

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

**SENSIBILIDADE DE CULTIVARES DE BANANEIRA A NÍVEIS DE
SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

EDVALDO BISPO SANTANA JUNIOR

**CRUZ DAS ALMAS – BA
OUTUBRO – 2015**

**SENSIBILIDADE DE CULTIVARES DE BANANEIRA A NÍVEIS DE
SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

EDVALDO BISPO SANTANA JUNIOR

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009

Tese submetida ao Colegiado de curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade dos Sistemas Hidroagrícolas

Orientador: Dr. Eugênio Ferreira Coelho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

S232

Santana Junior, Edvaldo Bispo.

Sensibilidade de cultivares de bananeira a níveis de salinidade na água de irrigação / Edvaldo Bispo Santana Júnior. Cruz das Almas, BA, 2015.

124f.; il.

Orientador: Eugênio Ferreira Coelho.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1. Banana – Cultivo. 2. Banana - Variáveis. 3. Banana - Irrigação I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 634.772



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
EDVALDO BISPO SANTANA JÚNIOR

Membro Presidente: Prof. Dr. Eugênio Ferreira Coelho
Instituição: Embrapa Mandioca e Fruticultura
Orientador

Membro Externo ao Programa: Prof. Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira
Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Gessionei da Silva Santana
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Membro Interno do Programa: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Instituição: Embrapa Mandioca e Fruticultura

Homologada em / / .

DEDICO

A minha mãe pelo seu grande amor e dedicação a mim oferecidos a cada dia de minha vida.

A minha noiva Thaise pelo seu amor, atenção e carinho.

As minhas irmãs Adriana e Carol por estarem sempre presentes ao meu lado.

A minha querida avó Percília pelo grande amor a mim concedido.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente àquele que me concede o dom da vida, obrigado Senhor Jesus por tudo.

A minha preciosa família por todo o amor, carinho e apoio

A meu orientador e amigo Dr. Eugênio Ferreira Coelho pelo ensino, amizade, conselhos e dedicação ao longo de tantos anos.

A Universidade Federal do Recôncavo - UFRB, ao Núcleo de Engenharia de Água e Solo - NEAS e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - PPGCA pela oportunidade em realizar este curso.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura pela infra-estrutura disponibilizada que foi de grande importância na realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela bolsa concedida.

Aos amigos Tacísio, Julival, Vein, João e Téo pela grande ajuda a mim concedida, sem vocês nada disso seria possível, meu muito obrigado.

A todos os amigos do Laboratório de Irrigação e Fertirrigação pela amizade, companheirismo e apoio.

Aos Amigos da Pós-Graduação pelo convívio e aprendizado ao longo desses anos

Aos professores do Programa de Pós Graduação, pela dedicação e conselhos ao longo do curso.

Aos meus amigos Lenilson, "Hulk", Jamile, Laina e Jaqueline, pela grande ajuda na lavagem e processamento das raízes e medições foliares.

Aos Amigos Bruce, Torquato, Alisson, Dionei, Arthur, Djalma, Adailton, Erasto, Cícero, Almir, Roque, Raone, Jakson (vulgo pinguelo), Fabrício, Ruan pelo encorajamento, conselhos e ajuda.

Aos amigos Lenilson e Helder pelo encorajamento, orientação e grande ajuda em diversos trabalhos ao longo de todo o experimento, muito grato.

À amiga Alide pela ajuda com as análises laboratoriais, muito grato.

Ao Professor André pelo auxílio com as análises de Prolina.

SUMÁRIO

PÁGINA

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO01

Capítulo 1

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE BANANEIRA
SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO..... 21

Capítulo 2

RELAÇÕES HÍDRICAS EM CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A
NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO.....51

Capítulo 3

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS
A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO.....87

CONSIDERAÇÕES FINAIS124

SENSIBILIDADE DE CULTIVARES DE BANANEIRA A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Autor: Edvaldo Bispo Santana Junior

Orientador: Eugênio Ferreira Coelho

RESUMO: A bananeira é uma cultura de grande importância social e econômica, sendo cultivada em mais de 100 países. O Brasil é o quinto maior produtor de banana e o Nordeste é a principal região produtora do País. Contudo nesta região, a salinidade representa um fator que limita o crescimento e a produtividade, sobretudo em locais irrigados. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da salinidade sobre variáveis biométricas, fisiológicas e nutricionais em cultivares de bananeira. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas-BA. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m^{-1}) equivalente a quatro níveis de salinidade na solução do solo (0,86; 2,28; 3,25 e 4,58 dS m^{-1}), quatro cultivares de bananeira (Prata Anã, BRS Platina, Princesa e Pacovan) e três repetições. Foram avaliadas variáveis biométricas (Altura de planta, diâmetro do pseudocaule, número de folhas, área foliar e área foliar afetada pela salinidade), variáveis fisiológicas (Condutância estomática, potencial osmótico na folha, conteúdo relativo de água na folha (CRA), teor de prolina na folha, pressão de turgescência na folha e transpiração relativa) e variáveis nutricionais na folha e raízes (N, P, K, Ca, Mg, Na e a relação Na/K). A salinidade provocou reduções significativas em todas as variáveis biométricas, chegando a reduzir em até 23,2% a altura de plantas, 13,9% o diâmetro de pseudocaule, 20,5% no número de folhas e de 53,5% da área foliar das plantas. A cultivar Princesa apresentou maior sensibilidade para a variável altura de planta com aumento do estresse salino, enquanto BRS Platina foi menos sensível à salinidade. As trocas gasosas em cultivares de bananeiras foram afetadas significativamente quando da aplicação de níveis crescentes de salinidade. A condutância estomática sofreu redução à medida que se elevou a

salinidade, chegando a apresentar no nível 4,0 dS m⁻¹ redução de 49,86% em relação ao tratamento testemunha. A transpiração relativa das cultivares foi reduzida significativamente à medida que se aumentou o nível de salinidade. O conteúdo relativo de água (CRA) apresentou diferença entre as cultivares, com destaque para as cultivares Prata–Anã que manteve constante os níveis de CRA, sendo considerados mais tolerantes ao efeito salino. O potencial osmótico das folhas das cultivares de bananeira não foi afetado pela salinidade. Os teores de prolina na folha não foram afetados pelos níveis salinos na água de irrigação, mas foram diferentes entre as cultivares de bananeira, com destaque para os maiores teores apresentados pelas cultivares Princesa e BRS Platina. Houve diferenças entre os teores Ca²⁺, Na⁺ e da relação Na⁺/K⁺ nas raízes, entre os níveis de salinidade e entre as cultivares para os níveis de Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺ e na relação Na⁺/K⁺. O maior teor de Na⁺ na raiz e menor na folha na cv. BRS Platina revelou menor sensibilidade à salinidade. A menor relação Na⁺/K⁺ na raiz e maior na folha na cultivar Princesa refletiu uma maior sensibilidade à salinidade desta cultivar

Palavras-Chave: *Musa spp*, variáveis biométricas, variáveis fisiológicas, estado nutricional, condutividade elétrica, gotejamento.

SENSIBILITY OF BANANA CULTIVARS TO SALINITY LEVELS IN THE IRRIGATION WATER

Autor: Edvaldo Bispo Santana Junior

Orientador: Eugênio Ferreira Coelho

ABSTRACT: The banana is a crop of great social and economic importance, being grown in more than 100 countries. Brazil is the fifth largest banana producer, and the northeast is the main producing region of the country. However in this region, salinity is one factor which limits the growth and productivity, especially in places irrigated. The purpose of this study was to evaluate the effect of salinity on biometric, physiological and nutritional variables in banana cultivars. The experiment was carried out on the experimental fields of Embrapa Cassava & Tropical Fruits in Cruz das Almas – Bahia - Brazil. The experiment followed a completely randomized design in a split plot, with four levels of salinity in irrigation water (0.5, 2.0, 3.0 and 4.0 dS m⁻¹), equivalent to four levels of salinity in the soil solution (0,86; 2,28; 3,25 e 4,58 dS m⁻¹), four different banana cultivars (“Pacovan”, “Prata Anã”, “BRS Platina” and “Princesa”) and three replications. Biometric variables (plant height, pseudostem diameter, number of leaves, leaf area and leaf area affected by salinity), physiological (stomatal conductance, osmotic potential in leaf, relative water content in the leaf, proline content in the leaf, turgor pressure on the leaf and relative transpiration) and nutritional variables in the leaf and root (N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, and the Na⁺/K⁺ ratio) were determined. The salinity caused significant reductions in all variables, reduced height of plants (23.3%), diameter of pseudostem (13.9%), the number of leaves (20.5%) and the plant leaf area (53.5%). The “Princesa” cultivar showed greater sensitivity to the plant height parameter with increased of salt stress, while “BRS Platina” was more tolerant to the same effect. Gas exchange in banana cultivars were significantly affected when applying increasing levels of salinity. The stomatal conductance was reduced by 49,86% at the level 4,0 dS m compared to control treatment. The relative transpiration of plants significantly reduced with increasing salinity. The cultivars had different behaviors as to the relative water content,

especially the cultivars “Prata Anã” and “BRS Platina” who maintained constant the CRA levels and are considered more tolerant to salt effect. The osmotic potential of leaves of the banana cultivars was not affected by salinity. The proline content in the leaf was not affected by salt levels in the irrigation water, but were different between the banana cultivars, with emphasis on the highest levels presented by “Princesa” cultivars and “BRS Platina”. There were differences in the levels of nutrients in the roots, between the salinity levels to the levels of Ca^{2+} , Na and Na^+/K^+ ratio, and between cultivars for the levels of Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ and the Na^+/K^+ ratio. The higher content of Na^+ at the root and lower in leaf in the cv. “BRS Platina”, showed a lower salinity sensibility. The lower Na^+/K^+ ratio in root and leaf Higher in the “Princesa” cultivar reflected a higher salinity sensitivity of this cultivar.

