

**CONSIDERAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA
BANANEIRA**
(ECOPHYSIOLOGICAL CONSIDERATIONS AND BANANA MANAGEMENT
STRATEGIES)

Sérgio Luiz Rodrigues Donato¹, Alessandro de Magalhães Arantes¹, Eugênio Ferreira
Coelho², Maria Geralda Vilela Rodrigues³

RESUMO

Os processos de fotossíntese, transpiração, respiração, absorção de água, de nutrientes e o balanço hormonal da bananeira são interdependentes, influenciados pelas interações dos fatores água-solo-genótipo-atmosfera, determinam o crescimento, o desenvolvimento fenológico, a produtividade e são regulados pela interferência humana. O cultivo da bananeira no mundo abrange diferentes zonas climáticas, como trópicos úmidos, subtropicais frios e trópicos semiáridos, ambientes com predomínio de diferentes estresses abióticos que limitam a produtividade. Contudo, independentemente do tipo climático padrão da região de cultivo, as discussões atuais remetem para o predomínio de extremos e alterações climáticas que sugerem aumentos dos estresses de seca e calor. Acredita-se o que aumento da produção de banana em regiões mais sujeitas às variações climáticas, que apresentam estresses associados como hídrico, térmico, osmótico, de vento e de radiação demanda ações de melhoramento para obtenção de cultivares tolerantes, aliada à sintonia fina nas práticas de manejo que possibilitem construir soluções com maior especificidade no âmbito local, baseadas na interação homem-genótipo-ambiente. Assim, objetiva-se com o presente texto apresentar informações sobre ecofisiologia e estratégias de manejo da bananeira, para aumentar a segurança produtiva, a sustentabilidade e a resiliência do cultivo especialmente onde há desajuste entre a ambiência e o ótimo ecológico para a espécie.

Palavras-chave: Ambiente. Desenvolvimento fenológico. Estresses abióticos. Trocas gasosas. Estratégias de manejo.

ABSTRACT

Photosynthesis, transpiration, respiration, water absorption, nutrient and hormone balance processes banana are interdependent, influenced by the interactions of the factors water-soil-genotype-atmosphere, determine growth, phenological development, yield and are regulated by human interference. The banana growth in the world include different climate zones, such as the humid tropics, cold subtropics and semiarid tropics, environments with a predominance of different abiotic stresses that limit production. However, regardless of the climate type pattern of growth region,

¹ Eng^o Agr^o, D.Sc., ²Eng^o, Agr^o, M.Sc, Professor, Instituto Federal Baiano - Campus Guanambi, BA, Caixa Postal 009, CEP 46430-000. Correio eletrônico: sergio.donato@guanambi.ifbaiano.edu.br, alessandro.arantes@guanambi.ifbaiano.edu.br

² Eng^o Agrícola, Ph.D, Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura / Bolsista CNPq, Caixa Postal 007, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000. Correio eletrônico: eugenio.coelho@embrapa.br

³ Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesquisadora, Epamig Norte de Minas / Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, Nova Porteirinha, MG, CEP 39525-000. Correio eletrônico: magevr@epamig.br

current discussions refer to the predominance of extremes and climate change suggest increases in drought and heat stresses. The increase in banana production in most regions subject to climatic variations, which have associated stresses as drought, heat, osmotic, wind and radiation demand actions genetic improvement to obtain tolerant cultivars, combined with the fine tuning practices management that enable engineer solutions with greater local specificity, based on man-genotype-environment interaction. Thus, the aim is with this text report on physiological ecology and management strategies of the banana, to increase production security, sustainability and resilience of growth especially where there is imbalance between the ambience and the ecological optimal for the banana.

Key words: Environment. Phenological development. Abiotic stresses. Gas exchange. Management strategies.

INTRODUÇÃO

Ecofisiologia compreende o estudo do funcionamento, da adaptação e da eficiência de uma determinada espécie ou cultivar a um ambiente específico. Os processos de fotossíntese, transpiração, respiração, absorção de água, de nutrientes e o balanço hormonal da bananeira, como de qualquer vegetal, são interdependentes e influenciados pelas interações dos fatores água-solo-genótipo-atmosfera (Figura 1). Esses processos e fatores determinam o crescimento, o desenvolvimento fenológico (Figura 2) e a produtividade da bananeira, que também são regulados pela interferência humana.

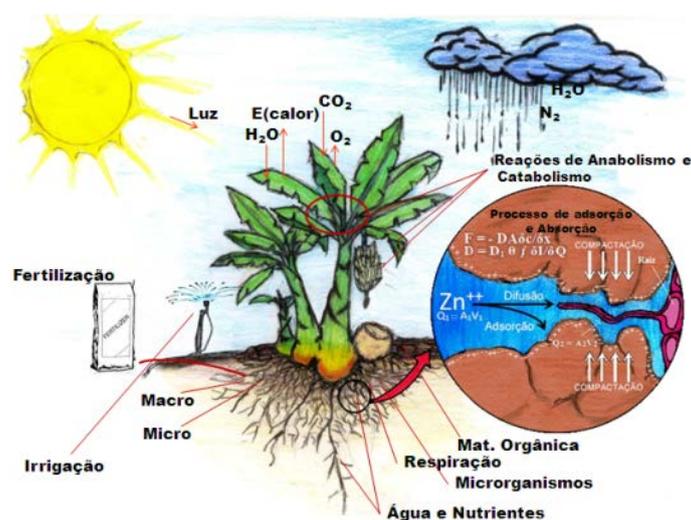


Figura 1 - Representação simplificada das interações solo-água-bananeira-atmosfera e fluxo difusivo de nutrientes no solo. Ilustração: Pedro Ricardo Rocha Marques

O cultivo da bananeira no mundo abrange diferentes zonas climáticas, como os trópicos úmidos, os subtropicais frios e os trópicos semiáridos. Em cada ambiente há predomínio, em algumas épocas do ano, de determinados estresses abióticos que limitam a produtividade vegetal, como temperaturas baixas, calor, excesso de umidade, falta de água, excesso de radiação e vento. Contudo, independentemente do tipo climático padrão da região de cultivo, as discussões atuais remetem para o predomínio de extremos e mudanças climáticas que sugerem aumentos dos

estresses de seca e calor. Essa situação poderá se agravar caso se confirmem as condições climáticas catastróficas previstas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – o IPCC, embora haja bastante discordância quanto às previsões. A despeito disso, há maior demanda de recursos hídricos decorrente do aumento populacional e do *modus vivendi* da sociedade globalizada atual. A limitação de água é um fenômeno universal e representa grande obstáculo na produção de banana (VANHOVE et al., 2012; RAVI et al., 2013; MUTHUSAMY et al., 2014; KISSEL et al., 2015), principalmente nas regiões semiáridas dos trópicos e subtropicais (SURENDAR et al., 2013), mais sujeitas às alterações climáticas. No Brasil, região semiárida é aquela cuja precipitação média anual é de até 800 mm e índice de aridez entre 0,2 e 0,5 calculado pelo balanço hídrico, condição em que se enquadram os principais polos produtores de banana do Nordeste brasileiro e do Norte de Minas Gerais.

Para Marengo et al. (2011), os cenários futuros de diferenças entre precipitação e evaporação (P-E), assim com os extremos de chuva, sugerem tendência de aumento na duração da deficiência hídrica (maior frequência de dias secos consecutivos) em praticamente todo o ano, no Nordeste do Brasil, isto é, tendência à “aridização” da região até o final do século XXI. As projeções dos extremos de temperatura sugerem, com alto grau de confiabilidade, um quadro de aumento nas temperaturas diurnas e noturnas, especialmente nessa região. Os autores discutem que as projeções sugerem redução intensa nos índices de chuva e aumento da temperatura da ordem de e 4 a 6 °C no semiárido, principalmente entre o Sul da Bahia e o Norte de Minas Gerais, o que afetaria sobremaneira a bananicultura dessa região.

Marengo et al. (2011) relatam em sua revisão, tendência de redução da precipitação nos últimos 40 anos para os estados do Ceará e Pernambuco, e tendência de aumento desta para os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Os autores expõem dados de postos meteorológicos na Bacia do Rio Pajeú, PE, e argumentam haver tendência de decréscimo na precipitação registrada em 1965 e 2004. Contudo, a tendência, por exemplo, para o Posto Meteorológico Carnaíba, foi baseada no ajuste de regressão linear com coeficiente de determinação ($r^2 = 0,10$) calculado a partir dos dados expostos no gráfico, que não permite identificar a citada tendência. Assim, Marengo et al. (2011) ponderam e concluem que a tendência de precipitação depende do período de tempo analisado, que não existe consenso sobre a existência de reduções sistemáticas de chuva na região semiárida brasileira nos últimos 60-70 anos, mas o que realmente existe são variações decadais.

De acordo com Souza et al. (2006), o teste mais adequado para definir a existência e mensuração de tendência é o teste de Mann-Kendall; para identificar a existência de ruptura de tendências, os testes t de Student e de Sem; e para localização desta na série, o teste de Pettitt. Independente das técnicas mais recomendadas para avaliar tendências, de forma semelhante à Marengo et al. (2011), foram ajustadas regressões para avaliar a tendência de precipitação para uma série de 33 anos no Perímetro Irrigado de Ceraíma, Guanambi, BA (Figura 1), e para uma série de 80 anos na Bacia do reservatório de Estreito, Perímetro Irrigado de Estreito, BA (Figura 2). Os dados expressam grande variabilidade, sem possibilidade de identificação de tendência de precipitação para quaisquer das séries analisadas. Os coeficientes de determinação ($r^2 = 0,0163$, na Figura 2; e $r^2 = 0,0024$, na Figura 3) são evidências que não há ajuste dos modelos aos dados, ou seja, não há tendência detectável nos dados.



VIII SIBANANA

Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura

8 a 12 de JUNHO de 2015

Parque de Exposições
Montes Claros-MG

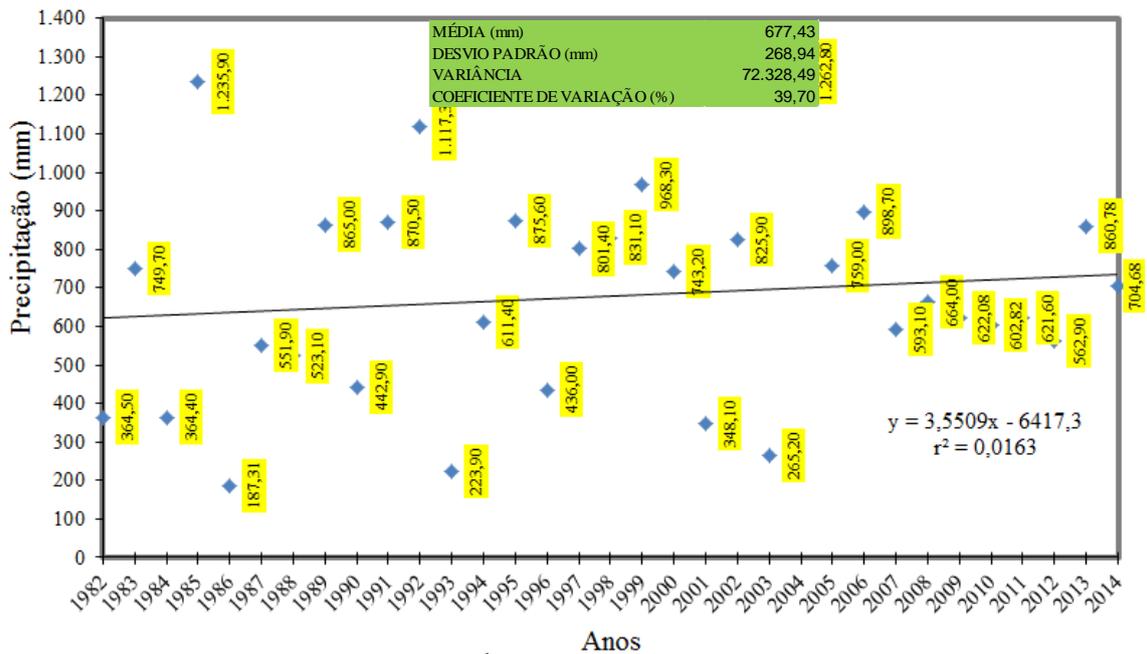


Figura 2 - Precipitações médias anuais (mm ano⁻¹) registradas no período de 1982-2014, no Perímetro Irrigado de Ceraíma.

FONTE: CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba – 2ª Superintendência Regional - Escritório Avançado de Guanambi – EGU – Posto Meteorológico de Ceraíma(1982-2007); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, BA, Estação Automática do IF Baiano, Perímetro Irrigado de Ceraíma (2008-2014).

