



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

LEONARDO FERNANDES BARBOSA

**PRODUÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE BANANEIRA ‘PRATA-ANÃ’ SOB
DENSIDADES DE PLANTIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

GUANAMBI - BA

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

LEONARDO FERNANDES BARBOSA

**PRODUÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE BANANEIRA ‘PRATA-ANÁ’ SOB
DENSIDADES DE PLANTIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

Orientador: Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato

GUANAMBI - BA

2022

Catálogo: Roberta Pinheiro Ferraz - CRB-5/1596, IF Baiano,
Campus Guanambi

B238p Barbosa, Leonardo Fernandes

Produção e evapotranspiração de bananeira 'prata-anã'
sob densidades de plantio e lâminas de irrigação. / Leonardo
Fernandes Barbosa. – Guanambi, BA., 2022.
53f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal
no Semiárido) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano, Campus Guanambi.

Orientador: Sérgio Luiz Rodrigues Donato.

Coorientador: Marcelo Rocha dos Santos.

1. Banana. 2. Produtividade. 3. Manejo de irrigação.
4. Balanço hídrico. 5. Semiárido. I. Título.

CDU: 634.772



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

LEONARDO FERNANDES BARBOSA

**PRODUÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE BANANEIRA ‘PRATA-ANÃ’ SOB
DENSIDADES DE PLANTIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

APROVADA: 28 de Janeiro de 2022.

Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Orientador - IFBaiano - Guanambi, BA

Prof. Dr. Carlos Elízio Cotrim
Membro da Banca IFBaiano - Guanambi, BA

Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza
Membro da Banca IFBaiano - Guanambi, BA

Prof^a. Dr^a Maria Geralda Vilela Rodrigues
Membro da Banca Epamig Norte, MG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, autor e consumidor de minha fé; sem ti nada seria possível.

Aos meus pais Telma e Ronildo (*in memoriam*), minha irmã Itamara, minha namorada Naiane pelo companheirismo, pela dedicação e por acreditarem em mim.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, em especial ao programa de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, pelo conhecimento adquirido e material disponibilizado para realização dos trabalhos e experimentos.

Aos companheiros do Mestrado Profissional, turma 2019.1, pela parceria e respeito.

Aos professores e servidores do Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, pela dedicação, amizade e colaborações na execução das atividades acadêmicas.

Ao meu orientador professor Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato e coorientador professor Dr. Marcelo Rocha dos Santos, pelo convívio, flexibilidade e valiosas contribuições profissionais transmitidas.

Aos estudantes da graduação Diogo Magalhães, Tiago Marques e Vitório, aos técnicos de campo José Roberto (Zé) e Branco, pelo auxílio na condução dos experimentos.

À Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki e MSc. Elaine Goes Souza, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, pelo incentivo a prosseguir nos estudos.

A todos aqueles que de maneira geral contribuíram na realização desse trabalho.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	6
2.	REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1.	Origem e importância econômica da Bananeira	8
2.2.	Bananeira irrigada no Semiárido	8
2.3.	Cultivar Prata-Anã	9
2.4.	Densidades de plantio de bananeira.....	10
2.5.	Eficiência de uso da Água.....	12
2.6.	Balço de Água no solo	13
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1.	Localização e caracterização da área experimental	15
3.2.	Delineamento experimental e condução do experimento	17
3.3.	Avaliações de características vegetativas, dimensões dos frutos, produtividades de pencas e da água e pegada hídrica	18
3.4.	Umidade do Solo.....	19
3.4.1.	Sonda FDR e Calibração.....	19
3.4.2.	Balço de água no solo.....	21
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1.	Avaliações de características vegetativas, dimensões dos frutos, produtividade de pencas e da água e pegada hídrica	24
4.2.	Balço de água no solo	34
4.3.	Evapotranspiração.....	37
4.4.	Distribuição de água no solo.....	40
5.	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

RESUMO

BARBOSA, Leonardo Fernandes, Instituto Federal Baiano - Campus Guanambi, Janeiro de 2022. **Produção e Evapotranspiração de bananeira ‘Prata-Anã’ sob densidades de plantio e lâminas de irrigação.** Orientador: Sérgio Luiz Rodrigues Donato. Coorientador: Marcelo Rocha dos Santos.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a produtividade de frutos e da água e determinar a evapotranspiração, pelo método do balanço de água no solo, para a bananeira ‘Prata-Anã’, sob combinações de densidades de plantio e lâminas de irrigação. O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, localizado no Perímetro Irrigado de Ceraíma, Guanambi – BA. O experimento contou com oito tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas, num delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram dois níveis do fator lâmina de irrigação (LI), 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, ET_c, nas parcelas, e quatro níveis do fator densidade de plantio (DP), 1.666, 2.083, 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹, nas subparcelas. Foram avaliados no quarto ciclo de produção, características vegetativas; dimensões dos frutos; produtividades de pencas e da água; pegada hídrica; e teor de água no solo com uma sonda de capacitância (FDR) multisensores (PR2, Delta-T Devices), que permitiu calcular os componentes do balanço de água no solo e estimar a evapotranspiração da cultura. No florescimento, foram observados: decréscimo do perímetro do pseudocaulo; comprimento da terceira folha; e índice de área foliar com o aumento da densidade de plantio. Na colheita, ocorreram: reduções da massa das pencas; número de pencas e número de frutos. Entretanto, os dados sugerem que, nas condições testadas, com o aumento da densidade de plantio é possível: reduzir a lâmina de irrigação aplicada na bananeira ‘Prata-Anã’: aumentar a produtividade de pencas e da água; diminuir a pegada hídrica; e manter a classificação comercial dos frutos. A evapotranspiração na lâmina de 100% da ET_c variou de 7,95 a 12,19 mm dia⁻¹, com maior valor relatado ocorrendo na densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹. Na lâmina de irrigação de 50% da ET_c, a evapotranspiração da cultura oscilou entre 3,71 mm dia⁻¹, na densidade de plantio de 2.666 plantas ha⁻¹ e 6,20 mm dia⁻¹, na densidade de plantio 2.083 plantas ha⁻¹. A partir das análises, é possível indicar que, para a região semiárida, nas condições em que o experimento foi conduzido, é possível aumentar a produtividade, sem prejuízos à qualidade dos frutos, aumentando a densidade de plantio e reduzindo a lâmina de irrigação, ainda que reduzindo a evapotranspiração da cultura.

ABSTRACT

BARBOSA, Leonardo Fernandes, Instituto Federal Baiano - Campus Guanambi, January, 2022. **Yield and Evapotranspiration of 'Prata-Anã' banana under planting densities and irrigation levels.** Adviser: Sérgio Luiz Rodrigues Donato. Co-adviser: Marcelo Rocha dos Santos.

The objective of this work was to evaluate fruit and water yield and determine evapotranspiration, by the soil water balance method for 'Prata-Anã' banana under combinations of planting densities and irrigation levels. The work was developed at Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, located in the Irrigated Perimeter of Ceraíma, Guanambi - BA. The experiment had eight treatments arranged in a split-plot scheme, in a randomized block design, with four replications. There were with two levels of the irrigation factor, 50 and 100% of crop evapotranspiration, ET_c, in the plots, and four levels of the planting density factor, 166, 283, 2,666 and 3,333 plants ha⁻¹, in the subplots. In the fourth production cycle, vegetative characteristics were evaluated; fruit dimensions; yields hands and water; water footprint; and soil water content with a multisensor capacitance probe (FDR) (PR2, Delta-T Devices), which allowed the calculation of soil water balance components and estimation of crop evapotranspiration. At flowering, the following were observed: decrease in the pseudostem perimeter; length of the third sheet; and leaf area index with increasing planting density. At harvest, there were: reductions in the mass of hands, number of hands and number of fruits. However, the data suggest that, under the conditions tested, with the increase planting density it is possible to: reduce the irrigation levels applied to the 'Prata-Anã' banana plant; increase the yields of hands and water, decrease the water footprint; and maintain the commercial classification of the fruits. The evapotranspiration at the 100% ET_c levels ranged from 7.95 to 12.19 mm day⁻¹, with the highest reported value occurring at the planting density of 1,666 plants ha⁻¹. In the irrigation levels of 50% ET_c, the crop evapotranspiration oscillated between 3.71 mm day⁻¹, in the planting density of 2,666 plants ha⁻¹ and 6.20 mm day⁻¹, in the planting density of 2,083 plants ha⁻¹. From the analyses, it is possible to indicate that, for the semiarid region, under the conditions in which the experiment was conducted, it is possible to increase productivity, without harming the quality of the fruits, increasing the planting density and reducing irrigation levels, even than reducing crop evapotranspiration.

1. INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* spp.) é uma das fruteiras mais cultivadas no mundo. O Brasil é o quinto maior produtor de banana, com cerca de 6,6 milhões de toneladas produzidas em 455 mil hectares e rendimento médio 14,6 t ha⁻¹ (FAO, 2020). Segundo o IBGE (2020), a região nordeste possui a maior área plantada do país, com 176,3 mil hectares de área colhida e produção de 2,3 milhões de toneladas.

Um dos grandes obstáculos para a produção da bananeira nos últimos anos está relacionado à baixa disponibilidade hídrica de algumas regiões. No Brasil, apesar da quantidade expressiva de rios, lagos e demais recursos hídricos, o uso indevido da água, seja através do manejo inadequado da irrigação ou pelo descuido com os mananciais, tem afetado cada vez mais os produtores, dificultando a ascensão da cultura da bananeira para patamares produtivos mais elevados.

A utilização da irrigação de forma viável implica no aproveitamento racional dos recursos hídricos, o que se torna mais importante em regiões onde esses recursos são escassos, como o semiárido. Nesse contexto, o estudo da evapotranspiração da cultura em condições fisiográficas específicas é um fator determinante no manejo da irrigação, uma vez que permite identificar as necessidades hídricas das plantas, explorando o potencial máximo de produção de cada cultura, ao mesmo tempo em que proporciona o uso sustentável e econômico da água.

A bananeira se caracteriza pelo elevado consumo hídrico, uma vez que mais de 80% do seu peso é constituído por água. Dessa forma, para uma produção em que se utilize o máximo do potencial produtivo da bananeira, são necessários de 1.900 mm a 2.500 mm, distribuídos ao longo do ano. Na região semiárida, o cultivo da bananeira sem irrigação não se faz possível, uma vez que as chuvas são escassas e irregulares. Assim, o manejo da irrigação torna-se indispensável, visando maximizar a produção por unidade de água consumida, aumentando a eficiência do uso da água (FERERES; SORIANO, 2007) e diminuindo a pegada hídrica.

Apesar da insuficiência e irregularidade de distribuição das chuvas na região semiárida, a bananicultura encontrou, nesse ambiente, condições favoráveis para seu desenvolvimento. Fatores climáticos como energia disponível e temperatura, aliados ao uso da irrigação, possibilitam a obtenção de altas produtividades no cultivo.

A densidade de plantio é outro fator que influencia a produção da bananeira. A determinação do melhor espaçamento é fundamental na fruticultura, uma vez que pode

promover melhor aproveitamento do solo, radiação, mão-de-obra e insumos, além de aumento da produção por área. Alguns fatores devem ser observados antes de promover o adensamento das plantas, tais como: cultivar; fatores climáticos (radiação, vento, chuvas); incidência de patógenos; competitividade entre plantas por fatores de crescimento (água, luz e nutrientes); entre outros. Antes de realizar o adensamento de qualquer plantio, é necessário entender quais os impactos do maior número de plantas por área para o crescimento, produtividade e componentes da produção (SCARPARE FILHO; KLUGE, 2001).

Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar a produtividade de frutos e da água e determinar a evapotranspiração, pelo método do balanço de água no solo, para a bananeira ‘Prata-Anã’, sob combinações de densidades de plantio e lâminas de irrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e importância econômica da Bananeira

A palavra banana foi inicialmente conhecida nos povos das línguas serra-leonesa e liberiana, contemplada por parte da costa ocidental da África (MOREIRA, 1999). A origem da banana é bastante discutida, maior indicativo é que o centro de origem se encontre no sul e sudeste do continente Asiático. É certo que a história das cultivares de banana está intimamente ligada às populações humanas e suas relações com o desenvolvimento da agricultura, sendo essa fonte nutricional essencial no hábito alimentar dos povos antepassados até os dias atuais (DANTAS et al., 1999).

A bananicultura movimenta a economia mundial, gerando emprego para milhares de famílias, direta e indiretamente, e representa uma fonte de renda importante para pequenos e grandes produtores. No Brasil, a produção de banana pode ser encontrada em todas as regiões do país, entretanto, cinco estados concentram mais de 50% da produção nacional, são eles: São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina e Pernambuco. Em 2020 o estado da Bahia foi o segundo maior produtor com 850 mil toneladas colhidas, atrás apenas de São Paulo, com cerca de um milhão de toneladas (IBGE, 2020).

2.2. Bananeira irrigada no Semiárido

Apesar do clima seco e das chuvas irregulares em grande parte da região, no ano de 2020, o Nordeste brasileiro se destacou como segundo maior produtor de banana do País, atrás da Região Sudeste (IBGE, 2020). Entretanto, apesar da produção elevada, no semiárido nordestino ainda existem entraves para produção da bananeira, uma vez que os volumes de chuva são insuficientes para atender às necessidades hídricas da cultura, sendo necessário utilizar a irrigação para suplementar o déficit de água no solo.

Nas regiões que possuem longos períodos de estiagem, como o Semiárido brasileiro, a irrigação é obrigatória, pois proporciona melhor crescimento, desenvolvimento e produtividade da bananeira. Nos períodos mais quentes do ano na região semiárida, a bananeira é submetida à alta demanda evapotranspirométrica, fazendo com que a sua transpiração exceda sua capacidade de absorção de água pelas raízes (DONATO et. al., 2015), mesmo com a demanda hídrica sendo atendida pela irrigação.

O déficit hídrico é uma das alterações ambientais que pode afetar o rendimento e a produtividade das culturas agrícolas em muitas regiões do mundo (RICCARDI et al., 2016). Na região semiárida, os cuidados com o uso da água devem ser ainda maiores, devido a pouca disponibilidade de chuvas. Dessa forma, a precisão na irrigação torna-se preponderante para o incremento da eficiência da utilização da água (SANTOS et al., 2013; SANTOS & MARTINEZ, 2013) e redução da pegada hídrica do cultivo.

Devido às mudanças climáticas que vem ocorrendo em todo o mundo, tornam-se constantes as discussões acerca do aumento dos estresses relacionados à seca e ao calor. A limitação de água é um fenômeno universal, principalmente em regiões tipicamente mais quentes, a exemplo do semiárido, que são mais sujeitas a alterações climáticas, e que representa um grande obstáculo na produção da bananeira (RAVI et al., 2013).

2.3. Cultivar Prata-Anã

A cultivar Prata-Anã, com frutos tipo Prata, é também conhecida em algumas regiões do país como Prata Enxerto, nome que se dá pelo fato da sua semelhança na aparência visual com a cultivar ‘Nanicão’, enquanto seu cacho assemelha-se à Prata. A cultivar Prata-Anã é considerada mutante da variedade Branca oriunda de Criciúma, no estado de Santa Catarina (MOREIRA, 1999).

A cultivar Prata-Anã é do grupo genômico AAB, tem como características porte de médio a baixo, se assemelha com a cultivar Prata, principalmente quanto à forma dos frutos e ao sabor. É tolerante ao frio, dispensa o uso de escoramento, devido ao menor porte e ao grande vigor da planta. Os cachos pesam em torno de 14 a 20 kg, possuem 7,6 pencas, 100 frutos em média e ciclo vegetativo de 280 dias. Em condições semiáridas sob irrigação foram encontrados valores de massa de cacho acima de 22 kg (MARQUES et. al. 2011; SILVA et. al. 2013; CARVALHO et. al. 2020), podendo inclusive alcançar massa mais elevada.

A bananeira ‘Prata Anã’ caracteriza-se por ser uma planta rústica, por isso mesmo, possui alta capacidade de competição com plantas daninhas, além de tolerância à broca-da-bananeira e nematoides. Entretanto, essa cultivar é considerada medianamente suscetível à sigatoka-amarela e muito suscetível à sigatoka-negra, sendo também suscetível à fusariose, que tem sido limitante para a maior produtividade da cultura em diversas regiões do país (LICHTEMBERG; ZAFARI, 2003; MOREIRA; LICHTEMBERG, 2006).

