

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA 'PRATA-
ANÃ' EM SISTEMA HIDROPÔNICO**

IUMI DA SILVA TOYOSUMI

**CRUZ DAS ALMAS – BA
2019**

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ' EM SISTEMA HIDROPÔNICO

IUMI DA SILVA TOYOSUMI

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho

CRUZ DAS ALMAS – BA
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

T756a Toyosumi, lumi da Silva.
Aclimatização de mudas de bananeira 'Prata-Anã' em sistema hidropônico / lumi da Silva Toyosumi._ Cruz das Almas, BA, 2019.
56.; il.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas, Mestre em Engenharia Agrícola.

1. Cultura da Banana. 2. Sistema Hidropônico 3. Bananeira 'Prata-Anã' – Variedade . I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.772

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Neubler Nilo Ribeiro da Cunha (*Bibliotecário - CRB5/1578*)
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ'
EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
lumi da Silva Toyosumi

Aprovada em: 20 de fevereiro de 2018

Prof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Orientador

Prof. Dr. André Dias Azevedo Neto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Interno

Dr. Hermínio Souza Rocha
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À minha mãe Arlete, vó Bertolina e demais familiares, por todo exemplo de vida, amor e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus pelo dom da vida e por sempre guiar meus passos e incluir pessoas iluminadas durante este percurso longe de casa.

À minha família, pelo amor incondicional dado em todos os momentos.

Aos meus amigos que mesmo de longe estiveram sempre torcendo.

Aos amigos do meu segundo lar, Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Embrapa.

Ao meu orientador Mauricio Coelho, por todo apoio, ensinamentos e incentivo.

Ao Tibério, por toda contribuição dada ao longo desta trajetória.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, principalmente ao Diego e Giselle por toda amizade, companheirismo e apoio.

Aos professores Tales e André, grandes mestres no qual tive a oportunidade de receber inúmeros ensinamentos.

À Campo Biotecnologia Vegetal, em nome dos companheiros Lucas, Edilene, Deca, Nino, Fernando, Dominginhos, Kinho, John e, especialmente, ao Fernando Teixeira, pelo apoio, bons momentos e pela oportunidade de execução dos experimentos.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade de fazer parte do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo apoio na execução dos experimentos.

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que este momento fosse alcançado... o meu MUITO OBRIGADA!

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ' EM SISTEMA HIDROPÔNICO

RESUMO: Há demanda por técnicas que proporcionem o aumento da produtividade e a redução de gastos com fertilizantes, água e mão-de-obra na fase de aclimação da produção de mudas micropropagadas de bananeira. Uma das opções que tem ganhado destaque em cultivos intensivos é a hidroponia. Contudo, o uso da técnica na fase de aclimação das mudas de banana é uma novidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar tecnicamente o uso de hidroponia na fase de aclimação das mudas de bananeira. Para tanto, foram realizados dois experimentos. O primeiro com a finalidade de fazer uma análise comparativa entre o sistema utilizado convencionalmente e o hidropônico e o segundo para avaliar frequências de recirculação da solução nutritiva em aclimação hidropônica e variações no sistema de aclimação convencional. Nos dois experimentos, foram feitas análises de variáveis de crescimento (altura, massa fresca e seca da parte aérea, área foliar, comprimento total e volume do sistema radicular). Adicionalmente, no Experimento 1 determinou-se o uso de fertilizantes aplicados e eficiências de uso da água e do tempo na produção de mudas nos sistemas. No Experimento 2 foi avaliado a distribuição do comprimento radicular em classes de diâmetro, diâmetro médio e massa seca do sistema radicular. No Experimento 1, a aclimação hidropônica proporcionou maior crescimento, com redução de 12 dias para alcançar o ponto de colheita, redução do custo de produção de mudas (fertilizante + água) em 25% e possibilidade de aumento no número de ciclos e do número de mudas produzidas ao ano na ordem de 65%. O tratamento com intervalo de 0,25 h proporcionou maior crescimento das plantas em comparação aos demais no Experimento 2. Observou-se que com o aumento do intervalo a partir de 0,45 h proporciona redução no crescimento. Não houve diferença estatística entre os sistemas convencionais, podendo ser descartada a pré-aclimação em condições micrometeorológicas em que foi desenvolvido o experimento.

Palavras chave: *Musa* spp.; biometria; solução nutritiva

ACCLIMATION OF 'PRATA-ANÃ' BANANA SEEDLINGS IN HYDROPONIC SYSTEM

ABSTRACT: There is a demand for techniques which allow increasing yields and reducing expenses with fertilizers, water and labor during the acclimation phase in the production of micropropagated banana seedlings. One of the options which have gained prominence in intensive crops is hydroponics. However, using this technique in the acclimation phase of banana seedlings is a novelty. Thus, the present study aimed to technically evaluate the use of hydroponics in the acclimation phase of banana seedlings. Two experiments were carried out: the first one to conduct a comparative analysis between the conventionally used and the hydroponic systems, and the second one to evaluate frequencies of nutrient solution recirculation in hydroponic acclimation and variations in the conventional acclimation system. In both experiments, growth variables were analyzed (height, shoot fresh and dry weights, leaf area, root system total length and volume). Additionally, the fertilizers applied, efficiencies in water use and in the time for seedling production in the systems were determined in Experiment 1. Root length distribution in diameter classes, average diameter and root system dry weight were evaluated in Experiment 2. In Experiment 1, hydroponic acclimation led to higher growth, with reduction of 12 days in the time to reach the harvesting point, 25% reduction in the costs to produce the seedlings (fertilizer + water), and possibility of increasing the number of cycles and number of seedlings produced per year by 65%. The treatment with 0.25-h interval promoted higher plant growth compared to the others in Experiment 2. Increasing the intervals from 0.75 h leads to reduction of growth. There was no statistical difference between the conventional systems, so there is no need for the pre-acclimation under the micrometeorological conditions in which the experiment was conducted.

Key words: *Musa* spp.; biometrics; nutrient solution

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	2
CAPÍTULO I.....	10
ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ' EM SISTEMA HIDROPÔNICO E CONVENCIONAL: ANÁLISE COMPARATIVA	10
CAPÍTULO II.....	30
ACLIMATIZAÇÃO HIDROPÔNICA DE MUDAS DE BANANEIRA: INTERVALO DE RECIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	30

INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais consumidas no Mundo devido ao seu alto valor nutricional, facilidade de cultivo e popularidade. Entretanto, para que haja sucesso na produção final de frutos, faz-se necessário a utilização de mudas vigorosas e livres de fitopatógenos.

Dentre as formas de propagação da bananeira, a produção *in vitro* ou micropropagação possibilita precocidade na produção, certificação do material propagativo e obtenção de mudas sadias, visto que a maior parte das fases do sistema de produção ocorre em ambiente totalmente estéril, dando origem à mudas de alta qualidade.

Uma das etapas da produção de mudas micropropagadas refere-se à aclimação em ambiente protegido. É nesta etapa que as mudas se desenvolvem até a altura recomendada de 0,30 m de altura para que possa ser realizado o transplante em campo. Contudo, para facilitar a comercialização, reduzir custos com transporte e produção, as plantas são comercializadas atendendo ao padrão que varia de 0,10 a 0,20 m de altura, com raízes completamente aderidas ao substrato.

É na fase de aclimação que é gasto o maior volume de água, fertilizantes e há grande necessidade de mão de obra. Contudo, não existem muitas informações tratando sobre sistemas de produção relacionados à esta fase, bem como sobre alternativas de produção para melhorar o uso de recursos e reduzir o tempo até a comercialização.

Uma alternativa que pode ser interessante é a adaptação do sistema de cultivo convencional para o hidropônico. A hidroponia pode proporcionar otimização de espaço no tempo, com a antecipação da colheita. Além disso, o sistema de cultivo possibilita automação, com reflexos positivos sobre a eficiência no uso de recursos, frente ao sistema convencional. Por outro lado, o uso de técnicas de cultivo hidropônico na fase de aclimação das mudas de bananeira é uma novidade e ocorrem lacunas de conhecimento sobre a aplicação dessa técnica e de seus resultados.

Dentro desse contexto, esse trabalho foi desenvolvido com objetivo de realizar uma avaliação inicial da viabilidade técnica do uso de um sistema hidropônico adaptado para produção de mudas de bananeira na fase de aclimação. O foco do trabalho foi estudar as diferenças de desempenho entre o sistema convencional e hidropônico e avaliar adaptações de manejo que permitam à produção de mudas, neste sistema de cultivo, com uso mais eficiente de tempo, água, nutrientes e energia.

REVISÃO DE LITERATURA

Banana: aspectos gerais

A bananeira é uma espécie frutífera que pertence à família Musaceae e gênero *Musa*, sendo fruto da evolução das espécies diploides ($2n$, $n=11$) *Musa acuminata* e *M. balbisiana*, cujos genomas são expressos pelas letras A e B, respectivamente. A combinação entre estas espécies resultou em grupos diplóides (AA, AB e BB), triplóides (AAA, AAB e ABB) e tetraplóides (AAAA, AAAB, AABB e ABBB) (DANTAS et al, 2016). Trata-se de uma planta monocotiledônea herbácea de porte elevado (CORDEIRO, 2000; SILVA et al., 2002).

O pseudocaule que se assemelha ao caule do tipo estipe é formado pelas bainhas foliares, com comprimento variando entre 1,2 a 8 m. Na extremidade superior do pseudocaule está inserido o pseudopecíolo e o limbo foliar com nervuras bem desenvolvidas. O cacho é formado por engajo, responsável pela ligação ao cilindro central do rizoma, ráquis que é a continuação do engajo onde são inseridas as flores, a penca ou mão que é o conjunto de dedos (frutos) e na extremidade, há o coração que são os botões florais (BORGES et al., 2000).

Seu caule é subterrâneo, denominado rizoma. O sistema radicular é fasciculado, com profundidade efetiva que varia de 0,40 a 0,60 m e comprimento horizontal que pode chegar à 5 m, sendo mais comum até 2 m. Esta planta é considerada perene devido ao perfilhamento que ocorre a partir do rizoma. (MOREIRA, 1987; BASSOI et al., 2004; CAR, 2009; SANT'ANA et al., 2012).

Segundo Dantas et al. (2016), a maior parte dos frutos comestíveis são triplóides e seu desenvolvimento se dá por meio da partenocarpia, ou seja, não é necessário que haja fecundação. As pontuações escuras vistas no interior dos frutos são os óvulos abortados. Desta forma, não há produção de sementes em nível comercial, sendo a sua propagação realizada de forma assexuada. O uso da propagação sexuada limita-se a programas de melhoramento genético.

A espécie se desenvolveu no clima quente e úmido do Sudeste asiático. Em condições parecidas, a planta exibe seu potencial produtivo. Entretanto, é mais suscetível a problemas de ordem fitossanitária (FERREIRA, 2016).

Segundo Borges et al. (2006), a faixa de temperatura ideal para bananeira está situada entre 15 e 35°C, sendo que temperaturas mais baixas podem prejudicar a formação de tecidos novos, inibem o amolecimento da polpa e aumentam o ciclo de produção, já altas temperaturas diminuem o desenvolvimento da planta e trazem prejuízos à qualidade dos frutos. Em adição, as plantas de banana são exigentes em água, demandando precipitações bem distribuídas, com 100 a 150 mm mês⁻¹, e apresentam sensibilidade ao déficit de pressão de vapor do ar, desenvolvendo-se melhor em ambientes com médias de umidade relativa do ar acima de 80%.

Importância econômica da bananicultura

A banana é uma cultura de grande importância econômica. A fruta é bastante popular no Brasil e no Mundo, apresentando destaque entre as demais culturas frutíferas em função do alto consumo per capita estimado em 12 kg ano⁻¹ (FAO, 2015). Sua dispersão geográfica proporcionou desenvolvimento econômico e maior segurança alimentar em Países distribuídos nas Américas, sul do Pacífico e África (VALMAYOR et al., 2001; DE LANGHE et al. 2009; BOONRUANGROD et al., 2009).

Segundo dados da FAO (2016), em 2016 a produção mundial foi de 113,28 milhões de toneladas e rendimento médio de cachos de banana foi de 20,62 t ha⁻¹. Dentro deste cenário, o Brasil ocupa a quarta colocação com produção de 6,67 milhões de toneladas e média de produtividade de cachos de 14,34 t ha⁻¹, abaixo da média mundial.

A nível nacional, a região Nordeste detém a maior participação com produção de 2,25 milhões de toneladas, representando 33,74% da produção nacional, seguido pelo Sudeste e Sul com 32,91 e 15,32%, respectivamente. Além da elevada importância econômica, a banana é uma importante fonte de alimento em países pobres em função da qualidade nutricional. A fruta contém ¼ da dose de vitamina C recomendada para crianças diariamente e contém vitaminas A e B, pouco sódio e muito potássio. Além disso, possui valor de aquisição baixo, facilidade de cultivo e de consumo (EMBRAPA, 2006; AMARO & FAGUNDES, 2016). Embora ocorram diversos pontos positivos na bananicultura, implantar um pomar de banana requer mudas que apresentem uniformidade, vigor. e que sejam livres de pragas e doenças (SANTOS-SEREJO et al., 2009).

A aquisição de boas mudas é imprescindível para o sucesso da atividade. Em termos de custos, os insumos possuem participação de 70,69% dos custos de implantação do pomar, sendo as mudas responsáveis por 36,49% dos custos destes insumos (CARDOSO, 2006).

Produção de mudas de banana

Os métodos de propagação da bananeira comumente utilizados são a propagação convencional e a propagação *in vitro*.