Key-words: *Musa spp*, biometric variables, physiological variables, nutritional status, electrical conductivity, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

A cultura da bananeira

A bananeira (*Musa spp.* L.), é uma planta de regiões tropicais e subtropicais, cujo centro de origem é o continente asiático. É uma das fruteiras mais exploradas e seu fruto é um dos mais apreciados pelos consumidores (MOREIRA, 1999). A bananeira faz parte da classe *Monocotiledoneae*, da ordem *Scitaminea* e da família *Musacea*, incluindo as subfamílias *Heliconioideae*, *Strelitziodeae* e *Musoideae*, que inclui o gênero *Musai*, que dá origem a seção *Musa* (SOTO BALLESTERO, 1992; MOREIRA, 1999);

As cultivares comerciais surgiram a partir de espécies selvagens *Musa acuminata* Colla e *Musa balbisiana* Colla. Além da origem biespecífica (A = acuminata, B = balbisiana), a classificação desses grupos de banana comestível se baseia, também, na combinação de cromossomos, resultando nos grupos diplóides (AA, BB e AB), triplóides (AAA, AAB e ABB) e tetraplóides (AAAA, AAAB, AABB e ABBB) (SOTO BALLESTERO, 1992; DANTAS & SOARES FILHO, 1997).

Existem muitas cultivares de bananeira no Brasil e levando em consideração a preferência dos consumidores, a produtividade, tolerância à pragas e doenças, resistência à seca e ao frio, nem todas apresentam potencial agrônomo para serem indicadas comercialmente (ALVES, 2009). As mais difundidas no País são as bananas tipo Prata (Prata, Pacovan e Prata Anã), responsáveis por 60% da área cultivada; a Maçã, a Mysore, as do tipo Cavendish (Nanica, Nanicão e Grand Naine), preferidas pelo mercado internacional, e as do tipo Terra (Terra e D'Angola) (SILVA et al., 2000).

Sendo uma planta de clima tropical a bananeira exige para o bom desenvolvimento calor constante e adequada umidade do solo, condições que, geralmente, são registradas na faixa entre os paralelos 30° norte e sul, nas

regiões em que as temperaturas permanecem entre 10 e 40°C. Entretanto, há possibilidade de seu cultivo em latitudes acima de 30°, contanto que a temperatura o permita (MOREIRA, 1999).

A bananeira cresce lentamente até o quarto mês, fase esta em que há pequena absorção de nutrientes e demanda por água. No entanto, do quarto mês até o florescimento (sétimo ao décimo mês) o crescimento é intenso, com acúmulo significativo de matéria seca e, conseqüentemente, de nutrientes (BORGES & SOUZA, 2004).

A bananeira é uma planta que apresenta elevado teor de água em sua constituição, normalmente acima de 90% de água em seus tecidos e 80% nos frutos, e por este motivo é uma cultura que apresenta elevada demanda por água; em geral, as maiores produções estão associadas a uma precipitação total anual de 1900mm, bem distribuída ao longo do ano (BORGES & SOUZA, 2004).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2013), a produção mundial de banana foi de 101 milhões de toneladas e a bananicultura ocupava até 2012, uma área de aproximadamente 5,11 milhões de hectares em mais de 120 países, destacando-se como a 2ª fruta mais consumida do mundo, atrás apenas da laranja. A Índia é o maior produtor mundial de banana com cerca de 24,38% do total produzido, enquanto o Brasil ocupa o 5º lugar com cerca de 6,76%, com uma produção estimada em 2013 de um total de 6.89 milhões de toneladas, em uma área aproximada de 490.628 hectares (IBGE, 2015).

A cultura da bananeira se destaca no cenário nacional, por ser uma das fruteiras de maior importância econômica cultivada em todo território brasileiro, sendo a banana a segunda fruta mais consumida pelos brasileiros, perdendo apenas para a laranja em volume consumido

A bananicultura é explorada em todos os estados brasileiros e é prática comum na agricultura familiar. O Estado da Bahia é o maior produtor nacional de banana, com 16,2% da produção, seguido por São Paulo (15,8%), Minas Gerais (10,6%), Santa Catarina (9,6%), e o estado do Pará (8,9%) (IBGE, 2015).

Com relação à produtividade, o destaque nacional é o estado do Rio Grande do Norte com a expressiva marca de 28,6 t ha⁻¹, sendo 101% maior que a média do país (14,2t ha⁻¹). Na seqüência, aparecem Santa Catarina com produtividade superior à média brasileira em 61% e São Paulo, em 51,33%.

A região Nordeste é responsável pela maior produção, com 2,36 milhões de toneladas, ocupando uma área de 196.804 ha, correspondendo a 34,2% da produção total do País, seguida pelo Sudeste, com 32,6% da produção (IBGE, 2015). Constitui parte integrante da alimentação de populações de baixa renda, não só pelo seu alto valor nutritivo, mas também pelo seu baixo custo, tendo papel fundamental na fixação da mão-de-obra rural (DANTAS et al., 1999; BORGES & SOUZA, 2004).

Efeito da Salinidade sobre a cultura da bananeira

A salinidade é um dos fatores abióticos que causam estresses as plantas, com efeito direto sobre o crescimento e produtividade das culturas (FLOWERS, 2004, YILDIRIM et al., 2009). Quase 100 milhões de hectares de solos cultivados em todo o mundo são afetados pela salinidade (MONTEIRO, 2010).

O Nordeste brasileiro apresenta uma área potencial de irrigação estimada em 6,0 milhões de hectares, e em torno de 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos estão comprometidas com problemas de salinização (LEITE, 2005). Fatores como temperatura elevada, baixa pluviosidade, drenagem deficiente, irrigação mal conduzida em solos relativamente rasos, pouco intemperizados, elevada evaporação e uso de água com elevados teores de sais estão entre as principais causas da ocorrência de salinidade nesta região.

Essas áreas com problemas de salinidade tendem a aumentar com o tempo, comprometendo a produção da bananeira nesses perímetros. A instalação de sistemas de drenagem, solução mais adequada não tem sido praticada em função dos custos elevados; daí a necessidade de identificar espécies e cultivares tolerantes à salinidade (ARAÚJO FILHO et al., 1995). Programas de melhoramento genético da bananeira visando menor sensibilidade à salinidade são necessários para aumentar a produtividade dessa cultura e possibilitar a sua ocupação em áreas salinizadas que são constantemente abandonadas, sobretudo na região Nordeste (MACEDO et al., 2005).

A salinidade afeta a retenção de água do solo reduzindo a disponibilidade às plantas em função da redução do potencial total de água devido ao potencial osmótico (LACERDA et al., 2003). A limitação da disponibilidade de água, fator

essencial para a expansão celular, implica em menor crescimento de células e tecidos, e menor crescimento e produtividade da cultura (DIAS & BLANCO, 2010).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre as plantas são: seca fisiológica provocada pela redução do potencial osmótico da solução do solo; desequilíbrio nutricional por causa da elevada concentração iônica e do excesso de absorção de sódio em relação a outros cátions e efeito tóxico dos íons Na^+ e Cl^- (MUNNS, 2002).

A bananeira de acordo com Silva et al. (1997) é considerada moderadamente sensível à salinidade; já para Oliveira (1999) ela é sensível, e considerada muito sensível para Doorenbos & Kassam (2000). Moreira et al. (1987), afirmam que a tolerância da bananeira à toxicidade aos sais varia segundo o grupo genômico da cultivar. Araújo Filho et al. (1995) verificaram que as cultivares Nanica e Nanicão (grupo AAA) foram mais tolerantes que a Pacovan e Mysore (grupo AAB).

Entre as espécies sensíveis ao estresse salino, o efeito da salinidade manifesta-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade de troca hídrica, condutância estomática, fotossíntese e equilíbrio iônico (CABANERO et al., 2004).

De maneira geral, as plantas apresentam comportamentos distintos diante dos problemas de salinidade; nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis mesmo sob altos níveis de salinidade enquanto outras são sensíveis em níveis relativamente baixos (AYERS & WESTCOT, 1999)

O grau de tolerância à salinidade depende da capacidade das plantas de minimizarem os efeitos da salinidade através de mecanismos específicos de adaptação (GHEYI & SANTOS, 1998). A resposta vegetal a condições de salinidade está relacionada à expressão de vários genes (ZHU, 2001), e cada espécie apresenta um grau de tolerância ao sal que depende da concentração e da natureza dos sais dissolvidos, da presença de íons tóxicos, de fatores climáticos, absorção de água e nutrição vegetal (MUNNS, 2002).

Alguns mecanismos de adaptação à salinidade são utilizados pelas plantas como estratégia para reduzir as perdas de água por transpiração; entre elas estão a redução da área foliar e o controle na abertura dos estômatos, o que

resulta em uma taxa fotossintética menor e constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condição de estresse salino (FLOWERS, 2004).

Outra estratégia seria a realização do ajustamento osmótico, que é o acúmulo de íons inorgânicos e/ou acumulação de solutos orgânicos compatíveis com as enzimas e os metabólitos absorvidos nos vacúolos e citoplasma das células das folhas, de modo a manter um gradiente favorável à absorção de água pelas raízes (DIAS E BLANCO, 2010). Diversas espécies tolerantes à salinidade, em resposta ao estresse hídrico, acumulam prolina em seus tecidos foliares (ASHARAF & HARRIS, 2004; STRANGE, 2004).

Plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os íons durante a absorção de água, mas não são capazes de realizar ajuste osmótico e sofrem com o decréscimo de turgidez, levando ao estresse hídrico por osmose (BARROS, 2002).

Normalmente o reflexo direto da redução do potencial osmótico da solução do solo é a queda nas taxas de crescimento da parte aérea das plantas, e isso não é só por causa da redução na absorção de água, mas também por consequência de efeitos específicos de íons que podem acarretar toxidez ou desordens nutricionais (MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2003; DIAS E BLANCO, 2010).

As cultivares de bananeira apresentam diferentes respostas quanto aos efeitos adversos da salinidade do solo e da água no pegamento de muda, desenvolvimento, produção, qualidade dos frutos e composição mineral das folhas (SANTOS & GHEYI, 1993; ARAÚJO FILHO et al., 1995; GHEYI & SANTOS, 1998).

Efeito da salinidade sobre o crescimento da bananeira

Um efeito direto da salinidade sobre as plantas diz respeito à redução de algumas variáveis físicas das plantas, entre os quais se destacam a redução da altura das plantas, do número de folhas, da área foliar e do acúmulo de matéria fresca, tanto da parte aérea como das raízes (OLIVEIRA, 2006; FERREIRA et al., 2001). Esses processos são ocasionados principalmente pelas alterações sofridas no processo da fotossíntese (NASCIMENTO et al., 2011), condutância estomática

(GULZAR et al., 2003), translocação de fotoassimilados (FARIAS et al., 2009) e desbalanço nutricional na planta (CAVALCANTE et al., 2010).