No Brasil, há uma predominância na produção de bananeira tipo Prata, dentre as quais, as cultivares Prata-Anã e Pacovan dominam o mercado e evidenciam a tradição do seu cultivo e sua boa aceitação comercial (DONATO et al., 2009). A preferência por frutos dessa variedade pode ser explicada, em parte, por apresentar o sabor típico de 'Prata', ao qual o consumidor já está habituado, sendo alta a frequência de seu consumo, especialmente no nordeste do Brasil e, também, por seu sabor adocicado (MATSUURA et al. 2004; DAMATTO JUNIOR et al., 2005).

2.4. Densidades de plantio de bananeira

A determinação da densidade de plantio da bananeira tem grande importância na produtividade dos vários ciclos de desenvolvimento da planta. Alguns fatores devem ser considerados na hora da escolha do espaçamento ideal para bananeira, como porte da variedade, fertilidade do solo, sistema de desbaste, destino da produção e topografia do terreno (DONATO et al. 2015).

Diversos autores estudaram o uso de diferentes densidades de plantio para cultivares de bananeira. Ulloa Cortazar et al. (2017) observaram que a densidade de plantio no cultivo de plátanos na região equatorial, entre 2.150 e 2.500 plantas ha⁻¹, em um único ciclo de cultivo, melhora o rendimento na colheita, com aumento na produção anual (entre 62,4% e 87,3%, respectivamente). Belalcázar & Espinosa (2000) observaram um incremento de 23,1 t ha⁻¹ para 51,9 t ha⁻¹ na produtividade, na utilização de 5.000 plantas ha⁻¹ (espaçamento 2 x 1 m) de 'Plátano', quando comparada à obtida com 1.666 plantas ha⁻¹ (espaçamento 3 x 2 m). Belalcázar (2003) relatou, na cultura da bananeira, aumento do rendimento de 270% e 345%, com densidades entre 3.000 e 5.000 plantas ha⁻¹, respectivamente, comparado com plantações convencionais com 1.000 plantas ha⁻¹.

Pereira et al. (1999), em estudo de diferentes densidades populacionais com a cultivar Prata Anã, no primeiro ciclo, observaram que não houve diferença no número de folhas emitidas, altura das plantas e circunferência do pseudocaule. Entretanto, para as análises de produtividade, foi observado que maiores densidades acarretaram maiores produtividades.

Apesar dos mais variados estudos sobre a densidade de plantio da bananeira, a partir do final da década de 90, com a entrada da Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis*) no Amazonas (GASPAROTTO et al., 2001), foi necessária a introdução de novas cultivares resistentes ou tolerantes a essa doença, que apresentam diferentes comportamentos em relação

ao manejo da densidade de plantas, gerando nova atenção à disposição das plantas, com estande mais adensados, intensificando o uso da área, diminuindo a necessidade de desmatamento e aumentando a produtividade (PEREIRA et al., 2006).

Na região semiárida, o aumento na densidade de plantio tem sido empregado como estratégia de proteção contra o vento e o excesso de radiação, para diminuir a emergência de ervas daninhas e o uso de herbicidas, melhorar a refrigeração do bananal, reduzir a evaporação de água do solo e aumentar a produtividade da água, pois pode elevar a produtividade para as mesmas condições evapotranspirométricas (DONATO et al., 2015).

O maior sombreamento em plantios adensados, ou consorciados, pode diminuir a incidência de “Sigatoka”, e auxilia no controle de plantas daninhas, que por consequência, reduz o uso de defensivos agrícolas (CAVALCANTE et al., 2014). Esses autores constataram que plantas da cv. D`Angola (AAB), cultivadas no espaçamento 3,0 x 3,0 m, sombreadas com seringueira, apresentaram menor severidade de “Sigatoka-negra”, pela redução ou não formação de orvalho e redução na incidência de luz.

Apesar do adensamento de plantio representar uma estratégia interessante para o aumento da produtividade da bananeira, é importante que as características químicas e físicas dos frutos não sejam alteradas. Magalhães et. al. (2020) em estudo sobre densidade de plantio, combinados com diferentes lâminas de irrigação de bananeiras ‘Prata-Anã’, cultivadas nas densidades 1.666; 2.083; 2.666; e 3.333 plantas ha⁻¹, no primeiro e segundo ciclo de produção, observaram que o aumento da densidade de plantio reduziu o peso do cacho, peso das pencas, número de pencas, número de frutos e peso médio dos frutos, porém foi notado um aumento da produtividade, sem comprometer as características comerciais do fruto. Souza et. al. (2021) citam que densidades de plantio variando entre 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹ resultam numa maior densidade e comprimento de raízes, que variam entre 5 e 10 mm de diâmetro.

Contudo, altas densidades podem aumentar o tempo para florescer e colher. Alguns autores demonstram que o acréscimo no número de plantas por hectare causam efeitos negativos na produção por planta e porcentagem de plantas colhidas, o que influencia os fatores de crescimento e o rendimento total (ATHANI et. al., 2009; KESAVAN et. al., 2002). Portanto, deve-se estimar o melhor modelo de densidade de plantio, levando-se em conta as características de cada cultivar, a relação entre o tipo de solo e os fatores climatológicos da região, o manejo que será empregado à cultura, o destino de produção e a longevidade pretendida.

2.5. Eficiência de uso da Água

A bananeira é uma planta que necessita constantemente de água para sua manutenção, crescimento e desenvolvimento. Dessa forma, a aplicação de água para a planta é considerada fator abiótico primordial na produção da bananeira, por essa cultura ser bastante sensível ao déficit hídrico (TURNER; FORTESCUE; THOMAS, 2007). Para melhor estimar o manejo da água no solo, é necessário considerar que a faixa ideal de umidade do solo para bananeiras varia de 70% a 100% da água disponível na capacidade de campo. Com a manutenção constante da lâmina de irrigação, aliada à disponibilidade de matéria orgânica devolvida pela ciclagem da própria planta, através dos seus restos culturais, há um desenvolvimento positivo nas características físicas, químicas e biológicas do solo (DONATO et al., 2015).

Ao longo dos tempos houve evolução dos mecanismos de adaptação das plantas ao estresse hídrico. A bananeira, quando submetida ao déficit de água estimula a síntese de alguns hormônios, como ácido abscísico, que deslocados para parte aérea da planta, causam fechamento estomático, o que, por sua vez, impede a perda excessiva de água pelas folhas (MAHOUACHI; LÓPEZ; CLIMENT; GÓMEZ-CADENAS, 2014). Apesar desse mecanismo auxiliar na sobrevivência e adaptação ao estresse hídrico, interfere também na assimilação do CO₂, o que, conseqüentemente, vai prejudicar o crescimento e a produtividade da planta (MAHOUACHI, 2009). O aumento da temperatura acima do ótimo influencia nos mecanismos fotossintéticos e assimilação líquida de CO₂ da bananeira, uma vez que a cultura possui mecanismo próprio das plantas C3, resultando na diminuição da eficiência do uso da água por decréscimo na fotossíntese e aumento na transpiração, como mecanismo de defesa ao estresse por calor (ROBINSON; GÁLAN SAUCO, 2010).

Genótipos mais eficientes no uso da água apresentam melhoria das funções fisiológicas; ajuste osmótico, regulação estomática, relação fotossíntese/transpiração e manutenção da estabilidade da membrana plasmática e das enzimas antioxidantes ativas. Isso implica em maior relação raiz/parte aérea, conteúdo de clorofila, eficiência fotossintética, acúmulo de matéria seca (ZHANG et. al., 2011).

As variedades de banana respondem de formas distintas à aplicação da água. Assim como existem cultivares mais ou menos tolerantes ao déficit hídrico, há também aquelas que têm menor ou maior resposta à aplicação de água. No geral, o suprimento de água e nutrientes para as variedades de bananeira é imprescindível, principalmente entre 120-150 dias após o

plantio, quando ocorre a maior elevação das taxas de crescimento do pseudocaule e da emissão foliar. A deficiência hídrica nessa fase pode afetar o ritmo de emissão foliar e a época da iniciação floral (COELHO et. al., 2015).

Para aumentar a eficiência no uso da água, práticas podem ser adotadas para ampliar o rendimento das plantas, bem como para reduzir a evapotranspiração das culturas (ETc). A eficiência no uso da água pode ser aumentada reduzindo-se a lâmina da irrigação, o que pode economizar água e aumentar os lucros, sem diminuir o rendimento (MELO et al. 2010; TEIXEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

A ETc pode ser diminuída, reduzindo-se tanto a evaporação de superfícies molhadas (solo e planta) quanto a transpiração (SANTOS et. al., 2019). Segundo Shapland (2015), para que possa ser mantido um nível de produtividade aceitável na bananeira, cultivo extremamente sensível ao déficit hídrico, recomenda-se que o estresse não seja superior ao da faixa compreendida entre 50 e 65% da taxa de evapotranspiração.

No cenário da irrigação atual, é de suma importância o aumento da eficiência do uso da água sem afetar a produtividade, visando diminuir o desperdício de água dos atuais padrões de produção da agricultura irrigada. Isso é viável, com mudanças na aplicação de água para as culturas, na eficiência dos sistemas de irrigação, no manejo da irrigação das culturas e na adoção de espécies ou cultivares mais eficientes (DONATO et. al., 2015).

A utilização de cultivares que permitam manter o nível de produção, com tolerância ao estresse hídrico, é uma estratégia interessante, visando maximizar a eficiência no uso da água. As cultivares tetraploides de bananeira têm apresentado características de maior tolerância ao estresse hídrico quando comparadas com suas genitoras. Coelho et al. (2006), em estudo realizado com a variedade 'BRS Tropical' (AAAB) utilizando irrigação por microaspersão e gotejamento, com aplicação de frações da água de reposição calculadas em 90%; 70%; 50%; 30% e 10% da ETc, para uma condição de precipitação de 981,3 mm e déficit de 336 mm, não foi suficiente para influenciar na produtividade, ou seja, os tratamentos 90%, 50% e 10% comportaram-se de forma similar, indicando baixa sensibilidade da cultivar a variações de umidade do solo.

2.6. Balanço de Água no solo

O dimensionamento da quantidade de água a ser disponibilizada para as plantas por meio da irrigação é um fator amplamente discutido no meio agrícola, tendo em vista que o

manejo da irrigação adequado contribui sobremaneira para a eficiência no uso da água. Métodos que permitem a identificação da dinâmica de água no solo são fundamentais para o aperfeiçoamento de práticas agrícolas que visam aprimorar a produção (RAMOS et al., 2013).

O balanço de água no solo pode ser expresso através dos componentes de entrada e de saída de água de um determinado volume. O saldo positivo ou negativo de água é descrito como a variação de armazenamento de água no perfil do solo (Δh). As entradas de água são provenientes da irrigação (I) e/ou da precipitação pluviométrica (P), enquanto as saídas de água do sistema ocorrem por meio da drenagem profunda (DP) e evapotranspiração (ET). Contudo, a depender das condições do solo, ao invés de sair, pode entrar água no sistema por meio da ascensão capilar (AC), enquanto o escoamento superficial (R) pode ser negativo ou positivo a depender da profundidade do lençol freático. Sendo assim, a representação matemática que integra o balanço de água no solo pode ser descrita com a equação $P + I - DP + AC - ET \pm R \pm \Delta h = 0$ (LIBARDI, 1995).

O método do balanço de água no solo se fundamenta na contabilização diária da variação no armazenamento de água no solo, que é influenciada pelas entradas de água por meio da precipitação efetiva ou irrigação e das saídas de água pela evapotranspiração, pela percolação profunda e pelo escoamento superficial, ainda que as duas últimas possam ser desconsideradas para casos de solos planos em que a velocidade de infiltração é concordante com a intensidade de aplicação de água pela irrigação (COELHO; SANTOS; DONATO et al., 2021).

A avaliação do comportamento da água no solo durante um longo período contribui de forma significativa na compreensão da variabilidade temporal das condições climáticas que participam dos processos de balanço de água no solo e nos recursos fisiológicos das plantas. O entendimento da forma de utilização da água pelas plantas e de que forma respondem aos níveis de armazenamento através do balanço de água no solo, constitui-se como uma alternativa bastante viável para o manejo da irrigação proporcionando o melhor uso possível da água pelas culturas (CINTRA et al., 2000).

O balanço de água no solo está diretamente relacionado ao monitoramento das entradas e saídas de água no solo em um determinado intervalo de tempo e seu estudo é de grande relevância para entender a dinâmica da absorção de água pelo sistema radicular das plantas. As variações entre os processos de entrada e saída de água no solo, que interferem na armazenagem de água em um determinado espaço de solo, podem ser nomeadas como componentes do balanço hídrico (REICHARDT; TIM, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, localizado no Perímetro Irrigado de Ceraíma, Guanambi, região Sudoeste da Bahia, a cerca de 15 km da sede do município, com Latitude de 14° 17'39,94 S, Longitude de 42° 41'41,12 W e Altitude de 546 m (Figura 1). O solo da área, na classificação original, é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2018), que corresponde a Oxisols (SOIL SURVEY STAFF, 2014). Contudo, por ocasião da implantação da cultura, apresentava fertilidade elevada, construída por ações antrópicas.



Fonte: Google Earth (2021)

Figura 1. Localização da área experimental, Perímetro Irrigado de Ceraíma, município de Guanambi, BA.

A região encontra-se no domínio morfoclimático da Caatinga, com clima semiárido quente e seco, apresenta estação seca bem definida no inverno e o período chuvoso ocorre, geralmente, entre os meses de outubro e março. A precipitação média anual é de 672,3 mm (média dos últimos 40 anos) e a temperatura média anual é de 26 °C (média dos últimos 34

anos). Os dados meteorológicos diários registrados durante o período experimental, compreendido entre abril de 2019 e fevereiro de 2020, constam na Figura 2, sendo precipitação e umidade relativa (Figura 2A), temperatura média e velocidade do vento (Figura 2B) e evapotranspiração de referência (Figura 2C).

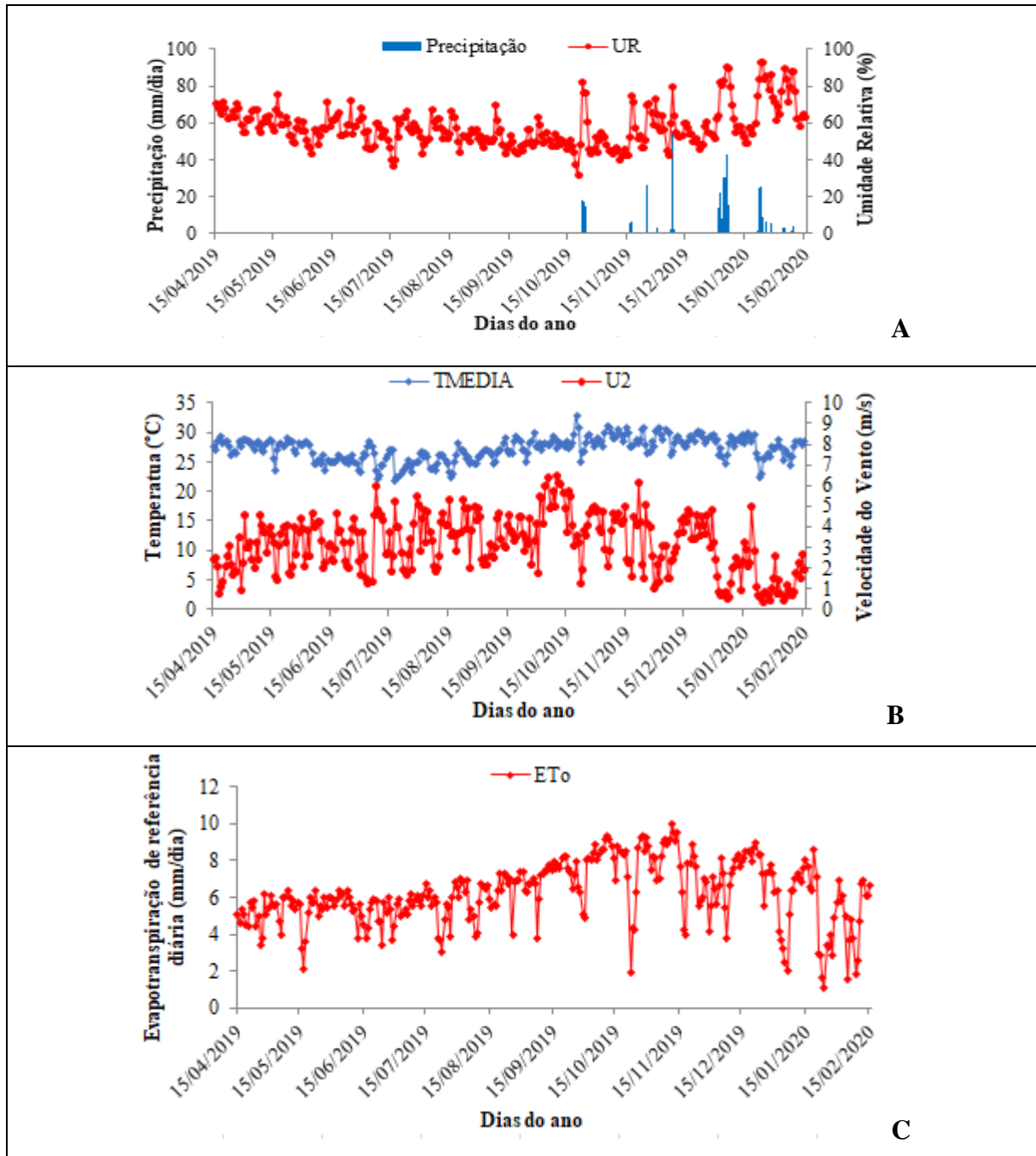


Figura 2. Dados meteorológicos diários registrados durante o período experimental, entre abril de 2019 e fevereiro de 2020. Guanambi, BA.