A propagação convencional ainda é amplamente utilizada, principalmente por pequenos agricultores. Quando há formação de um perfilho, que dependendo das características das folhas, idade e tamanho recebem diferentes denominações, há a retirada do mesmo com uma parte do rizoma. Esta parte do caule aderido é fundamental para proteção da região meristemática e fornecimento de nutrientes. A parte aérea é cortada para então ser realizado o plantio (FILHO et al., 2016).

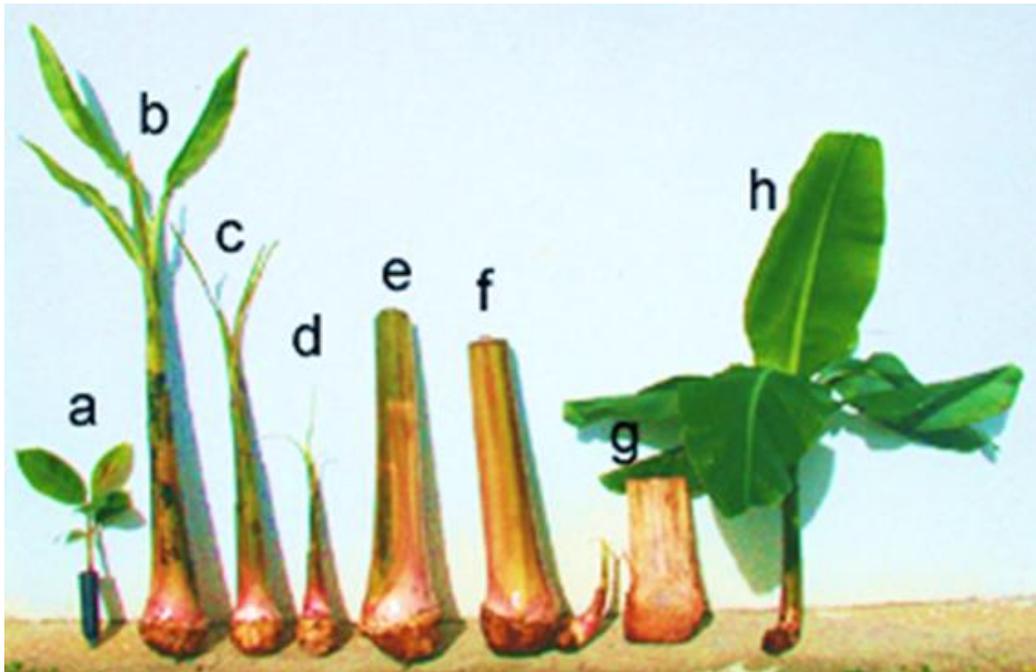


Figura 1 - Tipos de mudas - Micropropagadas (a), chifirão (b), chifre (c), chifrinho (d), rizoma da planta adulta (e), rizoma com filho aderido (f), pedaço de rizoma (g) e guarda-chuva (h). Foto: Janay Santos-Serejo e Marcelo Bezerra Lima.

Entretanto, em busca da aquisição de mudas de alta qualidade genética e fitossanitária, a micropropagação ou propagação *in vitro* tem sido uma importante forma de propagação da bananeira. Mudanças produzidas pela micropropagação crescem mais rapidamente e são mais precoces (DREW, 1990). Segundo Vuylsteke (1985), para a cultura da bananeira, a multiplicação *in vitro* possui grande potencial na produção de mudas, uma vez que, cada explante (tecido meristemático) pode dar origem a 3,5 explantes em 10 semanas. De forma exponencial, este explante inicial pode gerar até 675 plântulas em um ano.

A propagação *in vitro* ou micropropagação é uma técnica de produção de mudas em laboratório, em que são utilizados rizomas desinfestados e com tamanho reduzido que recebe a denominação de explante meristemático cujas células são totipotentes, ou seja, possuem alta potencialidade de regenerar um novo indivíduo idêntico à planta mãe. Estes tecidos são introduzidos em meio artificial sob condições controladas de fotoperíodo, temperatura e luminosidade (SOUZA et al., 2000).

Ao sair da fase de laboratório, as mudas micropropagadas apresentam tamanho reduzido, sendo necessária a aclimação até que alcancem 0,30 m de altura para realizar o plantio no campo (SINGH et al., 2011). Em adição, segundo Carvalho et al. (2012), para atingir o tamanho que garanta a sua sobrevivência no campo, as plantas passam por quatro fases de aclimação, totalizando uma duração de 117 a 132 dias.

Em nível comercial, visando facilitar o transporte e reduzir os custos com frete, é comum o acordo entre biofábricas e bananicultores para comercialização de plantas menores, com sistema radicular totalmente aderido ao substrato e altura entre 0,10 e 0,20 m. Nesse caso cabe ao produtor aclimatar por mais 30 à 60 dias para que seja atingido o tamanho recomendado para o transplantio em campo.

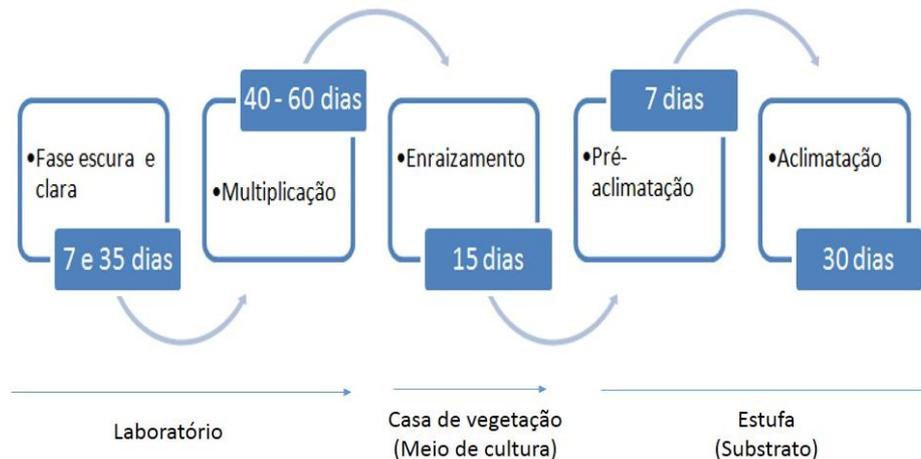


Figura 2 - Esquema de representação da produção em larga escala de mudas de bananeira micropropagadas

Visando diminuir o tempo de produção de mudas durante a fase de aclimação, uma opção é adaptar o sistema de produção para condição de cultivo intensivo, com uso de tecnologias que permitam aumentar o controle no uso de insumos e proporcionem aumento de produtividade. Neste contexto, a hidroponia possui grande destaque. Segundo Staff (1997), esta técnica demanda baixo volume de água, pois o que não for absorvido imediatamente pela planta é reutilizado, o que aumenta a eficiência de uso de água. Além de induzir crescimento mais rápido propiciando aumento do número de mudas produzidos em no espaço de tempo, o resultado final são plantas de melhor qualidade e uniformidade e com menor uso de insumos. Outro ponto que merece destaque trata-se da automação do sistema, que proporciona redução da necessidade de mão de obra e controle rigoroso do fornecimento de água e nutrientes.

Hidroponia

A utilização da técnica de produção de plantas sob hidroponia possibilita produção o ano todo, atendendo aos aspectos nutricionais da cultura, resultando em alta produtividade, uniformidade, qualidade e desperdício mínimo de água e nutrientes. Além disso, há menor utilização de defensivos agrícolas (ALBERONI, 1998).

Rodrigues (2002) afirma que a hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas em meio líquido. À vista disso, a solução nutritiva torna-se o elemento de maior importância, pois é dela que depende a oferta de água, oxigênio e nutrientes responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas.

Desta forma, o correto manejo da solução nutritiva é imprescindível para garantir a concentração de oxigênio responsável pela respiração das raízes, condutividade elétrica (CE), que representa a concentração de sais na solução, o pH que interfere na absorção de nutrientes sendo que a maior parte das culturas se adequa em uma faixa de 5,5 a 6,5 e também a temperatura, que influencia na absorção da solução e atividade radicular. Além destes fatores, o tempo de irrigação e vazão da solução disponibilizada às raízes das plantas são fatores a serem observados (FURLANI et al., 1999).

Segundo Fernandes et al. (2004), plantas de manjeriço cultivadas em sistema hidropônico com solução proposta por Furlani (1997) apresentam aumento de 44% de produção de massa verde total quando comparadas ao cultivo em dois diferentes substratos, mesmo a irrigação das plantas dos cultivos em substrato sendo feita utilizando-se a mesma solução nutritiva do sistema hidropônico.

Na cultura da alface, Steiner et al. (2009) concluíram que sob hidroponia a produção de massa seca da cultura chega a 33 531 kg ha⁻¹ enquanto que no sistema convencional, a produção é de 29 095 kg ha⁻¹. Além disso, outro resultado da pesquisa foi que a maior taxa de crescimento se deu até os 42 e 49 dias, respectivamente para hidroponia e convencional, demonstrando que o sistema garante a redução do ciclo.

O sistema hidropônico mais adotado é o NFT "*Nutrient Film Technique*" ou fluxo laminar de nutrientes. Trata-se um sistema fechado em que a solução nutritiva é bombeada de um reservatório, passa pelas raízes das plantas em canais de cultivo e volta ao reservatório por gravidade (FAQUIN & FURLANI, 1999). Esta circulação da solução pode ser constante ou intermitente, sendo que na última, o intervalo de tempo entre recirculação da solução nutritiva corresponde a frequência em que a solução é ofertada às raízes (GUL et al., 2001).

Quando é adotada uma frequência adequada de recirculação da solução nutritiva ocorre redução baixa ou nula do crescimento das plantas, o que pode resultar em menor consumo de energia elétrica que reflete na minimização dos custos de produção (PILLAU, 2002). A adoção de um intervalo entre as irrigações deve ser feita considerando-se as condições ambientais durante o cultivo, como a umidade e temperatura do ar, bem como da taxa de absorção da planta que muda em função das espécie, variedade e estágio fenológico (MORAES, 1997).

Além disso, a adoção de intervalos mais longos de recirculação da solução nutritiva é estratégico para a redução do custo de produção, visto que a energia elétrica e solução nutritiva podem chegar a 42% dos custos variáveis totais da produção (CARRASCO et al., 1999) e o aumento cada vez maior da tarifa de consumo de energia representa um fator negativo na expansão da hidroponia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERONI, R. de B. **Hidroponia - Como instalar e manejar o plantio**. Editora Nobel, 1998. 102p.

BASSOI, L. H. et al. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in São Francisco Valley, Brazil: I - root distribution and activity. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 459-463, 2004.

BOONRUANGROD, R.; FLUCK, S.; BURG, K. Elucidation of irrigation of the present day hybrid banana cultivars using the 5'ETS rDNA sequence information. **Molecular Breeding**, v. 24, n. 1, p. 77-91, 2009.

BORGES, A. L. et al., **A cultura da banana**. 3. Ed. rev. e amp. –Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: II – (Coleção Plantar, 56), 2006, 110 p.

BORGES, A. L., SOUZA, L. da S., ALVES, E. J. Exigências edafoclimáticas. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana: produção: aspectos técnicos**. Embrapa – Brasília. 2000. 143p.

CAR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of banana (*Musa* spp.). **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 45, n. 3, p. 333-371, 2009.

CARDOSO, C. E. L. Custos de produção. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_21_4102_0068055.html>. Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

CARRASCO, G. et al. Development of nutrient film technique “NFT” in Chile: The use of intermittent recirculation regimes. **Acta horticultrae**, Ontario, n. 481, p. 305-309, 1999.

CARVALHO, A. C. P. P. de; RODRIGUES, A. A. de J.; SANTOS, E. de O. **Produção de mudas micropropagadas de bananeira**. Embrapa: Circular técnica 37, Fortaleza, CE, 2012.

CORDEIRO, Z. J. M. **Banana: produção: aspectos técnicos**. Embrapa – Brasília, , 2000. 143p.

DANTAS, J. S. L. et al. Filogenia, história, evolução, distribuição geográfica e habitat. In: FERREIRA, C. F., SILVA, S. de O. E, AMORIM, E. P., SANTOS-SEREJO, J. A. do. **O agronegócio da banana**. Brasília – DF: Embrapa, 2016. p. 17-28.

DE LANGHE, E. et al. Why banana matter: an introduction to the history of banana domestication. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 7, p. 165-177, 2009.

DREW, R. A.; SMITH, M. K. Field evaluation of tissue-cultured bananas in South-Eastern Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 30, n. 4, p. 569-574, 1990.

FAO, 2016. Disponível em <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_arquivos.htm> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

FAO. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4760e.pdf>>. Acesso em: 22 de novembro de 2017.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.

FERNANDES, P.C. et al. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.260-264, 2004.

Ferreira, C. F. et al. O agronegócio da banana. Embrapa, 2016. 832p.

FILHO, J. A. S. et al. **Cultivo e produção de banana**. Piracicaba: ESALQ, 2016, 84 p.

FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. 52p. (Boletim técnico, 180), 1999.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo. (Boletim técnico, 168), 1997, 30 p.

GÜL, A. et al. Z. Effect of continuous and intermittent solution circulation on tomato plants grown in NFT. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 554, p. 205-212, 2001.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2017.

<http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_arquivos.htm> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

MORAES, C. A. G. **Como cultivar tomates em sistema NFT (Técnica de fluxo laminar de nutrientes)**. Jundiaí: DISQ, 1997. 141 p.

MOREIRA, R. S. **Banana: Teoria e prática de cultivo**. Campinas,: Fundação Cargil, 1987. 335 p.