A fotossíntese em plantas sob estresse é afetada de modo significativo, tendo como resposta redução na taxa de assimilação líquida de CO₂ (GULZAR et al., 2003), provocada pelo fechamento dos estômatos em resposta ao baixo potencial da água do solo, decorrente da elevada concentração salina (MUNNS, 2002).

A redução no crescimento da bananeira tem sido reportada em diversos estudos (GOMES et al., 2001; GOMES et al., 2004; GOMES et al., 2005; SILVA et al., 2009; WILLADINO et al., 2011) quando da submissão desta ao efeito do estresse salino. Este comportamento é atribuído à redução no potencial hídrico da solução do solo gerado pelo efeito osmótico dos íons adicionados em grandes quantidades pelo uso continuado de água salina, como verificado por Gondim et al. (2009), dificultando a absorção de água pelas raízes das bananeiras. Como a água é um dos fatores essenciais para a expansão celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, conseqüentemente menor crescimento e produtividade.

Carmo et al. (2003), avaliando o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,55; 1,70; 2,85 e 4,00 dS m⁻¹) no crescimento vegetativo de bananeiras Pacovan e Marmelo mostraram a altura da planta, o número de folhas e a área foliar diminuíram significativamente com o incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação.

Gomes et al. (2005) avaliaram a tolerância à salinidade de genótipos triplóides de bananeira em fase inicial de crescimento, por meio de variáveis de crescimento e da acumulação de íons inorgânicos. Os genótipos Thap Maeo, Maçã, Caipira, Pacovan, Gran Naine, Prata Anã e Nanicão, foram cultivados em areia lavada e submetidos à irrigação com água não salina (CE da água de irrigação = 1,3 dS m⁻¹) e água salina (CE da água de irrigação = 11,4 dS m⁻¹) durante 21 dias. As cultivares Thap Maeo e Grand Naine apresentaram, simultaneamente, as maiores reduções da área foliar e peso seco de parte aérea. Por sua vez, na cultivar Maçã foram constatadas as menores reduções nas variáveis de crescimento supracitadas e, paralelamente, baixos teores de Na⁺ e Cl⁻ no limbo, associados a elevados teores de K⁺.

Araújo Filho et al. (1995), estudando a salinidade em cultivares de bananeira, observaram que houve redução de 17 a 28% na altura das plantas em comparação com bananeiras cultivadas em solo não salino. Resultados semelhantes foram obtidos por Neves et al. (2002) e Gomes et al. (2004).

Reduções de 44,30% e de 35,07% no diâmetro médio do pseudocaule foram verificadas por Araújo Filho et al. (1995) e Silva et al. (2009), respectivamente, avaliando salinidade em bananeira.

Santos (1990) relatou efeito semelhante da salinidade para a variável diâmetro do pseudocaule, avaliando desenvolvimento e produção da bananeira nanica sob níveis de salinidade e lâmina de água, de modo que a salinidade reduziu em 81,5% o diâmetro médio do pseudocaule aos 150 dias após transplantio.

Efeito sobre a nutrição das plantas

A salinidade pode interferir na absorção de vários nutrientes essenciais (RENGEL, 1992) podendo levar a deficiência (FRANCOIS et al. 1991) ou à toxidez (NIEMAN & CLARK, 1976). Além da concentração dos nutrientes, as relações iônicas entre eles também são afetadas, levando a desbalanços nutricionais que prejudicam o metabolismo das plantas (CRAMER et al. 1994)

O aumento da concentração de NaCl na água de irrigação, ao elevar os teores Cl^- no caule e de Na^+ nas diferentes partes da planta, inibe a absorção de nutrientes ocasionando redução nos teores de N, K^+ e Mg^{2+} nas raízes das plantas (COSTA et al., 2008). A salinidade eleva a relação Na^+/K^+ nas raízes, caules e folhas, mostrando-se como importante variável no estudo nutricional das plantas sob condições de salinidade (BOSCO et al., 2009).

Dentre os fatores estudados para caracterizar a tolerância das plantas à salinidade, uma grande atenção deve ser dada ao estado nutricional das plantas. Incrementos na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K^+ e Ca^{2+} , e interferem nas suas funções fisiológicas (YOSHIDA, 2002).

A habilidade dos genótipos de plantas em manter altos teores de K^+ e Ca^{2+} e baixos níveis de Na^+ dentro do tecido é um dos mecanismos chaves que contribui para expressar a maior tolerância à salinidade (ZHU, 2002; DIAS &

BLANCO, 2010). Munns (2002) afirma que a extrusão de Na^+ dos tecidos pela planta, especialmente do xilema na raiz, para a solução do solo é uma estratégia utilizada como forma de evitar o acúmulo do cátion no limbo foliar, minimizando os efeitos deletérios da salinidade sobre o metabolismo foliar, em especial sobre o processo fotossintético.

Na maioria dos casos, genótipos tolerantes à salinidade são capazes de manter altas relações K^+/Na^+ nos tecidos (ZENG et al., 2003). Pelo aumento da absorção de K^+ e conseqüente redução da absorção de Na^+ , a relação K^+/Na^+ torna-se alta na planta conforme constatado em plantas de pimentão (RUBIO et al., 2003).

A manutenção de uma relação adequada K^+/Na^+ nos tecidos das plantas, é essencial para o funcionamento normal das células sob condições de estresse salino, sendo esta relação considerada, portanto, como fator importante no estudo de tolerância à salinidade, podendo ser utilizada como índice para toxicidade de sódio (GOMES et al., 2005).

Gomes et al. (2005) também avaliaram a relação Na^+/K^+ em cultivares de bananeiras sob níveis de salinidade, e observaram que a cultivar Nanição apresentou o maior aumento da relação (0,76), quando comparadas as cultivares Prata anã (0,19), Pacovan (0,23), Maçã (0,16) e Grand Naine (0,21).

Willadino et al. (2011) avaliando diferentes genótipos de bananeira sob estresse salino constataram que a maioria destes (Tropical, Pakovan Ken, Ambrosia e FHIA-21), quando submetidos à salinidade elevaram os teores de cálcio no limbo foliar e também nas raízes (Bucaneiro e FHIA-21).

Acúmulo de sódio em diversas partes da planta da bananeira (pseudocaule, folha e raízes+rizoma), também foram constatados por Willadino et al. (2011) e Gomes et al. (2005). Silva Junior (2007) constatou acúmulo de íon Na^+ nas raízes+rizoma, em todos os genótipos de bananeira submetidos a 100 mmol m^{-3} de NaCl , de modo que os teores do íon Na^+ nas raízes+rizoma oscilaram entre 2,86 e 12,33 g kg^{-1} de tecido seco.

Incrementos nos teores de íon Na^+ em diferentes órgãos, em resposta à salinidade, tem sido relatados em diversas culturas, como a goiabeira (FERREIRA et al., 2001), a pupunheira (FERNANDES et al., 2002) e a bananeira (GOMES et al., 2004; SILVA JÚNIOR, 2012).

Diversos estudos mostram a redução nos teores de K nos tecidos das plantas após a aplicação de NaCl em diferentes culturas: em goiabeira (FERREIRA et al., 2011), pupunha (FERNANDES et al., 2002), umbu (NEVES et al., 2004), sorgo (LACERDA et al., 2004), gliricídia (FARIAS et al., 2009) e caju (ALVES et al., 2011).

Quanto ao Ca^{2+} , pesquisas têm demonstrado que o aumento da salinidade pode induzir deficiências desse nutriente (FARIAS, 2008). Ferreira et al. (2001) avaliando o efeito da salinidade sobre os teores de Ca nas folhas da goiabeira, verificaram reduções nos teores deste nutriente em função da aplicação de níveis crescentes de NaCl.

Efeito da salinidade sobre as relações hídricas

A utilização de água de irrigação com altos teores de sais tem se tornado um fator limitante na produção agrícola, pois a salinidade limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas, em função do efeito osmótico e tóxico dos íons (MUNNS, 2002).

O efeito osmótico da salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, os quais reduzem o seu potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, diminui a disponibilidade de água e nutrientes às plantas (ALVES et al., 2011). Assim, o aumento da pressão osmótica, poderá atingir um nível em que não haverá mais um gradiente de potencial hídrico entre a planta e o solo e, em conseqüência disso, a planta não irá absorver água, e conseqüentemente nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS & BLANCO, 2010).

Um efeito imediato das plantas sob condições salinas é o fechamento estomático precoce, e este fenômeno se deve à redução da permeabilidade das raízes à água, dando origem ao estresse hídrico (TAIZ & ZEIGER, 2009). Com isso outros processos fisiológicos na planta são afetados como a manutenção do conteúdo relativo de água na folha, o potencial hídrico foliar, a condutância estomática e/ou resistência difusiva, a transpiração e o controle da temperatura foliar (SULTANA et al., 1999).

A diminuição da fotossíntese sob condições de estresse salino tem sido atribuída ao fechamento dos estômatos, para evitar a perda excessiva de água absorvida de maneira limitada pelas raízes devido à redução no potencial osmótico da solução do solo. Em virtude do fechamento estomático, a aquisição e fixação de CO₂ no processo fotossintético são reduzidas, comprometendo o crescimento e a produtividade das culturas (GONDIM et al., 2006).

Entre as espécies sensíveis ao estresse salino, o efeito da salinidade manifesta-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade de troca hídrica, fotossíntese e equilíbrio iônico (NAVARRO et al., 2003; CABANERO et al., 2004).

Tolerância das plantas à salinidade

A salinidade do solo reduz a disponibilidade de água no solo, mas nem todas as culturas são afetadas pelo mesmo nível de salinidade, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade (DIAS & BLANCO, 2010).

Com base na resposta aos sais, as plantas são classificadas em glicófitas e halófitas (TAIZ & ZEIGER, 2009) As glicófitas representam o grupo das plantas cultivadas, no qual a banana se enquadra, e na sua maioria são as mais sensíveis ao efeito dos sais, enquanto as halófitas compõem o grupo das plantas que adquirem condições fisiológicas, ajustando-se osmoticamente e sobrevivem em meio salino (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

A sobrevivência dessas plantas em ambientes salinos é resultado de processos de adaptação que ocorrem no interior dos vegetais, entre os quais se destacam absorção, transporte e distribuição de íons em vários órgãos da planta (FARIAS et al., 2009).

De acordo com Silva et al. (2000), essas plantas acumulam no vacúolo das células foliares os íons salinos absorvidos, mantendo a concentração salina no interior da célula em níveis baixos e, desta forma, o excesso de sais não interfere na hidratação das proteínas e nos mecanismos enzimáticos e metabólicos da planta.