Nota: A - Precipitação e umidade relativa média; B - Temperatura média e velocidade do vento; C - Evapotranspiração de referência.

Fonte: dados coletados na estação meteorológica automática instalada na área experimental do Instituto Federal Baiano.

3.2. Delineamento experimental e condução do experimento

O experimento contou com oito tratamentos, dispostos em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram dois níveis do fator lâmina de irrigação (LI), 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, ET_c, nas parcelas, e quatro níveis do fator densidade de plantio (DP), 1.666, 2.083, 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹, nas subparcelas (Figura 3A). Essas DP foram obtidas respectivamente com uso dos espaçamentos 3,0 x 2,0 m, 3,0 x 1,6 m, 3,0 x 1,25 m e 3,0 x 1,0 m.

As avaliações foram realizadas no quarto ciclo de produção da cultura e as lâminas de irrigação, correspondentes a 50 e 100% da ET_c, utilizadas nas parcelas experimentais, foram aplicadas desde o primeiro ciclo de produção. As subparcelas experimentais foram constituídas por dezesseis plantas, sendo as quatro centrais úteis, com bordadura completa (Figura 3A).

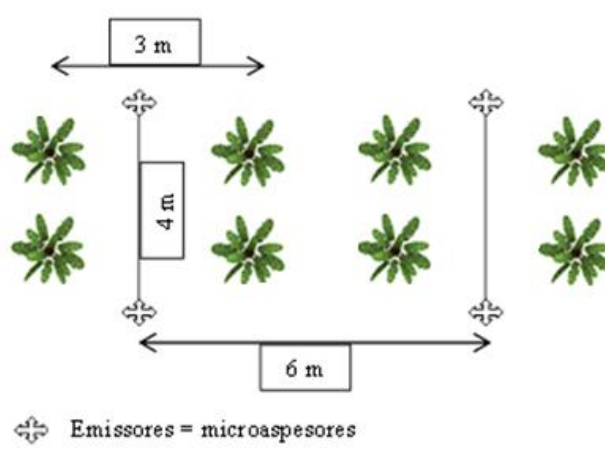
O sistema de irrigação utilizado foi microaspersão, com emissores com vazão de 120 L h⁻¹, intensidade de aplicação de 5,0 mm h⁻¹, espaçamento de 4,0 metros entre emissores e 6,0 m entre linhas laterais (Figura 3B). O manejo da irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida considerando a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente de cultura (K_c). A ET_o foi determinada indiretamente pelo método de Penman-Monteith, com base em dados climáticos de uma estação meteorológica automática Vantage Pro Integrated Sensor (Davis Instruments, Hayward, CA, EUA), do Instituto Federal Baiano *Campus* Guanambi, instalada à 100 m da área experimental.

Os valores do K_c utilizados no cálculo da evapotranspiração da cultura durante o manejo da irrigação seguiram a Equação 1, descrita por Borges et al. (2011). Como as avaliações foram realizadas no quarto ciclo, o valor de K_c utilizado (1,4) correspondente ao valor máximo estimado pela equação a partir do florescimento do primeiro ciclo. O valor do coeficiente de localização (K_l), que em irrigação localizada é calculado em função da área sombreada pela planta ou área molhada pelo emissor, prevalecendo o maior valor, foi no presente caso, considerado igual a um, pois o sistema de irrigação foi dimensionado para molhar em área total, com sobreposição da área molhada pelos microaspersores, de modo semelhante à irrigação por aspersão.

Equação 1:

$$K_c = 0,704 - 6,443 \times 10^{-3} \text{ DAP} + 6,437 \times 10^{-5} \text{ DAP}^2 - 1,174 \times 10^{-7} \text{ DAP}^3; R^2 = 0,978 \quad (1)$$

B1	B2	B3	B4	LEGENDA	A
L1DP1	L2DP1	L2DP4	L2DP1	Lâmina de Irrigação:	
L1DP2	L2DP4	L2DP3	L2DP4	L1 – 100% da ET _c	
L1DP3	L2DP2	L2DP1	L2DP3	L2 – 50% da ET _c	
L1DP4	L2DP3	L2DP2	L2DP2	Densidade de plantio:	
L2DP3	L1DP4	L1DP2	L1DP1	DP1 – 3,0 x 2,0 m – 1.666 pl/ha	
L2DP4	L1DP1	L1DP1	L1DP4	DP2 – 3,0 x 1,6 m – 2.083 pl/ha	
L2DP1	L1DP3	L1DP4	L1DP3	DP3 – 3,0 x 1,25 m – 2.666 pl/ha	
L2DP2	L1DP2	L1DP3	L1DP2	DP4 – 3,0 x 1,0 m – 3.333 pl/ha	



Emissores = microaspersores

Figura 3. Croqui da área experimental.

Nota: A - Delineamento experimental, blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas;

B - Esquema da parcela experimental e disposição dos emissores de irrigação; 3 m; espaçamento entre fileiras de plantas; 4 m; espaçamento entre emissores na linha lateral de irrigação; 6 m, espaçamento entre linhas laterais de irrigação.

Fonte: Próprio Autor.

3.3. Avaliações de características vegetativas, dimensões dos frutos, produtividades de pencas e da água e pegada hídrica

Nas avaliações no período de florescimento, foram mensuradas as características vegetativas: altura da planta; perímetro do pseudocaule ao nível do solo; número de folhas vivas; comprimento e largura da terceira folha; área foliar total (AFT); e índice de área foliar (IAF). O número de folhas vivas, AFT e IAF também foram determinados na época da

colheita dos cachos. A AFT foi estimada conforme Oliveira et al. (2013) para a planta mãe da unidade produtiva: $AFT = 0,5789 \times C \times L \times NF$; o IAF determinado pela razão entre AFT e a área ocupada pela planta no solo, em que, C e L representam o comprimento e largura da terceira folha, respectivamente; NF é o número de folhas vivas; e 0,5787 é o fator de correção.

Na época da colheita, foram avaliadas as características produtivas: número de frutos e de pencas por cacho; massa média; diâmetro, comprimento externo e interno do fruto; massa das pencas; e produtividade de pencas. Foram estimadas, também, a produtividade da água (eficiência do uso da água), com base nas produtividades de pencas e nas lâminas aplicadas ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) e a pegada hídrica (L kg^{-1}).

Os dados das características avaliadas foram submetidos às análises de normalidade, homoscedasticidade e, como apresentaram distribuição normal, à análise de variância. No caso de interações significativas, foram ajustados modelos de regressão para as densidades de plantio dentro das lâminas de irrigação. Na ausência de interações, foram estudados os efeitos dos fatores principais, com análise de regressão para as densidades de plantio e comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de significância, para as lâminas de irrigação. Para escolha dos modelos, considerou-se: a significância dos coeficientes beta, pelo teste t; a magnitude do coeficiente de determinação; a significância do quadrado médio da regressão; e a adequação ao fenômeno biológico estudado.

3.4. Umidade do Solo

3.4.1. Sonda FDR e Calibração

Para determinar a umidade do solo em toda a área experimental, foi utilizada uma sonda de capacitância (FDR) multisensores (PR2, Delta-T Devices). Os dispositivos eletrônicos dessa sonda são formados por um tubo de policarbonato, com aproximadamente 2,5 cm de diâmetro externo e pouco mais de um metro de comprimento, configurado para medir a umidade do solo nas profundidades de 0,10, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m, 0,60 e 1,00 m. Nos pontos correspondentes a essas profundidades encontram-se instalados os sensores eletrônicos, visualizados na forma de pares de anéis de aço inoxidável (Delta-T Devices Ltd, 2004). Quando acionada é gerado um sinal de frequência através dos anéis, que se estende ao redor dos sensores, por um raio de 0,01 m através do solo, o que permite estimar o conteúdo

de água no solo pelo valor da constante dielétrica do meio poroso com base na amplitude da onda de retorno (Figura 4).

A leitura dos dados das sondas é feita com equipamento portátil próprio, com visor eletrônico, denominado HH2, que mostra e grava os resultados das medições em volts (V) e em teor de umidade em base volumétrica ($m^3.m^{-3}$) (Figura 4).



Figura 4. Imagem ilustrativa da Sonda FDR multisensores (PR2, Delta-T Devices).

Fonte: Delta-T Devices

Para a indicação do teor de água no solo por meio da sonda FDR, foi necessário realizar a calibração para o tipo específico de solo. A calibração da sonda FDR (PR2, Delta-T Devices) foi realizada utilizando as leituras de saídas do sensor obtidas em volts (V) e convertidas em umidade volumétrica (θ_v) a partir de equações disponibilizadas pelo fabricante. Os dados fornecidos pela sonda foram correlacionados com o teor de água no solo, determinado a partir de amostras deformadas, utilizando-se o método de gravimetria, desde a saturação até valores próximos ao ponto de murcha (SILVA JUNIOR et al., 2013). A relação entre a umidade volumétrica (θ_v) da sonda FDR e o teor de água no solo (θ) permitiu a elaboração de um modelo de regressão para cada camada. Os cálculos obtidos por meio dessa correlação estão descritos nas Equações 2, 3, 4, 5 e 6 para as camadas 0 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,30 m; 0,30 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m de profundidade, respectivamente.

$$\theta = 0,0008 \theta_v - 0,1299 \quad R^2 = 0,7582 \quad (2)$$

$$\theta = 0,0018 \theta_v - 0,4226 \quad R^2 = 0,8217 \quad (3)$$

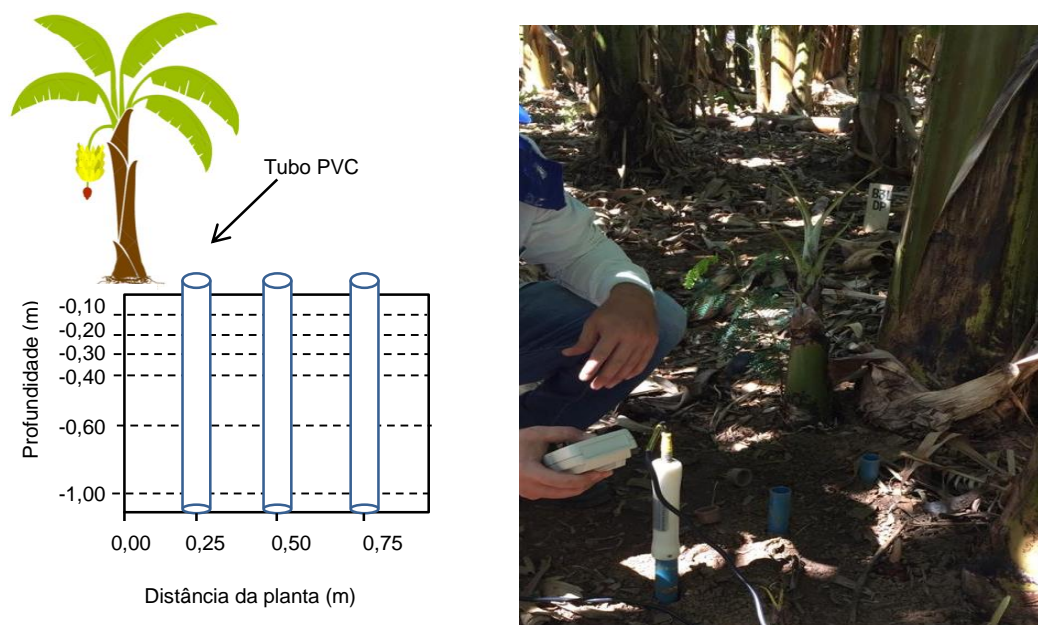
$$\theta = 0,0029 \theta_v - 0,6995 \quad R^2 = 0,7403 \quad (4)$$

$$\theta = 0,0042 \theta_v - 1,0613 \quad R^2 = 0,7681 \quad (5)$$

$$\theta = 0,001 \theta_v - 0,254 \quad R^2 = 0,7486 \quad (6)$$

3.4.2. Balanço de água no solo

Em cada subparcela da área experimental, foi escolhida uma entre as quatro plantas centrais, em seguida foram introduzidos três tubos de PVC (\varnothing 32 mm) no solo até a profundidade de um metro, espaçados 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m do pseudocaule de cada planta selecionada (Figura 5).



Fonte: Próprio Autor.

Figura 5. Esquema de montagem dos tubos de PVC para inserção da sonda FDR.

A umidade do solo em cada subparcela foi determinada inserindo-se a Sonda FDR multisensores (PR2, Delta-T Devices) dentro dos tubos de PVC, no qual foi possível obter as leituras nos intervalos de profundidade 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m, 0,60 m e 1,00 m. Entretanto, foram considerados apenas os dados coletados até a camada de 0,60 m, uma vez que essa profundidade compreende a zona com maior densidade de raízes e elevada extração de água, ideal para instalação de sensores (DONATO et al., 2015). Com o intuito de analisar o balanço de água no solo, a coleta de dados ocorreu sempre no momento imediatamente antes da irrigação e uma hora após a irrigação, no período de três semanas, entre os dias 12 a 14/11,

27 a 29/11 e 03 a 05/12 do ano de 2019. A partir dos dados de umidade do solo, foi possível estimar a evapotranspiração da cultura por meio do cálculo dos componentes do balanço de água do solo.

O armazenamento de água no solo (h_L) foi determinado utilizando o método do trapézio nos diferentes pontos horizontais do solo, ou seja a 0,25 m, 0,50 m e 0,75 m do pseudocaulo da bananeira, de acordo com a equação 7 (LIBARDI, 1995):

$$h_L = \int_0^L \theta(Z) dZ = [0,5 \times \theta(Z_0) + \sum_{i=1}^{n-1} \theta(Z_i) + 0,5 \times \theta(Z_n)] \times \Delta Z \quad (7)$$

em que:

h_L – armazenamento de água no solo, cm;

θ – umidade média na camada de solo considerado, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

ΔZ - Espessura da camada de solo, cm;

A sonda possui módulos de captação de dados que variam em intervalos de 0,10 m até a camada de 0,40 m de profundidade e, entre a camada de 0,40 e 0,60 m, o intervalo varia em 0,20 m. Assim, para determinação do armazenamento de água em toda a camada do solo, foi utilizada a soma dos dados obtidos pelo método do trapézio nas camadas 0,0 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m.

A variação de armazenamento de água em cada dia foi obtida pela equação 8:

$$\Delta h = h_t - h_{t-1} \quad (8)$$

em que:

Δh - Variação de armazenamento de água no solo, mm;

h_t – armazenamento de água no solo no instante t, mm;

h_{t-1} - armazenamento de água no solo no instante t-1, mm.

A drenagem profunda (DP) foi obtida pela somatória dos valores de dp em cada distância r do pseudocaulo, utilizando os dados obtidos na profundidade 0,6 m, imediatamente

abaixo da profundidade efetiva do sistema radicular (Sant’Ana et al., 2012), sendo dp a integração do fluxo de água (q), no tempo de 24 horas, desde o momento imediatamente antes da irrigação ($j+1$) até um tempo antes da próxima irrigação ($j+2$), utilizando-se para isso a

Equação 9:

$$DP = \int_{j+1}^{j+2} q dt \quad (9)$$

em que:

$$q = \frac{\theta - \theta'}{t} \times \frac{V}{A} \quad (10)$$

em que:

q - fluxo de água representado pela sonda FDR, cm h^{-1} ;

θ - umidade no volume de solo (V) num instante t (horas), $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

θ' - umidade no volume de solo (V) num instante $t+1$ (horas), $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

V - o volume da seção onde a sonda está inserida no solo (20x25x10cm);

A - a área da seção onde a sonda está inserida no solo (20x25cm);

t - intervalo de tempo (24h).