PILLAU, F. G. et al. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2002.

RODRIGUES, L. R. F. **Cultivo pela técnica de hidroponia: técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002, 726 p.

SANT'ANA, J. A. do V. et al. Distribuição de raízes de bananeira 'prata-anã' no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n.1, p.124-133, 2012.

SANTOS-SEREJO et al. Micropropagação da Bananeira. In: JUNGHANS, T. G.; SOUZA, A. da S. **Aspectos práticos da Mcropropagação de plantas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, , 2009, 385 p.

SILVA, S. O. et al. Bananeira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.) **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2002, p.101-157

SINGH, S. et al. **Micropropagation for production of quality banana planting material in Asia-Pacific**. Asia-Pacific Consortium on agricultural biotechnology (APCoAB), New Delhi, India, 2011, 92 p.

SOUZA, A. da S.; CORDEIRO, Z. J. M.; TRINDADE, A. V. Produção de mudas. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana: Produção: aspectos técnicos**. Embrapa: Brasília, 2000, 143 p.

STAFF, H. **Hidroponia**. 2. ed. Cuiabá: Sebrae/MT, 1998. 86 p.

STEINER, F.; ZOZ, T.; JUNIOR, A. S. P. Crescimento e produtividade de alface crespa cultivada em sistema hidropônico e convencional. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.4, p.42-48, 2009.

VALMAYOR, R. V. Classification and characterization of *Musa exotica*, *M. alinsanaya* and *M. acuminata* spp. Errans. **Infomusa**, v. 10, n. 2, p. 35-39, 2001.

VUYLSTEKE, D., LANGHE, E. de. Feasibility of in vitro propagation of bananas and plantains. **Trop. Agric. Trinidad**, v. 62, n.4, p.322-328, 1985.

CAPÍTULO I

ACLIAMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ' EM SISTEMA HIDROPÔNICO E CONVENCIONAL: ANÁLISE COMPARATIVA¹

¹ Capítulo ajustado para submissão à Revista Brasileira de Ciências Agrárias

Aclimatização de mudas de bananeira ‘Prata-Anã’ em sistema hidropônico e convencional:
análise comparativa

Resumo: Na produção de mudas micropropagadas de bananeira há demanda por desenvolvimento de sistemas de cultivo que permitam a redução do tempo até o ponto de comercialização, uso de mão de obra, água e fertilizantes. Neste sentido, a hidroponia pode ser uma alternativa interessante. Desta forma, objetivou-se com este trabalho fazer uma análise comparativa entre o sistema hidropônico e convencional na etapa de aclimatização das mudas de bananeira ‘Prata-Anã’. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 7, com 4 repetições. As fontes de variação foram a forma de aclimatação (hidropônica e convencional) e o tempo, em dias após o transplântio, (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30). Foram avaliados o crescimento, volume médio de água e fertilizantes aplicados e eficiência no uso da água, no uso do espaço no tempo e na produção de mudas. A aclimatização em sistema hidropônico possibilitou a redução de 12 dias até o ponto de colheita em relação ao sistema convencional, que apresentou ponto de colheita aos 30 dias após o transplântio. A hidroponia também proporcionou maior eficiência no uso do espaço no tempo, possibilitando um aumento na ordem de 65,6% da quantidade de ciclos de produção em um ano e ainda, redução de 40,57% da aplicação de água durante o ciclo, quando comparado ao sistema de cultivo convencional. Ao avaliar o custo de produção de mudas (água e fertilizantes), a aclimatação hidropônica pode proporcionar redução de até 25,9%.

Palavras-chave: *Musa* spp., eficiência no uso da água, hidroponia

Acclimation of 'Prata-Anã' banana seedlings in hydroponic and conventional systems:
comparative analysis

Abstract: In the production of micropropagated banana seedlings, there is a demand for the development of cultivation systems which allow reduction in the time to the point of marketing and use of labor, water and fertilizers. In this context, hydroponics can be an interesting alternative. Thus, the present study aimed to conduct a comparative analysis between hydroponic and conventional systems in the phase of acclimation of 'Prata-Anã' banana seedlings. The experiment was conducted in randomized blocks in 2 x 7 factorial arrangement, with 4 replicates. The sources of variation were the type of acclimation (hydroponic or conventional) and the time, in days after transplanting (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30). Growth, average volume of water and fertilizers applied, and efficiencies in water use, space used over time, and production of seedlings were evaluated. Acclimation in hydroponic system allowed reduction of 12 days in the time to the harvesting point, compared to the conventional system, which led to harvesting point of 30 days after transplanting. Hydroponics also promoted higher efficiency in the use of space over time, allowing an increase of about 65.6% in the number of production cycles per year and a reduction of 40.57% in the application of water during the cycle, compared to the conventional cultivation system. For the cost of seedling production (water and fertilizers), hydroponic acclimation may promote reduction of up to 25.9%.

Key words: *Musa* spp., water use efficiency, hydroponics

INTRODUÇÃO

O consumo per capita de banana é estimado em 12 kg ano⁻¹ (FAO, 2015). Segundo dados da FAO (2016), a produção mundial de banana em 2016 foi de 113,28 milhões de toneladas e rendimento médio de 20,62 t ha⁻¹. Dentro deste cenário, o Brasil ocupa a quarta colocação com produção de 6,67 milhões de toneladas. Embora seja um grande produtor, o Brasil possui produtividade média de 14,34 t ha⁻¹, abaixo da média mundial de 20,62 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). Segundo Ferreira (2016), o aumento da produtividade está relacionado com a qualidade das mudas e o manejo adotado durante a condução do pomar.

Na produção de banana, os insumos podem representar 70% dos custos de implantação da cultura, sendo as mudas responsáveis por 36,49% destes custos (Cardoso, 2006). Os métodos de obtenção de mudas de bananeira mais utilizados são a propagação convencional com retirada dos perfilhos direto do pomar e a micropropagação ou propagação *in vitro* que ocorre em nível de laboratório. As principais vantagens da produção de mudas micropropagadas em relação à forma convencional são a alta taxa de multiplicação e a qualidade genética e fitossanitária das mudas, que devido às características do processo de produção, são desinfectadas e desenvolvidas inicialmente em ambiente estéril (Filho et al., 2016).

Em função de grande parte do processo ocorrer em laboratório, com condições ambientais controladas, faz-se necessário que os explantes (plantas com folhas e raízes pouco desenvolvidas) passem por uma última etapa, que é processo de aclimatização. Ela é necessária para acondicionamento às mudanças micrometeorológicas e para que as mudas alcancem porte adequado, de forma a reduzir a mortalidade em campo, após o transplante (Carvalho et al., 2012).

Segundo Santos-Serejo et al. (2010), na aclimatização os explantes são transplantados para tubetes contendo substrato, para que ocorra bom enraizamento e sustentação das mudas. É na fase de aclimatização que é gasto o maior volume de água e fertilizantes, aliado à grande necessidade de mão de obra.

Visando minimizar o uso de mão de obra, água e fertilizantes e produzir em menor tempo, a hidroponia pode ser uma alternativa interessante quando comparada com a produção convencional (Corrêa et al., 2012). Esta técnica vem sendo utilizada com sucesso para produção de hortaliças, frutos, flores, plantas medicinais, condimentares, aromáticas e ornamentais (Fernandes, 2004; Steiner, 2009; Sardare et al., 2013; Treftz et al., 2016). Além disso, a técnica já vem sendo utilizada para produção de sementes de tubérculos, como a batata (Piedra et al., 2016).

Considerando que o uso de hidroponia é uma novidade para produção de mudas de bananeira na fase de aclimação, este trabalho objetivou avaliar a viabilidade técnica da produção de mudas de bananeira ‘Prata-Anã’ sob hidroponia.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, variáveis climáticas e material vegetal

O experimento foi conduzido na estrutura da Biofábrica da Campo Biotecnologia Vegetal LTDA localizada na Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA (Latitude: 12°40’39’’S, Longitude; 39°06’23’’W, Altitude; 225 m).

O clima da região é caracterizado como sub-úmido seco com precipitação pluvial média anual de 1.131 mm, apresentando um moderado excesso de água no inverno e temperatura média diária de 23,9 °C (Silva et al., 2016).

O experimento foi instalado em uma estufa do tipo geminada com três arcos, posicionada no sentido leste-oeste. A altura do pé direito é de 3,20 m, possui dimensões de 19,20 m de largura e 25,60 m de comprimento. A estrutura de sustentação é de aço galvanizado e é recoberta por filme agrícola com espessura de 150 micra, com aditivos anti-UV e antioxidantes. Na altura do pé direito foi posicionada uma tela do tipo sombrite, que proporcionava 50% de sombreamento. O piso da casa de vegetação era de chão batido e coberto com brita nº2.

A coleta de dados meteorológicos no experimento foi feita por um sistema desenvolvido na plataforma Arduino, com auxílio de sensores posicionados a 2 m do pé direito da estufa. O registro dos dados foi realizado a cada dez minutos. A temperatura média horária foi de 29,7 °C, apresentando variações de 23,2 e 43,2 °C. A umidade relativa do ar média ao longo do experimento foi de 69,2%, com mínima de 31,67% e máxima de 100%.

A cultura estudada foi a da bananeira (*Musa sp.*) variedade ‘Prata Anã’ pertencente ao grupo genômico AAB. Os explantes foram obtidos a partir de propagação *in vitro*. Os mesmos foram higienizados visando a remoção do meio de cultura e em seguida foi realizado o transplante para bandejas com 128 células com capacidade de 0,0225 L célula⁻¹. As células foram preenchidas com material inerte à base de fibras de mesocarpo de frutos de coco.

Descrição dos tratamentos

O experimento foi instalado em março de 2018 e teve duração de 30 dias. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2×7 , com quatro blocos e unidade experimental composta por 16 explantes de bananeira. Os fatores estudados foram a forma de aclimatização, sendo elas convencional ou hidroponia e o tempo (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após o transplante).

Aclimatização convencional

Todo trabalho foi realizado na biofábrica da Campo Biotecnologia Vegetal LTDA e acompanhado diariamente por um técnico responsável pela produção de mudas e seguindo os critérios utilizados para comercialização das mudas.

No sistema de cultivo convencional utilizado pela biofábrica para produção de mudas em larga escala (1,88 milhões de mudas ano⁻¹), a nutrição das plantas foi realizada via adubação foliar, fracionada em oito aplicações. Para produção de 10.000 mudas em sistema convencional, foram aplicadas 0,0187 L de fertilizante foliar contendo: 14% de nitrogênio, 7% de fósforo, 5% de potássio, 1,5% de magnésio, 0,1% de boro, 1,5% de manganês, 0,05% de molibdênio e 2% de zinco. A esta mistura, foram adicionados 0,0625 kg de fosfato monoamônico e 0,172 kg de sulfato de amônio. As irrigações foram realizadas manualmente. O turno de rega foi variável, com frequência média de 1,7 irrigações dia⁻¹. A quantidade de regas por dia foi determinada observando-se o aspecto visual do substrato, durante a manhã e à tarde. De modo geral, o substrato muda de tonalidade em função da umidade, apresentando-se com tom de marrom mais claro quando seco e mais escuro quando úmido.

Aclimatização hidropônica

O sistema hidropônico foi adaptado e construído a partir das configurações de sistemas hidropônicos utilizadas comercialmente. As bandejas contendo os explantes foram acondicionadas em recipientes de 0,48 x 0,26 m com capacidade de 20 L. Os recipientes foram posicionados sobre bancadas metálicas à 1,2 m de altura do piso. As bancadas foram niveladas para melhor distribuição da solução nutritiva.

Utilizou-se um reservatório com capacidade de 55 L acoplado a uma eletrobomba com 34 W de potência e vazão de 0,2333 L s⁻¹ para recalcar a solução do reservatório para as

bandejas. O reservatório e as bandejas foram conectados por mangueiras de polietileno com diâmetro de ¾ de polegada para o sistema de recalque da solução. Utilizou-se também mangueiras com as mesmas características para realizar a drenagem, sendo inserida em um orifício no final da bandeja e conectadas à região superior dos reservatórios. A distribuição da solução nutritiva para as bandejas foi realizada por meio de microtubos de 6 mm conectados às mangueiras de polietileno.

O volume de solução nutritiva perdido por evapotranspiração foi completado por um sistema controlado por uma torneira boia instalada no reservatório principal e conectada a um reservatório contendo água de abastecimento local. Foi instalado um registro entre ambos os reservatórios para permitir o controle do momento da reposição da água, realizado a cada 3 dias no intervalo entre as irrigações. O reservatório com água de abastecimento consistia em um tubo de PVC com 0,15 m de diâmetro e 1 m de altura. A estrutura possuía uma régua graduada e um microtubo transparente que permitia monitorar o volume de água reposto. O sistema de bombeamento operava com turno de rega fixo com intervalos de 15 minutos e 15 minutos de duração. O sistema hidropônico é ilustrado na Figura 1.