Plantas tolerantes também apresentam a capacidade de acumular solutos orgânicos em seu interior, entre eles a prolina, de modo que permaneça um

gradiente osmótico favorável para a absorção de água pelas raízes. Esse processo é chamado de ajuste osmótico (DIAS & BLANCO, 2010).

Outra estratégia utilizada pelas plantas para resistirem ao efeito salino é a retirada do Na^+ de seus tecidos para a solução do solo, especialmente o xilema, como forma de evitar o acúmulo do cátion no limbo foliar, minimizando os efeitos deletérios da salinidade sobre o metabolismo foliar, em especial sobre o processo fotossintético (MUNNS, 2002).

Analisando-se as características do vegetal, pode-se afirmar que a resposta à salinidade varia com a espécie, e dentro de uma mesma espécie, ela varia com o genótipo e o estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra e se o estresse é imposto a uma célula, a um tecido ou a um órgão do indivíduo (WILLADINO & CAMARA, 2010).

Efeitos tóxicos da salinidade sobre as plantas

Plantas muito sensíveis à salinidade tendem a absorver água juntamente com os sais, permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sal absorvido que, por sua vez, promove desbalanceamentos no citoplasma resultando em danos principalmente na bordadura e ápice das folhas, havendo nestas regiões acúmulo de sal translocado do solo para a planta, e conseqüentemente intensa toxidez (DIAS & BLANCO, 2010). A magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado (SOUSA et al., 2011).

CAVALCANTE et al. (2010) afirmam que o acúmulo de Na^+ e Cl^- , em tecidos vegetais, levam a toxicidade iônica em função das mudanças nas relações entre Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$, provocando desde reduções no desenvolvimento até morte das plantas.

Entre os danos da salinidade sobre as plantas mais comumente citados na literatura estão a redução da área foliar (DANTAS, 2003), redução do crescimento das raízes em função da redução da fotossíntese (NASCIMENTO et al., 2011), atraso no desenvolvimento de gemas apicais, redução do número de folhas (OLIVEIRA, 2006), manchas avermelhadas seguidas de amarelecimento das folhas mais velhas, queimadura das bordas e do ápice do limbo foliar e queda das folhas em estágios mais avançados (MELLONI et al., 2000). A

clorose e queima das folhas devido à toxicidade por sais pode ser em decorrência de alterações no balanço hormonal, redução generalizada da atividade metabólica da planta e da perda da turgescência das células guarda (FERREIRA et al., 2001).

Diante disso o objetivo deste estudo foi avaliar a sensibilidade de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.J. **A cultura da bananeira: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. 585p.

ALVES, A.N. **Crescimento, produtividade e composição mineral de bananeiras irrigadas com águas de salinidades diferentes** – Campina Grande: UFCG, 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2009.

ALVES, F.A.L.; FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; PEREIRA, V.L.A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.602-608, 2011.

ARAÚJO FILHO, J.B.; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C.; SANTOS, J.G.R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.417-422, 1995.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p.3-16, 2004.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado.

BARROS, A.D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, no cultivo do melão**. Botucatu: UNESP, 2002. 124p. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Editora Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p 245- 255.

BOSCO, M.R.O.; OLIVEIRA, A.B.; HERNANDEZ, F.F.F.; LACERDA, C.F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.157-164, 2009.

CABANERO, F.J.; MARTINEZ, V.; CARVAJAL, M. Does calcium determine water up take under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium up take. **Plant Science**, v.166, p.443-450, 2004.

CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; Souza, A. M.; Palácio, E. A. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.513-518, 2003.

CAVALCANTE, L.F.; CORDEIRO, J.C.; NASCIMENTO, J.A.M. CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T.J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.31, p.1281-1290, 2010.

COSTA, D.D.; MELO, H.D.S.; FERREIRA, S.R.; HOLANDA, J.S.D. Crescimento e desenvolvimento do amaranto (*Amaranthus spp.*) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.01, p.43-48, 2008

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.675-692, 1994.

DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W.S. Classificação botânica, origem e evolução. In: ALVES, É.J. **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 1 ed. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1997, p. 9-13.

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

DANTAS, J.P., FERREIRA, M.M.M., MARINHO, F.J.L., AMORIM NUNES, M. D., QUEIROZ, M.D. SANTOS, T.D. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

DIAS, N.D.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p.129-140, 2010.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB. 2000. 221p. 2 ed. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta. 403p, 2006

FARIAS, S.G.G. Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud). 61f. (Dissertação – Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2008.

FARIAS, S.G.G. SANTOS, D.R., FREIRE, A.L.O, BEZERRA E SILVA, R. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium*

(Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.33, n.5, p.1499-1505, Out. 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT 2013**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>. Acesso em: 06 Jun. 2013>.

FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; CURI, N.; PINTO, J.E.B.P.; GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1613-1619, 2002.

FERREIRA, R.G.; TÁVORA, F.J.A.F.; HERNANDEZ, F.F.H. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.79-88, 2001.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FRANÇOIS, L.E.; DONAVAN, T.J.; MAAS, E.V. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. **HortScience**, v.26, n.5, p.549-553, 1991.

GHEYI, H.R.; SANTOS, J.G.R. Effect of irrigation water salinity on banana (*Musa* sp.) yields. In: **International Agronomy Congress**. New Delhi: Indian Society of Agronomy, 1998. p.62–63.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; CAMARA, T.R. The effects of salinity on five banana genotypes (*Musa spp*). **Plant Nutrition**, New York, p.410-412, 2001.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, S. O.; CAMARA, T.R.; MEUNIER, I.M.J. Diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.525-531, 2004.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, S.O.; CAMARA, T.R. Variedades de bananeira tratadas com água salinizada em fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.31-36, 2005.

GONDIM, A.R.O.; MEDEIROS, J.F.; CARMO, G.A.; PEREIRA, F.H.F.; GHEYI, H.R.; TAVARES, J.C. Produtividade de banana submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação: Segundo ciclo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.38-42, 2006.

GONDIM, A.R.O.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A.; CARMO, G.A.; SENHOR, R.F. Balanço hídrico e da salinidade do solo na bananeira irrigada com água de diferentes salinidades. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.31, n.1, p.1-6, 2009.

GULZAR, S.; KHAN, M.A.; UNGAR, I.A. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, n.17-18, p. 2595-2605, 2003.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 Maio de 2015.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.49, n.2, p.107-120, 2003.

Leite, E. M. Utilização de corretivos químicos em solos degradados por sódio usando milho (*Pennisetum americanum* L.) como planta teste. Areia: UFPB, 2005. 62p. Dissertação Mestrado.

MACEDO, C.E.C.; BARROSO, P.A.V.; MOURA, G.E.D.D.; ALLOUFA, M.A.I. Efeito do NaCl sobre o crescimento e a multiplicação in vitro de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.194-197, Agosto, 2005 .

MELLONI, R., SILVA, F.A.D.M., CARVALHO, J.D. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, v.6, n.2, p.35-40, 2000.

MONTEIRO, C.C. **Análise bioquímica do mutante hormonal de tomateiro Never ripe (Nr) submetido aos estresses por cádmio e salinidade**. 2010. 120p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, 2010.

MOREIRA, R.S.; HIROCE, H.; SÁES, A.L. Análise de 12 nutrientes de amostras internas e externas de folhas de 50 cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.9, n.1, p.21-26, 1987.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1999. CD ROM.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v.25, n.2, p.239-250, 2002.

NASCIMENTO, J.A.M.; CAVALCANTE, L.F.; SANTOS, P.D.; SILVA, S.A., SILVA VIEIRA, M.; OLIVEIRA, A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.258-264, 2011.

NAVARRO, J. M.; GARRIDO, C.; MARTÍNEZ, V.; CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulation**, v.41, n.3, p.237-245, 2003.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira Prata, submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.524-529, 2002.

NIEMAN, R.H.; CLARK, R.A. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition of the concentrations of phosphate and phosphate esters in mature photosynthesizing corn leaves. **Plant Physiology**, v.57, n.2, p.157-161, 1976.

OLIVEIRA, S.L. Irrigação. In: ALVES, E.J. **A cultura da banana – aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2 ed. Revisada. Brasília: EMBRAPA-SPI, p.317-334. 1999.

OLIVEIRA, M.K.T.; OLIVEIRA, F.D.A.; MEDEIROS, J.F.; SOUZA LIMA, C.J.G.; GUIMARÃES, I.P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v.1, n.1, p.68-74, 2006.

RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.15, p.625-632, 1992.

RUBIO, F.; FLORES, P.; NAVARRO, J. M.; MARTÍ, V. Effects of Ca^{2+} , K^+ and cGMP on Na^+ uptake in pepper plants. **Plant Science**, v.165, n.5, p.1043-1049, 2003.

SANTOS, J.G.R. dos. Crescimento da bananeira nanica (*Musa sp.*) sob diferentes qualidades de água de irrigação. 1990. 78f. Dissertação (Mestrado) - Campina Grande, 1990.

SANTOS, J.G.R.; GHEYI, H.R. Crescimento da bananeira-Nanica sob diferentes qualidades de água de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.3, p.339-343, 1993.

SILVA, C.U.C.; ROCHA, P.S.; BURITY, M.P.; CÂMARA, T.R.; WILLADINO, L. Efeito de diferentes níveis de NaCl sobre o desenvolvimento in vitro de bananeira (*Musa sp.* Cv. 'Nanicão'). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém, Anais... Belém: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal-PA, 1997.p.152.

SILVA, S.O.; ROCHA, S.A.; ALVES, E.J.; CREDICO, M.D.I.; PASSOS, A.R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.22, n.2, p. 161-169, Agosto, 2000.

SILVA, R.L.O.; MARTINS, L.S.S.; GOMES, E.W.F.; FERRAZ, G.M.G.; SILVA, S.O.; WILLADINO, L. Avaliação de diplóides de bananeira (*Musa spp.*) quanto à tolerância a salinidade. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v.31, p.1084-1091, 2009.

SILVA JÚNIOR, G.S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade**. 2007. 106f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007

SILVA JÚNIOR, G.S.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.G.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, L.E. Parâmetros biométricos, nutricionais e bioquímicos em cultivares e somaclones de bananeira submetidos à salinidade. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v.4, n.1, jul., 2012.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. San José: Litografía Imprenta LIL, 1992. 674p.