Dentre os componentes do balanço hídrico avaliados, a ascensão capilar (AC) foi desprezada, uma vez que o lençol freático do solo em estudo é profundo; e o escoamento superficial (R) também não foi considerado, pois o experimento foi realizado em terreno com declividade praticamente nula. No período de análise, não houve precipitação pluviométrica, portanto, toda água que entrou no solo foi proveniente da irrigação (I). Sendo assim, o balanço hídrico no solo na zona radicular da bananeira ‘Prata-Anã’ foi representado pela Equação 11:

$$ETc = I - (DP + \Delta h) \quad (11)$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura, mm;

I - lâmina de água aplicada na irrigação, mm;

DP - drenagem profunda, mm;

Δh - variação de Armazenamento de água no solo, mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliações de características vegetativas, dimensões dos frutos, produtividade de pencas e da água e pegada hídrica

Nas avaliações realizadas no florescimento das plantas, foi observado que o perímetro do pseudocaule ao nível do solo e o comprimento da terceira folha variaram com a densidade de plantio. As variáveis IAF e área foliar total foram influenciadas tanto pela densidade de plantio quanto pelas lâminas de irrigação, enquanto a altura da planta variou com as lâminas de irrigação (Tabela 1). Não foram observadas interações entre os fatores LI e DP para nenhuma das características avaliadas no florescimento da bananeira 'Prata-Anã', no quarto ciclo de produção.

Tabela 1. Análise de variância com os respectivos quadrados médios e coeficientes de variação das características vegetativas, avaliadas na época do florescimento da bananeira 'Prata-Anã', cultivada em diferentes densidades de plantio (1.666, 2.083, 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹) e lâminas de irrigação (100 e 50% ETc).

FV	GL	PPNS	AFT	IAF	CTF	APF
		QM	QM	QM	QM	QM
LI	1	48,98 _{ns}	54,68*	4,60*	561,96 _{ns}	1495,22*
Bloco	3	14,78 _{ns}	15,68 _{ns}	0,98 _{ns}	787,97 _{ns}	23,60 _{ns}
Erro A	3	8,47	5,02	0,26	267,08	107,41
DP	3	304,28**	76,50**	8,38**	893,92*	64,74 _{ns}
LI*DP	3	15,15 _{ns}	13,88 _{ns}	2,15 _{ns}	653,13 _{ns}	140,45 _{ns}
Erro B	18	29,02	7,47	0,52	276,91	108,89
Total	31					
CV1(%)		2,55	11,25	10,85	6,86	3,01
CV2(%)		4,73	13,72	15,43	6,98	3,03

Nota: FV - fontes de variação; GL - grau de liberdade; LI - lâmina de irrigação; DP - densidade de plantio; PPNS - perímetro do pseudocaule ao nível do solo; AFT - área foliar total; IAF - índice de área foliar; CTF - comprimento da terceira folha; APF - altura da planta; CV - Coeficiente de variação; ns - não significativo, *significativo a 5%, **significativo a 1% pelo teste F.

Fonte: Próprio Autor.

Para as variáveis perímetro do pseudocaule ao nível do solo e comprimento da terceira folha no florescimento foram ajustados modelos de regressão linear em função das densidades de plantio. Com o modelo ajustado, estima-se redução no perímetro do pseudocaule ao nível do solo de 119,90 cm, com 1.666 plantas ha⁻¹, para 107,10 cm, na densidade de 3.333 plantas ha⁻¹, representando diminuição de 10,67 % entre a menor e a maior densidade de plantio

estudada (Figura 6A). De forma semelhante, o comprimento da folha no florescimento diminuiu à medida que se aumentaram as densidades de plantio, passando de 248,77 cm para 225,98 cm, entre as densidades de 1.666 plantas ha⁻¹ e 3.333 plantas ha⁻¹, respectivamente (Figura 6B), o que ilustra um decréscimo de 9,16% estimado pelo modelo.

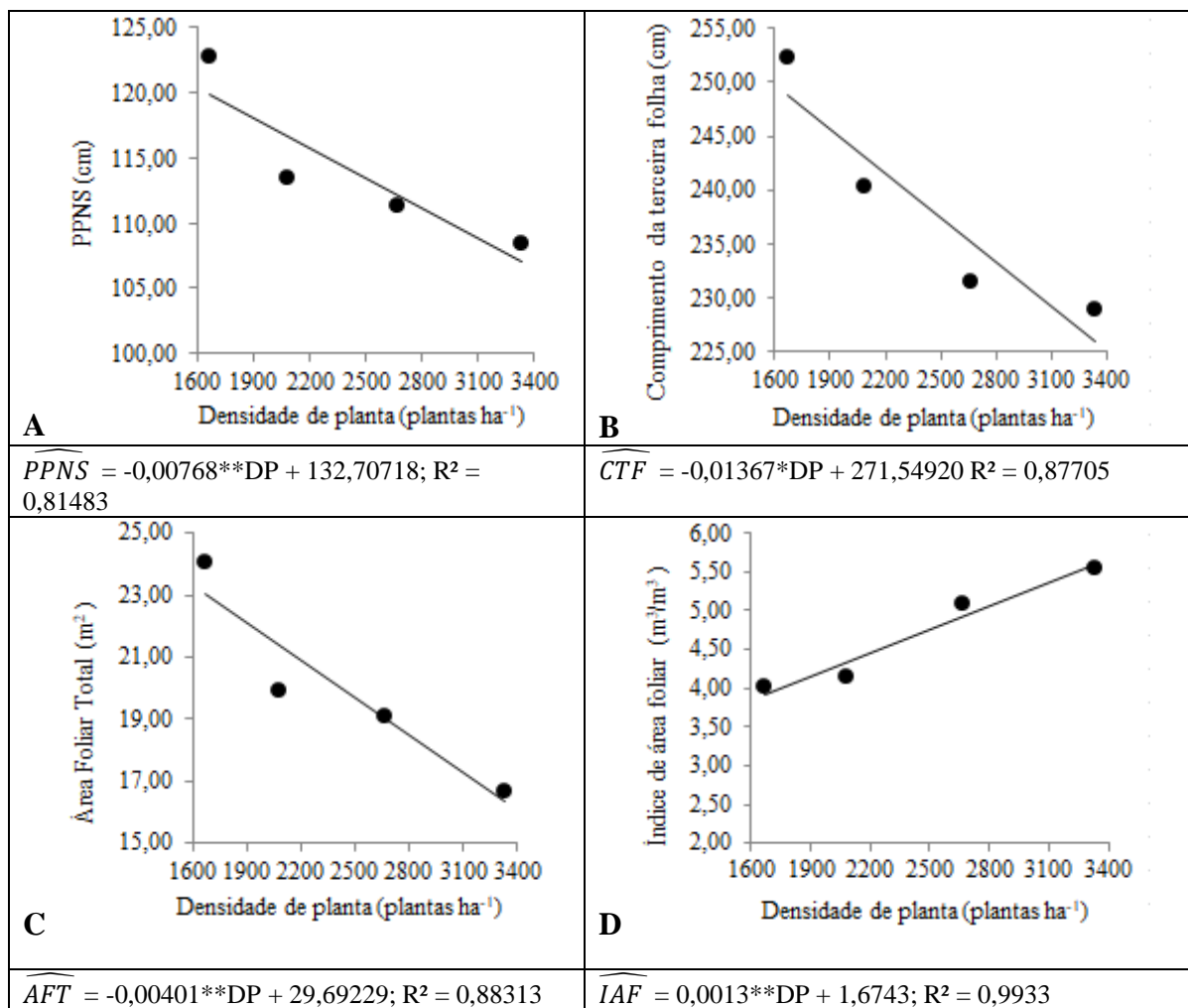


Figura 6. Características vegetativas avaliadas na época do florescimento da bananeira ‘Prata-Anã’, no quarto ciclo de produção, cultivada em diferentes densidades de plantio (1.666; 2.083; 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹).

Nota: A - PPNS: Perímetro do Pseudocaule ao nível do solo; B - Comprimento da terceira folha; C - Área foliar total; D - Índice de área foliar em função da densidade de plantio; ns - não significativo, **significativo a 1%, * a 5% pelo teste t; R² = coeficiente de determinação.

Fonte: Próprio Autor.

O índice de área foliar e a área foliar total foram influenciados tanto pela densidade de plantio quanto pela lâmina de irrigação. A área foliar total apresentou comportamento linear, com decréscimo de 29,04% estimado pelo modelo, variando de 23,01 m² para 16,32 m², com

o aumento da densidade de plantio de 1.666 a 3.333 plantas ha^{-1} (Figura 6C). Foi notado incremento linear no índice de área foliar com o aumento da densidade de plantio, passando de $3,84 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, na densidade 1.666 plantas ha^{-1} , para $6,00 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, na densidade 3.333 plantas ha^{-1} (Figura 6D), o que corresponde a 56,40% de incremento. Quanto à lâmina de irrigação, quando reduzida de 100% ETc para 50% ETc , houve aumento de 14,9 % para o IAF e de 12,3% na área foliar total (Tabela 2). O índice de área foliar, para a cultura da bananeira, quando atinge $4,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, cerca de 90% do solo está sombreado com sol a pino. O aumento do IAF acima desse valor traz poucos benefícios para o plantio, ou até mesmo prejuízos diretos e indiretos quando resultantes do adensamento excessivo (TURNER et al., 2007).

O aumento do índice de área foliar proporciona a formação de um microclima específico no interior do dossel, que difere das condições ambientais do entorno. Essas mudanças do ambiente interno promovem maior extinção da radiação ao longo do dossel, maior umidade, menor albedo, menor velocidade do vento, menor temperatura da planta e da folha, ou seja, condicionam a planta a um maior desacoplamento do ambiente interno quando comparado ao externo (MATOS, 2020).

O fator de desacoplamento (Ω) representa o controle da evapotranspiração pela vegetação ou total dependência da radiação, respectivamente. Esse parâmetro varia entre 0 e 1, em que valores mais próximos de zero indicam que as condições ambientais dentro do dossel são semelhantes as que ocorrem na área externa, e mais próximos de um demonstram que o que se passa na atmosfera externa não condiz com as condições da área interna do dossel (MCNAUGHTON; JARVIS, 1983). No bananal, o aumento da densidade de plantio promove aumento do fator de desacoplamento, que reflete nos processos de evapotranspiração da planta, uma vez que quanto maior o fator de desacoplamento menor é a transpiração foliar.

Segundo Silva et al. (2012), a magnitude do desacoplamento está relacionado a disponibilidade de água, em regiões que há baixa reposição hídrica há uma tendência de redução do desacoplamento, devido principalmente ao controle estomático das plantas que inibem a troca de vapor d'água. Culturas agrícolas irrigadas de porte elevado, a exemplo da bananeira, reduzem a interação do ar com a superfície vegetal, devido o fechamento do dossel, essa característica permite a cultura mudar o padrão de transpiração, de modo que torna-se possível reduzir a quantidade de água disponibilizada sem afetar os processos de crescimento e desenvolvimento da cultura.

Dentre as características observadas nesse trabalho, a altura das plantas, a AFT e o IAF, no período do florescimento, e a massa média dos frutos, na colheita, foram influenciados pela lâmina de irrigação. Nas análises do IAF e do AFT, foi observado que houve um aumento em ambas as variáveis com a redução da lâmina de irrigação (Tabela 2).

Tabela 2. Médias das características vegetativas avaliadas na floração e colheita do quarto ciclo de produção de bananeiras ‘Prata-Anã’ cultivadas em diferentes lâminas de irrigação (100 e 50% ETc).

Lâminas de Irrigação	IAF	AFT	APF	MMF
100% ETc	4,32B	18,61B	351,33A	137,52A
50% ETc	5,08A	21,22A	337,66B	120,72B
Unidades – média	(cm)	(m ² m ⁻²)	(cm)	(g)
Média	4,7	19,91	344,50	129,12
CV (%)	20,61	22,42	3,48	17,04

Nota: AFT - área foliar total no florescimento; IAF - índice de área foliar no florescimento; APF – altura da planta no florescimento; MMF – massa média do fruto; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Fonte: Próprio autor.

As plantas submetidas a 100% ETc foram as que apresentaram a maior altura no florescimento, com 351,33 cm, enquanto que, ao se reduzir a lâmina de irrigação para 50% ETc, o valor foi de 337,66 cm, representando diminuição de 3,89% com a redução da lâmina. A massa média do fruto da bananeira ‘Prata-Anã’ diferiu com as lâminas de irrigação, com maiores valores, 137,52 gramas, para a lâmina com 100% ETc, enquanto a lâmina de 50% ETc resultou em 120,78 gramas (Tabela 2), ou seja, uma redução de 12,17% quando diminuída a lâmina de irrigação pela metade.

As avaliações no período de colheita demonstraram que as nove variáveis analisadas diferiram estaticamente em pelo menos um dos fatores avaliados ($p \leq 0,05$), e que apenas a produtividade da água das pencas e a pegada hídrica das pencas tiveram interações entre lâminas de irrigação e densidades de plantio (Tabela 3). A AFT e o IAF na colheita, o número de pencas, o número de frutos, a massa das pencas e a produtividade de pencas foram influenciados de forma independente pela densidade de plantio (Tabela 3). A massa média do fruto variou apenas entre as lâminas de irrigação (Tabela 2).

Tabela 3. Análise de variância com os respectivos quadrados médios e coeficientes de variação das características vegetativas e produtivas, avaliadas na época da colheita da bananeira ‘Prata-Anã’, cultivada em diferentes densidades de plantio (1.666, 2.083, 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹) e lâminas de irrigação (100 e 50% ETc).

FV	GL	AFTC	IAFC	MMF	NPE	NFR	MP	PROD	PROD H ₂ O	PHI
		QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM
LI	1	5,52 _{ns}	0,52 _{ns}	2241,15*	3,31 _{ns}	0,12 _{ns}	4,28 _{ns}	16,65 _{ns}	1343**	1068086**
Bloco	3	4,85 _{ns}	0,30 _{ns}	412,16 _{ns}	0,27 _{ns}	360,76 _{ns}	0,94 _{ns}	7,69 _{ns}	0,64 _{ns}	2117 _{ns}
Erro A	3	5,44	0,39	127,70	0,50	389,12	1,80	16,61	2,36	2686
DP	3	45,49*	1,36**	750,99 _{ns}	5,84**	1484,46**	13,72*	786,51**	177**	126517**
LI*DP	3	2,91 _{ns}	0,18 _{ns}	173,68 _{ns}	0,65 _{ns}	152,80 _{ns}	0,99 _{ns}	3,28 _{ns}	82**	7409*
Erro B	18	2,11	0,14	465,27	0,30	288,82	4,33	29,13	4,58	6410
Total	31									
CV1(%)		17,52	19,91	8,75	6,70	11,15	7,33	9,29	7,56	9,02
CV2(%)		10,92	12,29	16,70	5,14	9,61	11,38	12,30	10,54	13,93

Nota: FV - fontes de variação; GL - grau de liberdade; LI - lâmina de irrigação; DP - densidade de plantio; IAFC - índice de área foliar na colheita; AFTC - área foliar total na colheita; MMF - massa média do fruto; NPE - número de pencas; NFR - número de frutos; MP - massa das pencas; PROD - Produtividade; PROD H₂O - produtividade da água das pencas; PHI - pegada hídrica das pencas; CV - Coeficiente de variação; ns - não significativo, *significativo a 5%, **significativo a 1% pelo teste F.

Fonte: Próprio Autor.

A densidade de plantio influenciou o IAF na colheita, com ajuste de modelo linear crescente, evidenciando incremento estimado pelo modelo de 2,68 m² m⁻², na densidade de 1.666 plantas ha⁻¹, para 3,61 m² m⁻², em 3.333 plantas ha⁻¹ (Figura 7B), o que representa aumento de 26% para essa variável. A área foliar total, de forma semelhante à avaliação no florescimento, se comportou de modo inverso ao IAF na colheita. Dessa forma, foi identificada redução linear no AFT com o aumento das densidades de plantio, sendo estimado em 15,74 m², no plantio com 1.666 plantas ha⁻¹, e 10,51 m², com 3.333 plantas ha⁻¹ (Figura 7A). Isso é justificável, pois o IAF aumenta com a diminuição da área disponível para as plantas com incremento da densidade de plantio, enquanto a AFT tende a diminuir.

Foi observado nos dados que o IAF e AFT reduziram no período entre o florescimento e a colheita. O índice de área foliar para a densidade de 1.666 plantas ha⁻¹, por exemplo, foi de 3,84 m² no florescimento, enquanto que na colheita, para mesma densidade de plantio, foi obtido o valor de 2,68 m², o que representa diminuição de 30,2%. Quando analisada essa variação para 3.333 plantas ha⁻¹, a diferença entre os IAFs foi de 39,8%. A redução do IAF e AFT entre os dois períodos avaliados era esperado, uma vez que a partir do florescimento não são emitidas folhas novas, e algumas das folhas presentes na planta entram em estado de senescência após o florescimento, por conta do efeito do dreno dos frutos, além de redução da

área foliar por incidência de pragas (ROBINSON; GALÁN SAÚCO; DONATO et al., 2015) e por ventos.