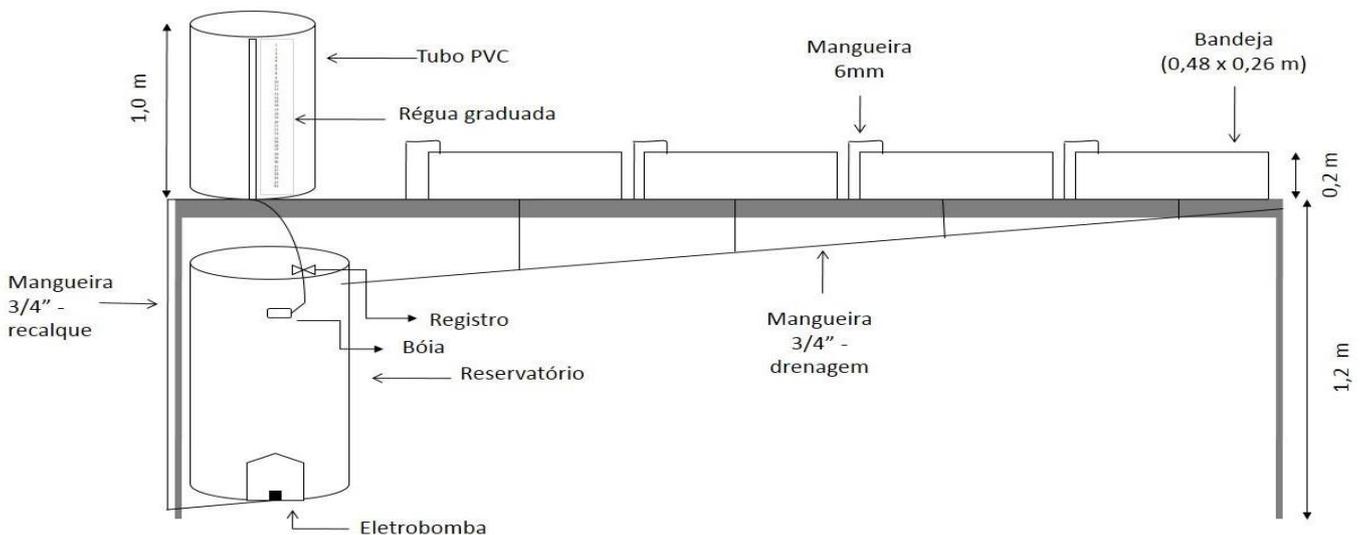


Figura 1. Representação da estrutura hidropônica utilizada no experimento

O fornecimento de nutrientes às plantas foi por meio de solução nutritiva desenvolvida por Furlani (1999) para hortaliças folhosas. Para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva foram utilizados: 750 g de nitrato de cálcio Hydro® Especial, 500 g de nitrato de potássio, 150 g de fosfato monoamônio, 400 g de sulfato de magnésio, 0,15 g de sulfato de cobre, 0,30 g de sulfato de zinco, 1,50 g de sulfato de manganês, 1,80 g de ácido bórico, 0,15 g de molibdato de sódio e 16 g de ferro-EDTA a 13%.

Foi realizado o monitoramento diário e controle do pH com o auxílio de um pHmetro de bolso, com compensação automática de temperatura. A condutividade elétrica (CE) foi monitorada com um condutivímetro de bancada. Sempre que verificados valores de pH inferiores a 6,0 ou superiores a 6,5 o pH foi corrigido, mediante aplicação de solução de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, respectivamente.

Durante os experimentos, adotou-se como referência para reposição da solução nutritiva o decréscimo da CE de 25%. Contudo, não houve necessidade de reposição de solução, pois a CE variou de 2,08 a 1,91 dS m⁻¹ no experimento do primeiro ao último dia do experimento (30 DAT), representando redução da CE na ordem de 22,70%.

Variáveis resposta avaliadas

Crescimento das plantas

Foram realizadas avaliações biométricas efetuando-se coletas de duas mudas por unidade experimental. A parte aérea foi separada das raízes e pesada em balança analítica (0,0001 g), para determinação da massa fresca. A altura das plantas foi medida com uma régua e a área foliar foi determinada conforme a descrição de Moreira (1999), utilizando-se o comprimento e largura das folhas e o fator de correção 0,8 segundo a Equação 1:

$$\text{Área Foliar Total} = \sum(C \times L) \times 0,8 \quad (1)$$

Onde: C – comprimento (cm) e L – largura (cm).

A parte aérea foi seca em estufa sob ventilação forçada a 65 °C por 72 h para determinação da massa seca em balança analítica. Estimou-se a taxa de crescimento absoluto que indica o incremento de massa seca por dia conforme a Equação 2.

$$\text{TCA} = (\text{MSf} - \text{MSi}) / \text{ND} \quad (2)$$

Onde: TCA – taxa de crescimento absoluto; MSf – massa seca final da parte aérea; MSi - massa seca inicial da parte aérea e ND – número de dias de duração do experimento (30 dias).

As raízes foram lavadas até completa remoção do substrato, acondicionadas em álcool a 30% e mantidas sob refrigeração (5 °C) para avaliações do comprimento total e do volume. A análise do sistema radicular foi realizada utilizando-se um scanner Epson expression modelo 11000 XL (Seiko Epson Corporation) aliado à um software de raiz, modelo WhinRHIZO (Regent Instruments Inc., Québec, CA).

Eficiência na produção de mudas

A eficiência de uso do espaço no tempo (EFT) que expressa a quantidade de ciclos produzidos em um ano, foi estimada pela razão entre o número de dias do ano e o número de dias para produção de mudas com altura adequada. A eficiência na produção de mudas (EFP) que corresponde à quantidade de mudas produzidas em um ano foi estimada pela multiplicação da eficiência de uso do espaço no tempo e a quantidade de mudas produzidas por metro quadrado. Levando-se em consideração que bandejas com dimensões de 0,48 x 0,46 m totalizando uma área de 0,125 m² possuem capacidade para comportar 112 mudas, o número de mudas por metro quadrado é de 896. Aos 30 DAT determinou-se o percentual de mortalidade das mudas nos sistemas de aclimação contabilizando o número de plantas mortas e vivas segundo a Equação 3.

$$TM (\%) = (MM / (MM + MV)) * 100 \quad (3)$$

Em que: TM - taxa de mortalidade, MM - mudas mortas, MV - mudas vivas.

Volume de água e fertilizantes aplicados

A quantidade de água aplicada durante o experimento, no sistema convencional, foi determinada com o registro da vazão da mangueira (0,155 L s⁻¹). Determinou-se o número de mudas irrigadas em um período de um minuto, obtendo-se uma média de 0,002724 L planta⁻¹ irrigação⁻¹.

O volume de água aplicado na reposição do sistema hidropônico foi obtido pela aplicação dos volumes de água registrados entre os eventos de reposição, considerando o intervalo de tempo em dias, na Equação 4.

$$V = [((Lf - Li) \times \pi \times D^2) / (4 \times n \times \Delta t)] \times 10^3 \quad (4)$$

Em que:

V - volume aplicado (L/planta/dia); Lf - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático (m); Li - leitura inicial do nível da água no depósito de abastecimento automático (m); D - diâmetro interno do depósito de abastecimento automático (m); Δt - intervalo de tempo entre as leituras (dias); n - número de plantas cultivadas na bandeja no intervalo de tempo Δt .

A estimativa da eficiência de uso da água (EUA) foi calculada pela razão entre o volume de água aplicado e a massa seca da parte aérea da muda. Para cálculo do uso dos fertilizantes,

considerou-se o custo acumulado das aplicações de fertilizantes para 10.000 plantas durante o ciclo de cultivo de mudas.

A quantidade de fertilizantes aplicados foi monitorada conforme já mencionado anteriormente. Para o sistema hidropônico, determinou-se a quantidade utilizada com base no percentual de redução da CE.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa R. Quando detectada interação entre os fatores, realizou-se o desdobramento das variáveis dentro de cada fator. As médias dos tipos de aclimação foram analisadas pelo teste F a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Para comparação entre os períodos de avaliação, utilizou-se modelos de regressão quando significativos ao nível ($P < 0,05$).

Para o percentual de mortalidade, os dados foram comparados pelo teste T não-pareado a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento das plantas

As mudas obtidas por meio do processo de aclimação hidropônica expressaram maior crescimento em comparação às mudas provenientes da aclimação convencional sob mesmas condições microclimáticas (Figura 2).



Figura 2. Mudanças obtidas pela aclimação convencional (esquerda) e hidropônica (direita) aos 30 DAT.

Houve interação significativa entre o tipo de aclimatização e o tempo (dias após o transplântio) para altura, área foliar, massas fresca e seca da parte aérea ($p < 0,01$) e comprimento total do sistema radicular ($p < 0,05$). O volume do sistema radicular foi influenciado apenas pelo fator tempo (Tabela 1).

Tabela 1- Resultado da análise de variância para as variáveis altura da planta (ALT), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA, respectivamente), área foliar (AF), comprimento total (CTR) e volume do sistema radicular (VR) de mudas de bananeira em diferentes dias após transplântio (DAT) e sistemas de aclimatização.

FV	GL	ALT	MFPA	MSPA	AF	CR	VR
Bloco	3	1,0075**	0,5597 ^{ns}	0,00237 ^{ns}	38,85 ^{ns}	1364 ^{ns}	0,00266 ^{ns}
Sistemas	1	9,2016**	4,5813**	0,00248 ^{ns}	1729,41**	16380**	0,00273 ^{ns}
DAT	6	19,4349**	8,7613**	0,04629**	2228,40**	31756**	0,06336**
Sistemas x DAT	6	2,5943**	1,5673**	0,00383**	468,06**	1474*	0,00223 ^{ns}
Resíduo	39	0,2249	0,2087	0,00089	22,62	520	0,00228
Total	55						
CV (%)		8,94	22,87	22,96	23,08	33,52	35,69

ns – não significativo; ** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F

As variáveis altura, as massas fresca e seca da parte aérea, a área foliar e o comprimento total do sistema radicular das mudas aumentaram progressivamente durante o período experimental, apresentando ajuste linear (altura) e polinomial (demais variáveis) em função do tempo após o transplântio (Figura 3). Entretanto, este aumento foi mais pronunciado nas mudas do sistema hidropônico que nas do convencional. Aos 30 DAT, a aclimatação hidropônica proporcionou acréscimos nestas variáveis de 31, 76, 37 e 120 e 38%, respectivamente, em relação à aclimatação convencional.

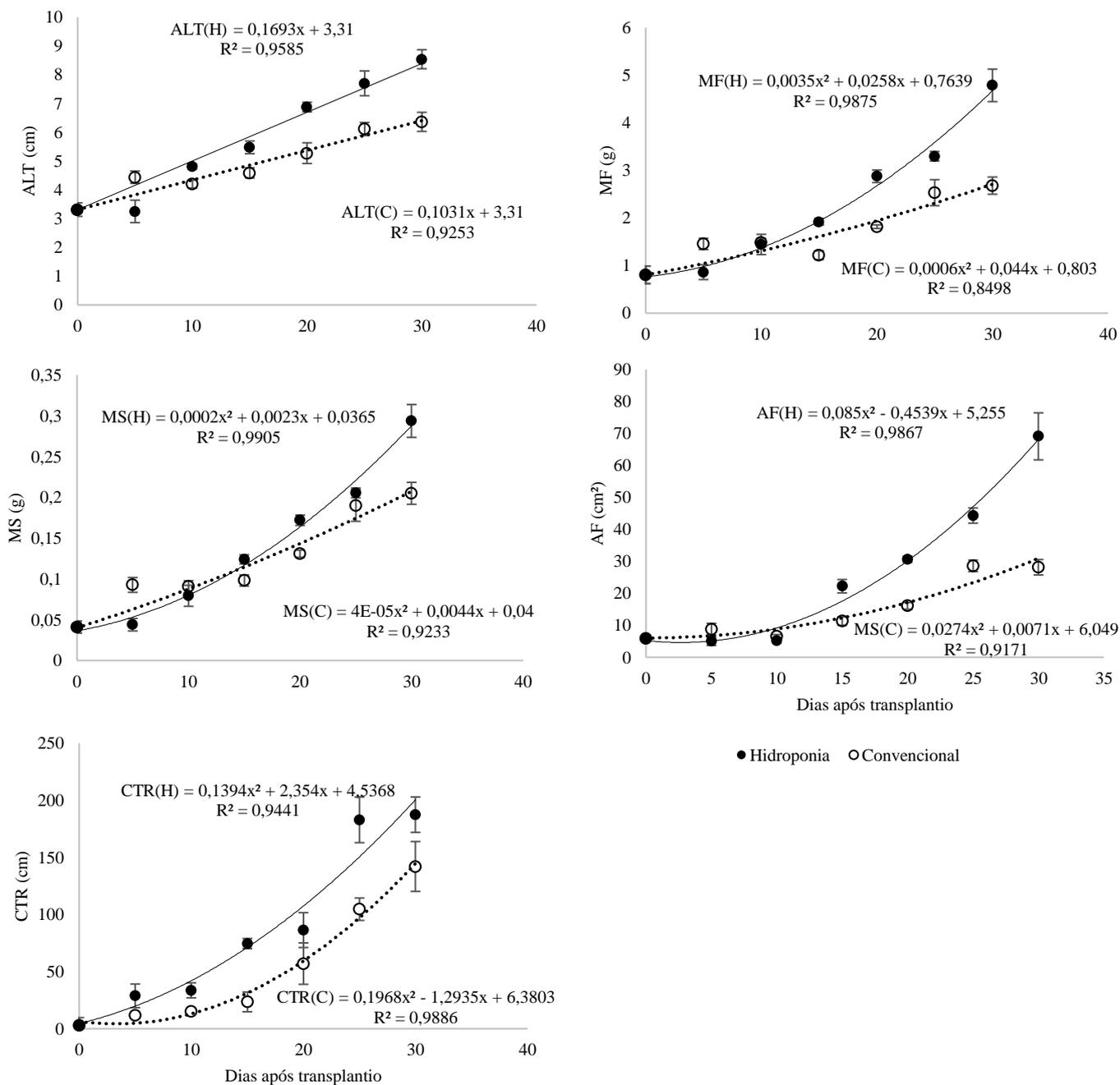


Figura 3. Altura (ALT), massas fresca (MF) e seca da parte aérea (MS), área foliar (AF) e comprimento total do sistema radicular (CTR) de mudas de bananeira sob aclimatização convencional (C) e hidropônica (H) em função dos dias após o transplante.