SOUSA, A.D.; BEZERRA, M.A.; FARIAS, F.C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.15, n.4, p.390-394, 2011.

STRANGE, K. Cellular volume homeostasis. **Advances in physiology education**, v.28, p.155-159, 2004.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, Kidlington, v.42, p.211-220, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

WILLADINO, L.; GOMES, E. W. F.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.53-59, 2011.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.

YILDIRIM E., KARLIDAG, H., TURAN, M. Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply. **Plant, Soil and Environment**, 55: 213–221, 2009.

YOSHIDA, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. **Jounal Bioscience Bioengineering**, v.94, n.4, p.585-590, 2002.

ZENG, L., POSS, J., WILSON, C., DRAZ, A.S.E., GRIEVE, C.M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. **Euphytica**, v.129, p.281-292, 2003.

ZHU, J.K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v.6, n.2, p.66-71, 2001.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO¹

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: Esse trabalho objetivou fazer uma avaliação dos íons inorgânicos nas folhas e raízes em cultivares de bananeira sob níveis de salinidade da água de irrigação. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5, 2,0, 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), quatro cultivares de bananeira (Prata Anã, BRS Platina, Princesa e Pacovan) e três repetições. Foram realizadas amostragens na fase de floração tanto de folha quanto de raízes de todas as cultivares, para realização das análises nutricionais. Foram avaliados os teores de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e a relação Na⁺/K⁺ na folha e raiz. Não houve efeito dos níveis de salinidade sobre os teores de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺ avaliados nas folhas. Houve diferença entre as médias de N, P, Na⁺ e da relação Na⁺/K⁺ entre as cultivares. Houve diferenças quanto aos teores de nutrientes nas raízes, entre os níveis de salinidade, para os níveis de Ca²⁺, Na⁺ e da relação Na⁺/K⁺, e entre as cultivares para os níveis de Ca, K⁺, Mg²⁺, Na e na relação Na⁺/K⁺. O maior teor de Na⁺ na raiz e baixo na folha na cv. BRS Platina revelou uma habilidade desta cultivar em não translocar íons tóxicos para a folha, característica que não foi visualizada na cv. Princesa. A menor relação Na⁺/K⁺ na raiz e alta na folha na cultivar Princesa refletiu numa alta translocação de íons Na⁺ da raiz para as folhas, indicando maior sensibilidade à salinidade desta cultivar. Os baixos níveis de Na⁺ apresentados tanto na folha quanto na raiz nas cultivares Prata Anã e Pacovan revelaram uma menor sensibilidade à salinidade por parte destas cultivares.

Palavras-Chave: *Musa spp.*, íons, condutividade elétrica, gotejamento.

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF BANANA CULTIVARS UNDER SALINITY LEVELS OF THE IRRIGATION WATER

ABSTRACT: The purpose of the study was to evaluate the inorganic ions in the leaves and roots of banana cultivars under salinity levels in the irrigation water. The experiment was carried out on the experimental fields of Embrapa Cassava & Tropical Fruits in Cruz das Almas – Bahia - Brazil. The experiment followed a completely randomized design in a split plot, with four levels of salinity in irrigation water (0.5, 2.0, 3.0 and 4.0 dS m⁻¹), four different banana cultivars (Pacovan, Prata Anã, BRS Platina and Princesa) and three replications. Samples of leaf and root were taken from all cultivars for nutritional analyzes. The concentrations of N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ and Na⁺/K⁺ ratio in leaves and roots were evaluated. There were no effects of salinity levels on concentration N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ and Na⁺ evaluated in leaves. There were differences between the mean of N, P, Na⁺ and Na⁺/K⁺ ratio among banana cultivars. There were differences in the levels of nutrients in the roots, between the salinity levels to the levels of Ca²⁺, Na⁺ and Na/K ratio, and between cultivars for the levels of Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺ and the Na⁺/K⁺ ratio. The highest content of Na⁺ at the root and down in leaf in the cv. “BRS Platina” revealed an ability of this cultivar in not translocate toxic ions to the leaf, a characteristic that was not visible in “Princesa” cultivar. The lower Na⁺/K⁺ ratio in root and leaf High in the “Princesa” cultivar reflected a high translocation of Na⁺ from the root to the leaves, indicating higher sensitivity to salinity of this cultivar. Low levels of Na⁺ shown in leaf and root in “Prata Anã” and “Pacovan” cultivars showed a lower sensibility tolerance to salinity by these cultivars.

Key-words: *Musa spp*, ions, electrical conductivity, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

A tolerância das plantas à salinidade pode ser caracterizada através do estudo do estado nutricional das plantas (DIAS E BLANCO, 2010). Aumentos na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K^+ e Ca^{2+} , e interferem nas suas funções fisiológicas (ZHU, 2001; YOSHIDA, 2002).

A habilidade dos genótipos de excluir Na^+ da raiz é uma importante característica da planta, contribuindo para aumentar a relação K^+/Na^+ e expressar a alta tolerância aos sais (YOSHIDA, 2002; ZHU, 2002). Na maioria dos casos, genótipos tolerantes à salinidade são capazes de manter altas relações K^+/Na^+ nos tecidos (ZENG et al., 2003). O aumento da absorção de K^+ e consequente redução da absorção de Na^+ , contribui para manter a relação K^+/Na^+ alta na planta conforme constatado em plantas de pimentão (RUBIO et al., 2003). A habilidade dos genótipos de excluir Na^+ da raiz é uma importante característica da planta, contribuindo para aumentar a relação K^+/Na^+ e expressar a alta tolerância aos sais (ZHU, 2002).

A toxicidade iônica e o desequilíbrio nutricional gerados pela redução do potencial osmótico e/ou acumulação excessiva de íons (BOUSIER & LÄUCHLI, 1990), e que influenciam nos processos fisiológicos das plantas são dependentes de muitos fatores, tais como: espécie vegetal, cultivar, tipo de salinidade, intensidade e duração do estresse salino, luminosidade, umidade do solo e do ar e estágio de desenvolvimento da planta (CRAMER et al. 1994).

A salinidade atua na nutrição mineral das culturas, por reduzir a atividade dos íons em solução e alterar os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta (FARIAS et al., 2009).

A predominância de determinados elementos minerais no ambiente radicular, como é comum em meios salinos, altera direta ou indiretamente a aquisição de nutrientes, podendo acarretar redução no crescimento e alterações na qualidade do produto vegetal (LACERDA, 2005).

A capacidade que apresentam as plantas em acumular em seus tecidos foliares altos teores de K^+ e Ca e baixos níveis de Na^+ , caracteriza um mecanismo essencial que expressa maior capacidade de um determinado vegetal em tolerar a salinidade (MANSOUR, 2003; ZENG et al., 2003).

Plantas consideradas tolerantes sob condições de salinidade limitam a entrada de Na^+ ou acumulam este íons em seus tecidos mais velhos, formando um ambiente de estoque, que logo será eliminado (TAIZ & ZEIGER, 2009). A remoção do sódio do citoplasma ou a sua compartimentalização no vacúolo é realizada por proteínas antiporte Na^+/K^+ (APSE et al. 1999), que utilizam as bombas de H^+ (bombas de transporte ativo primário) para regular a expressão e atividade dos transportadores de K^+ e Na^+ (ZHU, 2001).

As bombas atuam não só em células radiculares, promovendo a extrusão do cátion para a solução do solo, mas também em células do xilema, evitando a translocação do mesmo para a parte aérea minimizando, assim, os efeitos deletérios sobre o metabolismo foliar, sobretudo o processo fotossintético (MUNNS, 2002).

A salinidade pode interferir na absorção de vários nutrientes essenciais (RENGEL, 1992) podendo levar a deficiência (FRANCOIS et al. 1991) ou à toxidez (NIEMAN & CLARK, 1976). Além da concentração dos nutrientes, as relações iônicas entre eles também são afetadas, levando a desbalanços nutricionais que prejudicam o metabolismo das plantas (CRAMER et al. 1994)

O aumento da concentração de NaCl na água de irrigação, ao elevar os teores Cl^- no caule e de Na^+ nas diferentes partes da planta, inibe a absorção de nutrientes ocasionando redução nos teores de N , K^+ e Mg^{2+} nas raízes das plantas (COSTA et al., 2008). A salinidade eleva a relação Na^+/K^+ nas raízes, caules e folhas, sendo esta relação uma importante ferramenta a ser considerada na avaliação de genótipos tolerantes ao efeito da salinidade (BOSCO et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os íons inorgânicos nas folhas e raízes de cultivares de bananeira sob níveis de salinidade na água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas, BA, a $12^\circ 40' 19''$ de latitude sul, $39^\circ 06' 23''$ de longitude oeste e altitude de 225 no ano de 2013. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24°C , respectivamente, e pluviosidade média

anual de 1.170 mm, com variação entre 900 e 1300 mm (LIMA FILHO et al., 2013).

O experimento foi instalado em campo seguindo um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. Foram avaliados, na parcela, quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), equivalente a quatro níveis de salinidade na solução do solo (0,86; 2,28; 3,25 e 4,58 dS m⁻¹), quatro cultivares (cv) de bananeira (cv. Prata Anã, cv. BRS Platina, cv. Princesa e cv. Pacovan) e três repetições.

As cultivares Prata Anã e Pacovan são triplóides (AAB) resultantes de mutações ocorridas na prata comum. A cv. BRS Platina é um híbrido tetraplóide (AAAB) resultante do cruzamento entre a Prata Anã (AAB) e o diplóide M53 (AA). A cv. Princesa é uma variedade tipo Maçã resultante do cruzamento entre a cultivar Yanganbi n° 2 (AAB) com o diplóide M53 (AA).

A parte estrutural do experimento foi montada com instalação em campo de um total de 48 vasos plásticos com volume de 100 litros cada (Figura 1), altura 1,0 m e diâmetro 0,60 m, distribuídos na área experimental no espaçamento de 2,0 m x 2,5 m. Os vasos foram preenchidos com solo retirado da área do experimento, o qual foi passado em peneira de 5,0 mm e homogeneizado, sendo também adicionado um volume de esterco de 6 litros por vaso, o qual foi adicionado ao solo, sendo feito um revolvimento para melhor mistura do adubo ao solo. As características químicas e físicas-hídricas do solo e da água utilizados estão descritas na Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo e da água de irrigação utilizados ao longo do experimento

pH	P	K	Ca	CE	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	Mo
em				dS								(%)	(g kg ⁻¹)
H ₂ O				m ⁻¹		cmolc dm ⁻³ (SOLO)							
6,6	65	0,69	3,5	0,86	1,3	4,8	0	0,05	1,21	5,54	6,75	82	18,42
mg L ⁻¹ (ÁGUA)													
6,5	0,05	27	28,41	0,5	17	45,17	-	28	-	-	-	-	-

Tabela 2. Caracterização da retenção de água pelo solo em duas profundidades.