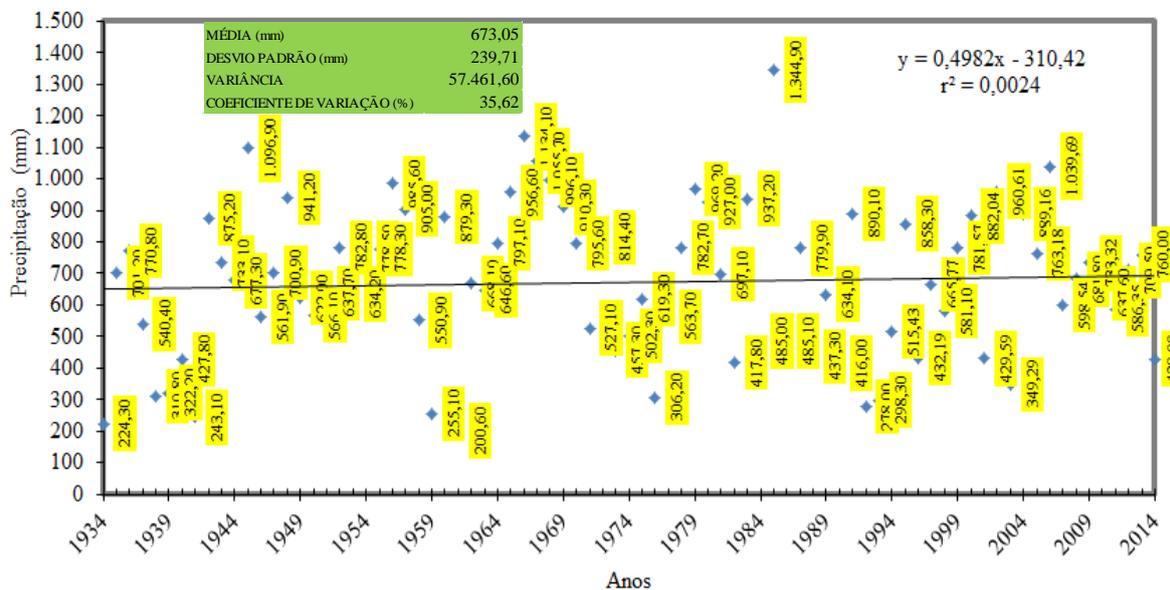


Figura 3 - Precipitações médias anuais (mm ano⁻¹) registradas no período de 1934-2014, nos reservatórios de Estreito e de Cova da Mandioca nos municípios de Espinosa, MG e Urandi, BA.

FONTE: IPH, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (1934 a 1993); INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, Estação Automática de Espinosa, MG, Código INMET: A543, Código: OMM 86695, Latitude: -14,91; Longitude: -42,81 (1994 a 2014). Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf

Sob simulação de mudanças climáticas, Gondim et al. (2011) estimaram a evapotranspiração de referência (ET_o) através de dados da temperatura média mensal da bacia do Rio Jaguaribe, no Ceará. Projetaram elevação na necessidade hídrica bruta média anual da cultura da bananeira para o

ano 2040 com relação às condições iniciais, de 1.989 mm para 2.536 mm e 2.491 mm (27,50 e 25,24%) para os cenários A2 e B2 (IPCC, 2001), elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, respectivamente.

A bananeira é exigente em água e sua produtividade tende a aumentar com a transpiração, que depende da disponibilidade de água no solo. Quando a bananeira é submetida à alta demanda evapotranspirométrica, típica dos meses mais quentes no semiárido, a sua transpiração excede a capacidade de absorção de água pelas raízes e a planta murcha temporariamente, mesmo com solo úmido. Robinson e Galán Saúco (2010) consideram essa aparente ineficiência, evidência da baixa tolerância da bananeira à seca e da necessidade de irrigação para produção comercial.

Ravi et al. (2013) argumentam que em face desse cenário, a despeito do grau de confiabilidade das projeções de aumento de estresses de seca e calor, o aumento da produção de banana é passível de viabilidade através de melhoria da tecnologia de produção e melhoramento varietal para ambientes limitados em água. Genótipos mais eficientes no uso da água apresentam melhoria das funções fisiológicas: ajuste osmótico, regulação estomática, relação fotossíntese/transpiração, 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 (ZHENG BIN et al., 2011), com menos água aplicada. Decorrente disso, a pesquisa vislumbrou o desenvolvimento de resistências/tolerâncias aos fatores de estresses abióticos. Contudo, não será instantaneamente que a genética clássica ou biotecnológica disponibilizará novas cultivares de bananeira, competitivas em produtividade e aceitas pelo mercado. Isso demanda pesquisadores que dominem as ferramentas de melhoramento, mas com elevada sensibilidade e persistência, com visão sistêmica, sustentada por planejamento, raciocínio lógico e conhecimento específico do ambiente, da espécie, do homem e do mercado, além de financiamento e estrutura.

Essas evidências são atestadas por Vanhove et al. (2012), grupo de cientistas da Division of Crop Biotechnics, Faculty of Bioscience Engineering, Catholic University Leuven e do Bioversity International Transit Centre, ITC, Bélgica, que afirmam haver necessidade de pesquisas para compreensão dos mecanismos de tolerância à seca, triagem de variedades de bananeiras tolerantes à seca, produtivas e com melhor eficiência do uso da água. Os autores argumentam que apesar da importância socioeconômica mundial das bananas e plátanos, e da água ser o fator abiótico mais limitante à sua produção, essas pesquisas ainda são incipientes e o seu estado atual da arte na biodiversidade da Coleção Internacional de Germoplasma de *Musa* do ITC, com mais de 1.200 acessos, caracteriza-se por triagens para determinação de indicadores morfológicos, bioquímicos e moleculares para tolerâncias aos estresses abióticos.

Independente da controvérsia desse assunto, a bananeira no ambiente está quase sempre sob estresse, deslocada do seu ótimo fisiológico, portanto, o entendimento das adaptações de genótipos de bananeira às condições de estresses ambientais, do solo e ou do clima, pode fomentar a interferência humana para aumentar a segurança produtiva, a sustentabilidade e a resiliência do cultivo. Isso envolve atuação nos programas de melhoramento genético, clássico ou baseado na biotecnologia, para o desenvolvimento de cultivares com maior tolerância a esses estresses (RAVI et al., 2013), e direcionar o gerenciamento nas áreas de produção para a adoção de estratégias de manejo baseadas nas especificidades e interações locais.

Assim, objetiva-se com o presente texto apresentar algumas informações sobre ecofisiologia e estratégias de manejo da bananeira, especialmente para condições semiáridas.

DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO E ESTRATÉGIAS DE MANEJO NA PRODUÇÃO DE BANANA

De forma geral, como é corrente na literatura sobre bananeira, o seu ciclo de desenvolvimento compreende quatro fases, que duram cerca de 90 a 100 dias cada (Figura 4), a depender da cultivar e das condições ambientais e de manejo. No ciclo de produção da planta mãe, a primeira fase, denominada infantil, que se estende do pegamento até o surgimento da primeira folha com 10 cm de largura de limbo, F10 (SOTO BALLESTERO, 2008), a bananeira tem crescimento lento. Nos ciclos posteriores, nessa fase, o rebento depende da planta-mãe e quanto maior o tempo dessa dependência, maior o período em que o filho apresentará folhas lanceoladas por inibição hormonal da planta-mãe, e, conseqüentemente, mais desenvolvida e melhor a produção da planta-filha. A fase juvenil, de crescimento rápido, compreende o período entre o aparecimento da folha F10 e a emergência da primeira folha adulta típica da cultivar, Fm, que corresponde à diferenciação floral e à independência da planta-filha. É nesse estágio de desenvolvimento fenológico que as taxas de crescimento do pseudocaulo e de emissão foliar são máximas (Figura 5), por exemplo, 5,0 folhas mês⁻¹ para a ‘Prata-Anã’ (Figura 5D), ocorre 120-150 dias após o transplântio, DAT. Nesse estágio é crucial a interferência do agricultor com irrigação e adubação, para assegurar o aumento do ritmo de emissão foliar e favorecer a emissão de uma inflorescência com muitas pencas e frutos, já que a quantidade de flores femininas definida na diferenciação floral é proporcional às folhas lançadas na fase juvenil (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010). A terceira fase, reprodutiva, mas vegetativa aparente, dura entre a diferenciação floral e o aparecimento da inflorescência, F. A partir da emergência do cacho, fase reprodutiva, com duração de 90 dias em média para a colheita de cultivares tipo *Cavendish* ou 120 dias para cultivares tipo Prata, a planta-mãe paralisa a emissão de raízes e folhas e os filhos passam a contribuir mais com absorção de água e nutrientes. A retirada de folhas velhas, sombreadas, quebradas, com lesões de sigatocas deve ter atenção especial a partir do florescimento, pois podem constituir-se em drenos, além de dificultar a refrigeração do bananal e afetar a eficiência instantânea de uso da água.

O conhecimento da dinâmica das relações fonte–dreno entre órgãos, ao longo do ciclo de desenvolvimento da bananeira, possibilita o manejo eficiente para diminuir a competição entre os diferentes órgãos por assimilados, em períodos críticos. Na primeira fase há acúmulo de matéria seca na folha, dreno preferencial. Na segunda fase o pseudocaulo passa a ser o dreno principal, pois apresenta grande desenvolvimento estrutural para suportar o cacho. Na terceira fase e no início da quarta fase a matéria seca é alocada para o rizoma e filhos jovens, e após o florescimento é realocada simultaneamente para o desenvolvimento do cacho e para o seguidor selecionado. No momento da colheita o cacho representa 33% de toda a matéria seca da planta, como constatado para ‘Williams’ (AAA) em condição subtropical (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010), e 50% para ‘Valery’ e ‘Grande Naine’ (AAA) (MARTÍNEZ ACOSTA; CAYÓN SALINAS, 2011) nos trópicos úmidos. Em síntese, durante a fase vegetativa os principais drenos são a folha, o pseudocaulo e o rizoma, e após o florescimento é o cacho.

Martínez Acosta e Cayón Salinas (2011) constataram, em região de bosque úmido tropical



VIII SIBANANA

Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura

8 a 12 de JUNHO de 2015

Parque de Exposições
Montes Claros-MG

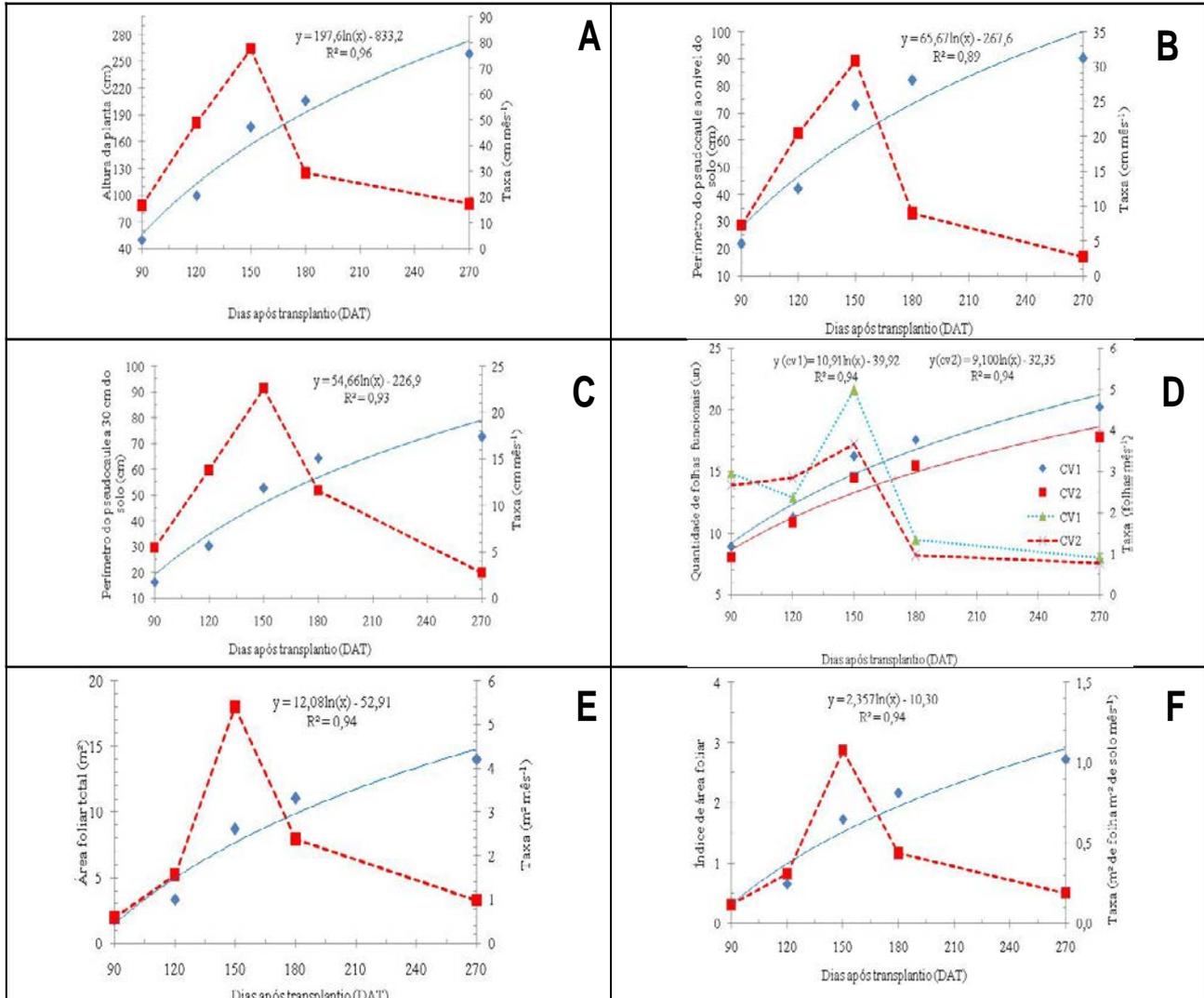


Figura 5- Altura da planta (A), perímetro do pseudocaule ao nível do solo (B) e a 30 cm do solo (C), quantidade de folhas funcionais (D), área foliar total (E), índice de área foliar (F) e suas respectivas taxas em bananeiras 'Prata-Anã' e 'BRS Platina', em função de dias após o transplântio. 20/08/2012-20/03/2013, Guanambi, BA. NOTA: CV1 - Prata-Anã; CV2 - BRS Platina.