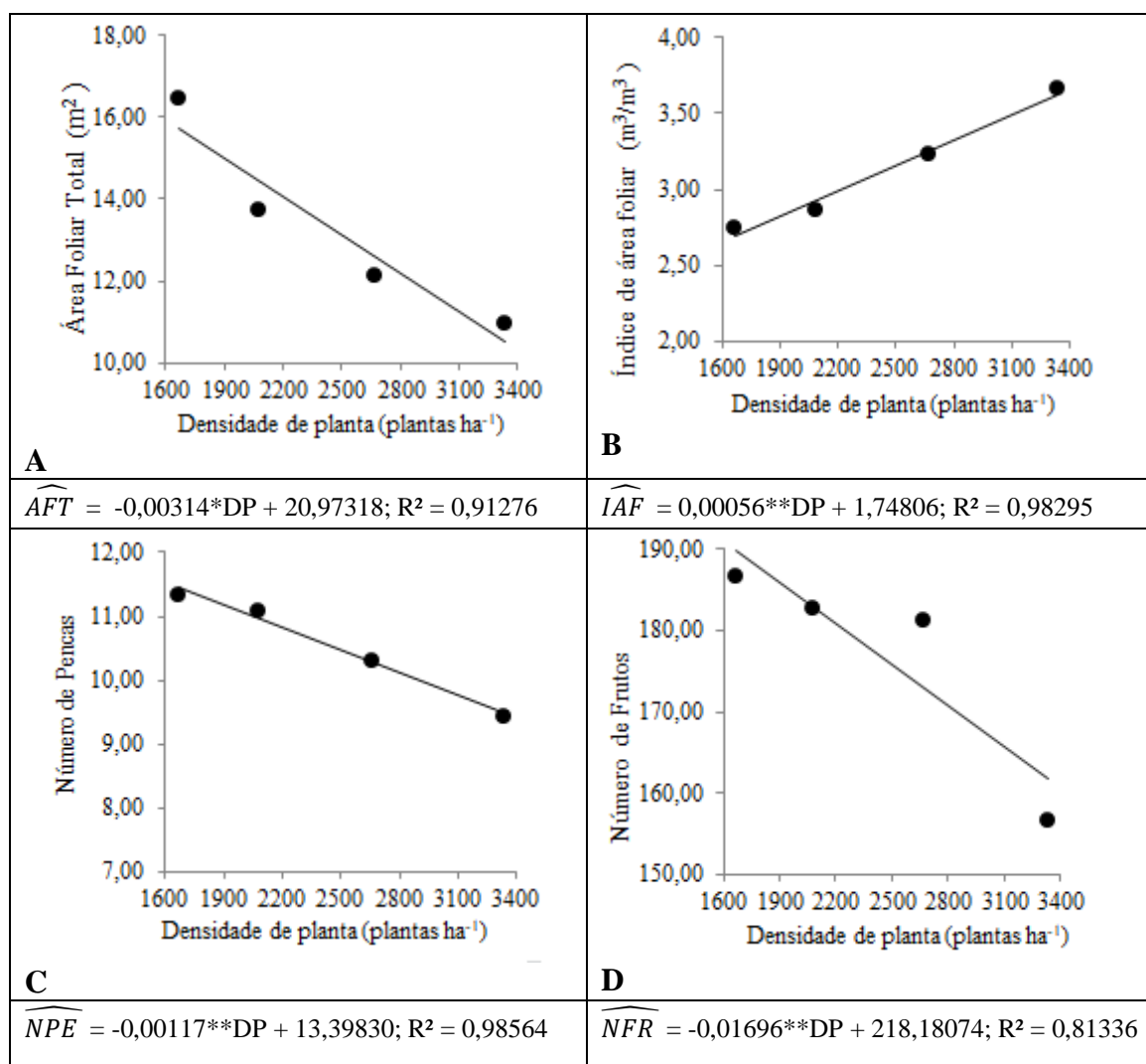


Figura 7. Características vegetativas e produtivas avaliadas na época da colheita da bananeira ‘Prata-Anã’, quarto ciclo de produção, cultivada em diferentes densidades de plantio (1.666; 2.083; 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹).

Nota: A- Área foliar total; B - Índice de área foliar; C - número de pencas; D - número de frutos em função de densidade de plantio; ns - não significativo, **significativo a 1%, * a 5% pelo teste t; R² = coeficiente de determinação.

Fonte: Próprio Autor.

Nas avaliações da colheita da bananeira ‘Prata-Anã’, no quarto ciclo de produção, verifica-se decréscimo do número de pencas e de frutos por penca, com aumento da densidade de plantio. Entre as densidades 1.666 plantas ha⁻¹ e 3.333 plantas ha⁻¹ houve redução no número de pencas de 11,45 para 9,5, estimada pelo modelo (Figura 7C).

Para o número de frutos por cacho foi ajustado um modelo linear. Nas densidades de 1.666, 2.083, 2.666 plantas ha⁻¹ foram encontradas 189,92, 182,85 e 172,96 frutos por cacho,

respectivamente (Figura 7D). Esses resultados mostraram que houve pequena redução na quantidade de frutos entre três das quatro densidades de plantio estudadas, entretanto na densidade de plantio de 3.333 plantas ha⁻¹ o número de frutos foi 161,65, 14,9% menor quando comparada a densidade de 1.666 plantas ha⁻¹ (Figura 7D). Santos et al. (2019) relataram diminuição de 7,77% no número de frutos quando elevada a densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹ para 3.333 plantas ha⁻¹ com a cultivar BRS Platina (AAAB).

O aumento da população de plantas induziu redução linear na massa das pencas, com variação de 19,68 kg na densidade de 1.666 plantas ha⁻¹ para 16,68 kg com 3.333 plantas ha⁻¹, equivalente a um decréscimo de 15,24% (Figura 8A). Magalhães et al. (2020) em estudo com os mesmos espaçamentos e local, para o primeiro ciclo de produção da bananeira ‘Prata-Anã’, também observou decréscimo na massa das pencas, com variação de 18,92 kg na densidade de 1.666 plantas ha⁻¹ para 15,79 kg com 3.333 plantas ha⁻¹.

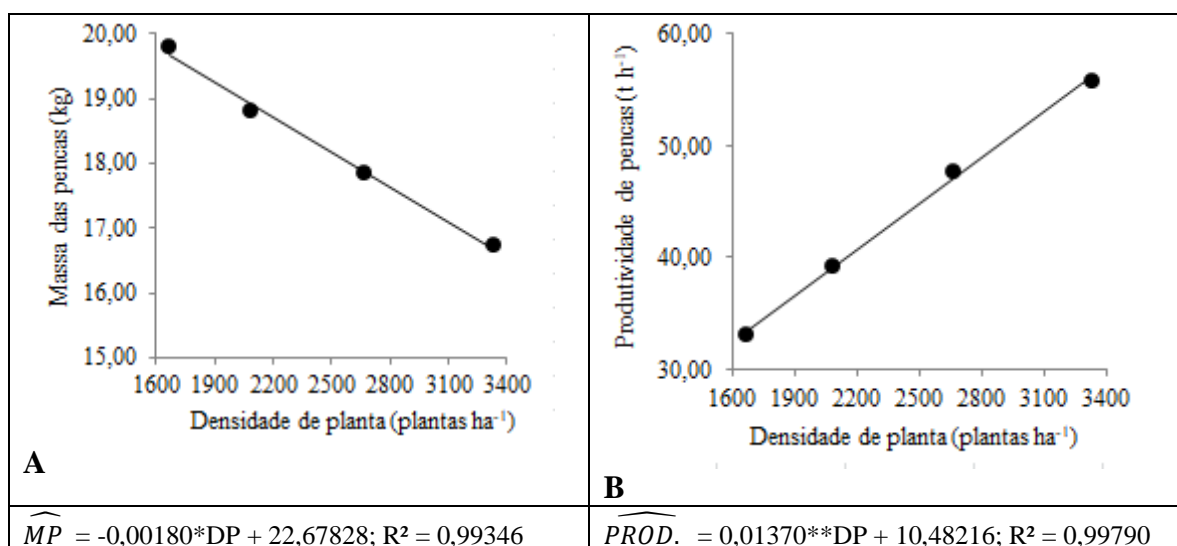


Figura 8. Características produtivas avaliadas na época da colheita da bananeira ‘Prata-Anã’, no quarto ciclo de produção, cultivada em diferentes densidades de plantio (1.666; 2.083; 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹).

Nota: A - Massa das pencas; B - Produtividade de pencas; em função de densidade de plantio; ns - não significativo, **significativo a 1%, * a 5% pelo teste t; R² = coeficiente de determinação.

A produtividade de pencas aumentou linearmente com a densidade de plantio. Houve incremento de 40,7% na produtividade, da densidade de 1.666 plantas ha⁻¹ para a de 3.333 plantas ha⁻¹, com 33,31 t ha⁻¹ e 56,14 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 8B). Com o aumento da densidade de plantio, é esperado o aumento da produtividade, uma vez que mais plantas por área proporcionam maior número de cachos e frutos produzidos. Entretanto, é importante

analisar se a elevação da produtividade não vai ocasionar em piora nas características comerciais do fruto, como massa, comprimento e diâmetro, além do número de frutos e pencas por cacho (BELALCÁZAR-CARVAJAL, 1991).

A produtividade da água das pencas cresceu de forma linear, nas lâminas de 100 e 50% da ETc, com o aumento da densidade de plantio (Figura 9). Os maiores valores para essa variável foram alcançados na lâmina de irrigação de 50% da ETc, na maior densidade de plantio (3.333 plantas ha⁻¹). Isso sugere a possibilidade de obtenção de altos rendimentos enquanto usa água de forma mais eficiente. Os resultados encontrados nesse trabalho estão de acordo com os obtidos por Pamponet (2013), que utilizou quatro lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% ETc) e Magalhães et al. (2020), com três lâminas de irrigação (50, 75 e 100% ETc).

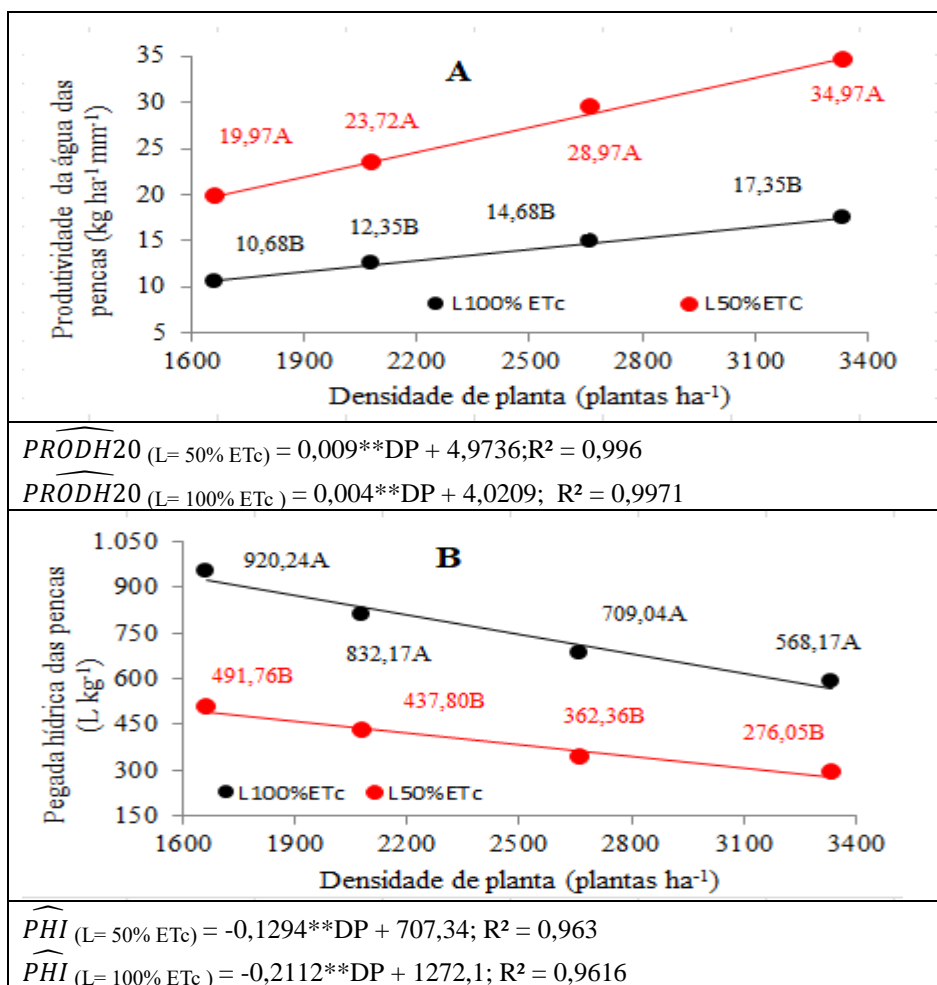


Figura 9. Produtividade da água das pencas (A) e Pegada hídrica das pencas (B) avaliadas na época da colheita da bananeira ‘Prata-Anã’, no quarto ciclo de produção, cultivada em diferentes densidades de plantio (1.666; 2.083; 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹) e lâminas de irrigação (100 e 50% ETc).

Fonte: Próprio Autor

A pegada hídrica foi maior na lâmina de irrigação de 100% ETc quando comparada a lâmina de 50% ETc, e decresceu linearmente com o aumento da densidade de plantio em ambos os casos. Houve redução de 38,26% da pegada hídrica entre a menor e a maior densidade de plantio para a lâmina de 100% ETc, enquanto na lâmina de 50% ETc, essa redução foi de 43,86% (Figura 9A). Foi observado que, para lâmina de 100% ETc, na densidade de plantio 1.666 plantas ha⁻¹, segundo o modelo ajustado, foram necessários, em média, 920,24 litros de água para produzir um kg de banana, enquanto na lâmina de 50% ETc, densidade de 3.333 plantas ha⁻¹, para essa mesma condição, foram utilizados, em média, 276,05 litros (Figura 9B). Essa alta amplitude nos resultados encontrados permite observar o impacto das práticas de manejo da irrigação e densidade de plantio nos processos produtivos da cultura da bananeira. A avaliação desse indicador permite gerar e validar diferentes estratégias que possibilitem desenvolver sistemas mais eficientes e sustentáveis.

As dimensões dos frutos, comprimento interno e externo, e diâmetro do fruto, medidas que determinam a classificação comercial, não foram influenciadas pelos fatores estudados (Tabela 4). O comprimento externo do fruto (CEF) da cultivar Prata-Anã foi 15,75 ± 1,01 cm, enquanto o comprimento interno (CIF) foi 12,00 ± 1,06 cm, independentemente dos fatores estudados. Esse valor de comprimento externo do fruto da bananeira ‘Prata-Anã’ está em acordo com outros autores que encontraram valores variando entre 15 e 17 cm (MARQUES et. al, 2011; CASTRICINI, et. al, 2018; DONATO et. al, 2020).

TABELA 4. Análise de variância com os respectivos quadrados médios, médias e desvio-padrão das dimensões do fruto avaliadas na época da colheita da cultivar Prata-Anã.

FV	GL	Comprimento externo do fruto	Comprimento interno do fruto	Diâmetro lateral do fruto
		QM	QM	QM
LI	1	0,40 _{ns}	0,47 _{ns}	16,29 _{ns}
Bloco	3	0,31 _{ns}	0,96 _{ns}	4,13 _{ns}
Erro A	3	0,52	0,79	2,03
DP	3	0,38 _{ns}	2,75 _{ns}	3,09 _{ns}
LI*DP	3	0,20 _{ns}	0,52 _{ns}	5,76 _{ns}
Erro B	18	1,48	1,07	4,20
Total	31			
		cm	cm	mm
Média		15,75	12,00	33,33
Desvio-padrão		1,01	1,06	2,03

Nota: FV - fontes de variação; GL - grau de liberdade; LI - lâmina de irrigação; DP - densidade de plantio; ns - não significativo, *significativo a 5%, **significativo a 1% pelo teste F.

Fonte: Próprio Autor.

O diâmetro lateral do fruto foi de $33,33 \pm 2,03$ mm, independentemente dos fatores estudados (Tabela 4). Valores de diâmetro do fruto mensurado na mesma área variaram com as lâminas de irrigação e com o ciclo avaliado com média de 37,89 mm e 34,83 mm para primeiro e segundo ciclo, respectivamente, segundo Magalhães et al. (2020).