Profundidade (m)	Retenção de água no solo- U (cm ³ cm ⁻³)					Água disp.
	0,1 atm	0,33 atm	1,0 atm	3,0 atm	15 atm	
0 - 0,20	0,23	0,21	0,21	0,19	0,18	0,05
0,20 - 0,40	0,31	0,24	0,24	0,23	0,22	0,09



Figura 1. Distribuição dos vasos na área experimental.

Em cada vaso foi cultivado uma muda de bananeira já aclimatada, com tamanho padronizado, totalizando 48 plantas na área, sendo 12 plantas de cada cultivar avaliada. Em cada unidade de vaso, na parte inferior do mesmo, foi instalado um sistema de drenagem constituído de 8,0 L de brita nº 0 no fundo do balde e um tubo de PVC de 32 mm perfurado conectado a uma torneira de 20 mm de diâmetro de entrada acoplada ao vaso, para que pudesse ser computada toda a água de drenagem após realização das irrigações.

Foram realizadas calibrações utilizando-se um condutímetro de bancada, visando-se obter soluções com diferentes níveis de salinidade, que foram adotadas para as avaliações. A água utilizada nas irrigações foi preparada mediante adição de NaCl (Cloreto de sódio) e CaCl₂ (Cloreto de cálcio) em quantidades para se obter condutividades elétricas com proporções iônicas equivalentes à 3:2, respectivamente para Na⁺ e Ca²⁺, relação esta predominante nas águas de alta salinidade utilizadas para irrigação no Nordeste, conforme Medeiros (1993).

A adição de quantidades crescentes de Cloreto de Sódio e Cloreto de Cálcio à água de irrigação possibilitou a obtenção de uma curva de calibração

entre a quantidade de sais adicionados e a condutividade elétrica obtida (Figura 2).

A adição de sais foi realizada somente para a obtenção das salinidades de 2,0, 3,0 e 4,0 dS m⁻¹, uma vez que a salinidade de 0,5 dS m⁻¹ consistiu do tratamento testemunha, e nele não foi adicionado nenhuma quantidade de sal, sendo esta a condutividade elétrica da água de irrigação do tratamento testemunha.

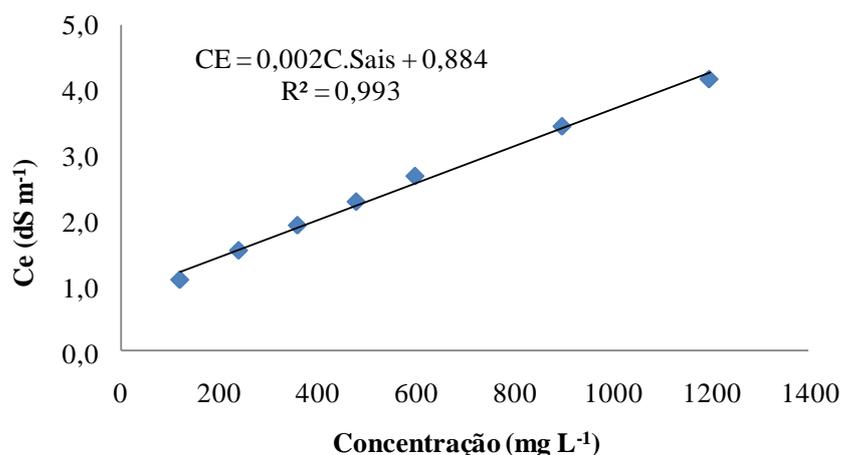


Figura 2. Relação entre a quantidade de sais (NaCl e CaCl₂) na irrigação e a condutividade elétrica lida no condutivímetro.

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento, com utilização de gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h⁻¹, alimentados por água advinda de caixas de volume de 310 litros suspensas, uma para cada nível salino, com pressão de serviço de 3 m de coluna de água, suficiente para o funcionamento dos emissores, sendo um gotejador para cada planta.

As adubações foram realizadas quinzenalmente, aplicadas via fertirrigação, sendo que as quantidade dos fertilizantes utilizados seguiram as recomendações de Borges et al. (2004) com base na tabela 1.

Tendo em vista o monitoramento da umidade do solo, após plantio das mudas, foram instaladas em cada vaso duas sondas de TDR por balde, na distância de 0,1m do pseudocaule da planta, e às profundidades de 0,20m e 0,40m. Antes de cada irrigação era realizada a leitura das umidades, utilizando o equipamento TDR100 da Campbell Scientific. Posteriormente às leituras, era

calculado o volume de água a ser reposto em cada irrigação (Eq. 1), considerando o volume de solo ocupado por planta, a qual tinha como objetivo elevar a umidade em cada um dos vasos até a umidade do solo correspondente à umidade do solo à capacidade de campo.

$$VR = (\theta_{cc} - \theta_a) \times Vs \times 1000 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

VR = Volume de reposição (L); θ_{cc} = Umidade à capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_a = Umidade atual no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); Vs = Volume de solo ocupado pela planta (m^3)

Foram realizadas amostragens tanto de folha quanto de raízes de todas as cultivares para realização das análises nutricionais. Para amostragem de folhas foi realizada a retirada, da terceira folha de cada uma das plantas, durante a fase de floração. Após coleta, cada folha foi acondicionada em sacola plástica e levada ao laboratório para o processamento.

Para a amostragem de raízes, primeiramente todas as plantas foram retiradas de seus respectivos vasos no final da fase de produção (Figura 3), sendo em seguida realizada a separação de todas as raízes presente no solo dos vasos através de lavagem com água, e com ajuda de peneiras de 3,0 mm, as raízes foram recolhidas e colocadas em sacolas plásticas com a identificação de cada planta.

Após a coleta de folhas e raízes, procedeu-se a secagem padrão do material em estufa com circulação de ar forçado com temperatura regulada em 65°C por 96 horas, de modo a haver uma secagem homogênea de todo o material. Após secagem do material procedeu-se a moagem dos materiais previamente secos em moinho de facas para obtenção do pó vegetal para as análises.



Figura 3. Retirada das plantas dos respectivos vasos (A), lavagem das raízes do solo (B) e raízes separadas para embalagem (C).

Após moagem das amostras de folhas e raízes, foi realizada a homogeneização do material e em seguida foi separada uma quantidade do material moído em pequenos sacos plásticos para as análises em laboratório. Os teores dos nutrientes nas folhas foram assim determinados: o nitrogênio total das amostras foi determinado pelo método micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica foram dosados os teores totais de P, por colorimetria, conforme Braga & Defelipo (1974); os teores de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica e os de K e Na, por fotometria de emissão de chamas, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos dos teores de N, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ na folha e raiz foram processados no software Microsoft Excel e submetidos ao programa estatístico Sirvar (FERREIRA, 2011) para análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e teste de média de Tukey a 5% de probabilidade. As avaliações foram realizadas com uso de análise de regressão para os fatores quantitativos e teste de médias para as variáveis qualitativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise de variância mostraram que não houve efeito dos níveis de salinidade sobre os teores de N, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ avaliados nas folhas, indicando que as plantas mesmo submetidas a uma

situação de estresse não acumularam estes íons em seus tecidos foliares (Tabela 3). Houve efeito das cultivares sobre os teores de N, P, Na⁺ e da relação Na⁺/K⁺. Não houve efeito da interação entre níveis de salinidade e cultivares.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias dos teores de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (dag/g), Na⁺ (mg/g) e relação Na⁺/K⁺ na folha de quatro cultivares de bananeira aos 200 DAT sob níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

F.V	GL	N	P	K	Ca	Mg	Na	Na/K
Estatística F								
Nível	3	0,538 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,537 ^{ns}	0,908 ^{ns}	2,81 ^{ns}
Linear	1	0,22 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,298 ^{ns}	0,207 ^{ns}	0,657 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,796 ^{ns}
Quadrática	1	1,39 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,091 ^{ns}	0,192 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,659 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	0,077	0,00055	0,302	0,146	0,064	48942	0,00067
Estatística F								
Cultivar	3	7,06**	3,43*	0,305 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,401 ^{ns}	7,49**	4,59*
Nível x Cult	9	2,22 ^{ns}	4,57 ^{ns}	5,56 ^{ns}	1,95 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Q. M. Res (b)	24	0,037	0,00021	0,085	0,103	0,019	8394	0,0005

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Mansuor (2003) e Zeng (2003) afirmam que a capacidade de as plantas acumular em seus tecidos foliares altos teores de K⁺ e Ca²⁺ e baixos níveis de Na⁺, caracteriza um mecanismo essencial que expressa a maior capacidade de um determinado vegetal em tolerar a salinidade, fato este que não foi observado entre as plantas cultivadas no nível de salinidade mais elevado.

O fato de os teores de sódio não apresentarem diferenças entre os níveis salinos estudados pode se traduzir numa potencial habilidade destas cultivares manterem baixos os níveis de Na⁺ nas células foliares.

Willadino et al. (2011) avaliando o efeito da salinidade sobre cultivares tetraplóides de bananeira constataram que as cultivares FHIA-21, FHIA 18 e Calipso, assim como neste trabalho, tiveram os teores de K⁺ mantidos constantes em seus tecidos foliares quando aumentada a salinidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Gomes et al. (2005), evidenciando a capacidade

de várias cultivares de bananeira (Grand Naine, Thap Maeo e Caipira) manterem os níveis de K^+ no tecido foliar mesmo quando submetidos a CE de $9,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Os níveis de nitrogênio nas folhas das cultivares Prata Anã e Princesa foram superiores aos obtidos nas folhas da cultivar BRS platina, em 18,2 e 26% respectivamente, porém não diferiram do teor encontrado na cultivar Pacovan (Figura 4).