A prática de desbaste é essencial para assegurar a continuidade e equilibrar as relações fonte-dreno na família e no bananal, o que sugere que seja realizada em época próxima à diferenciação floral. Dessa maneira, o pico de dreno de assimilados do seguidor coincide com o do rizoma. O filho passa a ser independente e não compete diretamente com o cacho. A remoção do excesso de netos nesse momento diminui a competição posterior com o cacho, além de assegurar a sincronia na família no momento da colheita (Figura 6A), sem risco de atraso nos ciclos posteriores (Figura 6B).



Figura 6 - Família de bananeira Prata em primeiro ciclo de produção: A) sincronia normal, B) família sem sincronia. Fotos: A) Sérgio Luiz Rodrigues Donato; B) Alessandro de Magalhães Arantes.

A altitude, a temperatura, a disponibilidade de água e de nutrientes influenciam na duração e na plasticidade do desenvolvimento fenológico da bananeira (TAULYA et al., 2014). Esses autores estimaram a idade fisiológica das bananeiras de terras altas do leste africano (*Musaacuminata* AAA-EA) em ensaios de campo no Kawanda (Uganda central) e Ntungamo (sudoeste de Uganda) a partir registros de temperaturas diárias. Os autores constaram que a idade fisiológica durante a floração foi conseguida com 739 °C dias em Kawanda comparada com a que está em Ntungamo cuja idade cronológica na floração foi, por sua vez 51 dias depois. Em ambos os locais uma razão de massa seca foliar de 1,5 kg por planta foi necessária para a floração. Maiores taxas de crescimento absoluto e de assimilação líquida, promovidas por condições de chuva, suprimento de K e temperaturas mais baixas habilitam as plantas de Ntungamo para atingir a massa seca total mais cedo do que as que estão em Kawanda, daí a plasticidade fenotípica na idade de floração. Taxa de assimilação líquida contribuiu, com pelo menos, 90% de aumento na taxa de crescimento relativo devido a condições de umidade em ambos os locais. A contribuição da taxa de assimilação líquida

para aumento da taxa de crescimento relativo em resposta a K em Kawanda foi reduzida para 38%, enquanto que para área foliar específica aumentou para 49%. Taxa de assimilação líquida contribui mais para a taxa de crescimento relativo e área foliar específica de bananeiras de terras altas, exceto quando as condições de calor reduzem a taxa de assimilação líquida.

ÁGUA, TEMPERATURA, VENTO, RADIAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE MANEJO NA PRODUÇÃO DE BANANA

Bananeira é uma planta hidrófita, considerada muito sensível ao déficit hídrico no solo e responsiva à irrigação, por isso a água é o fator abiótico mais limitante à sua produção (TURNER; FORTESCUE; THOMAS, 2007; VANHOVE et al., 2012; MUTHUSAMY et al., 2014; KISSEL et al., 2015). Em condições de déficit hídrico do solo ou de seca da atmosfera a bananeira aumenta a síntese do hormônio ácido abscísico (ABA) nas raízes (MAHOUACHI; LÓPEZ-CLIMENT; GÓMEZ-CADENAS, 2014), transporta até a parte aérea via xilema e provoca o fechamento estomático (Figura 7). Esse mecanismo de adaptação ao estresse conserva a água na planta, mas interfere na assimilação de CO₂ (MAHOUACHI, 2009) e, conseqüentemente, na produtividade. A compactação solo também pode influenciar o aumento da síntese de ABA, pois diminui o transporte de água deste até as raízes, além de restringir o crescimento radicular.

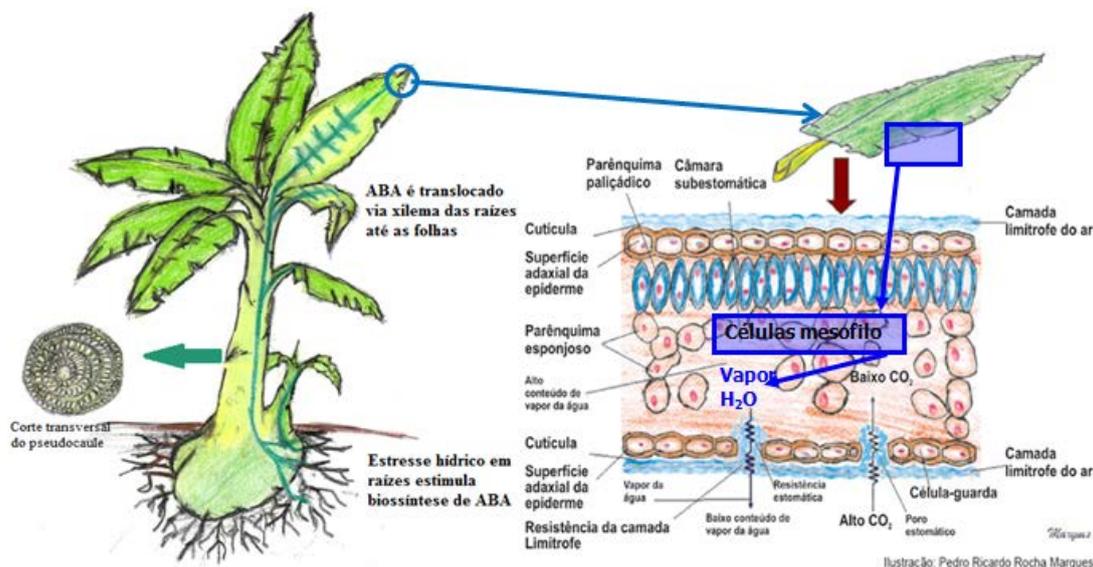


Figura 7- Representação da absorção e trajetória da água na bananeira, trocas gasosas e resistências à difusão de vapor d'água e CO₂ ao longo dos seus gradientes de concentração.

Ilustração: Pedro Ricardo Rocha Marques

Mahouachi, López-Climent e Gómez-Cadenas (2014) constataram incremento nos níveis dos hormônios ácido abscísico (ABA), ácido-3-indol-acético (AIA), ácido ferúlico (AF) e ácido cinâmico (AC) e aumento transitório de ácido salicílico (AC) e ausência de alterações em ácido jasmônico (AJ) em bananeiras 'Grande Naine' (AAA) plantadas em vasos, após períodos de exposição crescente a estresse hídrico com duração de nove, 14, 25, 34, 45 e 57 dias, com posterior reidratação por duas semanas entre cada período. Os autores sugerem, com base nos resultados, que o envolvimento de hormônios e ácidos hidroxicinâmicos podem evitar a desidratação dos tecidos

das plantas, que o aumento da concentração de AIA pode aliviar ou retardar a senescência das folhas e manter o alongamento das células; que a acumulação de ácido felúricos e cinâmicos podem desempenhar papel importante na fotoproteção através do dobramento da folha, um mecanismo morfológico de defesa aos estresses hídrico, térmico e de radiação, o movimento da banda pulvinular, contribuindo com o efeito do ABA na indução do fechamento estomático.

É corrente na literatura, e senso comum, que a escassez de água é o fator abiótico mais limitante à agricultura no presente, com tendência de agravamento no futuro, embora pela sua complexidade não haja uma definição clara e conclusiva sobre seca, como há sobre temperatura. Contudo, esse quadro demanda a obtenção de cultivares com maior tolerância a estresses abióticos, selecionadas com base em indicadores que reflitam a intensidade do estresse (KISSEL et al., 2015). Para Ravi et al. (2013) o aumento da produção de banana em regiões semiáridas dos trópicos e subtropicais mais sujeitas às alterações climáticas, que apresentam estresses associados como hídrico, térmico, osmótico e de radiação, demanda, além de sintonia fina nas práticas de manejo, ações de melhoramento para obtenção de cultivares tolerantes a esses estresses. Isto perpassa a identificação de características que conferem tolerância à seca em diferentes genótipos de bananeira. Uma dessas características é a Eficiência de transpiração (ET), que expressa o acúmulo de matéria seca por unidade de água transpirada e, frequentemente, alta ET é associada a crescimento lento. Kissel et al. (2015) conduziram seis cultivares triploides de bananeira em condições de déficit hídrico e bem irrigada, e constataram aumento de ET para todas as cultivares quando estressadas, com diferenças genotípicas claras, sendo ‘Kayinja’ (ABB) e ‘Sukali Ndizi’ (AAB) mais eficientes, e a cultivar de Terras Altas do Leste Africano ‘Mpologoma’ (AAA), menos eficiente. Também observaram que seleção para alta ET não levou à seleção de crescimento lento quando as plantas foram bem irrigadas ou em condições de estresse suaves, podendo as cultivares de alta ET apresentarem bom rendimento em condições bem irrigadas e de déficit hídrico.

Apesar das bananeiras serem bastante sensíveis à seca, genótipos de genoma “B” são mais tolerantes a estresses abióticos que aquelas baseadas unicamente em genoma “A”. Em particular, bananas com genomas "ABB" são mais tolerantes à seca e outros estresses abióticos do que outros genótipos (VANHOVE et al., 2012). Assim, os programas de melhoramento genético, clássico ou baseado na biotecnologia moderna, devem ter um adequado plano de fenotipagem como pré-requisito para melhorar características direcionadas a esses estresses. O uso da transgenia para transferência de genes de tolerância à seca, de outras espécies cultivadas para bananeira, pode representar uma saída racional. Manutenção da condutância estomática, da estabilidade da membrana celular, da taxa de emissão de folhas, diminuição da taxa de senescência foliar e produção de cachos sob déficit hídrico do solo são características associadas com tolerância à seca. Ravi et al. (2013) argumentam que à luz dos conhecimentos recentes gerados pelo projeto de sequenciamento do genoma de *Musa*, os biólogos moleculares devem ter interesse no desenvolvimento de marcadores moleculares para resistência à seca.

A menor tolerância das cultivares tipo *Cavendish* e *Gros Michel* à redução da disponibilidade de água no solo pode está associada ao seu genoma (AAA) e ao seu elevado potencial produtivo, o que corrobora com a informação clássica na literatura que a presença do genoma B, de *Musa balbisiana*, confere maior tolerância ao estresse de seca do que o genoma A, de *Musa acuminata*. Lucena (2013) constatou que a ‘FHIA-23’ (*Gros Michel*, AAAA) expressou

maior suscetibilidade à redução de disponibilidade de água de irrigação, em comparação à 'Prata-Anã' (AAB), 'BRS Platina' e 'BRS Tropical' (AAAB). A identificação de seis isoformas de aquaporinas, proteínas que formam canais seletivos à passagem da água através da membrana, em 'Cachaco' (ABB), contribui para explicar a maior tolerância à seca desse genótipo em comparação com outras cultivares (VANHOVE et al., 2012). Em adição, os genótipos AAA são mais lentos para sinalizarem a falta de água, pois parecem menos sensíveis à síntese do hormônio ácido abscísico sob estresse hídrico. Por outro lado, cultivares tetraploides 'BRS Tropical', 'BRS Princesa' e 'BRS Platina' (AAAB) parecem possuir maior tolerância à seca, quando comparado a triploides AAB, como 'Prata-Anã'.

Estresses primários, como seca, salinidade, frio e calor, são frequentemente interligados, causam danos celulares e estresses secundários, como osmóticos e oxidativos. Os sinais iniciais de estresse (efeitos osmóticos e iônicos, mudança de temperatura ou da fluidez da membrana) ativam processos posteriores, sinalizando o controle da transcrição a qual ativa os mecanismos responsivos aos estresses para restabelecer a homeóstase, proteger e reparar proteínas e membranas danificadas (WANG; VINOUCUR; ALTMAN 2003). Estresses abióticos são acompanhados pela formação de ROS, espécies reativas de oxigênio, radicais livres (O_2^- , H_2O_2 , e OH^\cdot), os quais produzem danos em membranas. A resposta de choque térmico é uma reação causada por exposição de tecidos, organismos ou células a estresses de temperaturas altas ou baixas, com variações súbitas da ordem de 5 °C a 10 °C. A forma mais efetiva de proteção ao calor é caracterizada pela expressão de proteínas específicas de choque térmico, sintetizadas pelas plantas (HSPs). Vanhove et al. (2015) identificaram perfis da dinâmica de distribuição de bandas de proteínas HSP70 em raízes de bananeiras 'Cachaco' *in vitro* de (ABB, ITC0643) após exposição à 0, 1,4e 14 dias de estresse osmótico. Algumas cultivares de bananeira possuem mecanismos de regulação térmica, por exemplo, respostas de termo tolerância induzida e proteínas chaperonas (HENRY et al., 2011), HSPse síntese de ABA (SANTOS et al., 2005), identificados também em *M. acuminata* ssp. *Burmannicoides* var. *Calcutá 4* (AA).