O maior crescimento das plantas submetidas à aclimação hidropônica pode estar relacionado à maior disponibilidade de água e nutrientes do sistema hidropônico, frente a condição de cultivo convencional como relatam Beninni et al. (2005), Steiner et al. (2009) e Sardare & Admane (2013). A solução nutritiva utilizada no sistema hidropônico possui altas concentrações de nutrientes que propiciam rápido crescimento vegetal. Taiz et al. (2017) relatam que as soluções nutritivas modernas apresentam a mais alta concentração de nutrientes possível sem que haja ocorrência de efeitos tóxicos e salinos que reflete em alto crescimento.

Adicionalmente, no sistema convencional as operações de irrigação e fertilização são manuais, desuniformes e menos frequentes, quando comparadas ao sistema de cultivo hidropônico, onde a aplicação de água e nutrientes é mais uniforme e frequente, em função da automação e do turno de rega curto (TEIXEIRA, 1996; RODRIGUES, 2002).

A não ocorrência do efeito dos tratamentos no volume do sistema radicular pode estar relacionado à diminuição da alocação dos fotoassimilados para as raízes, dando prioridade à parte aérea, em função da baixa necessidade de produção de raízes em meios com alto suprimento de nutrientes (TAIZ et al., 2017).

Em contrapartida, sugere-se que a ocorrência do efeito dos tratamentos no comprimento total do sistema radicular, mesmo não ocorrendo diferença para o volume, foi decorrente de uma maior produção de raízes com menor diâmetro (SILVA et al., 2007). Vale salientar que a maior produção de raízes com menor diâmetro é desejável na produção de mudas visto que aumenta as chances de sobrevivência em campo em virtude do maior vigor das plantas.

Eficiência na produção de mudas

Com base nas equações de regressão geradas pelo trabalho (Figura 3), é importante salientar que foi estimado que aos 18 DAT as mudas produzidas via hidroponia alcançaram a mesma altura média das plantas obtidas pela aclimação convencional aos 30 DAT. Para massa fresca da parte aérea e área foliar, este resultado foi alcançado aos 20 DAT, para a massa seca da parte aérea e comprimento total do sistema radicular aos 24 DAT.

Tais resultados corroboram a redução dos ciclos das culturas observado por diversos autores, tais como Gualberto et al. (1999), Beninni et al. (2005) e Steiner et al. (2009). A taxa de crescimento absoluto de massa seca da parte aérea foi de 8,422 e 5,465 mg dia⁻¹, respectivamente para a aclimatização hidropônica e convencional. Dados de maior incremento na taxa de crescimento absoluto para o sistema hidropônico em comparação ao convencional também foram encontrados na cultura da alface por Steiner et al. (2009).

Considerando que a altura da planta foi o critério adotado como ponto de colheita e que o mesmo foi atingido aos 18 e 30 DAT para os sistemas hidropônico e convencional, respectivamente, estima-se que a eficiência de uso do espaço no tempo foi de 20,2 ciclos de cultivo anuais para a aclimatização via hidroponia e 12,2 para o convencional. Isto indica que é possível um aumento na ordem de 65,6% do número de lotes produzidos em um ano quando adotada a aclimatização hidropônica.

Com relação à eficiência de produção de mudas e considerando uma população de 897 mudas m^{-2} , verificou-se que há um potencial de produção da ordem de 18.119 e 10.943 mudas $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$, para os sistemas de aclimatização hidropônica e convencional, respectivamente. O percentual de mortalidade média obtida aos 30 dias após o transplante foi de 4,3% e 18,4% (Figura 4), para plantas submetidas à aclimatização via hidroponia e convencional, respectivamente.

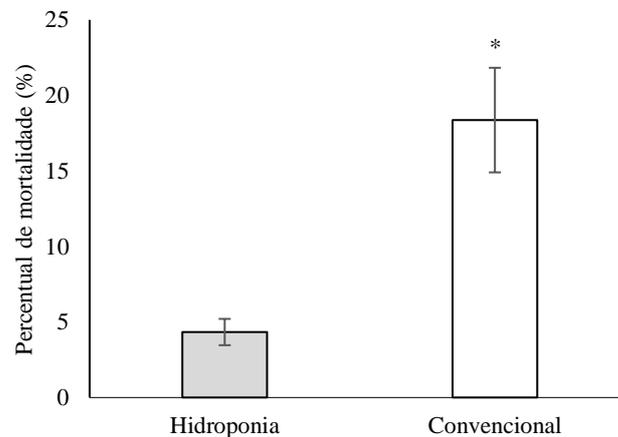


Figura 4. Percentual de mortalidade para os sistemas de aclimatização de mudas de bananeira.
* significativo a 5% pelo teste T não pareado

Desta forma, a eficiência de produção de mudas passa a ser estimada em 17.340 e 8.929 mudas $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente para o sistema hidropônico e convencional. Isto reflete em um aumento de 94,2% de mudas a serem produzidas por ano pela aclimatização via hidroponia em comparação à convencional.

A diminuição do tempo gasto para a produção de mudas proporcionado pelo cultivo hidropônico torna possível a produção de um maior número de mudas por unidade de tempo no mesmo espaço. Isto otimiza ainda mais a mão de obra utilizada, que já é reduzida em relação ao convencional, em função da automação (Rodrigues, 2002).

Volume de água e fertilizantes aplicados

Quando foi utilizada a hidroponia na aclimação, a média de consumo de água foi de 97,1 mL planta⁻¹. Já no sistema convencional, o volume de água aplicado foi em 163,4 mL planta⁻¹. Dessa forma, após um ciclo de 30 dias, o cultivo hidropônico proporcionou uma redução de 40,6% da aplicação de água. Vale salientar que esta redução é ainda maior (60,6%) quando se leva em consideração que as plantas do sistema hidropônico atingiram o ponto de colheita aos 18 DAT com consumo estimado de 64,4 mL planta⁻¹.

Neste experimento foi possível obter resultados positivos para o sistema hidropônico no que se refere à eficiência de uso da água, estimada na ordem de 2,606 e 1,218 g de massa seca da parte aérea por litro de água aplicado para aclimação hidropônica e convencional, respectivamente.

A maior eficiência de uso da água obtida neste trabalho corrobora Leal (2018) que destaca que em sistema hidropônico com ciclo fechado há maior aproveitamento da água em função da recaptação da solução nutritiva não utilizada pelas plantas para os reservatórios ao fim do turno de rega.

A Tabela 2 apresenta a estimativa de custos de água e fertilizantes para produção de 10.000 mudas de bananeira 'Prata-Anã' em ambos os sistemas de aclimação. Nesta tabela pode-se observar que o custo de água e fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva no sistema de aclimação via hidroponia para a produção de 10.000 mudas de bananeira é 62,6% maior que no convencional. Entretanto, considerando que a redução da condutividade elétrica da solução nutritiva foi de 22,7% (ver Material e Métodos), o custo de fertilizantes para produção de 10.000 mudas também é 22,7% menor (R\$ 3,69). Dessa forma, verifica-se uma redução na ordem de 25,9% no custo de produção no sistema hidropônico em comparação ao convencional.

Tabela 2 – Custos de água e fertilizantes na aclimatização de 10.000 mudas de bananeira ‘Prata-Anã’ em sistema hidropônico e convencional por 30 dias

Insumos	CONVENCIONAL		HIDROPÔNICO			
	Total de insumos		Total de insumos		Total de fertilizantes consumidos (22,7%) + água	
	Quantidade	Valor (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)
1. Água aplicada (L)	1.634	11,53	971	6,85	971	6,85
Subtotal (R\$)		11,53		6,85		6,85
2. Fertilizantes						
GRAP (mL)	18,75	0,94	-	-	-	-
MAP (g)	62,5	0,65	157,2	1,63	-	-
Sulfato de amônio (g)	172	1,11	-	-	-	-
Nitrato de cálcio (g)	-	-	786	6,13	-	-
Nitrato de potássio (g)	-	-	524	5,22	-	-
Sulfato de magnésio (g)	-	-	419	1,99	-	-
Sulfato de cobre (g)	-	-	0,157	0,003	-	-
Sulfato de zinco (g)	-	-	0,314	0,007	-	-
Sulfato de manganês (g)	-	-	1,572	0,16	-	-
Ácido bórico (g)	-	-	1,886	0,05	-	-
Molibdato de sódio (g)	-	-	0,157	0,13	-	-
Ferro EDTA 13% (g)	-	-	16,8	0,93	-	-
Subtotal (R\$)	-	2,69	-	16,27	-	3,69
TOTAL (R\$)		14,22		23,12		10,54

Vale ressaltar que não foram encontrados trabalhos de aclimação de mudas de bananeira em sistema hidropônico para fins comerciais. Para esta cultura, a hidroponia tem sido utilizada apenas em estudos de absorção de nutrientes, elementos tóxicos e poluentes (Martins, 2007; Cornelis et al., 2008).

Os resultados encontrados nesta pesquisa realizada em parceria com uma biofábrica de produção de mudas de bananeira, são promissores em virtude do maior crescimento das plantas proporcionado pela aclimação via hidroponia, o que resulta na diminuição do tempo de produção de mudas. Além disso, há redução dos gastos, devido a automação, aos menores volumes de água e fertilizantes aplicados.

Em adição, mesmo que o custo inicial para implantação do sistema hidropônico seja, em linhas gerais, maior que sistemas menos tecnificados como o convencional tratado neste trabalho, a curto prazo há redução de custos em função da automação e uso mais eficiente de

insumos e do espaço no tempo, o que pode tornar a hidroponia uma alternativa viável para a fase de aclimação das mudas de bananeira.

Este trabalho abre demanda para novos estudos que visem a otimização do sistema de cultivo hidropônico na fase de aclimação das mudas de bananeira e permitam esclarecer aspectos que promovam o aumento do número mudas por volume de solução, diminuição do consumo de fertilizantes, ajuste do turno de rega e ainda, estudos de anatomia comparando os dois sistemas. Além disso, é interessante que seja realizada análise econômica em nível comercial.

CONCLUSÕES

A utilização do sistema hidropônico possibilita redução no tempo de aclimação na produção de mudas de bananeira, maior eficiência no uso do espaço no tempo, e menor aplicação de água durante o ciclo, quando comparado ao sistema de cultivo convencional sendo, portanto, sua adoção viável tecnicamente.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão dos recursos financeiros. Ao Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CNPq) pelo suporte financeiro (MACF Process 311327/2015-0). À Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo suporte técnico e recursos disponibilizados. À Campo Biotecnologia Vegetal LTDA pelos recursos e parceria oportuna.

LITERATURA CITADA

Andrade Piedra, J.L.; Bentley, J. W.; Almekinders, C. J. M.; Jacobsen, K.; Walsh, S.; Thiele, G. **Case Studies of Roots, Tubers and Bananas Seed Systems**. Lima (Peru). 2016, 244 p.

Beninni, E.R.Y.; Takahashi, H.W.; Neves, C.S.V.J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 273-282, 2005.

Cardoso, C. E. L. **Custos de produção**. 2006. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_21_41020068055.html>. Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

Carvalho, A. C. P. P. de; Rodrigues, A. A. de J.; Santos, E. de O. **Produção de mudas micropropagadas de bananeira**. Embrapa: Circular técnica 37, Fortaleza, CE, 2012.

Corrêa R. M., Pinto S. I. C., Reis E. S., Carvalho V. A. M. Hydroponic production of fruit tree seedlings. In: ASAO T (Ed.) **Hydroponics - A standard methodology for plant biological researches**. InTech, Croácia. p.225-244, 2012.

Cornelis, J. T.; Kruyts, N.; Dufey, J. E.; Delvaux, B.; Opfergelt, S. Understanding root uptake of nutrients, toxix and polluting elements in hydroponic culture. In: Asao Toshiki. **Hydroponics – A standard methodology for plant biological researches**. p.153-180, 2012.

FAO, 2016. Disponível em <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_arquivos.htm> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

Fernandes, P.C.; Facanali, R.;Teixeira, J. P. F.; Furlani, P. R.; Marques, M. O. M. Cultivo de manjerição em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.260-264, 2004.

Ferreira, C. F.; Silva, S. de O. e; Amorim, E. P.; Santos-Serejo, J. A. (ed) **O agronegócio da banana**. Embrapa, 2016. 832p.

Filho, J. A. S.; Silva, S. R. da; Santo, C. B. da C.; Novoletti, G. **Cultivo e produção de banana**. Piracicaba: ESALQ, 2016, 84 p.

Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.;Bolonhezi, D.; Faquin, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. (Boletim técnico, 180), 1999, 52p.

Gonçalves, D. C. ; Fernandes, C. H. dos S.; Tejo, D. P.; Vidal, T. C. M. Cultivo do Tomate Cereja sob Sistema Hidropônico: Influência do Turno de Rega. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 1, p. 20-23, 2018. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2018v22n1p20-23>.

Guimarães, M. J. M.; Lopes, I.; Oldoni, H.; Coelho Filho, M. A. Balanço hídrico para diferentes regimes pluviométricos na região de Cruz das Almas-BA. **Revista de Ciências Agrárias**. v.59, n.3, p.252-258, 2016.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2017.

<http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_arquivos.htm> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

Leal, L. Y. de C. **Relações hídricas em espinafre (*Spinacia oleracea* L.) cultivado com águas salobras sob sistema hidropônico e solo com e sem cobertura**. 2018. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018.