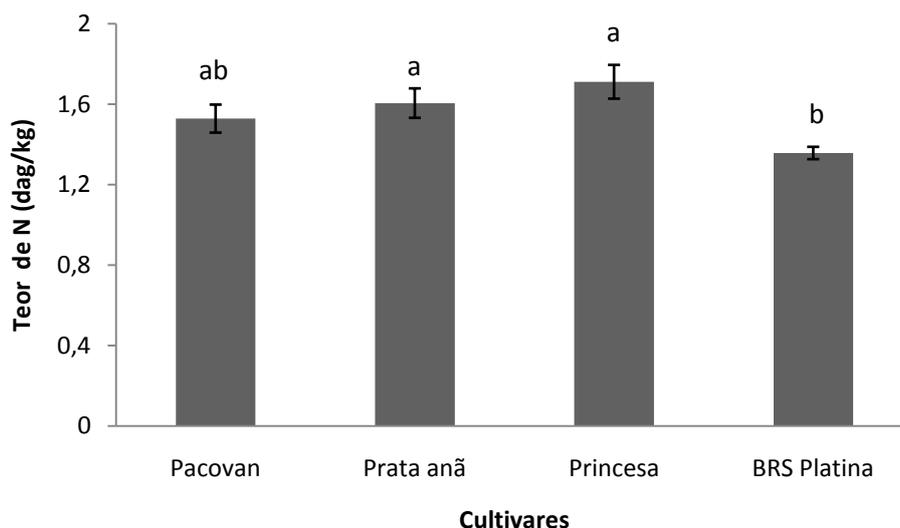


Figura 4. Teores de nitrogênio em folha de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Alves (2009) avaliando os teores de nutrientes nos órgãos da cultivar de bananeira Prata Anã sob dois níveis de salinidade ($0,31$ e $1,66 \text{ dS m}^{-1}$) aos 210 DAT, constatou média do teor de N na folha de $2,04 \text{ dag kg}^{-1}$, sendo este resultado superior ao encontrado para a mesma cultivar neste estudo ($1,60 \text{ dag kg}^{-1}$).

Quando se avaliaram os níveis de fósforo nas folhas, observou-se que a maior concentração deste nutriente foi encontrada no tecido foliar da cv. Princesa, sendo este valor para esta cultivar superior ao teor encontrado na cv. BRS Platina em 21,25%, não sendo diferente dos resultados obtidos para as cv. Pacovan e Prata Anã (Figura 5).

Os resultados deste trabalho corroboram com os de Alves (2009), que também avaliando os teores de nutrientes nos órgãos de cultivares de bananeiras submetidas à salinidade (0,31 e 1,66 dS m⁻¹), constatou diferenças nos teores de fósforo entre cultivares, porém o teor médio de P para a cv. Prata Anã de 0,26 dag kg⁻¹ é superior ao encontrado para a mesma cultivar neste trabalho.

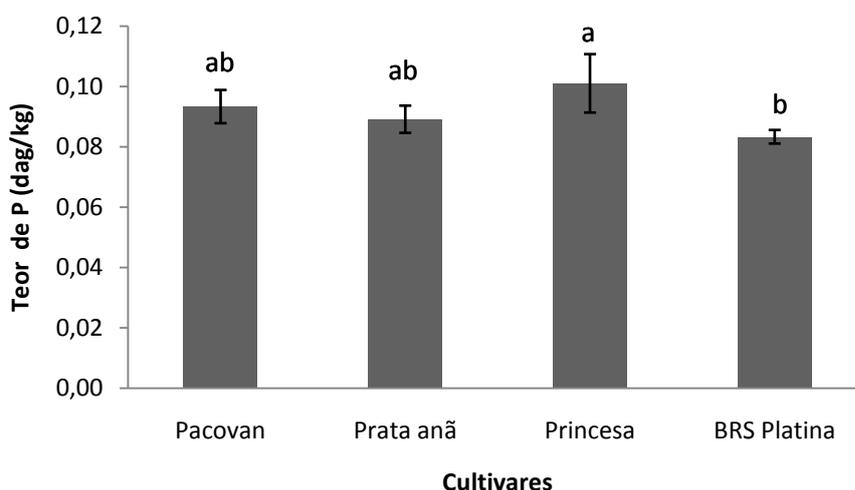


Figura 5. Teores de fósforo em folha de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os níveis de sódio no tecido foliar também apresentaram diferenças entre as cultivares, para todos os níveis de salinidade, de modo que a quantidade deste elemento encontrada na folha da cultivar princesa foi superior em 103% ao encontrado na cv. Pacovan e 49% maior que o constatado na cv. Prata Anã, não diferindo apenas do valor médio encontrado na BRS Platina (Figura 6).

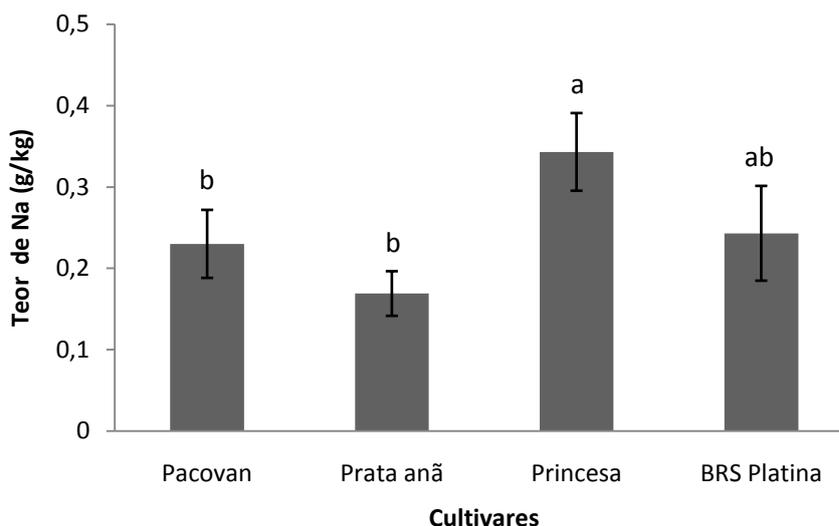


Figura 6. Teores de sódio em folha de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cv. Princesa ao longo de todo o experimento se apresentou como uma cultivar bastante sensível à salinidade por apresentar muitos sintomas de toxidez em sua área foliar, caracterizados como pequenas manchas ao longo do limbo foliar, evoluindo para clorose e queima das bordas, efeito este causado diretamente pelo acúmulo do íon Na^+ em seu tecido foliar. Sintomas de fitotoxidez ocorrem por desequilíbrios nutricionais no citoplasma, a uma redução da translocação de citocininas para as folhas, com conseqüente aumento do conteúdo de ácido abscísico e ao acúmulo de sais no ápice e nas margens das folhas, onde a transpiração é maior (FERNANDES et al., 2002).

Resultados de acúmulo de sódio em níveis mais elevados já haviam sido constatados em genótipos de bananeira Calcuttá (GOMES et al., 2002), Pacovan e Nanicão (SILVA JÚNIOR, 2012), submetidos a CE de $9,1 \text{ dS m}^{-1}$, e Maçã (MONTE et al., 2004), submetido a CE de $6,8 \text{ dS m}^{-1}$.

O grande diferencial entre os genótipos tolerantes e os mais sensíveis à salinidade se refere à magnitude do incremento no teor desse íon (Na^+) nos órgãos da planta. Portanto os resultados encontrados revelam a possível habilidade apresentada pelas cultivares Pacovan e Prata anã de não acumular em grandes quantidades íons potencialmente tóxicos em seu limbo foliar.

As cultivares Prata Anã e Pacovan, por apresentarem baixos teores de Na no tecido foliar, devem apresentar processos adaptativos mais eficientes que podem resultar em absorção, transporte, distribuição de íons nos vários órgãos da planta, além da compartimentalização em outros órgãos da planta, conforme Munns & Tester (2008).

Willadino et al. (2011) avaliando a tolerância à salinidade de cultivares tetraplóides de bananeira em fase inicial de crescimento, constataram que as cultivares apresentaram teores de sódio no limbo foliar que variaram de 2,52 (Preciosa) a 10,53 g kg⁻¹ (BRS Platina), sendo esta última considerada a cultivar mais sensível, por apresentar maior incremento do teor de Na⁺ no limbo foliar, o que sugere uma eficiência menor na extrusão do cátion paralelamente a ausência de habilidade de evitar sua translocação para o limbo foliar. Este resultado corrobora com o que foi encontrado neste estudo em que a cv BRS Platina juntamente com a Princesa apresentaram acúmulo de Na⁺ nas folhas.

Quando avaliou-se a relação Na⁺/K⁺, observou-se que o valor médio da relação entre os cátions observada na cv. Princesa diferiu significativamente das médias observada nas cultivares Prata Anã e BRS Platina, mas não diferiu da média encontrada na cv. Pacovan (Figura 7).

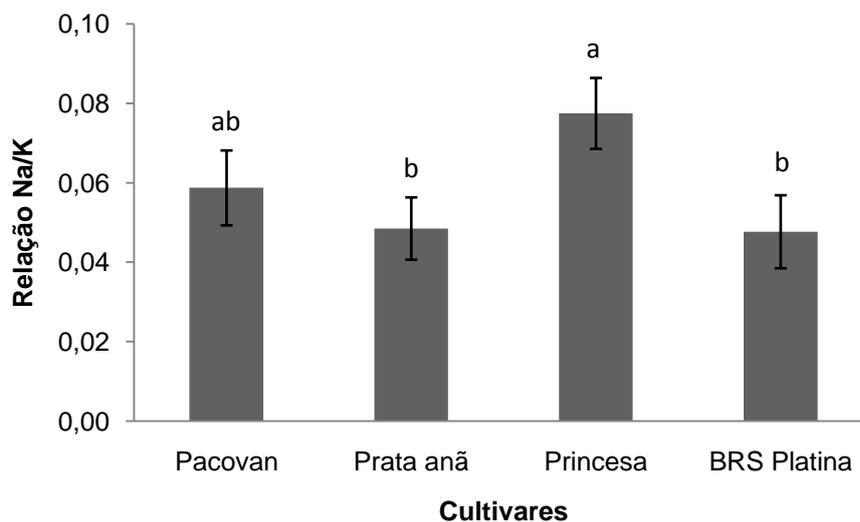


Figura 7. Relação Sódio/Potássio em folha de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Gomes et al. (2005) também avaliaram a relação Na^+/K^+ em cultivares de bananeiras sob níveis de salinidade, e observaram que a cultivar Nanicão apresentou o maior aumento da relação (0,76), quando comparadas as cultivares Prata anã (0,19), Pacovan (0,23), Maçã (0,16) e Grand Naine (0,21), sendo o resultado encontrado naquele estudo bem superior ao obtido neste trabalho com a cv. Princesa (0,077). É importante ressaltar neste estudo que o resultado obtido pela cv. Maçã, que deu origem à cv. Princesa foi inferior ao obtido por esta neste estudo, o que pode indicar diferenças genótípicas entre as cultivares quanto à tolerância à salinidade.