De acordo com as normas de classificação comercial de banana ‘Prata-Anã’ em vigor atualmente no norte de Minas Gerais, sudoeste e oeste da Bahia, divulgadas pelo Programa Banana na Medida Certa (ABANORTE, 2022), banana de primeira qualidade deve apresentar CEF maior que 14 cm e diâmetro maior que 31,75 mm; banana de segunda qualidade com CEF entre 12 e 14 cm e diâmetro maior que 28,57 mm; enquanto o descarte apresenta CEF menor que 12 cm e diâmetro menor que 28,57 mm. Dessa forma, os valores médios de CEF e de diâmetro, independentemente dos fatores estudados, estão dentro da classificação comercial proposta como de primeira qualidade (ABANORTE, 2022) e corroboram Magalhães et al. (2020) quanto à manutenção da qualidade comercial com aumento da densidade de plantio e redução de lâmina de irrigação.

Os dados descritos nas Figuras 8B, 9A, 9B e Tabela 4 sugerem que, com o aumento da densidade de plantio, é possível reduzir a lâmina de irrigação aplicada na bananeira ‘Prata-Anã’ cultivada no quarto ciclo de produção, nas condições semiáridas estudadas, aumentar as produtividades de pencas e da água, diminuir a pegada hídrica e manter a classificação comercial dos frutos. Esses resultados ratificam os resultados encontrados por Magalhães et al. (2020) nos dois primeiros ciclos de produção na mesma área. Outros estudos são importantes e necessários afim de corroborar essa hipótese em mais ciclos de produção.

4.2. Balanço de água no solo

Os dados obtidos através da sonda de capacitância (FDR) permitiram realizar o balanço de água no solo para o intervalo de dias analisados. Os valores médios diários da variação de armazenamento de água no solo (ΔH), drenagem profunda média (DP) e lâmina de irrigação média diária (Tabela 5) possibilitaram estimar a média da evapotranspiração da cultura (ETc) em cada intervalo de dias. A partir da ETc, calculada pelo método do balanço de água no solo, e a evapotranspiração de referência (ETo), obtida pelo método de Penman-Monteith, foi possível determinar a média do coeficiente de cultivo (Kc) para cada tratamento, composto pela combinação de duas lâminas de irrigação (100% e 50% ETc) e quatro densidades de plantio (1.666; 2.083; 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹).

A análise do armazenamento de água no solo (ΔH) mostrou que os maiores valores para esse parâmetro foram observados no solo irrigado com 100% ETc, variando entre 2,09 e 3,46 mm, tendo o maior valor ocorrido na densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹, no período de dias 12 a 14 de novembro (Tabela 5). Na lâmina de 50% ETc, para esse mesmo componente, foram constatados valores entre 1,24 e 1,71 mm, em que a maior variação de armazenamento de água no solo também ocorreu nos dias 12 a 14/11 para as densidades de plantio 1.666 e 3.333 plantas ha⁻¹ (Tabela 5). Os dados médios do armazenamento de água no solo, nas densidades de plantio, mostraram que na lâmina de 100% da ETc foi encontrado o valor de 2,85 mm enquanto que na lâmina 50% ETc foi de 1,55 mm. Contudo, os valores para esse parâmetro, em todos os tratamentos, apresentaram sempre números positivos, o que é bastante desejável uma vez que variações negativas de armazenamento de água no solo podem causar estresse hídrico na planta e consequentes danos ao crescimento e produtividade da cultura (DIAS, 2018).

Nesse trabalho, os valores de drenagem profunda (DP) foram muito baixos, tanto para a lâmina de 100% ETc quanto para a de 50% ETc. Os dados médios da drenagem profunda variaram entre 0,01 e 0,04 mm, em que a maior perda de água do sistema por drenagem profunda (0,04 mm) foi observada na lâmina de 100% ETc, na densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹, para os dias 12 a 14 de novembro e 03 a 05 de dezembro (Tabela 5). Valores mínimos de drenagem profunda indicam uma baixa perda de água e nutrientes do sistema para as camadas mais profundas do solo, que podem evidenciar a eficiência do sistema de irrigação, manejo preciso da irrigação e/ou alta capacidade de retenção de água no solo (CONCEIÇÃO, 2012).

Tabela 5. Valores médios dos componentes do balanço de água no solo cultivado com bananeira ‘Prata-Anã’, sob combinação de duas lâminas de irrigação (100% e 50% ETc) e quatro densidades de plantio (1.666; 2.083; 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹) nos dias 12 a 14 de novembro, 27 a 29 de novembro e 03 a 05 de dezembro de 2019.

Especificações								
Lâmina	Densidade	Data	Irrigação (mm)	ET _o (mm)	ΔH (mm)	DP (mm)	ET _c (mm)	Kc (calc)
100%	DP1.6	12-14 nov	15,70	9,31	3,46	0,04	12,19	1,31
		27-29 nov	11,67	6,92	2,79	0,03	8,85	1,28
		03-05 dez	10,42	6,18	2,09	0,04	8,29	1,34
100%	DP2.0	12-14 nov	15,70	9,31	3,38	0,03	12,29	1,32
		27-29 nov	11,67	6,92	2,57	0,02	9,08	1,31
		03-05 dez	10,42	6,18	2,56	0,01	7,84	1,27
100%	DP2.6	12-14 nov	15,70	9,31	3,50	0,03	12,17	1,31
		27-29 nov	11,67	6,92	2,77	0,03	8,87	1,28
		03-05 dez	10,42	6,18	2,44	0,03	7,95	1,29
100%	DP3.3	12-14 nov	15,70	9,31	3,65	0,02	12,02	1,29
		27-29 nov	11,67	6,92	2,79	0,02	8,86	1,28
		03-05 dez	10,42	6,18	2,14	0,02	8,25	1,34
Médias			12,59	7,47	2,85	0,03	9,72	1,3
50%	DP1.6	12-14 nov	7,85	9,31	1,71	0,02	6,11	0,66
		27-29 nov	5,84	6,92	1,56	0,02	4,26	0,62
		03-05 dez	5,21	6,18	1,45	0,02	3,74	0,61
50%	DP2.0	12-14 nov	7,85	9,31	1,62	0,03	6,20	0,67
		27-29 nov	5,84	6,92	1,51	0,03	4,29	0,62
		03-05 dez	5,21	6,18	1,30	0,03	3,88	0,63
50%	DP2.6	12-14 nov	7,85	9,31	1,67	0,02	6,16	0,66
		27-29 nov	5,84	6,92	1,65	0,02	4,16	0,60
		03-05 dez	5,21	6,18	1,48	0,01	3,71	0,60
50%	DP3.3	12-14 nov	7,85	9,31	1,71	0,02	6,12	0,66
		27-29 nov	5,84	6,92	1,73	0,02	4,09	0,59
		03-05 dez	5,21	6,18	1,24	0,03	3,94	0,64
Médias			6,3	7,47	1,55	0,02	4,72	0,63

Nota: ET_o – evapotranspiração de referência; ΔH - variação de armazenamento de água; DP – drenagem profunda; ET_c – evapotranspiração da cultura; Kc – coeficiente de cultivo.

Fonte: Próprio autor

Com base nos dados do balanço de água no solo, os valores estimados da evapotranspiração da cultura variaram de 7,95 a 12,19 mm dia⁻¹ para a lâmina de irrigação de 100% ETc, tendo sido observado o maior valor desse parâmetro na densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹, nos dias 12 a 14/11 e o menor valor foi obtido na densidade de 2.666 plantas ha⁻¹, nos dias 03 a 05 de dezembro (Tabela 5). Na lâmina de irrigação de 50% ETc, a evapotranspiração da cultura calculada oscilou entre 3,71 mm dia⁻¹, na densidade de plantio

de 2.666 plantas ha⁻¹ (dias 03 a 05/12) e 6,20 mm dia⁻¹, na densidade de plantio 2.083 plantas ha⁻¹, nos dias 12 a 14/11 (Tabela 5). Dentre os componentes do balanço de água no solo, a lâmina de irrigação aplicada foi o fator que mais influenciou no valor final da evapotranspiração da cultura. Nota-se que, para os dias 12 a 14 de novembro, foi aplicada a maior quantidade de água por meio da irrigação nos tratamentos, seguido pelos dias 27 a 29 de novembro e 03 a 05 de dezembro (Tabela 5). De forma semelhante, a evapotranspiração média da cultura, em todos os tratamentos, foi maior entre os dias 12 a 14/11 e menor nos dias 03 a 05/12.

A partir da análise dos dados na Tabela 5, é possível observar que o valor da evapotranspiração da cultura, quando estimada a média das densidades de plantio, para a lâmina de 100% ETc foi de 9,72 mm dia⁻¹, enquanto para a lâmina de 50% ETc, o valor médio foi de 4,72 mm dia⁻¹, o que representa uma redução de 51,4%. Os valores de ETc obtidos nesse trabalho estão acima daqueles retratados Silva et al. (2013), que utilizando a cultivar BRS Tropical na região de Cruz das Almas - BA estimaram a evapotranspiração pelo método do balanço de água no solo e obtiveram ETc entre 6,6 e 9,93 mm dia⁻¹, comportamento semelhante foi descrito por Albuquerque Junior et al. (2013) que encontraram valores de evapotranspiração para bananeira entre 2,05 e 3,82 mm dia⁻¹ na região do Vale do Parnaíba - PI, ambos utilizaram 100% da reposição da ETc na irrigação.

A redução da evapotranspiração cultura atrelada à diminuição da lâmina de irrigação aplicada podem ter sido influenciadas pelo desacoplamento ambiental, pois na região interna do bananal as condições climáticas, que atuam nos processos transpiratórios, são diferentes daquelas registradas na área externa ao plantio, proporcionando mudanças no conforto da planta. Segundo Souza et al. (2019) em ambientes desacoplados a interação biosfera-atmosfera mudam os processos de evapotranspiração do vegetal, e permitem evidenciar que a troca de vapor d'água com a atmosfera ocorre por meio do suprimento de energia, ao invés do controle estomático.

O coeficiente de cultivo (Kc), obtido através da razão entre a evapotranspiração da cultura calculada (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo), teve grande variação com a redução da lâmina de irrigação. Na lâmina de 100% da reposição da ETc, o Kc variou entre 1,27 e 1,34, enquanto na lâmina de 50% ETc os valores de Kc oscilaram entre 0,59 e 0,67. O valor de Kc varia durante o ciclo da bananeira. Coelho et al. (2012) citam que o Kc aumenta de 0,85 na floração para 1,1 na colheita; Montenegro et al. (2008), no segundo ciclo de

produção encontrou o valor de 1,05 para o Kc na fase de florescimento e desenvolvimento do fruto.

A evapotranspiração da cultura (ETc) e o coeficiente de cultivo (Kc) são parâmetros essenciais para quantificar a necessidade hídrica da bananeira. Nesse trabalho, tanto a ETc quanto o Kc diminuíram com a redução da lâmina de irrigação, entretanto as características vegetativas e de produtividade da bananeira não foram afetadas. Esses resultados corroboram aqueles encontrados por Magalhães et al. (2020), que conduzindo experimento na mesma área experimental, no primeiro e segundo ciclos de produção da bananeira, demonstraram que a redução da lâmina de irrigação aliado ao aumento da densidade de plantio permitem incrementar a eficiência do uso da água sem afetar a produtividade da cultura.

4.3. Evapotranspiração

Na Figura 10, observa-se que em ambas as lâminas de irrigação aplicadas, 100% e 50% da reposição da ETc, na menor densidade de plantio (1.666 plantas ha⁻¹), para os dados coletados entre os dias 12 a 14 de novembro, houve aumento da evapotranspiração entre as distâncias radiais do pseudocaule da planta de 0,25 para 0,75 m. Esse mesmo comportamento foi identificado nas densidades de 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹, para a lâmina de 50% ETc (Figura 10B). Entretanto, para a lâmina de 100% ETc, houve tendência de redução da evapotranspiração com o aumento da distância radial do pseudocaule, para as densidades de plantio 2.083, 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹ (Figura 10A).

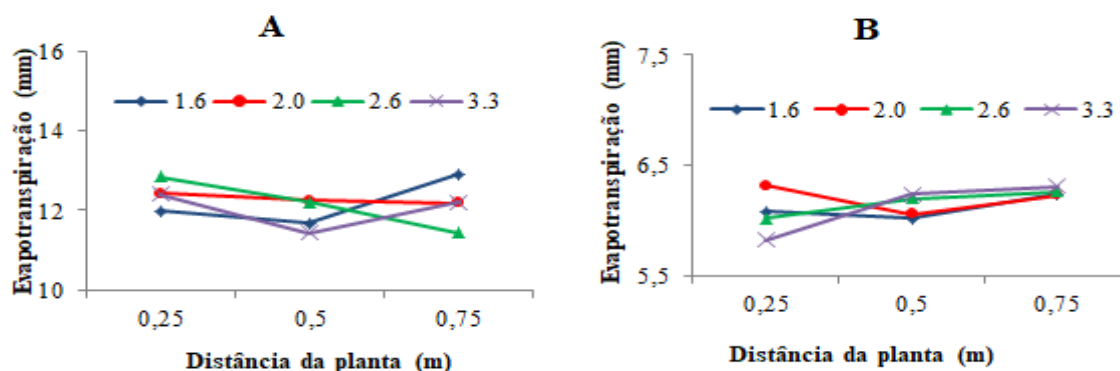


Figura 10. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço de água no solo cultivado com bananeira ‘Prata-Anã’ sob irrigação de 100% (A) e 50% ETc (B) e diferentes densidades de plantio, nas distâncias de 0,25 m; 0,50 m e 0,75 m do pseudocaule da planta, dos dias 12 a 14 de novembro de 2019.

Na Figura 11, observa-se a mesma condição descrita acima, para os dados avaliados entre os dias 27 a 29 de novembro. As análises mostram que, na lâmina de 100% ETc (Figura 11A), houve aumento da evapotranspiração dos locais mais próximos para as mais distantes do pseudocaule, nas densidades de 1.666, 2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹. Na lâmina de 50% ETc (Figura 11B) foi identificado que, nas menores densidades de plantio (1.666 e 2.083 plantas ha⁻¹), houve redução da evapotranspiração entre as partes mais próximas do pseudocaule para as mais distantes, enquanto nas maiores densidades de plantio (2.666 e 3.333 plantas ha⁻¹) ocorreu o inverso, ou seja, incremento da evapotranspiração com o aumento da distância radial do pseudocaule. Segundo Sant'ana et Al. (2012), 80% das raízes da bananeira estão concentrados até 0,66 m do pseudocaule da planta, entende-se então que, em plantios mais adensados, há maior competição pela absorção de água e nutrientes em uma área menor de solo.

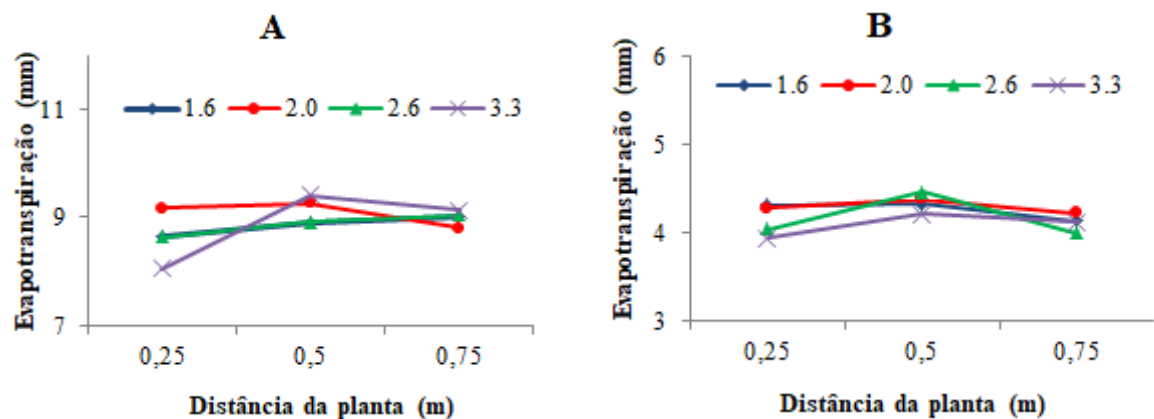


Figura 11. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço de água no solo cultivado com bananeira ‘Prata-Anã’ sob irrigação de 100% (A) e 50% ETc (B) e diferentes densidades de plantio, nas distâncias de 0,25 m; 0,50 m e 0,75 m do pseudocaule da planta, dos dias 27 a 29 de novembro de 2019.