As respostas das plantas ao estresse hídrico são reguladas na transcrição e pós-transcrição. Como reguladores pós-transcricional tem-se os microRNAs (miRNAs) que regulam a expressão gênica durante o estresse hídrico (MUTHUSAMY et al., 2014). Esses autores identificaram miRNAs responsivo à seca e estudaram a sua expressão numa cultivar de bananeira considerada tolerante à seca (Saba) submetida ao estresse de umidade do solo. Os resultados sugeriram que miR169, miR156 e miR2118 foram regulados durante o déficit de umidade do solo, e também que miR169, teve a função de transcrição indireta na regulação da expressão gênica de proteínas dehidrina e de aquaporina, sendo que o gene para aquaporina exibiu maior expressão em comparação com dehidrina em bananeira durante estresse hídrico. Shekhawat, Srinivas e Ganapathi (2011) detectaram, em bananeiras nativas, síntese de SK(3) dehidrina, *Musa DHN-1*, tipo de proteína altamente hidrofílica envolvida em funções adaptativas em resposta a condições de estresses abióticos, como seca, salinidade, frio, estresse oxidativo e metais pesados, bem como moléculas de sinalização, como o ácido abscísico, jasmonato de metilo e etileno. Esses autores relataram a geração de bananeiras transgênicas fenotipicamente normais que superexpressaram *Musa DHN-1*, tanto *in vitro* quanto *ex vitro*, exibindo maior tolerância à seca e à salinidade, reforçada também pelo maior acúmulo de prolina e redução dos níveis de malondialdeído, como

mecanismos de ajuste osmótico.

Rastaji et al. (2015) relatam transformação eficiente, rápida e reprodutível mediada por *Agrobacterium* e regeneração de uma cultivar de bananeira indiana local [*M. acuminata* cv. Matti (AA)]. Os autores conseguiram a recuperação de mudas transgênicas bem estabelecidas em menos de cinco meses que podem ser facilmente aclimatizadas em casa de vegetação. Os transgênicos foram fenotipicamente semelhantes às plantas não transformadas. As plantas transgênicas com superexpressão de gene da proteína classe 10 relacionada à patogênese de salinidade induzida de *Arachis hypogaea* (*AhSIPR10*) em bananeira cv. Matti (AA) apresentaram melhor eficiência fotossintética e menos dano à membrana na presença de NaCl e manitol em comparação com plantas não transformadas, sugerindo o papel de *AhSIPR10* em conferir melhor tolerância aos estresses salino e de seca.

A identificação da tolerância de genótipos aos fatores de estresses ambientais demanda estudos *in vitro* e em campo, em diferentes ecossistemas. Estudos de campo revelam os efeitos integrados das condições ambientais sobre a fisiologia das bananeiras, portanto correlações entre essas respostas e os fatores climáticos indicam tendências, visto que há influência de fatores não controlados. Maior precisão nas associações entre trocas gasosas e fatores climáticos é obtida em ambientes com condições controladas (CABRERA; GÁLAN SAÚCO, 2005). Não obstante, Vanhove et al. (2012) argumentam que experimentos conduzidos *in vitro* e em casa de vegetação aumentam o controle experimental, contudo têm menor relevância fisiológica comparado à estudos de campo (Figura 8), pois estes se aproximam mais das condições agrícolas, o que possibilita maior especificidade no âmbito local, possibilitando construir soluções locais.

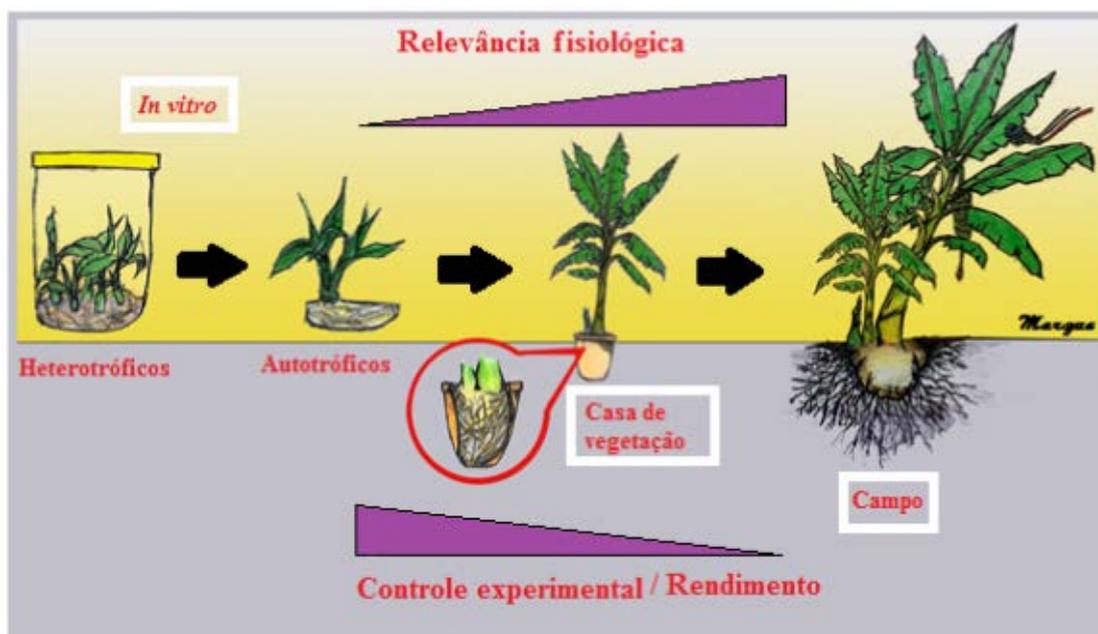


Figura 8 – Visão geral da relevância fisiológica e do controle experimental em experimentos com bananeira

FONTE: Adaptado e modificado de Vanhove et al. (2012).

Ilustração: Pedro Ricardo Rocha Marques

A disponibilidade de água e nutrientes no solo está relacionada às trocas gasosas e ao

crescimento e desenvolvimento da bananeira, como argumentado repetidas vezes na literatura em geral. Quaisquer medidas em plantas devem ser corroboradas com medições da umidade do solo e de condições atmosféricas (MAHOUACHI; LÓPEZ-CLIMENT; GÓMEZ-CADENAS, 2014). Em condições semiáridas do norte de Minas Gerais a taxa de assimilação líquida de CO₂ e a eficiência de carboxilação da ‘Prata-Anã’ (AAB) variaram de forma direta com o aumento da disponibilidade de água no solo proporcionado pelo aumento da lâmina de irrigação aplicada (Figuras 9A, 9B). De modo semelhante, a taxa de transpiração variou de forma direta com o aumento da lâmina de irrigação aplicada para cultivares de diferentes grupos genômicos Prata-Anã (AAB), Grande Naine (AAA), BRS Princesa, BRS Platina e FHIA-18 (AAAB) (Figura 10).

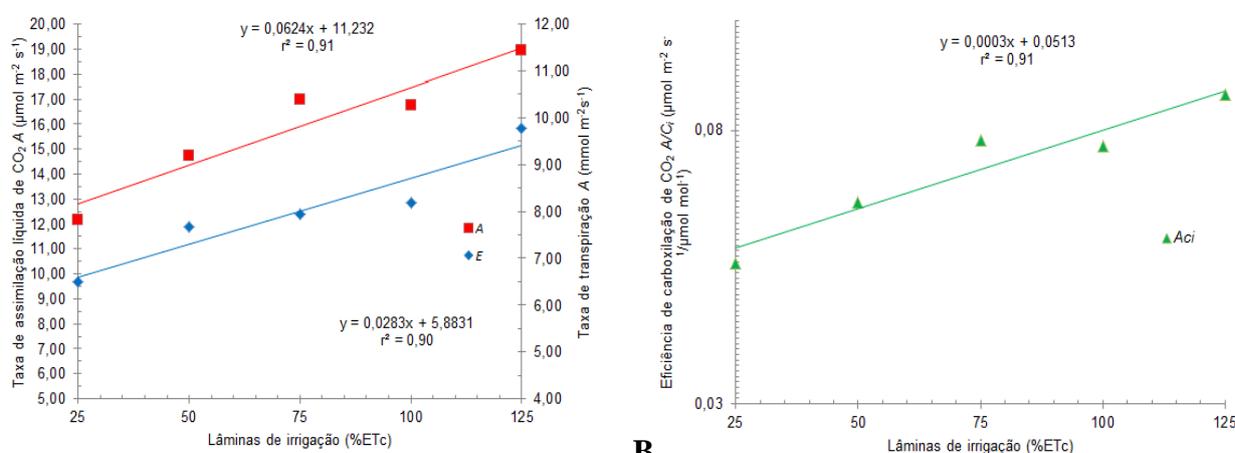


Figura 9 - (A) Taxas de assimilação líquida de CO₂, A; e de transpiração, E; e (B) Eficiência de carboxilação A/C_i da cultivar Prata-Anã em função da lâmina de irrigação (%ETc) entre maio e novembro de 2011. Nova Porteirinha, MG. Nota: mensurações realizadas às 14:00.

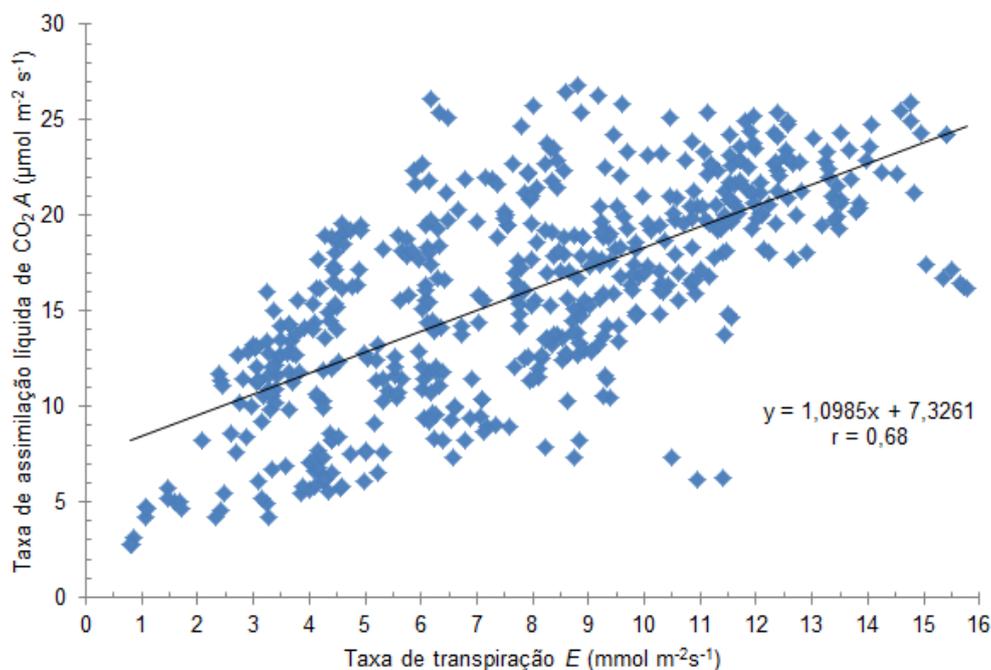


Figura 10 - Correlação entre taxas de assimilação líquida de CO₂, A; e de transpiração, E, das cultivares Prata-Anã, Grande Naine, BRS Princesa, BRS Platina e FHIA-18, submetidas à lâminas de irrigação variando de 25 à 125% ETc,

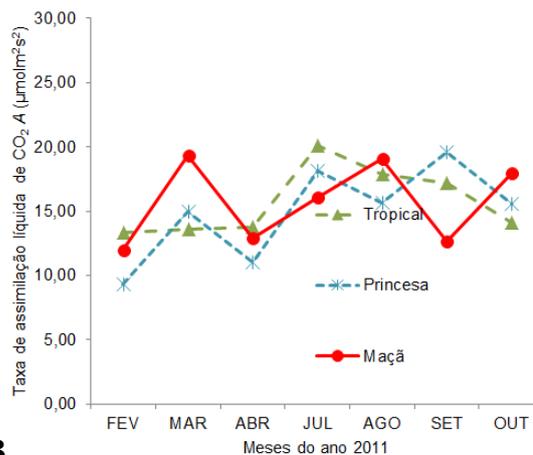
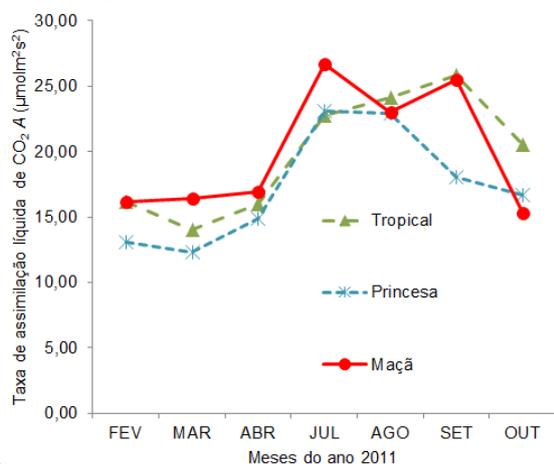
entre maio e novembro de 2011. Nova Porteirinha, MG

Nota: mensurações realizadas às 14:00.

