕES

A inoculação tanto de *A. brasilense* como de *P. fluorescens* no cultivo hidropônico de rúcula promoveu incremento da produção de massa verde da hortaliça, sendo viável economicamente.

A dose de 64 mL do inoculante contendo *A. brasilense* por 100 litros de solução nutritiva, promoveu o melhor resultado, com uma Receita Bruta de R$246,58 e uma Margem Bruta positiva de R$37,70. Embora o Custo Operacional Efetivo (COE) tenha sido considerável em relação à Receita Bruta, a Margem Líquida positiva de R$25,17 sugere uma condição de "capitalização", indicando a capacidade de cobrir custos com depreciações e sustentar investimentos a longo prazo.

No que se refere ao experimento com *Pseudomonas fluorescens*, os resultados indicaram que o tratamento mais vantajoso foi com aplicação da dose de 16 mL do inoculante contendo esse microrganismo por 100 litros de solução nutritiva. Este tratamento gerou uma receita bruta de R$200,63, com uma Margem Bruta positiva de R$9,66. Apesar do Custo Operacional Efetivo (COE) elevado, o resultado caracteriza a atividade como rentável a curto prazo, sem a necessidade de subsídio adicional. No entanto, a Margem Líquida negativa de R$1,79 aponta para um processo de "descapitalização", indicando desafios em cobrir os custos com depreciações pela receita gerada e sugerindo a necessidade de uma gestão cuidadosa dos investimentos para garantir a sustentabilidade a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 108-116, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

CEASA CAMPINAS**. Cotação e Análise do Mercado de Hortifrutis**. Disponível em: https://www.ceasacampinas.com.br/mercado-hortifrutis/cotacao-analise. Acesso em: 25 nov. 2023.

DA SILVA, Francisco V.; DUARTE, SERGIO N.; LIMA, CARLOS J. G. DE S.; DIAS, NILDO DA S.; SANTOS, RAFAELLY S. DA S.; MEDEIROS, PEDRO R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, ano 2013, v. 8, ed. 3, p. 476-482, 26 fev. 2013.

DORJEY S.; DOLKAR, D.; SHARMA, R. Plant Growth Promoting Rhizobacteria Pseudomonas: A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**, v. 6, n.7, p. 1335-1344. 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 293 p.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MEZA, B.; BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Involvement of indole-3-acetic acid produced by *Azospirillum brasilense* in accumulating intracellular ammonium in Chlorella vulgaris. **Res. Microbiol**, v.166, p.72-83, 2015.

MOREIRA, V. D. A.; OLIVEIRA, C. E. D. S.; JALAL, A.; GATO, I. M. B.; OLIVEIRA, T. J. S. S.; BOLETA, G. H. M.; GIOLO, V. M.; VITÓRIA, L. S.; TAMBURI, K. V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation with *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* increases nutrition and yield of hydroponic lettuce. **Archives of Microbiology**, v. 204, e440, 2022.

MOREIRA, V. D. A.; OLIVEIRA, C. E. D. S.; JALAL, A.; GATO, I. M. B.; OLIVEIRA, T. J. S. S.; BOLETA, G. H. M.; GIOLO, V. M.; VITÓRIA, L. S.; TAMBURI, K. V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation with *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* increases nutrition and yield of hydroponiclettuce. **Archives of Microbiology**, v. 204, e440, 2022.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, ago. 2003. 40 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 161).

OLIVEIRA, C.E.S.; JALAL, A.; OLIVEIRA, J.R.; TAMBURI, K.V.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Leaf inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.52, e72755, p.1-11, 2022a.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Edição revista e ampliada. Lavras: Ufla/Faepe, 2002. 95 p.

REIS, V. M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 22 p, 2007 (Documentos, 232).

SAH, S.; KRISHNANI, S.; SINGH, R. Pseudomonas mediated nutritional and growth promotional activities for sustainable food security. **Current Research in Microbial Sciences**, v.2, a.100084, 2021.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S. Inoculação de bactérias com foco na fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento vegetal. In: SEVERIANO, E.C.; MORAES, M. F.; PAULA, A. M. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. 1ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2019, v.10, p.577-648.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A. Rúcula. In: FAHL, J.L.; CAMARGO, M.B.P.; PIZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.; DEMARIA, I.C.; FURLANI, A.M.C. (eds). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: IAC. 1998, p.241-242. (IAC. Boletim, 200)