Seguindo os mesmos parâmetros descritos acima, na Figura 12, observa-se a evapotranspiração estimada da cultura, em distâncias radiais do pseudocaule, entre os dias 03 e 05 de dezembro. Percebe-se que, na lâmina de 100% ETc (Figura 12A) que as densidades de plantio de 2.083 e 3.333 plantas ha⁻¹ tiveram comportamento semelhante, na evapotranspiração, com a elevação da distância do pseudocaule, onde houve um leve aumento

entre a distância de 0,25 para 0,50 m, seguida de uma queda da evapotranspiração na distância de 0,75 m.

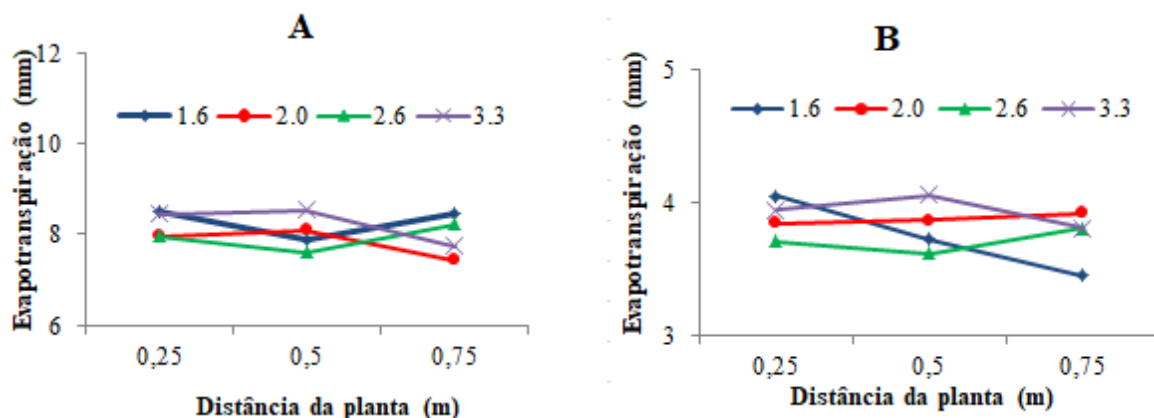


Figura 12. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço de água no solo cultivado com bananeira 'Prata-Anã' sob irrigação de 100% (A) e 50% ETc (B) e diferentes densidades de plantio, nas distâncias de 0,25 m; 0,50 m e 0,75 m do pseudocaule da planta, dos dias 03 a 05 de dezembro de 2019.

Na lâmina de 50% ETc (Figura 12B) foi observada uma queda da evapotranspiração na menor densidade de plantio (1.666 plantas ha⁻¹) entre as distâncias de 0,25 e 0,75 m, passando de 4,05 para 3,45 mm dia⁻¹, respectivamente, que representa redução de 15% na evapotranspiração, que nesse caso, demonstra tendência de maior absorção da solução do solo nas distâncias mais próximas da planta. Segundo Silva (2014), nas fases de crescimento vegetativo e floração da bananeira, entre 50% e 55% da água extraída pelas raízes encontram-se na zona até 0,5 m do pseudocaule da planta e 75% até 0,7 m.

4.4. Distribuição de água no solo

Na sequência, são apresentados os gráficos de distribuição de água no solo, nas profundidades de 0,10 a 0,60 m e distância radial da planta entre 0,25 a 0,75 m. Os dados são referentes a duas lâminas de irrigação (100% e 50% ETc) e quatro densidades de plantio: 1.666 plantas ha⁻¹ (Figura 13), 2.083 plantas ha⁻¹ (Figura 14), 2.666 plantas ha⁻¹ (Figura 15) e 3.333 plantas ha⁻¹ (Figura 16). As análises da distribuição de água no solo levaram em conta os resultados obtidos entre os dias 12 e 14 de novembro de 2019.

Com dados dos teores de água no solo mensurados imediatamente antes da irrigação e uma hora antes da próxima, nota-se que, imediatamente após a irrigação, o teor de água no solo é maior na camada até 0,40 m, tanto para lâmina de 100% quanto para a de 50% ETc, para a densidade de 1.666 plantas ha⁻¹ (Figuras 13a e 13c), e distribuídos de forma homogênea nas distâncias horizontais do solo. No momento anterior à próxima irrigação, os valores do teor de água no solo são menores que aqueles observados após a irrigação. O acúmulo de água no solo é maior nas camadas mais profundas em ambas as lâminas de irrigação estudadas (Figuras 13b e 13d).

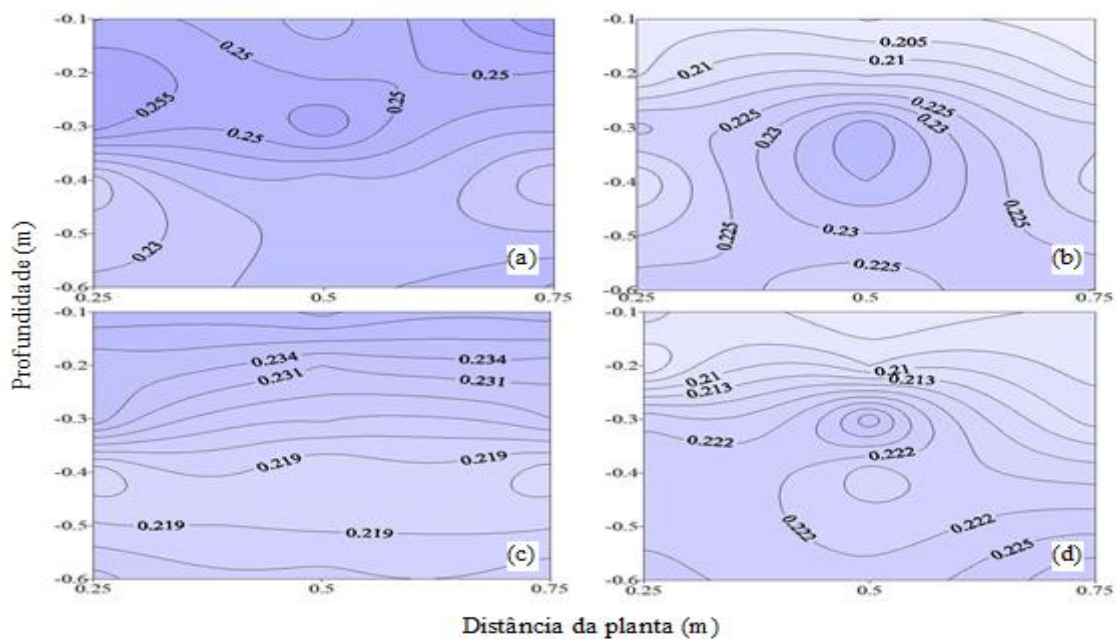


Figura 13. Teor médio de água no solo (cm³ cm⁻³) no perfil perpendicular à fileira de plantas de bananeira ‘Prata-Anã’ uma hora após a irrigação nas lâminas de 100% ETc (a) e de 50% ETc (c) e imediatamente antes da próxima irrigação nas lâminas de 100% ETc (b) e de 50% ETc (d), na densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹, entre os dias 12 e 14 de novembro de 2019.

De maneira semelhante as demais densidades de plantio, foi observado que a zona de maior acúmulo de água após a irrigação foi entre 0,10 e 0,40 m de profundidade para duas lâminas, na densidade de 2.083 plantas ha⁻¹ (Figuras 14a e 14c). Segundo Santos et al. (2016), na camada entre 0,0-0,40 m estão as raízes mais ativas na absorção de água na bananeira, e que a densidade e comprimento das raízes reduz linearmente com o aumento da profundidade.

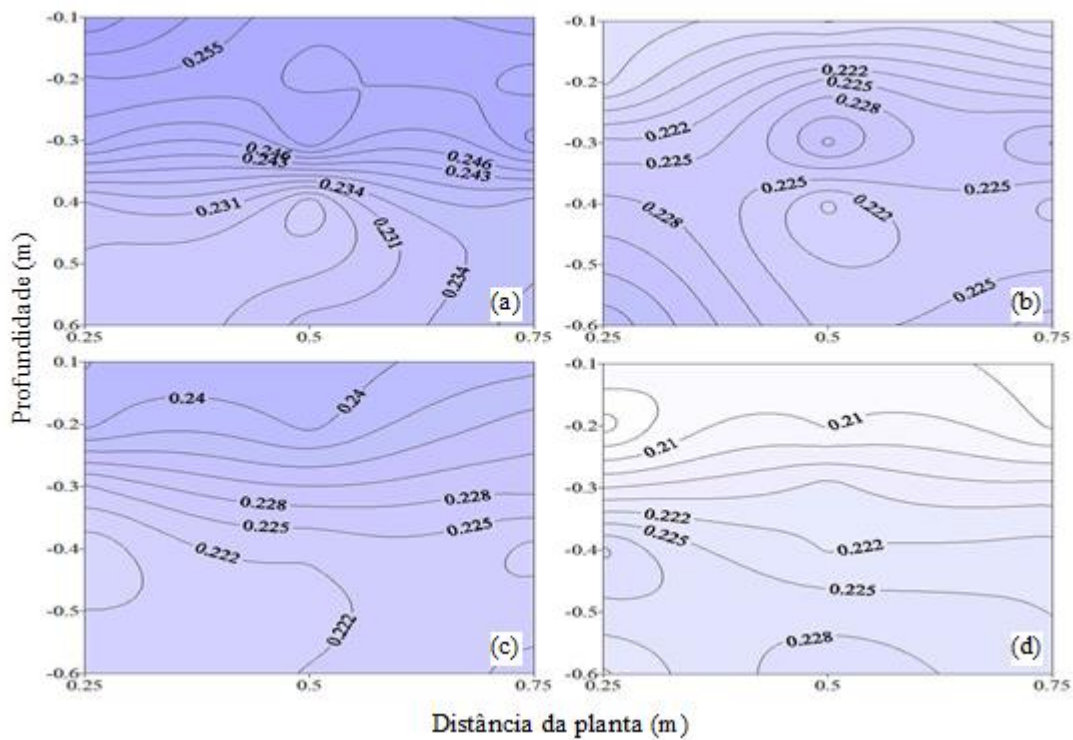


Figura 14. Teor médio de água no solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) no perfil perpendicular à fileira de plantas de bananeira ‘Prata-Anã’ uma hora após a irrigação nas lâminas de 100% ETc (a) e de 50% ETc (c) e imediatamente antes da próxima irrigação nas lâminas de 100% ETc (b) e de 50% ETc (d), na densidade de plantio de 2.083 plantas ha⁻¹, entre os dias 12 e 14 de novembro de 2019.

Na análise realizada após a irrigação, foi observado que a concentração de água foi maior na camada mais rasa do solo e na distância de 0,5 m do pseudocaule, para as lâminas de 100% e 50% ET_c, para a densidade de 2.666 plantas ha⁻¹ (Figuras 15a e 15c). O teor de água no solo mais elevado nas maiores distâncias da planta, após a irrigação, pode estar relacionado ao posicionamento dos microaspersores, além da própria barreira física imposta pela planta, que impede a chegada da água até determinados pontos próximo ao pseudocaule.

Quando comparados aos dados após a irrigação e antes da próxima irrigação, na lâmina de 100 % ET_c, é percebida queda do teor de água no solo até 0,30 m de profundidade, reduzindo de valores de 0,24 e 0,25 cm³ cm⁻³ para 0,21 cm³ cm⁻³ (Figura 15a e 15b). Nota-se que, antes da próxima irrigação, o solo apresentava dados quase uniformes para o teor de água nas camadas do solo, e os maiores valores estão dispostos na distância de 0,50 m do pseudocaule (Figura 15b).

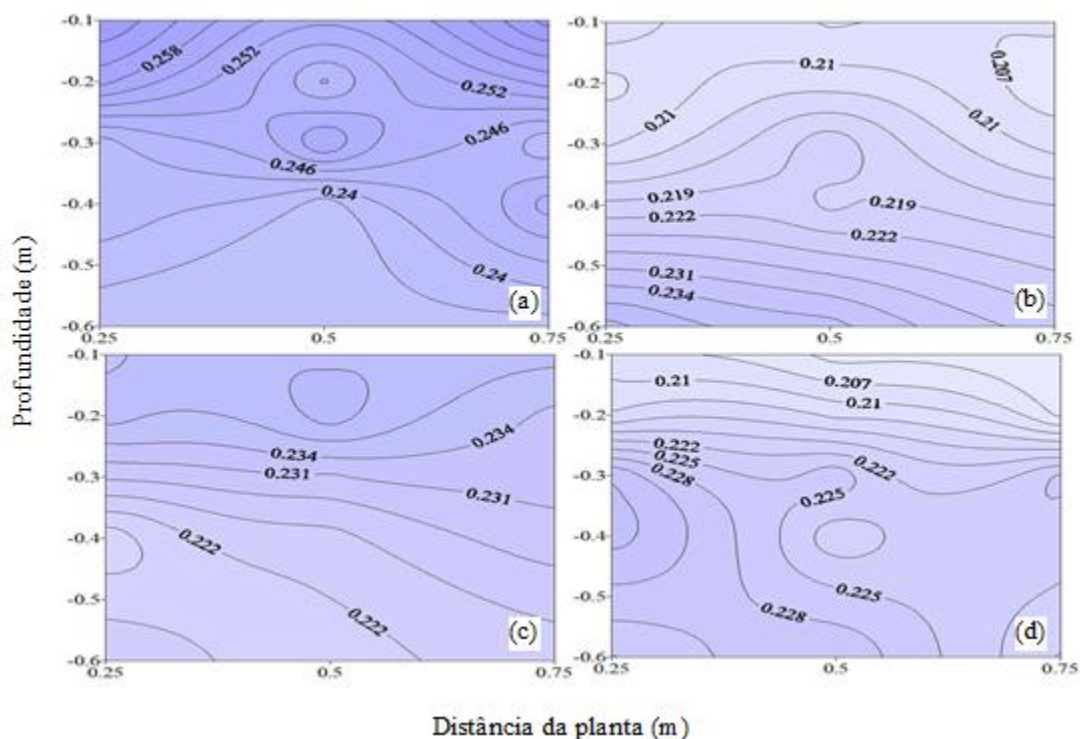


Figura 15. Teor médio de água no solo (cm³ cm⁻³) no perfil perpendicular à fileira de plantas de bananeira ‘Prata-Anã’ uma hora após a irrigação nas lâminas de 100% ET_c (a) e de 50% ET_c (c) e imediatamente antes da próxima irrigação nas lâminas de 100% ET_c (b) e de 50% ET_c (d), na densidade de plantio de 2.666 plantas ha⁻¹, entre os dias 12 e 14 de novembro de 2019.

De forma semelhante às demais densidades de plantio, com 3.333 plantas ha^{-1} , o teor de água no solo após a irrigação teve seu maior valor na profundidade até 0,40 m. Entretanto, nas distâncias horizontais, o acúmulo de água no solo foi maior na distância de 0,75 m, nas lâminas de 100% e 50% ETc (Figuras 16a e 16c).

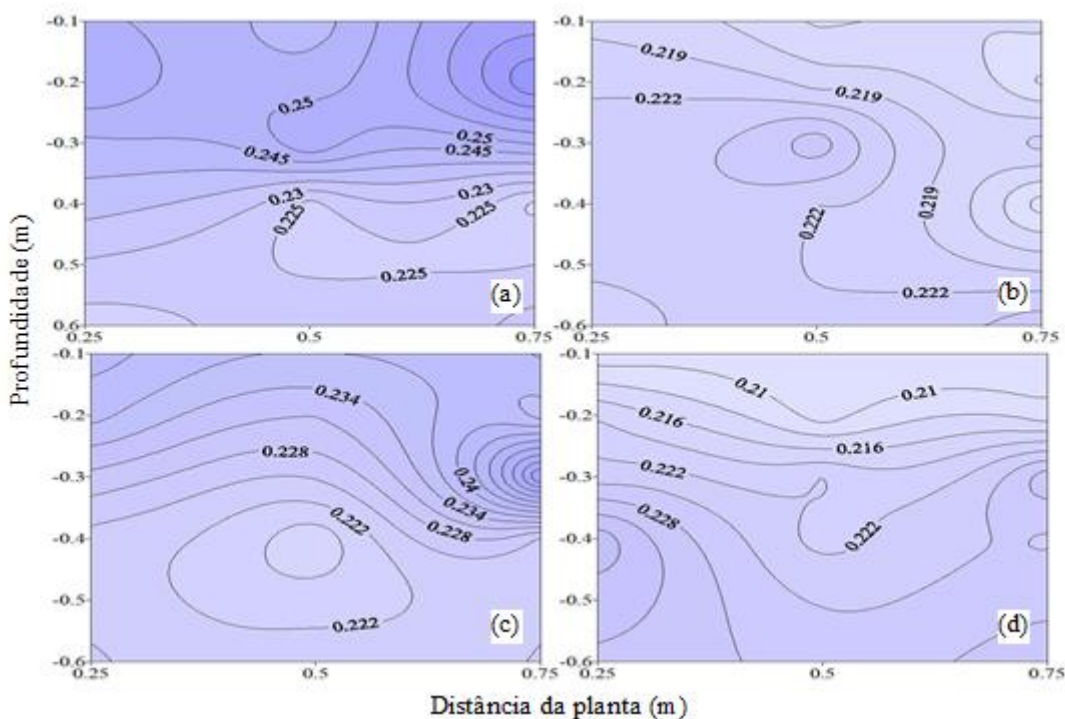


Figura 16. Teor médio de água no solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) no perfil perpendicular à fileira de plantas de bananeira ‘Prata-Anã’ uma hora após a irrigação nas lâminas de 100% ETc (a) e de 50% ETc (c) e imediatamente antes da próxima irrigação nas lâminas de 100% ETc (b) e de 50% ETc (d), na densidade de plantio de 3.333 plantas ha^{-1} , entre os dias 12 e 14 de novembro de 2019.