Esses resultados atestam que em bananeira sob inadequado suprimento de água, os decréscimos na fotossíntese (Figura 9A) e na eficiência de carboxilação (Figura 9B) estão associados inicialmente à restrição estomática à entrada de CO₂, o que é evidenciado pela diminuição da transpiração com decréscimo da lâmina aplicada. Estresses hídricos moderados aumentam a síntese de ácido abscísico (MAHOUACHI; LÓPEZ-CLIMENT; GÓMEZ-CADENAS, 2014) e induzem o fechamento estomático. A diminuição de CO₂ no sítio da rubisco por fechamento estomático causado pelo estresse hídrico ou problemas no sistema enzimático como desnaturação de proteínas, rompimento de membranas em razão de aumento excessivo de temperatura causam modificações nas constantes cinéticas da rubisco e aumenta a taxa de oxigenação, preferencialmente à carboxilação, aumenta a fotorrespiração e decresce a fotossíntese.

A literatura indica os limites térmicos ótimos para o cultivo da bananeira entre 15 e 38 °C, com alguma variação. Robinson e Galán Saúco (2010) compilaram os limites térmicos para crescimento e desenvolvimento da bananeira. Esses autores indicam que a emissão foliar é paralisada abaixo de 16 °C; a temperatura ótima para o crescimento e iniciação floral é de 22 °C; a temperatura ótima para taxa de emergência foliar é em torno de 31 °C; a temperatura média ótima para o equilíbrio entre emissão foliar e fotossíntese líquida é de 27 °C; temperatura de 34 °C indica início de estresse térmico à tarde; com 38 °C o crescimento é paralisado e ocorre estresse por temperatura elevada, os estômatos podem fechar, a planta pode murchar e superaquecer; com 40 °C de temperatura ambiente a temperatura da folha pode se aproximar do ponto de dano termal, de 47,5 °C. Ocorrência de temperatura mínima média mensal abaixo de 9 °C, ou a média de temperatura mensal de 14 °C, prejudica a assimilação de matéria seca, paralisa a emergência foliar e trava a planta; e a temperatura base, ou zero vegetativo para bananeiras, é 10 °C para os subtropicais e 13 °C para os tropicais.

Esses dados estabelecem as temperaturas limitantes, infra e supraótimas, e formam a base para estimar a produção potencial da bananeira, desde que os demais fatores de produção estejam no ótimo. Essas informações são genéricas para bananeiras de diferentes grupos genômicos, embora a maioria das observações refira-se a cultivares tipo *Cavendish* (AAA). As taxas de fotossíntese líquida mensuradas nas cultivares Maçã (AAB), BRS Tropical e BRS Princesa (AAAB) ilustram a sua variação em função da temperatura, de acordo com os limites sugeridos pela literatura. As taxas de assimilação líquida de CO₂ variaram de 12 a 27 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 8:00 (Figura 11A), e de 8 a 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 14:00 (Figura 11B). Os maiores valores registrados às 8:00 comparados àqueles obtidos às 14:00, decorrem das temperaturas mais favoráveis no período da manhã. As menores taxas de fotossíntese líquida registradas para as cultivares às 8:00 (Figura 11A) coincide com os valores de temperaturas acima de 34 °C, limite para o início do estresse térmico, constatados nos meses de fevereiro, agosto, setembro e outubro de 2011 (Figura 12).



A

B

Figura 11-Taxas de assimilação líquida de CO₂, A, das cultivares de bananeira Maçã, BRS Tropical e BRS Princesa, mensuradas às 8:00 h (A) e às 14:00 h (B). Guanambi, BA, 2011.

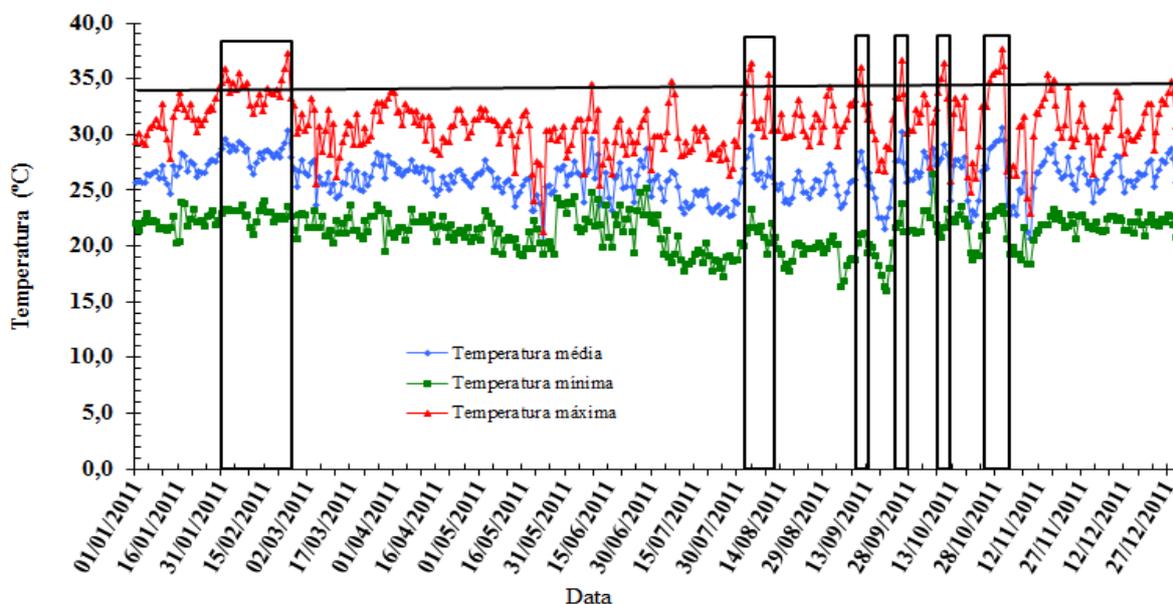


Figura 12- Temperaturas média, máxima e mínima registradas durante o ano de 2011.

FONTE: Estação Meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, BA.

Há associação linear inversa e direta entre temperatura do ar com eficiência instantânea de uso da água e com transpiração, respectivamente, para bananeira. Do mesmo modo, essas relações ocorrem com a temperatura da folha da bananeira, pois esta depende da temperatura do ar e como argumentam Donato et al. (2013) aumento da temperatura foliar reduz a EUA, mesmo com lâminas de irrigação adequadas. A Figura 13A, C e E, ilustra a variação linear inversa entre a eficiência instantânea de uso da água ou eficiência de uso da água da folha, *EUA*, (razão entre fotossíntese e transpiração, A/E) com a temperatura da folha, T_{leaf} , e a Figura 13B, D e F, a associação linear crescente entre a taxa de transpiração, *E*, e a temperatura foliar, T_{leaf} em cultivares Maravilha, BRS FHIA-18, FHIA-18, BRS Platina, Prata-Anã e JV42-135 (ARANTES, 2014). Esse autor encontrou associação direta entre a taxa de transpiração e a temperatura da folha de bananeiras tipo Prata (Figura 14). Os dados sugerem que o declínio da eficiência de uso da água decorre mais de

alterações no sistema enzimático, decrescendo a eficiência de carboxilação, do que da restrição estomática à entrada de CO₂, pois a transpiração aumenta.

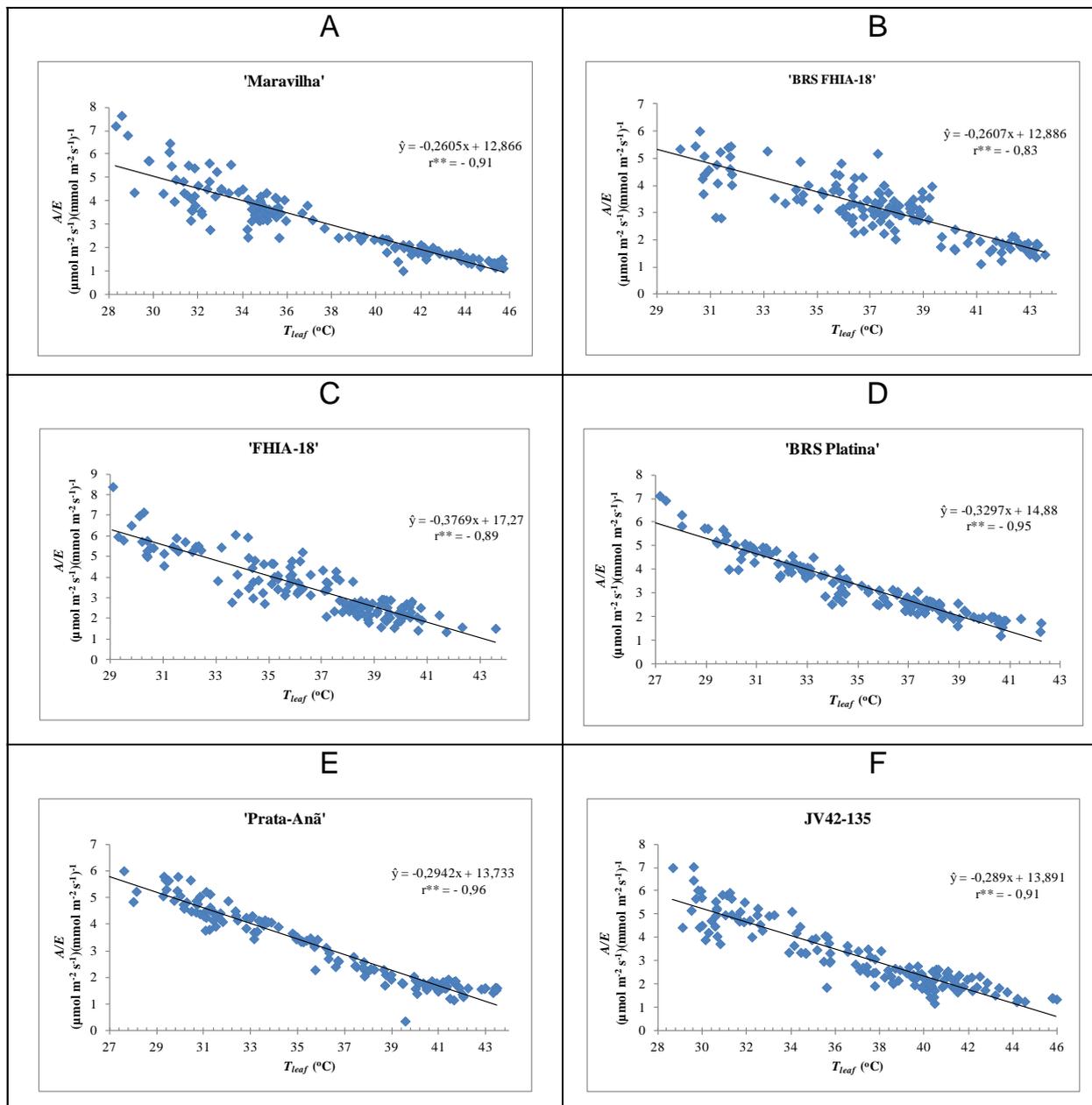


Figura 13 - Correlação entre a eficiência instantânea do uso da água A/E ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)/($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹ e a temperatura foliar T_{Leaf} (°C) avaliadas na terceira folha de bananeiras tipo Prata, no primeiro e segundo ciclo de produção em Guanambi, BA, 2010-2012.

NOTA: Dados derivados de dois horários (8:00 h e 14:00 h) e 14 meses de mensuração.