Martins, C. P. **Cultivo hidropônico de bananeiras (*Musa* spp.) submetidas ao estresse salino: aspectos fisiológicos e bioquímicos**. 2007. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

Moreira, R. S. **Banana: Teoria e prática de cultivo**. Campinas,: Fundação Cargil, 1999. 335 p.

Santos-Serejo, J. A. dos; Souza, A. da S.; Souza, F. V. D.; Junghans, T. G.; Lino, L. S. M.; Soares, T. L.; Souza, E. H. Micropropagação da bananeira. In: Junghans, T. G. e Souza, A. de S. **Aspectos práticos da micropropagação de plantas**. Embrapa, 2010. p. 237-255.

Sardare, M. D.; Admane, S. V. A review on plant without soil-hydroponics. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, v.2, n.3, p. 299-304, 2013.

Silva, A. C.; Rosado, S. C. da S.; Calegario, N.; Rodrigues, E. A. C.; Oliveira, A. N.;Vieira, C. T. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.609-617, 2007.

Silva, M. G.; Soares, T. M.;Oliveira, I. de S.; Santos, J. C. da S.; Pinho, J. S.; Freitas, F. T. O. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.4, p.246-258, 2015 [https:// 10.7127/rbai.v9n400319](https://10.7127/rbai.v9n400319).

Silva, T. S. M., Coelho-Filho, M. A., Coelho, E. F.. **Boletim meteorológico da estação convencional de Cruz das Almas, BA: variabilidade e tendências climáticas**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documents (INFOTECA-E), 2016.

Steiner, F.; Zoz, T.; Junior, A. S. P. Crescimento e produtividade de alface crespa cultivada em sistema hidropônico e convencional. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.4, p.42-48, 2009.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre : Artmed, 2017, 888p.

Teixeira, N. T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas propriedades**. Guaíba: **Agropecuária**, 1996. 86p.

Treftz, C; Omaye, S. T. Hydroponics: Potential for augmenting sustainable food production in non-arable regions. **Nutrition & Food Science**, v.46, n.5, p.672-684, 2016.

CAPÍTULO II

ACLI MATI ZAÇÃO HI DRO PÔNICA DE MUDAS DE BANANEIRA: INTERVALO DE RECIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

ACLIMATIZAÇÃO HIDROPÔNICA DE MUDAS DE BANANEIRA: INTERVALO DE RECIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO: Em busca de redução dos custos de produção e aumento de produtividade, a hidroponia pode ser uma alternativa interessante para a etapa de aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira. Entretanto, pode ocorrer aumento do custo de produção em função do consumo de energia elétrica. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a adoção de maiores intervalos de recirculação da solução nutritiva, bem como fazer uma comparação com estratégias de aclimatização convencional. O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Foram adotados seis intervalos de recirculação da solução nutritiva em sistema hidropônico, sendo eles 0,25 (H0,25), 0,75 (H0,75), 3,75 (H4), 5,75 (H6), 11,75 (H12) e 23,75 horas (H24), além de dois tratamentos de aclimatização em sistema convencional, controle (C) e controle com pré-aclimatização (CPA). Explantes de bananeira ‘Prata-Anã’ foram transplantados para bandejas com substrato de fibra de coco e submetidos aos seus respectivos tratamentos. Foram realizadas avaliações de altura, área foliar e massa fresca da parte aérea aos 15, 20 e 25 dias após o transplante (25 DAT). No momento em que mais de 50% das plantas atingiram o ponto de colheita (25 DAT), determinou-se, adicionalmente, a massa seca da parte aérea e sistema radicular, comprimento total e em classes de diâmetro, volume e diâmetro médio do sistema radicular. Houve efeito dos tratamentos significativo para altura, massa fresca da parte aérea, área foliar, massa seca da parte aérea e comprimento total do sistema radicular. A adoção de intervalo igual ou superior à 0,75 hora proporciona redução do crescimento. Entretanto, aos 15 e 20 DAT não houve diferença significativa entre os tratamentos, sugerindo que pode ser adotado até 24 horas pelo período de até 20 DAT com seguida adoção do intervalo de 0,25 hora por possibilitar redução do consumo de energia elétrica durante tempo de aclimatização. A adoção da aclimatização hidropônica promove maior crescimento das plantas quando comparado o tratamento com melhor resposta (H0,25) com a aclimatização convencional. Além disso, não houve diferença significativa entre os tratamentos de aclimatização convencional (C e CPA), sendo o C mais vantajoso por permitir o descarte da fase de pré-aclimatização que reflete em redução da mão-de-obra e custos de implantação da estufa.

Palavras chave: *Musa* spp., hidroponia, manejo convencional

HYDROPONIC ACCLIMATION OF BANANA SEEDLINGS: NUTRIENT SOLUTION RECIRCULATION INTERVAL

ABSTRACT: In search of reduction in production costs and increase in yield, hydroponics can be an interesting alternative for the step of acclimation of micropropagated banana seedlings. However, production costs may increase due to electricity consumption. Thus, this study aimed to evaluate the adoption of longer intervals of nutrient solution recirculation, as well as to compare strategies of conventional acclimation. The experiment was carried out in a randomized block design, with 4 replicates, adopting six intervals of nutrient solution recirculation in hydroponic system, 0.25 (H0.25), 0.75 (H0.75), 3.75 (H4), 5.75 (H6), 11.75 (H12) and 23.75 hours (H24), besides two treatments of acclimation in conventional system, control (C) and control with pre-acclimation (CPA). Explants of 'Prata-Anã' banana were transplanted to trays with coconut fiber substrate and subjected to the respective treatments. Height, leaf area and shoot fresh weight were evaluated at 15, 20 and 25 days after transplanting (25 DAT). When more than 50% of the plants reached the harvesting point (25 DAT), they were evaluated for shoot dry weight, root dry weight, and root system total length, length in diameter classes, average volume and average diameter. There were significant effects on height, shoot fresh weight, leaf area, shoot dry weight and total length of the root system. Adoption of interval equal to or longer than 0.75 h leads to reduction of growth. However, at 15 and 20 DAT there was no significant difference between treatments, suggesting that an interval of up to 24 h can be adopted until 20 DAT, followed by an interval of 0.25 h, for allowing reduction in electricity consumption during the acclimation period. Hydroponic acclimation promotes greater plant growth in the comparison between the treatment with best response (H0.25) and conventional acclimation. In addition, there was no significant difference between the conventional acclimation treatments, which ensures the elimination of the pre-acclimation phase.

Key words: *Musa* spp., hydroponics, conventional management

INTRODUÇÃO

Com base no Capítulo 1, é possível adotar o sistema de aclimatização hidropônica de mudas micropropagadas de bananeira ‘Prata-Anã’ por ser tecnicamente viável. Tal sistema proporciona aumento do crescimento das plantas, redução do custo de produção de mudas (fertilizante e água) em 25% e possibilidade de aumento no número de ciclos e de número de mudas produzidas ao ano na ordem de 65,6% em comparação à aclimatização convencional.

Em se tratando de hidroponia, o sistema NFT (fluxo laminar de nutrientes) é o mais adotado. Seu funcionamento ocorre com passagem da solução pelas raízes e posterior drenagem por gravidade. Esta passagem pode ser contínua ou intermitente, sendo que esta última possibilita redução do uso de energia elétrica, proporcionando redução dos custos de produção (FAQUIN & FURLANNI, 1999; GUL et al., 2001; PILLAU et al., 2002; SARDARE & ADEMANE, 2013).

A adoção de intervalos de recirculação mais longos tem como finalidade diminuir o tempo de funcionamento das bombas, o que reflete na redução do custo de produção. Neste sentido, quando não ocorrem prejuízos sobre o crescimento e produção das plantas, que possam ser atribuídos ao aumento do intervalo de tempo entre irrigações há possibilidade de ajustar o turno de rega de modo a economizar energia elétrica (LUZ et al., 2008). Entretanto, em algumas regiões, tal manejo pode não ser benéfico em função do déficit hídrico provocado pelas altas temperaturas que aumentam a demanda evaporativa do ar e, conseqüentemente, a evapotranspiração (ZANELLA et al., 2008).

A escolha de um intervalo de recirculação da solução nutritiva depende das condições ambientais, fisiologia e estágio fenológico da planta, além do meio de cultivo (FURLANNI, 1997; MORAES, 1997; ADRIOLLO, 1999). Em cultivos com hortaliças o intervalo comumente utilizado é de 15 minutos. Existem estudos visando ajustar esse intervalo, com registros favoráveis (FAGGAN, 2005; LUZ et al., 2008; PILLAU et al., 2008); e desfavoráveis (ZANELLA et al., 2008) sendo influenciado principalmente pelas condições meteorológicas em que foram desenvolvidos os trabalhos.

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a adoção de maiores intervalos de recirculação da solução nutritiva na aclimatização de mudas de bananeira ‘Prata-Anã’ via hidroponia e também comparar variações da aclimatização convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, variáveis climáticas e material vegetal

A pesquisa foi realizada, entre agosto e setembro de 2018, durante o inverno, em Cruz das Almas – BA (Latitude: 12°40'39''S, Longitude; 39°06'23''W, Altitude; 225m), O clima da região é caracterizado como sub-úmido seco com precipitação pluvial média anual de 1.131 mm, apresentando um moderado excesso de água no inverno e temperatura média diária de 23,9 °C (Silva et al., 2016).

O experimento foi instalado em uma estufa da Campo Biotecnologia Vegetal Ltda, nas dependências da Embrapa Mandioca e Fruticultura. A estufa era do tipo geminada com três arcos, posicionada no sentido leste-oeste. A altura do pé direito é de 3,20 m, possui dimensões de 19,20 m de largura e 25,60 m de comprimento. A estrutura de sustentação é de aço galvanizado e é recoberta por filme agrícola com espessura de 150 micra, com aditivos anti-UV e antioxidantes. Na altura do pé direito foi posicionada uma tela do tipo sombrite, que proporcionava 50% de sombreamento. O piso da casa de vegetação era de chão batido e estava coberto com brita nº2.

O experimento foi desenvolvido em parceria com a Campo Biotecnologia Vegetal LTDA. A empresa fez o acompanhamento diário do cultivo, por meio do monitoramento de um técnico responsável por manter os critérios utilizados na produção de mudas micropropagadas, visando comercialização em larga escala. As condições ambientais dentro da estufa, referentes a temperatura média e umidade relativa do ar, foram monitoradas por meio de sensores conectados a um multiplexador do tipo CR1000 (Campbell Scientific, EUA). As variáveis foram registradas com frequência de 10 minutos e convertidas em dados médios horários. A temperatura média ao longo do experimento foi de 22,8 °C e a umidade relativa de 83%. Os dados horários registrados durante o experimento são apresentados na Figura 1.

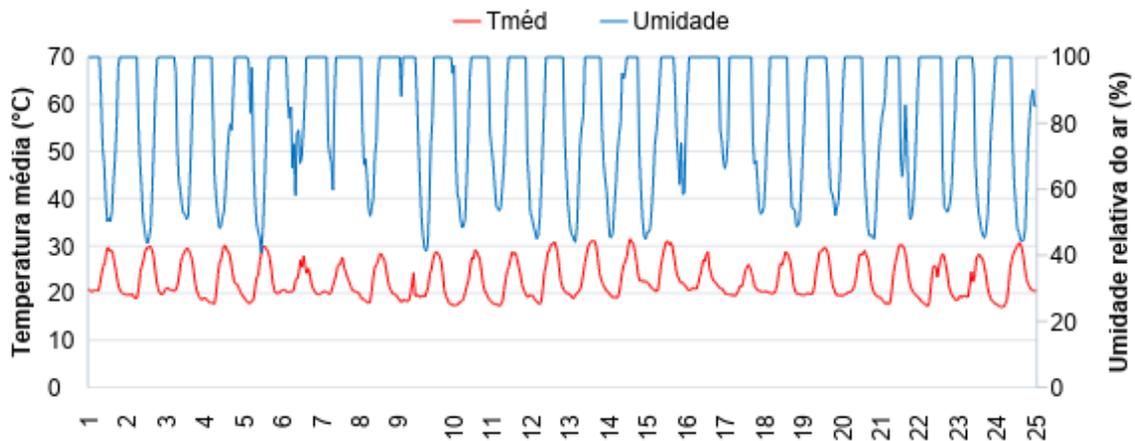


Figura 1 – Dados horários de temperatura média e umidade relativa do ar entre 0 e 25 dias após o transplântio.

A cultura estudada foi a da bananeira (*Musa sp.*) variedade ‘Prata Anã’. Os explantes foram obtidos a partir de propagação *in vitro*. Os mesmos foram lavados visando a remoção do meio de cultura e em seguida foi realizado o transplântio para bandejas com 12 células com capacidade de 0,0225 L célula⁻¹. As células foram preenchidas com material inerte à base de fibras de coco.

Descrição dos tratamentos

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e parcela útil constituída por 16 explantes. Foram adotados seis intervalos de recirculação da solução nutritiva em sistema hidropônico, sendo eles 0,25 (H0,25), 0,75 (H0,75), 3,75 (H4), 5,75 (H6), 11,75 (H12) e 23,75 horas (H24), além de dois tratamentos de aclimatização em sistema convencional, controle (C) e controle com pré-aclimatização (CPA), totalizando oito tratamentos. Foram escolhidos intervalos de tempo longos, comparado ao que geralmente é estudado nos trabalhos envolvendo esta linha de pesquisa, em função da aclimatização de mudas de bananeira ocorrer em substrato com alta capacidade de retenção de água, diferente do que é verificado em outros cultivos hidropônico em que as raízes ficam expostas.