Da análise das Figuras 13, 14, 15 e 16 depreende-se que, após a irrigação, o teor de água no solo fica acumulado na camada entre 0,0-0,40 m, o que pode ser justificado devido ao acúmulo de matéria orgânica, depositado nessa camada ao longo dos quatro ciclos de produção da cultura. Entretanto, os gráficos de distribuição de água no solo, antes da próxima irrigação, mostram que, com o passar do tempo há tendência de infiltração da água para os níveis mais profundos do solo.

5. CONCLUSÃO

O aumento da densidade de plantio de 1.666 para 3.333 plantas ha⁻¹ diminui o vigor da planta (perímetro do pseudocaule e área foliar total), decresce o rendimento (número de pencas, número de frutos e massa das pencas), contudo, há aumento do índice de área foliar e da produtividade de pencas.

Na região semiárida, para as condições em que o experimento foi conduzido, o aumento da densidade de plantio possibilita reduzir a lâmina de irrigação aplicada na bananeira 'Prata-Anã' cultivada no quarto ciclo de produção, aumentar as produtividades de pencas e da água, diminuir a pegada hídrica e manter a classificação comercial dos frutos.

A evapotranspiração da bananeira 'Prata-Anã' é reduzida em mais de 50%, entre lâmina de irrigação de 100% da ETc e 50% da ETc, porém entre as densidades de plantio as variações para esse parâmetro são inexistentes.

Na área experimental em estudo, a maior concentração de água após a irrigação ocorre na camada até 0,40 m de profundidade. Na distância horizontal, até 0,75 m, a distribuição de água foi uniforme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABANORTE. Associação Central dos Fruticultores do Norte de Minas. **Programa Banana na Medida Certa**. Disponível em: <site.abanorte.com.br/noticia/66/Projeto-Banana-na-Medida-Certa>. Acesso em: 11.jan.2022.

ALBURQUERQUE JUNIOR, B. S.; GOMES, E. R.; SOUSA, V. F.; SOUSA, A. P. Necessidade hídrica e lâminas de irrigação da bananeira cv. FHIA-18 na região semiárida do Piauí. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 756-767, 2013.

ATHANI, S.I., REVANAPPA, DHARMATTI, P.R. Effect of plant density on growth and yield in banana. **Karnataka J Agri Res**, v.22, n.1, 143-146, 2009.

BELALCÁZAR-CARVAJAL, S. L. **El cultivo del plátano em el trópico**. Cali: Feriva, 1991.

BELALCÁZAR, S.; ESPINOSA, J. Effect of plant density and nutrient management on plantain yield. **Better crops international**, Georgia, v.14, n.1, p.12-15, 2000.

BELALCÁZAR, S., ROSALES, F., & ESPINOSA, M. Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción. En: Galileo R. & Rosales F. (Eds.). **Taller Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en el trópico**.: MUSALAC, INIBAP, Guayaquil-Ecuador. pp 55-63, 2003.

CASTRICINI, A.; DE OLIVEIRA, P. M.; COELHO E. F.; DOS SANTOS M. G.; RODRIGUES M. G. V.; MARTINELI, M. Manejo da irrigação na qualidade pós-colheita de banana tipo prata. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, v.7, n.2-3, pg.1-13, 2018.

CARVALHO, J. S.; BIZERRA, E. C.; MARQUES P. R. R.; DONATO, S. L. R.; MAGALHÃES, D. B.; RAMPAZZO, M. C. Características fitotécnicas e nutricionais de bananeiras submetidas a fontes de fertilizantes para o manejo orgânico. **Nativa**, v.8, n.3, p.367-375, 2020.

CAVALCANTE, M.J.B.; ANDRADE NETO, R.C.; LEDO, A.S.; GONDIM, T.M.S.; CORDEIRO, Z.J.M. Manejo fitotécnico da bananeira, cultivar D'Angola (AAB), visando ao controle da sigatoka-negra. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p.201–208, 2014.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta- enxertos de citros em ecossistemas de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R. Manejo da irrigação e fertirrigação: In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. (Ed.). **Banana: do plantio à colheita**. 1 ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2021. p.237-274.

COELHO, E.F.; SILVA, A.J.P.; DONATO, S.L.R.; SANTANA, JÚNIOR, E.B.; OLIVEIRA, P.M. Sistemas de irrigação localizada e manejo de água em bananeira. **Informe Agropecuário**, v.36, p.62-73, 2015.

COELHO, E. F.; DONATO, S. L. R.; OLIVEIRA, P. M.; CRUZ, A. J. S.; Relações hídricas II: evapotranspiração e coeficientes de cultura. In: Coelho, E. F. (ed.). **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: Embrapa, 280 p. 2012.

COELHO, E.F.; SANTOS M.R. dos; SILVA, A. J. P. da; PINHO, R.E. da C.; SANTANA, J.A. do V. Sistema radicular da bananeira sob diferentes configurações de sistemas de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16; 2006. **Goiânia. Agricultura irrigada no Cerrado, 2006.**

CONCEIÇÃO, M. A. F. Estratégias de manejo para aumentar a eficiência do uso da água na viticultura irrigada. **Bento Gonçalves – RS: Embrapa Uva e Vinho**, 2012. 8p. (Comunicado Técnico, 130).

DAMATTO JÚNIOR, E.R., CAMPOS, A.J., MANOEL, L., MOREIRA, G.C., LEONEL, S., VANGELISTA, R.M. Produção e caracterização de frutos de bananeira ‘Prata-anã’ e ‘Prata-Zulu’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 440-443, 2005.

DANTAS, J. L. L. ; SHEPHERD, K.; SILVA, S. de O.; SOUZA, A. da S.; ALVES, E. J.; CORDEIRO, Z. J. M.; SOARES FILHO, W. dos S. Citogenética e melhoramento genético. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa SPI, p. 107-150, 1999.

DA SILVA, E. N.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da bananeira no Vale do Curu, CE. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 40, n. 2, p. 203-210, 2009.

DIAS, A. G. ÁGUA NO SISTEMA SOLO-PLANTA-ATMOSFERA. VII SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO. 2018, Vitória-ES, **Anais...** Produção e Sustentabilidade Hídrica. Vitória-ES , 2018. p. 1-23.

DONATO, L. T. F; DONATO, S. L. R; BRITO, C. F. B; FONSECA, V. A; GOMES, C. N; RODRIGUES, V. A. Estimativa da área foliar de bananeiras do tipo prata com folhas do tipo lanceoladas. **Revista Brasileira de Fruticultura** , Jaboticabal – SP, v. 42, n. 4: (e-417) 2020.

DONATO, S.L.R.; COELHO, E.F.; SANTOS, M.R; ARANTES, A.M.; RODRIGUES, M.G.V. Eficiência de uso da água em bananeira. **Informe Agropecuário**, v.36, p.46-61, 2015.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; SILVA, S. de. O; CORDEIRO, Z. J. C. Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.12, p.1608-1615, 2009.

FAO. **Production**, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Acesso em: 14 fev. 2021.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 147–159, 2007.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J.C.R.; PEREIRA, M.C.N.; COSTA, M.M.; CORDEIRO, Z.J.M.; SILVA, S.O. Pacovan Ken: cultivar de bananeira resistente a sigatoka-negra, para o Estado do Amazonas. **Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental**, 2001. 3p. (Comunicado Técnico, 10).

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática: SIDRA**: produção agrícola municipal, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2021_jan.pdf. Acesso em: 11 fev. 2022.

KESAVAN, V., HIL, T., MORRIS, G. The effect of plant spacing on growth, cycling time and yield of bananas in subtropical Western Australia. **Acta Hortic**, v.575, p.851-857, 2002.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica de água no solo**, 1ª. Ed. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP). 497 p. 1995.

LICHTEMBERG, L. A.; ZAFFARI, G. R. Banana. In: **Avaliação de cultivares para o Estado de Santa Catarina 2003/2004**. Florianópolis: Epagri, p.31-38. 2003. (Boletim Técnico, 120).

MAGALHÃES, D. B.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R. D.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; SOUZA, B. S. D. Yield of 'Prata-Anã' banana plants under water deficit and high plant density. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n.5, 2020.

MAHOUACHI, J; LÓPEZ-CLIMENT, M.F.; GÓMEZ-CADENAS, A. Hormonal and hydroxycinnamic acids profiles in banana leaves in response to various periods of water stress. **The Scientific World Journal**, New York, v. 2014, 2014.

MAHOUACHI, J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. **Scientia horticulturae**, v. 120, n. 4, p. 460-466, 2009.

MARQUES, P. R. R.; DONATO, S. L. R.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. D. M. Características agrônômicas de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p.852-859, 2011.

MATOS, F. S. **Folha seca: introdução à fisiologia vegetal**. Editora Appris, 2020.

MCNAUGHTON, K.G.; JARVIS, P.G. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Additional woody crop plants**. New York: Academic Press. p.1-47, 1983.

MATSUURA, F. C. A. U; COSTA, J. I. P. da; FOLEGATTI, M. I. da S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.48-52, 2004.

MELO, A. S. et al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MONTENEGRO, A. A. T.; GOMES, A. R. M.; DE MIRANDA, F. R.; CRISÓSTOMO, L. A. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da bananeira para a região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, 39(2), 203-208, 2008.

MOREIRA, R.S; **Banana: Teoria e prática de cultivo**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargil, 1999. 1 CD-ROM.

MOREIRA, R. S.; LICHTEMBERG, L. A. Banana 'Enxerto', uma brasileira centenária. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 6., 2004, Joinville, **Anais...** Sistemas alternativos de produção. Itajaí: SBF/ACAFRUTA, 2006. p. 243-250.

OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 356p.

OLIVEIRA, J.M.; COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F. Crescimento da bananeira Grande Naine submetida a diferentes lâminas de irrigação em Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1038-1046, 2013.

PAMPONET, A.J. **Resposta da bananeira irrigada com diferentes densidades de plantas**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

PEREIRA, J.C.R.; ARRUDA, M.R.; MOREIRA, A.; GASPAROTTO, L. **Maximização da produtividade em bananeira no Estado do Amazonas: estande e distribuição espacial**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2006. 2p. (Comunicado Técnico, 39).

PEREIRA, M. C. T.; SALOMÃO, L. C. C.; DE OLIVEIRA, S., SEDIYAMA, C. S.; COUTO, F. A. D. A.; DA SILVA NETO, S. P. Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira 'Prata Anã'(AAB) em sete espaçamentos. **Revista Ceres**, v.46, n. 263, p.53-66, 1999.

RAMOS, B. Z.; PAIS, P. S. M.; FREITAS, W. A.; D. JUNIOR, M. S. Avaliação dos atributos físico-hídricos em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.340-346, 2013.

RAVI, I.; UMA, S.; VAGANAM, M.M.; MUSTAFFA, M.M. Phenotyping bananas for drought resistance. **Frontiers in physiology**, Ohio, v.4, n.1, p.1-15, 2013.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. São Paulo, Manole, 2004. 478p.

RICCARDI M, PULVENTO C, PATANÈ C, ALBRIZIO R, BARBIERI G. Drought stress response in longstorage tomatoes: Physiological and biochemical traits. **Scientia Horticulturae**, v.200 p.25–35, 2016.

ROBINSON, J.C; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2010. 311 p (CAB. Crop Production Science in Horticulturae, 19).

RODRIGUES FILHO, V.A; DONATO, S.L; ARANTES, A.M; COELHO FILHO, M.A; LIMA, M.B. Crescimento, produtividade e trocas gasosas da plantaina 'D'Angola' sob

diferentes densidades de plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.7, p.490-496, 2020.

SANT'ANA, J. A. D. V.; COELHO, E. F.; FARIA, M. A. D.; SILVA, E. L. D.; DONATO, S. L. R. Distribuição de raízes de bananeira 'Prata-Anã' no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.124-133, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A. Soil water distribution and extraction by 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica* L.) trees under different irrigation regimes. **Idesia**, v.31, p.7-16, 2013.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of Tommy Atkins mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, v.29, p.1141-1153, 2013.

SANTOS, M. R.; COELHO, E. F.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, M. G. V. Distribuição de raízes e extração de água da bananeira 'BRS Princesa' sob diferentes configurações de irrigação. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v.24 n6, p.513-522, 2016.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; MAGALHÃES, D. B.; COTRIM, M. P. Precocity, yield and water-use efficiency of banana plants under planting densities and irrigation depths, in semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 49, e53036, 2019.

SCARPARE FILHO, J. A.; KLUGE, R. A. Produção da bananeira 'Nanicão' em diferentes densidades de plantas e sistemas de espaçamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 105-113, 2001.

SHAPLAND, T. FieldStat: **A Superpower for Growers**. 2015. Disponível em: <<https://www.tuletechnologies.com/blog/fieldstat-a-superpower-for-growers>>. Acesso em: 09 out. 2019.

SILVA, A. J. da. **Estimação da percolação em lisímetros de drenagem e evapotranspiração da bananeira usando TDR**. 2013. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas – BA, 2014.

SILVA, M. J. R. D.; ANJOS, J. M. C. D.; JESUS, P. R. R. D.; SANTOS, G. S. D.; LIMA, F. B. F.; RIBEIRO, V. G. Produção e caracterização da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em dois ciclos de produção (Juazeiro, Bahia). **Revista Ceres**, v.60 n.1, p.122-126, 2013

SILVA JUNIOR, J. J. da; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; BRUNO MONTOANI SILVA, B. M. E LIMA, P. T. Calibração de sondas de capacitância para determinação de umidade em latossolo vermelho distroférrico. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 743-755, 2013.

SILVA, T.G.F. da; ZOLNIER, S.; MOURA, M.S.B. de; CARMO, J.F.A. do; RIBEIRO, A. Fator de desacoplamento em um canal irrigado no submédio do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.849-857, 2012.

SOUZA, V. A. P.; SANTOS, M. R.; ARAÚJO, A. M.; COSTA, L. T.; DONATO, S. L. R. Sistema radicular da bananeira 'BRS Platina' sob níveis de irrigação e densidades de plantio. **Comunicata Scientiae**, v.12 , p.3605, 2021

SOUZA, D. F; PINTO, J. V. D. N; COSTA, D. L.; VIEIRA, I. C. D. O; SILVA, T. G; SOUZA, P. J. Controles biofísicos da evapotranspiração em cultivo de feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** , v. 23, n. 10, p.725-732, 2019.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington, DC: United States Department of Agriculture, **Natural Resources Conservation Service**; 2014.

TEIXEIRA, L. A. J., QUAGGIO, J.A., MELLIS E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 272-278, 2011.

TURNER, D. W.; FORTESCUE, J.A.; THOMAS, D.S. Environmental physiology of the bananas (*Musa spp.*). **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 463-484, 2007.

ULLOA CORTAZAR, S. M; WOLF, E. D.; ARMENDÁRIZ GONZÁLEZ, I. Effect of plant density on growth and yield in Barraganete plantain (*Musa paradisiaca* (L.) AAB cv. Curare enano) for a single harvest cutting in Provincia de Los Ríos, Ecuador. **Acta agronómica**, v. 66, n. 3, p. 367-372, 2017.

ZHANG, Z. et al. Advances and prospects: biotechnologically improving crop water use efficiency. **Critical reviews in biotechnology**, v. 31, n. 3, p. 281-293, 2011.