FONTE: Arantes (2014)

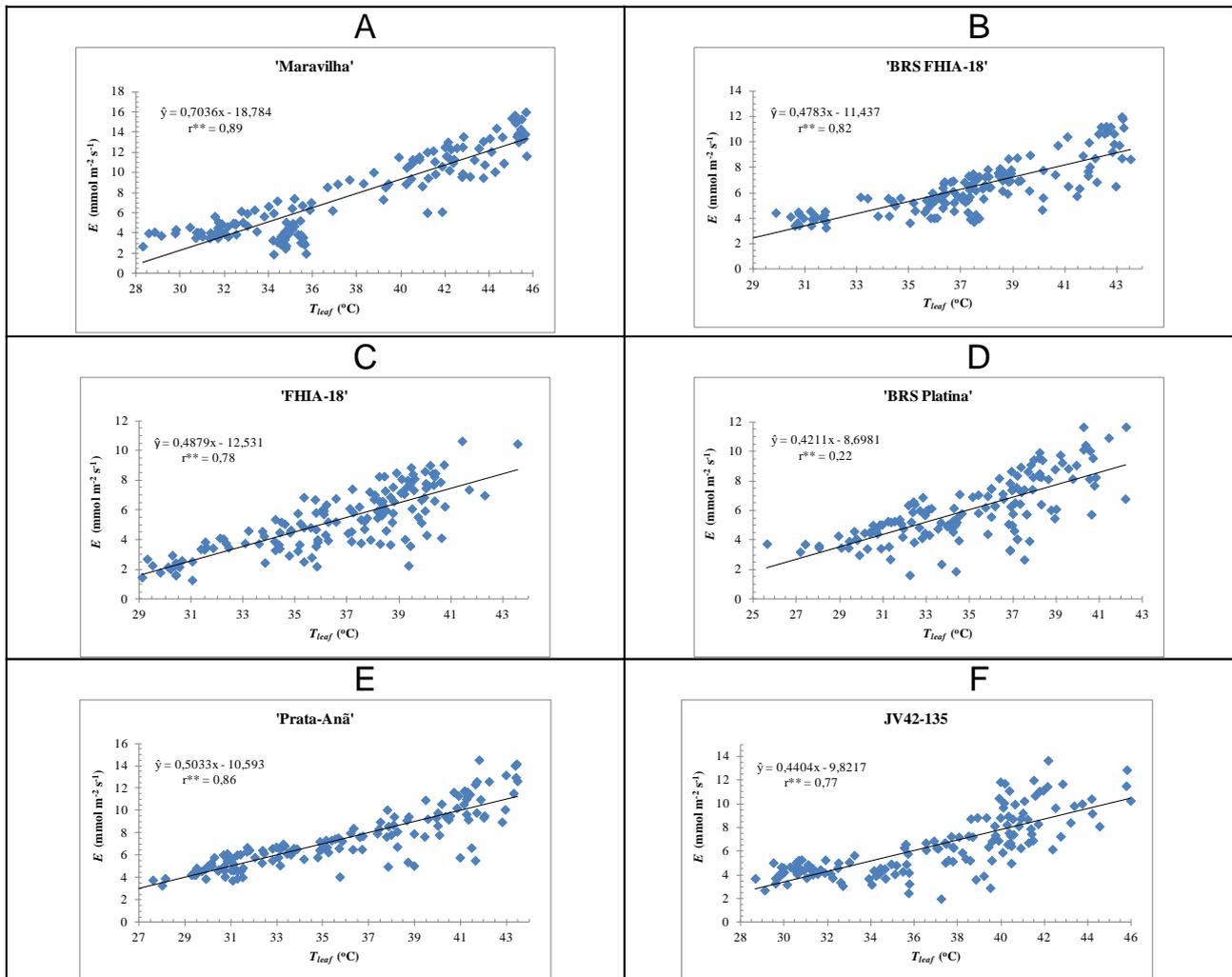


Figura 14 - Correlação entre a taxa de transpiração, E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e a temperatura foliar, T_{Leaf} ($^{\circ}\text{C}$), avaliadas na terceira folha de bananeiras tipo Prata, no primeiro e segundo ciclo de produção. Guanambi BA, 2010-2012.

NOTA: Dados derivados de dois horários (8:00 h e 14:00 h) e 14 meses de mensuração.

FONTE: Arantes (2014)

Dessa forma, cultivos de bananeira em regiões semiáridas dos trópicos e subtropicais mais sujeitas às alterações climáticas, com predomínio de estresses associados, por exemplo, hídrico, térmico, vento e radiação, principalmente em determinadas épocas do ano (DONATO et al., 2013) em que há desajuste entre a ambiência e o ótimo ecológico para a espécie, requer estratégias de manejo que minimizem danos à produtividade. Aumento de densidade de plantio, desfolha, manejo do pseudocaule e da palhada, adubação orgânica, manejo e sistemas adequados de irrigação, são exemplos dessas práticas. Adicionalmente, em casos de mercados que remuneram mais a produção ou de estresses mais extremos, é possível a adoção de técnicas de cultivo protegido utilizadas em outros locais, como nas Ilhas Canárias, Turquia e Israel (CABRERA; GALÁN SAÚCO, 2005).

Nesses ambientes a irrigação manejada em função das variações da evapotranspiração, os sistemas de irrigação que possibilitem maior refrigeração da planta através da troca de calor sensível, como microaspersão (Figura 15A), que também proporciona maior distribuição do sistema radicular, com mais raízes finas, relacionadas à absorção de água e nutrientes (SANT'ANA et al., 2012), favorecem o crescimento e o desenvolvimento da planta. Isso é determinante em condições de estresse térmico, pois mesmo com aporte da lâmina de irrigação adequada, sistemas que aplicam água diretamente no solo, como gotejamento, favorecem menos a refrigeração da planta, o que pode afetar as trocas gasosas (ARANTES, 2014), o estado nutricional, reduzir o crescimento, a sua produção (DONATO; MARQUES; COELHO, 2013) e a eficiência de uso da água, apesar da maior eficiência de aplicação de água.

O vento interfere na distribuição de água conforme o sistema de irrigação, com maior efeito em sistemas de aspersão e microaspersão, provocando arraste e diminuindo a eficiência de aplicação da água. O sistema de irrigação por gotejamento não é afetado pelo vento e apresenta maior eficiência de aplicação da água (Figura 15B). No manejo de sistemas de irrigação por microaspersão e aspersão em regiões com ventos fortes é necessário avaliar a eficiência para aplicação correta da lâmina líquida. No dimensionamento e instalação desses sistemas de irrigação deve-se atentar para posicionar os emissores além das plantas, utilizar aspersores setoriais ou posicionar a última fileira de plantas e a última planta da fileira no máximo a um quarto da distância do espaçamento entre linhas laterais e do espaçamento entre aspersores, respectivamente. Sugere-se diminuir a distância entre emissores e entre linhas laterais conforme a velocidade do vento. Para regiões com velocidade de vento de 2 m s^{-1} , $3,5 \text{ m s}^{-1}$ e maiores que $3,5 \text{ m s}^{-1}$, 60%, 50% e 30% do diâmetro molhado do emissor, respectivamente. No caso de aspersores, escolher emissores com menor vazão e tempo de rotação. No caso da microaspersão, isso pode ser minimizado pela escolha de emissores com maior vazão e diâmetro molhado, dimensionados com sobreposição total (Figura 15A). Assim o tempo de irrigação é calculado para aplicar a lâmina baseada na intensidade de aplicação do emissor e não em volume aplicado por planta, como é padrão na irrigação localizada. A lâmina aplicada é a mesma em todas as fileiras. Essas medidas asseguram adequada sobreposição e eficiente uniformidade de aplicação de água e aumentam a EUA em bananeira.



A

B

Figura 15 - Sistema de irrigação por microaspersão dimensionado para sobreposição total (A) e sistema de irrigação por gotejamento (B). Foto: (A) Sérgio Luiz Rodrigues Donato; (B) Alessandro de Magalhães Arantes

A desfolha (Figura 16) melhora a troca de calor sensível dentro do bananal, diminui fonte de inóculo de patógenos causadores de doenças foliares, e diminui o efeito de dreno exercido por folhas velhas sombreada, em competição com o cacho e o seguidor selecionado, por fotoassimilados. Contudo, é preciso cuidado na operação, pois para atender ao requerimento de produtividades normais são necessárias a partir do florescimento pelo menos 10 a 12 folhas funcionais para ‘Prata-Anã’ (RODRIGUES; DIAS; PACHECO, 2009), menos de 12 folhas para ‘Grande Naine’ (RODRÍGUEZ GONZÁLEZ; CAYÓN SALINAS; MIRA CASTILLO, 2012) e para plátanos, o mínimo são seis folhas funcionais desde a floração até os 45 dias de idade do cacho. Rodriguez González, Cayón Salinas e Mira Castillo (2013) conduziram plantas de ‘Grande Naine’ na floração com seis, oito, 10 e 12 folhas, em três zonas com baixa, média e alta precipitação, em Urabá, Colômbia, e não observaram diferenças para peso do cacho, relação caixa / cacho, teor de amido e açúcares, diâmetro e comprimento dos frutos. Rodrigues, Dias e Pacheco (2009) avaliaram por cinco ciclos sucessivos no semiárido do norte de Minas o efeito de diferentes intensidades de desfolha em bananeira ‘Prata-Anã’, e observaram maior número de pencas e frutos com 10 folhas e maior massa do cacho com pelo menos 12 folhas presentes na planta.



Figura 16 – Bananal recém desfolhado e desbastado com boa ventilação. Foto: Sérgio Luiz Rodrigues Donato

O vento constitui importante fator limitante à produtividade da bananeira, O tipo e a intensidade do dano causado pelo vento à bananeira variam com a sua velocidade, duração e temperatura, com a cultivar e sua fase fenológica. Podem causar quebra do pseudocaulo (Figura 17A) e tombamento inteiro da touceira, *chilling* (ventos frios), desidratação da planta devido à grande evaporação, fendilhamento entre nervuras foliares secundárias (Figura 17B), diminuição da área foliar pela dilaceração do limbo e rompimento de raízes. Em adição reduzem a eficiência de aplicação de água dos sistemas de irrigação por aspersão, miniaspersão e gotejamento.

O rasgamento ou dilaceração foliar (Figura 17B) pode trazer benefícios para a bananeira por melhorar a troca de calor a depender da intensidade do dano. Robinson e Galán Saúco (2010) descrevem a redução na taxa fotossintética em função do tamanho residual do pedaço de limbo dilacerado em bananeira ‘Dwarf Cavendish’ (‘Nanica’, AAA). As taxas fotossintéticas em folhas não dilaceradas e dilaceradas com pedaços de 100 mm cada, $20,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 , não diferiram. Para pedaços de 50 mm e de 25 mm de largura ocorreram decréscimos de 10,70% e 19,50%, respectivamente, comparada a folhas não dilaceradas. Para pedaços de 12 mm o declínio foi de 33,20%. O peso médio do cacho decresceu de 72,3 kg em plantas com folhas não dilaceradas para 59,40 kg em plantas com folhas com pedaços de limbo de 12 mm, o que representou um declínio na produção da ordem de 4,28% para pedaços de limbo de 50 mm, 13,00% para 25 mm e 17,84% para 12 mm.



Figura 17 - A) Quebra do pseudocaule provocado por vento, em bananeiras Prata de porte alto; B) Dilaceração das folhas e solapamento provocado por vento em plátano 'Terra Maranhão', aos 100 dias após o transplantio. NOTA: velocidade do vento no momento da tomada das fotos: A) 79,2 km h⁻¹; B) 40,32 km h⁻¹. Fotos: A) Sérgio Luiz Rodrigues Donato; B) Alessandro de Magalhães Arantes.

Donato et al. (2013) relataram taxas de fotossíntese mensuradas na folha três em bananeiras tipo Prata com valor 36% maior (26,67 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$) para a cultivar de menor porte, BRS FHIA-18, comparada à de maior porte (17,05 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$), híbrido de 'Prata de Java' (JV42-135). Isto pode estar relacionado à dilaceração do limbo e ao rompimento de raízes, provocados pelo vento, com maior efeito nas cultivares de porte elevado.

O uso de barreiras vegetais com altura maior que a bananeira reduz a velocidade do vento, promove a redução da transpiração das plantas e aumenta a eficiência de uso da água. Entretanto, deve-se irrigar as plantas que constituem as barreiras vegetais, para diminuir a competição por água com o cultivo principal, e considerar a agressividade da espécie escolhida. O tutoramento das bananeiras realizado por ocasião do lançamento da inflorescência, com fitilho ou escora de madeira, é prática obrigatória para assegurar a colheita em regiões com velocidade de vento elevada, principalmente para algumas cultivares de plátanos e de bananeiras do subgrupo *Cavendish*.

Os efeitos deletérios do vento na produção da bananeira, calor e excesso de radiação, podem ser diminuídos com uso de cultivo protegido. Pirkneret al. (2014) investigaram quatro tipos de telas com base em diferentes níveis de sombreamento (8%, 10% ou 13%) e diferentes texturas (tecido ou malha), na cobertura de bananal comercial de 'Grande Naine' no norte de Israel. O saldo de radiação e temperatura do ar foram semelhantes nessas duas telas. No entanto, sob a tela de malha a velocidade média do ar horizontal foi de 18% superior e a umidade específica 8% menor do que sob a tela de tecido. A dilaceração do limbo e a evapotranspiração de referência foram maiores sob a tela de malha. Não obstante, as características agrônômicas no florescimento e a produção de frutos foram semelhantes em todos os quatro tipos de tela, com os resultados típicos de plantações de banana sob telado nesta região, com cachos de 31,5 kg e produtividade média em torno de 60 t/ha/ano. Assim, os resultados sugerem um potencial aumento da eficiência do uso da água sob o tecido, em comparação com a tela de malha.

O uso de coberturas em bananais pode diminuir sensivelmente a passagem da radiação. Saleh (2005) cultivou 'Williams' (AAA) sob telado preto e verificou que a quantidade de folhas verdes aumentou com o sombreamento, a irradiância foi reduzida cerca de 76% em relação ao cultivo em campo aberto, o que por sua vez afetou negativamente o crescimento vegetativo, o teor de nutrientes nas folhas, o número de filhos emitidos e a produção, além de alongar o período de

surgimento de filhos e para a colheita dos cachos. No segundo ciclo a redução no peso do cacho foi de 50%.