Aclimatização convencional

Optou-se por adotar dois tratamentos convencionais. Enquanto que todo o ciclo de aclimatização do tratamento C ocorreu sob mesmas condições dos tratamentos hidropônicos, no tratamento CPA, as mudas foram submetidas a 7 dias em uma estufa fabricada com manta aluminizada termorefletora e, posteriormente, transferidas para a estufa de aclimatização. Essa variação foi estudada para verificar a necessidade de pré aclimatização das mudas em ambiente com condições ambientais mais amenas.

A nutrição das plantas foi realizada por adubação foliar, fracionada em sete aplicações. Para produção de 10.000 mudas em sistema convencional, foram aplicadas 0,0155 L de fertilizante foliar contendo: 14% de nitrogênio, 7% de fósforo, 5% de potássio, 1,5% de magnésio, 0,1% de boro, 1,5% de manganês, 0,05% de molibdênio e 2% de zinco. A esta mistura, foram adicionados 0,0520 kg de fosfato monoamônico e 0,143 kg de sulfato de amônio. As irrigações foram realizadas manualmente. O turno de rega foi variável. A quantidade de regas por dia foi determinada observando-se o aspecto visual do substrato, durante a manhã e tarde. O substrato muda de tonalidade em função da umidade, apresentando-se com tom de marrom mais claro quando seco e mais escuro quando úmido.

Aclimatização hidropônica

Nos tratamentos de sistema de cultivo hidropônico, empregou-se a técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT) e adotou-se a solução nutritiva proposta por Furlani (1999) para produção de hortaliças folhosas.

Foram utilizadas bandejas com capacidade para 20 L e fundo com dimensões de 48 x 26 cm. Estas bandejas foram colocadas sobre bancadas metálicas de altura de 1,2 m e com declividade de 2%, para que houvesse passagem da solução pelo substrato e posterior drenagem no reservatório. Além disso, utilizou-se placas de isopor para minimizar as perdas de água por evaporação.

Utilizou-se um reservatório com capacidade de 55 L acoplado a uma eletrobomba com 34 W de potência e vazão de $0,2333 \text{ L s}^{-1}$ para recalcar a solução do reservatório para as bandejas. O reservatório e as bandejas foram conectados por mangueiras de polietileno com diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegada para o sistema de recalque da solução. Utilizou-se também mangueiras com as mesmas características para realizar a drenagem, sendo inserida em um orifício no final da bandeja e conectadas à região superior dos reservatórios. A distribuição da

solução nutritiva para as bandejas foi realizada por meio de microtubos de 6 mm conectados às mangueiras de polietileno (Figura 2).



Figura 2 – Estrutura hidropônica no primeiro dia de experimento. Campo Biotecnologia Vegetal LTDA, Cruz das Almas – BA. Agosto de 2018.

O volume de solução nutritiva perdido por evapotranspiração foi completado por um sistema controlado por uma torneira boia instalada no reservatório principal e conectada a um reservatório contendo água de abastecimento local. Foi instalado um registro entre ambos os reservatórios para permitir o controle do momento da reposição da água, realizado a cada 3 dias no intervalo entre as irrigações. O reservatório com água de abastecimento consistia em um tubo de PVC com 0,15 m de diâmetro e 1 m de altura. O sistema de bombeamento operava com turno de rega fixo com intervalos de 15 minutos e 15 minutos de duração. Os quatro blocos, ou seja, quatro bandejas eram interligadas sendo, portanto, alimentadas pela mesma solução, assim como a drenagem feita para retorno ao mesmo reservatório, para os seis tratamentos em sistema hidropônico.

O funcionamento das eletrobombas foi acionado por meio de placa Arduino programada para iniciar o turno de rega às 8 horas da manhã e encerrar o funcionamento às 21h. Os intervalos de recirculação e tempo de funcionamento das eletrobombas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Horários de funcionamento do sistema hidropônico e total de horas de consumo de energia elétrica conforme tratamentos de aclimação via hidroponia propostos.

Tratamento	Horários de acionamento	Total de horas de funcionamento das eletrobombas
H0,25	8, 8:30, 9, 9:30... 19, 19:30, 20, 20:30h	6,5 h
H0,75	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20h	3,25 h
H4	8, 12, 16, 20h	1 h
H6	8, 14, 20h	0,75 h
H12	8, 20h	0,50 h
H24	8h	0,25 h

Foi realizado o monitoramento diário e controle do pH com o auxílio de um pHmetro de bolso, com compensação automática de temperatura. Sempre que verificados valores de pH inferiores a 6,0 ou superiores a 6,5 o pH foi corrigido, mediante aplicação de solução de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, respectivamente. A condutividade elétrica (CE) foi monitorada com um condutivímetro de bancada, entretanto, não houve necessidade de reposição de nutrientes, pois a CE apresentou redução de apenas 8%.

A umidade gravimétrica do substrato contido nas bandejas foi determinada para cada período de tempo entre os intervalos de irrigação. A umidade foi obtida conforme equação 1. A massa do substrato seco foi obtida após 72h em estufa de ventilação forçada a 65°C.

$$U(\%) = ((MSU-MSS)*100 / MSU) \quad (1)$$

Em que: U – umidade gravimétrica; MSU – massa do substrato úmido; MSS – massa do substrato seco

A umidade foi determinada em bandejas contendo mudas de bananeira aos 25 dias após o transplantio (Figura 3).

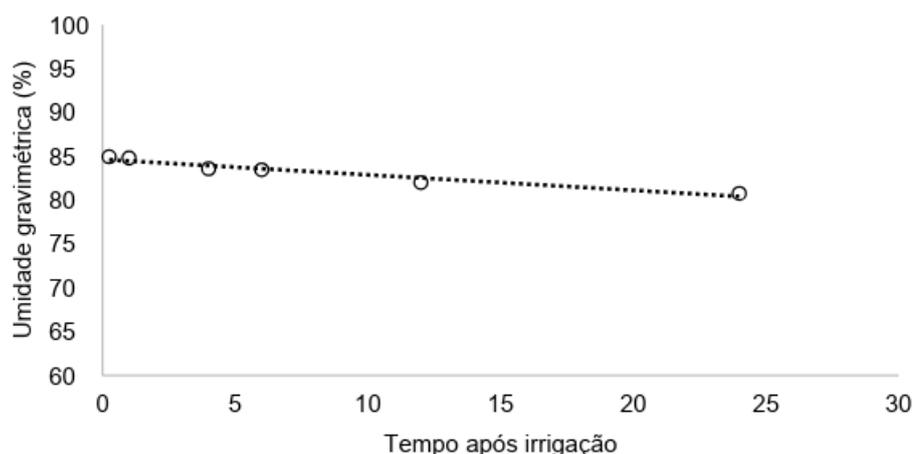


Figura 3. Variação da umidade gravimétrica do substrato com mudas aos 25 DAT.

Variáveis resposta

Foram feitas avaliações das variáveis resposta de crescimento que expressaram maior resultado no Capítulo I aos 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT), sendo elas a altura, área foliar e massa fresca da parte aérea. Considerou-se o ponto de colheita quando mais de 50% das plantas atingiram o ponto comercial, ou seja, as mudas apresentavam altura superior à 5 cm e saíam com o substrato completamente aderido pelas raízes. Neste momento, aos 25 DAT, foram adicionadas outras variáveis a serem descritas a seguir.

Para as avaliações foram coletadas duas mudas por unidade experimental. A parte aérea foi separada das raízes e pesada em balança analítica (0,0001 g), para determinação da massa fresca (g). A altura das plantas (cm) foi medida com uma régua e a área foliar (cm²) foi determinada conforme a descrição de Moreira (1999), utilizando-se o comprimento e largura das folhas e o fator de correção 0,8 (Equação 2).

$$\text{Área Foliar Total} = \sum(C \times L) \times 0,8 \quad (2)$$

Onde: C – comprimento (cm) e L – largura (cm).

A parte aérea foi seca em estufa sob ventilação forçada a 65 °C por 72 h para determinação da massa seca em balança analítica.

Foi determinada a taxa de crescimento absoluto média nos intervalos de 15 a 20 e 20 a 25 DAT, conforme Equação 3.

$$\text{TCA} = (\text{MFPAf} - \text{MFPAi}) / \text{ND} \quad (3)$$

Onde: TCA – taxa de crescimento absoluto (g dia⁻¹); MFPAf – massa fresca final da parte aérea (g); MFPAi - massa fresca inicial da parte aérea (g) e ND – Intervalo de tempos entre as avaliações (5 dias)

As raízes foram lavadas até completa remoção do substrato, acondicionadas em álcool a 30% e mantidas sob refrigeração (5 °C) para avaliações do comprimento total (cm), diâmetro médio de raízes (mm), volume (cm³) e comprimento distribuído em classes de diâmetro (cm). A análise do sistema radicular foi realizada utilizando-se um scanner (Epson Expression 11000 XL,) e um software de raiz, modelo WhinRHIZO (Regent Instruments Inc., Québec, CA). Após esta avaliação, as mesmas foram colocadas em estufa sob ventilação forçada à 65 °C por 72 h e, posteriormente, pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca do sistema radicular.

Análise estatística

Os tratamentos foram considerados qualitativos, uma vez que o acionamento das eletrobombas, ou seja, recirculação da solução nutritiva, se deu em condições micrometeorológicas distintas em função do horário do dia. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa R. As médias das variáveis foram analisadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott Knott a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Para a variável comprimento em classes de diâmetro, as médias dos tratamentos hidroponia com intervalo de 0,25 hora e a média dos dois tratamentos de controle foram comparadas pelo teste t – não-pareado ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo dos tratamentos na altura, área foliar e massa fresca da parte aérea das plantas aos 15 e 20 DAT (Figura 4). Em contrapartida, aos 25 DAT foi registrado superioridade do tratamento H0,25 em relação aos demais para as variáveis produção de massa fresca da parte aérea, altura de plantas, área foliar total, comprimento total do sistema radicular ($P < 0,05$) (Figuras 4 e 5). Para variável massa seca da parte aérea foi verificado que os tratamentos H0,25 e H0,75 foram superiores aos demais, não diferindo entre si.

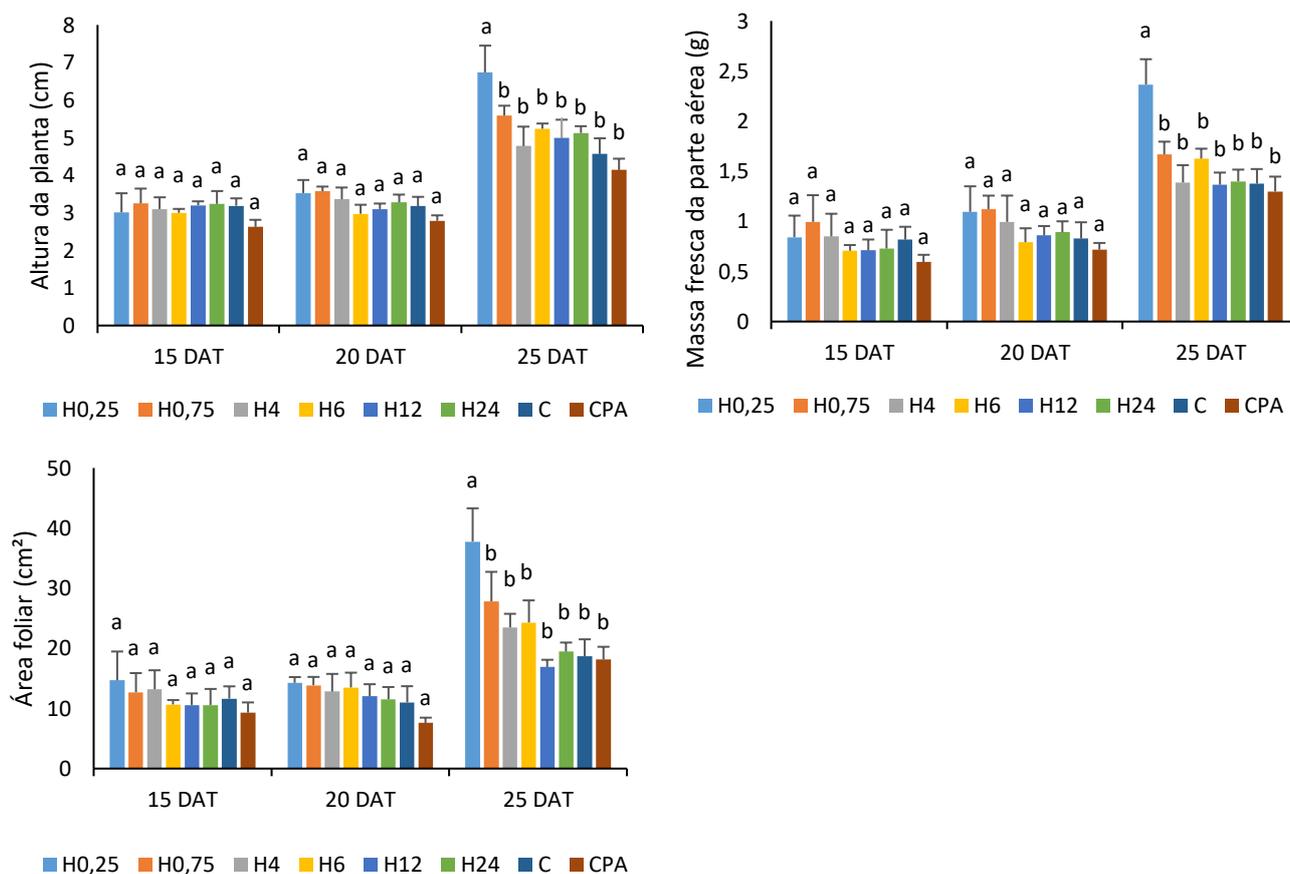


Figura 4. Efeito dos tratamentos massa fresca da parte aérea, altura da planta e área foliar de mudas de bananeira ‘Prata-Anã’ aos 15, 20 e 25 DAT. Letras distintas pertencem a diferentes grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