O aumento da densidade de plantio em condições semiáridas aumenta a proteção contra o vento, diminui o excesso de radiação (Figura 18), a emergência de ervas daninhas, o uso de herbicidas, melhora a refrigeração do bananal, reduz a evaporação de água do solo e aumenta a eficiência de uso da água, pois pode elevar a produtividade para as mesmas condições evapotranspirométricas. Contudo, o adensamento deve manter a qualidade física e química dos frutos. Na Índia, utilizando a técnica '*High Density Planting*' (HPD) Mahmoud (2013) constatou melhoria nos caracteres de rendimento expresso pelo maior peso médio do cacho (37,67 kg) para uma produtividade de 123 t ha⁻¹, aumento na produtividade da água e melhor razão custo benefício para o ciclo de produção da planta mãe em 'Grande Naine' (AAA) irrigada por gotejamento e cultivada no espaçamento de 1,75 x 1,75 m (3.265 plantas ha⁻¹), com aplicação de 764,26 mm ano⁻¹ e fertirrigação com 160 : 32 e 192 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N : P : K. Esse tratamento foi comparado com diferentes combinações de espaçamentos 1,5 x 1,5 m (4.444 plantas ha⁻¹) e 1,25 x 1,25 (6.400 plantas ha⁻¹), níveis de água (1.146,40 mm ano⁻¹ e 1.546,4 mm ano⁻¹) e de fertirrigação (240 : 48 : 288 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N : P : K e 200 : 40 : 240 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N : P : K. A maior produtividade física observada no ciclo da planta mãe foi de 229,30 t ha⁻¹ para a combinação do espaçamento 1,25 x 1,25 m, 764,26 mm ano⁻¹ e 240 : 48 : 288 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N : P : K.

Adicionalmente, o maior sombreamento registrado em plantios com maior densidade, ou consorciados com espécies florestais, pode diminuir a incidência de sigatoka e, por consequência, o uso fungicidas (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 da Sigatoka-negra, seja pela redução ou não formação de orvalho e redução na incidência de luz, pois a severidade da doença está relacionada com a luminosidade, temperatura e umidade do ambiente.

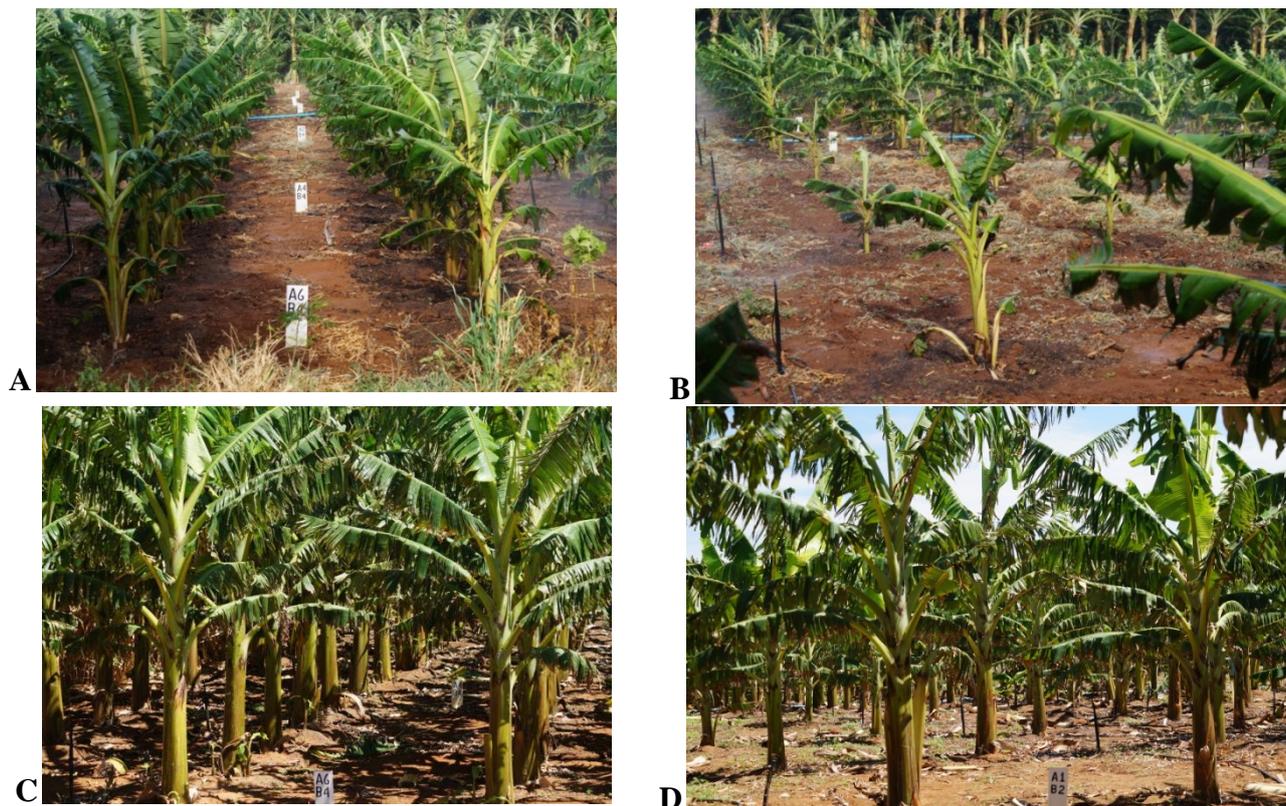


Figura 18 - Plátano ‘Terra Maranhão’ em plantio adensado e convencional, aos 100 dias (A, B) e aos 180 dias após o transplântio (C, D). A e C - plantio adensado com 4.166 plantas ha⁻¹ (A6 = 2,0 x 1,2 m); B e D – plantio convencional com 1.111 plantas ha⁻¹ (A1 = 2,0 x 4,5 m). Fotos: Alessandro de Magalhães Arantes.

ASPECTOS DO SOLO

Mahouachi, López-Climent e Gómez-Cadenas (2014) afirmam que as medidas em plantas devem considerar também a morfologia, geometria e natureza quantitativa de raízes de bananeira (número de raízes, comprimento, diâmetro, massa da raiz, e densidade de comprimento radicular), pois as raízes desempenham papel importante no reconhecimento de déficit de umidade do solo e na sinalização para ativação de tolerância ao estresse de seca, como síntese de ácido abscísico.

O conhecimento da distribuição do sistema radicular contribui para o uso racional de água e fertilizantes, pois as raízes são o meio de fixação da planta no solo e a principal via de absorção de água e nutrientes. Isso facilita indicar distâncias horizontais e verticais adequadas para aplicar fertilizantes e instalar sensores para monitorar umidade e potencial matricial de água no solo. Sant’Ana et al. (2012) constataram para ‘Prata-Anã’ no segundo ciclo de produção, predominância de raízes próximas à superfície do solo, com 80% da densidade de comprimento radicular, DCR a 0,61 m, 0,51 m e 0,61 m e à distância efetiva de 0,63 m, 0,66 m e 0,79 m do pseudocaule, para gotejamento, microaspersão e aspersão, respectivamente (Figura 19). Em geral, predominaram raízes com diâmetros inferiores a 2 mm, em toda a zona radicular. As zonas com maiores DCR, até 0,40 m de profundidade, compreendem as regiões com maior extração de água em todos os sistemas de irrigação e constituem o local indicado para instalação de sensores.

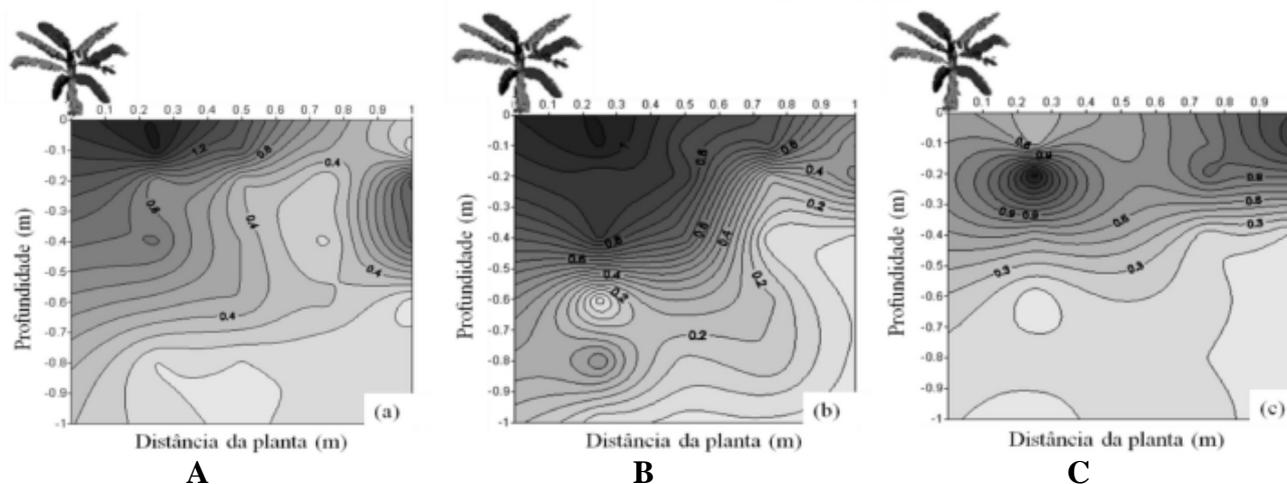


Figura 19 - Isolinhas de densidade de comprimento de raízes no perfil do solo para os sistemas por gotejamento (a), microaspersão (b) e aspersão convencional (c), na fase final do segundo ciclo da bananeira ‘Prata-Anã’, no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Guanambi, BA. FONTE: Sant’Ana et al. (2012).

O sistema radicular tem o crescimento prejudicado e muitas vezes senesce sob condições de excesso de umidade por períodos prolongados, hipoxia ou anoxia, falta de água, temperaturas supra e infraótimas, deficiência nutricional, danos mecânicos e por patógenos. Isso pode desencadear um desbalanço hormonal de auxina e giberelina que expressa um desequilíbrio no desenvolvimento foliar. “Engasgamento”, “encoqueiramento”, “envassouramento”, “arrepolhamento”, “cabeça de porco”, ou “obstrução foliar”, ou “*chokethroat*” são sintomas caracterizados pelo aprisionamento da inflorescência por ocasião da emergência do pseudocaule, pelos pecíolos foliares e internódios curtos, os quais congestionam e compactam a abertura, e resultam em atraso na emergência e deformação dos cachos (Figura 20A, B, C e D). O sintoma manifesta-se principalmente em cultivares de menor porte e constitui problema corrente em bananais cultivados em regiões com clima seco, frio, extremamente chuvoso, etc. Com causas diferentes e sintomas semelhantes, a diagnose precisa requer um conhecimento do “diagnosticador”, considerando a interação clima x solo x cultivar e homem. A depender da severidade do problema a inflorescência pode sair no meio do pseudocaule, o que é chamado de parto cesáreo (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010). Além de causas abióticas, esses sintomas podem advir de infecção pelo BSV, vírus da estria da bananeira, particularmente quando uma carga viral intensa está presente em cultivar Mysore.

As causas podem ter relação com deficiência de zinco. Danos mecânicos ao sistema radicular, particularmente quando associados a estresses abióticos, dificultam o fluxo difusivo de nutrientes no solo. A deficiência de zinco se manifesta em baixa atividade da gema terminal, ocasionando decréscimo da síntese de auxina, hormônio responsável pelo crescimento, o que traduz em encurtamento dos lançamentos foliares e aspecto de roseta, com compressão da inflorescência. A auxina pode induzir a síntese de giberelinas com sinergia entre esses hormônios na expansão celular. A expansão e/ou alongamento celular durante o crescimento vegetal são processos irreversíveis que demandam a absorção de água, bem como a adição de parede ao redor de cada célula (MARSCHNER, 2012). A elevação da temperatura na zona radicular tende a diminuir a viscosidade da água e, conseqüentemente, aumentar o fluxo difusivo de nutrientes do solo até a raiz, enquanto nas épocas frias a água torna-se mais viscosa, fato comprovado na prática, pelo aumento da ocorrência de “encoqueiramento” em bananeira nas épocas mais frias, em diferentes regiões

produtoras, relacionados à deficiência de zinco, mesmo em áreas irrigadas. A compactação do solo decorrente do deslocamento de trabalhadores para realização das práticas culturais diminui a porosidade de solo. Em solos com pH elevado a situação se agrava, pois a maior proximidade com as cargas da fase sólida do solo, em solos mais eletronegativos, favorece a adsorção do Zn^{++} em detrimento da manutenção do fluxo difusivo no poro e sua absorção pela planta (Figura 1). Aplicação do Zn^{++} via fillo desbastado, evita a adsorção pelo solo e favorece a planta, ou ainda aplicações via fertirrigação contribuem para solucionar o problema.



Figura 20 - Sintomas conhecidos como "encoqueiramento" e "arrepolhamento" causados por: perda de raízes por danos mecânicos, em 'Nanica' (A); perda de raízes por danos mecânicos associados à diminuição de temperatura e irrigação deficiente, em 'Nanica' (B); déficit hídrico, aplicação de lâmina de irrigação correspondente à 25%ETc, em 'Grande Naine' (C); deficiência nutricional em cultivo orgânico com 'Grade Naine' (D).

Fotos: A e D, Sérgio Luiz Rodrigues Donato; B, Albertino Oliveira Fernandes; C, Maria Geralda Vilela Rodrigues.

O manejo da palhada do bananal, com disposição dos pseudocaulos rebaixados e das folhas nas ruas, e um aporte frequente de adubos orgânicos de origem vegetal ou animal, contribuem para aumentar a emissão de raízes (Figura 21A), a micro e macro fauna do solo (Figura 21B), melhoram os atributos físicos do solo, particularmente a porosidade, e químicos via adição e ciclagem de nutrientes, principalmente potássio (K^+). A taxa de ciclagem varia com o solo, o clima, o genótipo, manejo, o sistema de irrigação, os microrganismos e os macrorganismos decompositores. Normalmente, em áreas irrigadas o acúmulo da palhada é menor quando o bananal é irrigado por sistemas de irrigação por aspersão convencional e microaspersão (Figura 22A), em razão do favorecimento da taxa de ciclagem decorrente da aspersão da água sobre a palhada, comparada ao gotejamento (Figura 22B), o que propicia retorno mais rápido do K^+ e demais nutrientes ao solo. Além da economia nutricional, o K^+ está relacionado à regulação hídrica e osmótica da planta e por isso, à proteção anti fatores de estresses abióticos. Contudo, a adição de elevadas quantidades de materiais orgânicos no solo aumentam a adsorção de zinco, cobre e boro, o que requer por parte do produtor uma maior atenção quanto ao estado nutricional das bananeiras, pois esses tornam-se nutrientes de resposta provável nesses sistemas.

A aplicação de materiais orgânicos no solo aumenta a atividade e a diversidade biológica, e promove a supressão de patógenos (GEENSE et al., 2015). Esses autores compararam cinco plantios orgânicos com cinco plantios convencionais, vizinhos, em Queensland, Austrália, e detectaram nos solos das plantações orgânicas maior atividade enzimática microbiana, menor quantidade de fitonematóides, menores níveis de enxofre na forma de sulfato ($S-SO_4^{-2}$) e menor expressão de sintomas de murcha de *Fusarium*. Os autores afirmam que a diferença entre a agricultura orgânica e convencional pode estar mais relacionada às sinergias entre os componentes do sistema que às práticas de manejo.



Figura 21 - Vigor de raízes de bananeira 'BRS Platina' adubada com esterco bovino e farinha de rocha (B); presença intensa de minhocas na região de distribuição dos adubos orgânicos (B). Fotos: Alessandro de Magalhães Arantes



Figura 22 - Deposição de palhada em bananais de Prata irrigados por sistemas de microaspersão (A) e gotejamento (B). Maior acúmulo da palhada no gotejamento, pela menor taxa de ciclagem. Guanambi, BA, 09/2014. Fotos: Alessandro de Magalhães Arantes

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Turner, Fortescue e Daniells (2014) sugerem que o melhoramento genético clássico ou biotecnológico deve objetivar a obtenção de um ideótipo de bananeiras que deve florescer precocemente, apresentar porte reduzido sem ser anã, e possuir cachos médios. Para tanto, a transgenia pode ser utilizada de modo a introduzir genes que modifiquem as fases de desenvolvimento para possibilitar o florescimento precoce e aumentar a resistência a estresses abióticos. Isso assume grande importância, particularmente diante da universal crise de recursos hídricos que limita a expansão do cultivo de bananeira. Contudo, nas três últimas décadas vários genótipos resistentes às principais doenças da bananeira e com alto potencial produtivo foram disponibilizados aos agricultores do mundo inteiro por diferentes programas de melhoramento. A maioria desses genótipos apresenta baixa adoção por agricultores sob a alegação principalmente de problemas de mercado.

A despeito da importância do melhoramento genético ou biotecnológico, a solução desses problemas perpassa a condução de experimentos em casa de vegetação e principalmente no campo, que apresentam maior relevância fisiológica para definição de estratégias de manejo que possibilitem maior especificidade local. Isso requer um entendimento para escolha adequada de genótipos; práticas de planejamento, manejo e estratégias de irrigação e de cultivo orientadas para diminuir as perdas de água, otimizar o fluxo difusivo, a ciclagem de nutrientes no solo e favorecer a refrigeração da planta, mas demanda, acima de tudo, fora da parcela irrigada, a implementação de políticas públicas rigorosas envolvendo educação, planejamento e manejo de irrigação no âmbito da bacia hidrográfica e de perímetros públicos para maximização da produtividade da água. Assim, é possível construir soluções que observem as condições locais da interação homem-genótipo-ambiente, de modo a aumentar a segurança produtiva, a sustentabilidade e a resiliência da bananicultura, especialmente para regiões ou épocas com condições de estresses abióticos em que há desajuste entre a ambiência e o ótimo ecológico para a espécie.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, A. de M. **Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo Prata em ambiente semiárido**. 2014. 144f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- CABRERA, J.C.; GALÁN SAÚCO, V. Evaluation of the banana cultivares Zelig, Grande Naine and Gruesa under different environmental conditions in the Canary Islands. **Fruits**, v.60, p.357-369, 2005.
- 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.
- DONATO, S.L.R.; COELHO, E.F.; MARQUES, P.R.R.; ARANTES, A.M.; SANTOS, M.R.; OLIVEIRA, P.M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DAS MUSÁCEAS (BANANAS E PLÁTANOS), 20., 2013, Fortaleza. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. p.58-72.
- DONATO, S.L.R.; MARQUES, P.R.R.; COELHO, E.F. Vegetative trait and yields of a 'Dwarf Pome' and its tetraploid hybrid under different Irrigation systems. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.986, n.17, p.131-138, abr. 2013.
- GEENSE, P.; PATTISON, A.B.; KUKULIES, T.L.; SCHOLBERG, J.M.S.; MOLINA, A.B. Can Changes in Soil Properties in Organic Banana Production Suppress Fusarium Wilt? **Natural Resources**, v.6, p.181-195, 2015. <http://dx.doi.org/10.4236/nr.2015.63017>
- GONDIM, R.S.; CASTRO, M.A.H.; TEIXEIRA, A. dos S.; EVANGELISTA, S.R. de M. Impactos das mudanças climáticas na demanda de irrigação da bananeira na Bacia do Jaguaribe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p.594-600, jun. 2011.
- HENRY, I.; CARPENTIER, S.C.; PAMPUROVA, S.; VAN HOYLANDT, A.; PANIS, B.; SWENNEN, R.; REMY, S. Structure and regulation of the Asr gene family in banana. **Planta**, Switzerland, v.234, n.4, p.785-798, 2011.
- IPCC, 2001**. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC Working Group II Third Assessment Report. University Press, Cambridge. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml> Acesso em: 15 set.2014.
- KISSEL, E.; VAN ASTEN, P.; SWENNEN, R.; LORENZEN, J.; CARPENTIER, S.C. Transpiration efficiency versus growth: Exploring the banana biodiversity for drought tolerance. **Scientia Horticulturae**, v.185, n., p.175-182, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.035>
- LUCENA, C.C. de. **Estratégias de manejo de irrigação de bananeiras baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar**. 2013. 152f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,

Viçosa, 2013.

MAHMOUD, H.H. Effect of different levels of planting distances irrigation and fertigation on yield characters of main crop cv. Grande Naine. **Global Journal of Plant Ecophysiology**, Jordan, v.3, n.2, p.115-121, 2013.

MAHOAUCHI, J.; LÓPEZ-CLIMENT, M.F.; GÓMEZ-CADENAS. A. Hormonal and hidroxycinnamic acids profiles in banana leaves in response to various periods of water stress. **The Scientific World Journal**, New York, v.2014, p.1-9, 2014.

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

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido. In: MEDEIROS, S.S.; GHEY, H.R.G.; GALVÃO, C.O.; PAZ, V.P.S. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**.Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011, p.383-422.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Third Edition. London: Elsevier, 2012, 651p.

MARTÍNEZ ACOSTA, A.M.; CAYÓN SALINAS, D.G. Dinámica del crecimiento y desarrollo Del banano (*Musa* spp. Simmonds Cvs. GranEnano y Valery). **Revista da Facultad Nacional de Agronomía de Medellín**, Medellín, v.64, n.2, p.6055-6064, 2011.

MUTHUSAMY, M.;UMA, S.; BACKIYARANI, S.; SARASWATHI, M.S. Computational prediction, identification, and expression profiling of microRNAs in banana (*Musa* spp.) during soil moisture deficit stress. **The Journal of Horticultural Sciences & Biotechnology**, v.89, n.2, p.208-214, 2014.

PIRKNER, M.; TANNY, J.; SHAPIRA, O.; TEITEL, M.; COHEN, S.; SHAHAK, Y.; ISRAELI, Y. The effect of screen type on crop micro-climate, reference evapotranspiration and yield of a screenhouse banana plantation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.180, n.1, p.32-39, 2014.

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.

ROBINSON, J.C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Oxford: CAB International. 311p. (Crop production science in horticulturae series, 19).2010.

RODRIGUES, M.G.V.; DIAS, M.S.C.; PACHECO, D.D. Influência de diferentes níveis de desfolha na produção e qualidade dos frutos da bananeira "Prata-Anã". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.755-762, 2009.

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, C.; CAYÓN SALINAS, D.G.; MIRA CASTILLO, J.J. Efecto del número de hojas funcionales a La floración sobre La producción de banano Gran Enano (*Musa* AAA Simmonds). **Revista da Facultad Nacional de Agronomía de Medellín**, Medellín, v.65, n.2, p.6585-6591, 2012.

RUSTAGI, A.; JAIN, S.; KUMAR, D.; SHEKHAR, S.; JAIN, M.; BHAT, V.; SARIN, N.B. High Efficiency Transformation of Banana [*Musa acuminata* L. cv. Matti (AA)] for Enhanced Tolerance to Salt and Drought Stress Through Overexpression of a Peanut Salinity-Induced Pathogenesis-Related Class 10 Protein. **Molecular Biotechnology**, v.57, n.1, p.27-35, 2015.

SALEH, M.M. Growth and productivity of Williams banana grown under shading conditions. **Journal of Applied Sciences**, Pakistan, v.1, n.1, p.59-62, 2005.

SANT'ANA, J.A.V. do; COELHO, E.F.; FARIA, M.A. de.; SILVA, E.L da.; DONATO, S.L.R. Distribuição de raízes de bananeira no solo irrigado por diferentes sistemas de irrigação em condições semiáridas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.124-133. 2012.

SANTOS, C.M.R.; MARTINS, N.F.; HÖRBERG, H.M.; ALMEIDA, E.R.P. de; COELHO, M.C. F.; TOGAWA, R.C.; SILVA, F.R. da; CAETANO, A.R.; MILLER, R.N. G.; SOUZA JÚNIOR, M.T. Analysis of expressed sequence tags from *Musa acuminata* ssp. *burmannicoides*, var. Calcutta 4 (AA) leaves submitted to temperature stresses. **TAG Theoretical and Applied Genetics**, v.110, n.8, p.1517-1522, 2005.

SHEKHAWAT, U.K.; SRINIVAS, L.; GANAPATHI, T.R. MusaDHN-1, a novel multiple stress-inducible SK(3)-type dehydrin gene, contributes affirmatively to drought- and salt-stress tolerance in banana. **Planta**, Berlin, v.234, n.5, p.915-932, 2011.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización**. 3.ed. San José: Litografía e Imprensa LIL, 2008. 1 CD-ROM.

SOUZA, C.F.; SILVEIRA, A.L.L.; COLLISCHONN, W. Análise de vazões diárias por métodos de séries temporais. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. Recursos Hídricos e Gestão Territorial: **Anais...** Curitiba: ABRH, 2006.

TAULYA, G.; VAN ASTEN, P.J.A.; LEFFELAAR, P.A.; GILLER, K.E. Phenological development of East African highland banana involves trade-offs between physiological age and chronological age. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v.60, n.1, p.41-53, 2014.

TURNER, D.W.; FORTESCUE, J.A.; DANIELLS, J.W. Banana Agronomy. Can unraveling the *Musa* genome help?. In: 29th International Horticultural Congress - IHC 2014 – ProMusa - Unravelling the bananas genomic potential, 2014, Brisbane. **Abstracts...**: ProMusa - Unravelling the bananas genomic potential. Brisbane: IHC, 2014. v.1, p.1-34.

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

VANHOVE, A.C.; VERMAELEN, W.; CENCI, A.; SWENNEN, R.; CARPENTIER, S.C. Data for the characterization of the HSP70 family during osmotic stress in banana, a non-model crop. **Data in Brief**, v.3, n., p.78-84, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2015.01.014>

VANHOVE, A.C.; VERMAELEN, W.; PANIS, B.; SWENNEN, R.; CARPENTIER, S.C.

Screening the banana biodiversity for drought tolerance: can an *in vitro* growth model and proteomics be used as a tool to discover tolerant varieties and understand homeostasis. **Frontiers in Plant Science**, Paris, v.3, n.176, p.1-10, 2012.

WANG, W.; VINO CUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, Berlin, v.218, n.1, p.1-14, 2003.

ZHENG BIN, Z.; PING, X.; HONG BO, S.; MENG JUN, L.; ZHEN YAN, F.; LI YE, C. [Advances and prospects: Biotechnologically improving crop water use efficiency](#), **Critical Reviews in Biotechnology**, Londres, v.31, n.3, p.281-293, 2011.