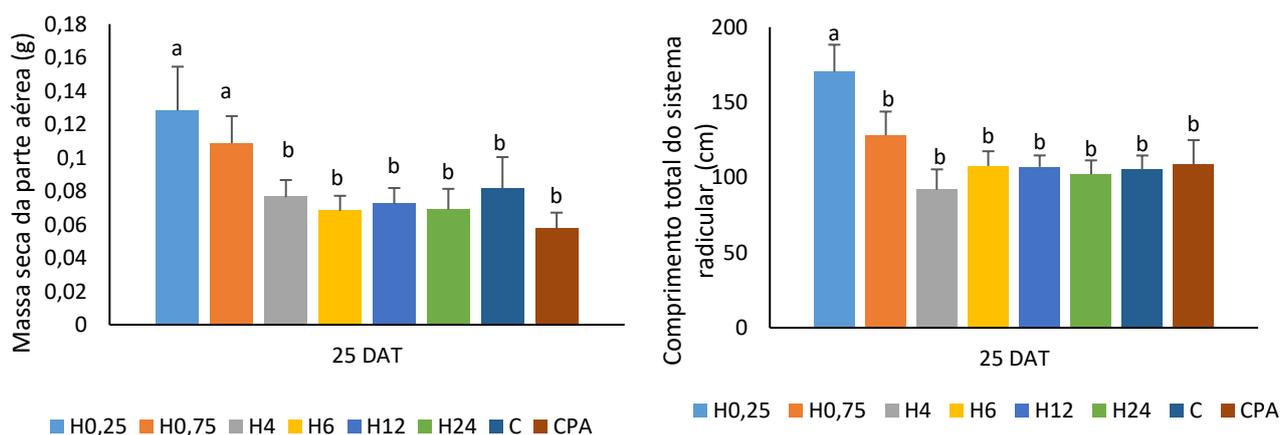


Figura 5. Massa seca da parte aérea e comprimento total do sistema radicular de mudas de bananeira aos 25 DAT. Letras distintas pertencem a diferentes grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao fazer uma comparação do tratamento H0,25 com a média dos demais, foi observado que ocorreram incrementos na ordem de 64, 37, 77 e 59% para massa fresca da parte aérea, altura, área foliar e comprimento total do sistema radicular, respectivamente. Para massa seca da parte aérea, os tratamentos H0,25 e H0,75 foram considerados iguais ($P < 0,05$), apresentando incremento na ordem de 67% com relação aos demais tratamentos. A taxa de crescimento absoluto apresentou maior média no intervalo de 20 a 25 DAT ($0,0832 \text{ g dia}^{-1}$) enquanto que entre 15 e 20 DAT foi de $0,0264 \text{ g dia}^{-1}$, aumento do crescimento na ordem de 215%.

Em plantas pouco desenvolvidas (aos 15 e 20 DAT) não foi verificado efeito dos tratamentos, provavelmente em função da menor quantidade e, conseqüentemente, respiração das raízes. O menor crescimento, registrado aos 25 DAT, com a adoção de intervalos de recirculação igual ou superior à 0,75 h pode ter ocorrido pelo rápido esgotamento do oxigênio dissolvido na solução (CHÉRIF et al., 1997). A baixa concentração de oxigênio na região radicular tem impacto na atividade e crescimento de raízes, com reflexos na absorção de íons e água. O funcionamento sub ótimo do sistema radicular proporciona redução de desempenho das plantas, seja em termos de desenvolvimento, crescimento e/ou produção (BONACHELA et al., 2005).

Como o sistema hidropônico é do tipo ciclo fechado, a mesma solução circula diversas vezes no sistema e com a maior frequência entre irrigações, há maior oxigenação. Por outro lado, esse tipo de sistema é intensivo e o cultivo de plantas é realizado em densidades de plantio

elevadas, ou seja, pode ocorrer rápido esgotamento do oxigênio dissolvido na solução nutritiva, com impacto no crescimento das plantas (MACHADO & PEREIRA, 1990).

Outra explicação razoável é apresentada por Zanella et al. (2008) que informaram que o baixo crescimento das plantas está relacionado com o déficit hídrico, que ocorre em função do incremento do tempo entre os intervalos de recirculação. Salienta-se que o impacto da baixa frequência de recirculação tende a ser maior quando as raízes estão desnudas, principalmente quando as plantas são pequenas e as raízes são tenras, a exemplo das mudas de bananeira.

Entretanto, neste experimento o transplântio das plantas foi realizado em substrato a base de fibra de coco com alta capacidade de retenção de água. Verificou-se que a umidade do substrato era alta mesmo após 24 horas de intervalo com variação de 86,69% a 82,40% respectivamente, aos 0,25 e 24 horas após a recirculação da solução nutritiva. Além disso, as plantas foram cultivadas em um ambiente, com microclima relativamente ameno, com médias diárias de temperatura e umidade relativa da ordem de 22,8 °C e 83%, respectivamente.

Na Figura 6 é apresentado o comprimento do sistema radicular em duas classes de diâmetro (0 a 2 e superior à 2 mm), sendo feita uma comparação do tratamento com maior resposta no sistema hidropônico (H0,25) e média entre os dois tratamentos da aclimatização convencional, bem como uma tendência em classes com maior distribuição.

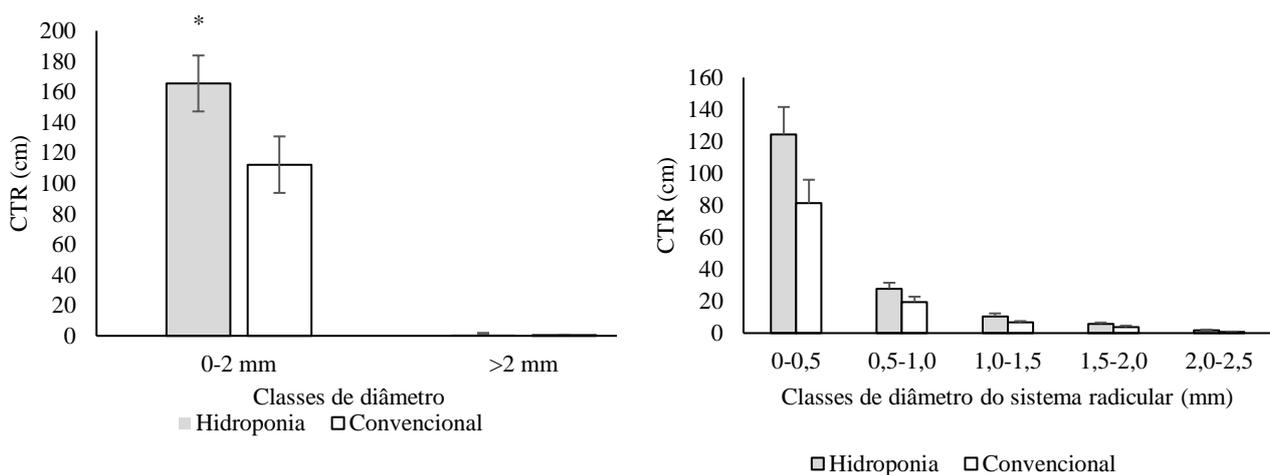


Figura 6 – Comprimento total do sistema radicular (CTR) em duas classes de diâmetro e tendência de distribuição em maior número de classes. * significativo a 5% pelo teste T não-pareado.

Interessante observar que houve efeito dos tratamentos no comprimento total do sistema radicular, mesmo não ocorrendo diferença para o volume do sistema radicular. Isso se decorreu a uma maior produção de raízes com menor diâmetro de mudas aclimatizadas no sistema

hidropônico com intervalo de recirculação da solução nutritiva a cada 15 minutos (H0,25), visto que o comprimento total corresponde ao somatório dos comprimentos em diversas classes de diâmetro.

O comprimento total do sistema radicular é importante na produção de mudas de bananeiras, pois indica o quanto o substrato está envolvido pelas raízes, sendo esse um dos critérios para comercialização. A maior produção de raízes com menor diâmetro é desejável na produção de mudas, visto que aumenta as chances de sobrevivência em campo em virtude da maior área específica de absorção proporcionada por este tipo de raiz, que reflete em maior vigor das plantas (SILVA et al., 2007).

Ao analisar as médias das variáveis estudadas, entre os dois tratamentos de aclimatização convencional, notou-se que não houve diferença estatística, indicando que não é necessária a passagem dos explantes pelo berçário nos primeiros 7 dias nas condições micrometeorológicas em que foi conduzido o experimento. Ao adotar a aclimatização direta na estufa sem manta termorefletora, diminui-se a mão-de-obra necessária para o transporte, bem como o custo inicial de montagem desta estufa.

Como a fibra de coco permite alta retenção da solução mesmo por 24 horas, faz-se necessário estudos com a utilização de uma solução com maior concentração de oxigênio dissolvido por meio da utilização de equipamentos que possibilitem a aeração artificial aliados à curtos intervalos entre a recirculação da solução nutritiva ou ainda, a utilização de substratos que possuam maior porosidade drenável.

O aumento do intervalo de tempo entre eventos de recirculação de solução nutritiva estudado neste experimento reflete em menor crescimento das plantas. Entretanto, embora o tratamento de hidroponia com intervalo de 0,25 h tenha proporcionado maior desempenho das plantas em comparação com os demais, aos 15 e 20 DAT não houve efeito dos tratamentos. Com base nisso, é possível inferir que até aos 20 DAT pode ser adotado até 24 horas como intervalo entre a recirculação, pois possibilita maior economia de energia elétrica.

Por outro lado, frisa-se que este experimento foi conduzido no inverno, quando há condição microclimática mais amena dentro da estufa. Desse modo, torna-se importante avaliar o que ocorreria numa situação de alta demanda atmosférica, como registrado no verão, em Cruz das Almas. Adiciona-se, ainda, que também é importante avaliar a concentração de sais fertilizantes na solução nutritiva que tende a proporcionar melhores resultados quando mais concentrada ou diluída, em condições microclimáticas amenas ou de maior demanda atmosférica, respectivamente (CARRIJO & MAKISHIMA, 2000). Sendo esses aspectos a serem elucidados nos próximos trabalhos.

CONCLUSÕES

A adoção de intervalo igual ou superior a uma 0,75 h proporciona menor crescimento das plantas.

Até aos 20 dias após o transplante, pode ser adotado intervalo de 24 horas entre a recirculação da solução nutritiva em sistema hidropônico, nas condições micrometeorológicas estudadas.

Nas condições meteorológicas em que o experimento foi conduzido, a passagem pela fase de pré-aclimatização em sistema convencional pode ser descartada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria, Ed. da UFSM, 1999. 142p.

BONACHELA, S. et al. Oxygen enrichment of nutrient solution of substrate-grown vegetable crops under Mediterranean greenhouse conditions: oxygen content dynamics and crop response. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 4, p. 1231 –1241, 2010.

CARRIJO, O. A., MAKISHIMA, N. **Princípios da hidroponia**. Circular técnica, Embrapa, 2000.

CARON, J. et al. Defining critical capillary rise properties for growing media in nurseries. **Soil Science Society American Journal**, v.69, n.3, p.794-806, 2005.

CHÉRIF, M., TIRILLY, Y., BÉLANGER, R. R. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipidperoxidation, and receptivity of tomato roots to Pythium F under hydroponic concitions. **European Journal of plant Pathology**, v.103, n.3, p.255-264, 1997.

FAGAN, E. B. **Regime de irrigação e densidade de frutos na produção de melão hidropônico**. 2005, 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: Instituto Agronômico. 30 p. (Boletim técnico, 168), 1997.

FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. (Boletim técnico, 180), 1999, 52p.

GÜL, A. et al. Effect of continuous and intermittent solution circulation on tomato plants grown in NFT. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 554, p. 205-212, 2001.

LUZ, G. L. et al. Consumo de energia elétrica e produção de alface hidropônica com três intervalos entre irrigações. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.815-818, 2008.

MACHADO, E. C., PEREIRA, A. R. Eficiência de conversão e coeficiente de manutenção da planta inteira, das raízes e da parte aérea em milho e arroz submetidos ao estresse de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.6, p.845-855, 1990.

MORAES, C. A. G. **Como cultivar tomates em sistema NFT (Técnica de fluxo laminar de nutrientes)**. Jundiaí,, 1997. 141 p.

MOREIRA, R. S. **Banana: Teoria e prática de cultivo**. Campinas,: Fundação Cargil, 1999. 335 p.

PILAU, F. G. et al. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.2, p.237-244, 2002.

SARDARE, M. D.; ADMANE, S. V. A review on plant without soil-hydroponics. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, v.2, n.3, p. 299-304, 2013.

SILVA, A. C. et al. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.609-617, 2007.

SILVA, M. G. et al. Frequency of recirculation of nutriente solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.447-454, 2016.

SILVA, T. S. M., COELHO-FILHO, M. A., COELHO, E. F.. **Boletim meteorológico da estação convencional de Cruz das Almas, BA: variabilidade e tendências climáticas**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos (INFOTECA-E), 2016.

ZANELA, F. et al. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**.v.32, n.2, p. 366-370, 2008.