Willadino et al. (2011) concluíram em seus estudos que a bananeira 'Preciosa' foi o genótipo que apresentou os menores valores da relação Na/K no limbo foliar (0,04), resultado este que se aproxima bastante dos que foram obtidos nas cultivares Prata-anã (0,048) e BRS Platina (0,047) neste estudo, o que pode refletir desta forma numa habilidade destas cultivares em controlar a movimentação do íon Na em seu interior, seja através do controle da translocação para o limbo foliar ou mediante acúmulo em outras partes como raízes e rizoma.

Nutrientes nas raízes

A análise de variância constatou que houve efeito dos níveis de salinidade sobre os teores de Ca^{2+} , Na^+ e da relação Na^+/K^+ (Tabela 4). Houve efeito também das cultivares sobre os teores dos cátions Ca^{2+} , K^+ , Mg^+ , Na^+ e na relação Na^+/K^+ . Houve efeito da interação entre nível de salinidade e cultivares sobre os níveis de Na^+ .

Os níveis de cálcio nas raízes sofreram um aumento significativo à medida que se elevou os níveis salinos, de modo que a taxa de aumento do teor de Ca^{2+} com aumento da salinidade foi de $0,11 \text{ dag kg}^{-1} \text{ dS}^{-1}$ (Figura 8), com acúmulo nas plantas do maior níveis de 56% de Ca^{2+} . Resultados constatados por Willadino et al. (2011) concordam com os deste trabalho, uma vez que estes autores observaram acréscimos de 59% nos teores de Ca^{2+} , nas cultivares submetidas ao estresse salino. Acréscimo de 36% nos teores de Ca^{2+} , inferior ao deste trabalho, também foram constatados por Alves (2009) avaliando duas cultivares de bananeira (Prata Anã e Gran Naine) sob dois níveis de salinidade (0,31 e $1,66 \text{ dS m}^{-1}$).

Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias dos teores de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (dag/g), Na⁺ (g/g) e relação Na⁺/K⁺ na raiz de quatro cultivares de bananeira aos 200 DAT sob níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

F.V	GL	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Na ⁺ /K ⁺
Estatística F								
Nível	3	0,255 ^{ns}	0,099 ^{ns}	2,73 ^{ns}	5,96 [*]	0,22 ^{ns}	5,906 [*]	19,22 ^{**}
Linear	1	0,24 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,914 ^{ns}	17,44 ^{**}	0,369 ^{ns}	14,07 ^{**}	33,88 ^{**}
Quadrática	1	0,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	6,47 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,267 ^{ns}	0,004 ^{ns}	3,47 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	0,184	0,0034	0,183	0,0551	0,038	1560	0,0059
Estatística F								
Cultivar	3	0,201 ^{ns}	1,16 ^{ns}	9,33 ^{**}	3,42 [*]	4,19 [*]	14,3 ^{**}	4,11 [*]
Nível x Cult	9	1,05 ^{ns}	0,679 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,895 ^{ns}	3,13 [*]	1,65 ^{ns}
Q. M. Res. (b)	24	0,114	0,0015	0,165	0,0369	0,017	705	0,0077

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

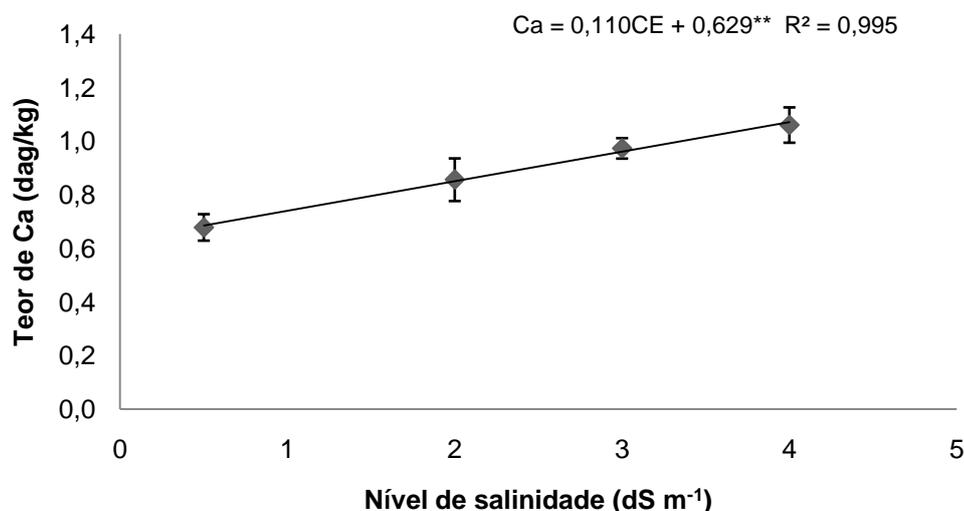


Figura 8. Teores de Cálcio na raiz de cultivares de bananeiras sob níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

Quando comparados os teores de cálcio entre as cultivares observou-se que a cv. Princesa apresentou um nível deste íon 29,13% superior ao encontrado na cv. Pacovan, porém não diferindo das demais cultivares (Figura 9). Isto indica que o maior acúmulo deste cátion em cultivares mais sensíveis, como a Princesa,

tem um papel de extrema importância no que tange a minimização dos efeitos deletérios causados pelos íons tóxicos, uma vez que este cátion é essencial nos processos de absorção e compartimentalização iônica conforme Taiz & Zeiger (2009).

O Ca^{2+} apresenta um papel regulador e estrutural no metabolismo das plantas (KIEGLE et al., 2000) e normalmente atua como mensageiro secundário ativando uma proteína chamada calmodulina que por sua vez ativa uma série de enzimas com funções metabólicas nas plantas (ZHU, 2002).

Os níveis médios de cálcio observados em todas as cultivares foram superiores à média observada nas plantas submetidas à irrigação sem adição de sais na água ($0,678 \text{ dag kg}^{-1}$), sobretudo a cv. Princesa, que apresentou média igual a observada nas plantas que foram submetidas à irrigação com salinidade de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$.

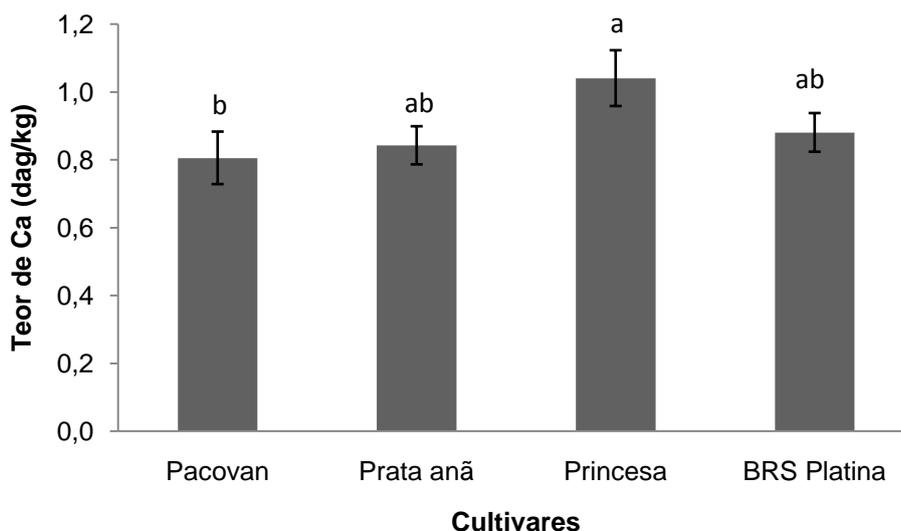


Figura 9. Teores de Cálcio na raiz de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Gomes et al. (2005), avaliando os teores de cálcio nas raízes de cultivares de bananeira sob estresse salino constataram teor médio de Ca de $4,08 \text{ g kg}^{-1}$ para a cv. BRS Platina, sendo menor que o teor médio encontrado neste trabalho para esta cultivar ($8,8 \text{ g kg}^{-1}$). ALVES (2009) avaliando a cv. Prata Anã

sob salinidade aos 350 DAP observou média do teor de Ca de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$, sendo este menor do que o constatado nesta cultivar neste estudo em 40%.

O teor de potássio diferiu entre as cultivares, de modo que as cv. Princesa e BRS Platina apresentaram os maiores teores deste cátion na raiz, chegando o nível apresentado na cultivar BRS Platina ser 84% maior que o encontrado na cv. Pacovan e 52% maior que o visto na cv. Prata Anã (Figura 10). A maior quantidade deste íon constatada nestas cultivares pode ter acontecido em função da necessidade maior de reduzir o potencial osmótico das células das raízes visando manter a absorção.



Figura 10. Teores de Potássio na raiz de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de potássio não apresentaram diferenças significativas entre os níveis de salinidade. O aumento do teor de íon sódio nos tecidos de espécies glicófitas geralmente está associado à diminuição no teor de íon potássio (GREENWAY & MUNNS, 1980), resultado da competição pelos sítios de absorção nas membranas (BLUMWALD et al., 2000). Esta tendência não foi observada nos genótipos do presente trabalho.

Resultados que condizem com os deste estudo foram encontrados por Gomes et al. (2004) e Willadino et al. (2011), que constataram manutenção nos teores de K^+ mesmo quando as plantas foram submetidas à salinidade de $9,1 \text{ dS m}^{-1}$.

A capacidade das plantas em manter níveis adequados de K^+ é essencial para a sobrevivência em ambientes salinos, por contribuir com a manutenção do baixo potencial osmótico das células vegetais, que é um pré-requisito para garantir a pressão de turgor, que, por sua vez determina o transporte de soluto via xilema e o balanço de água na planta, conforme Willadino & Camara (2004), e também por regular a abertura e fechamento dos estômatos, auxiliando na ascensão capilar no xilema (TAIZ & ZEIGER, 2009). O maior acúmulo de K pela cultivar BRS Platina pode ter sido foi uma estratégia adotada por esta de modo a manter a extração de água do solo, principalmente nos níveis salinos mais elevados. Este fato não foi observado na cv. Princesa uma vez que esta teve alta absorção de K^+ , porém manteve elevada a relação Na/K na folha, o que não refletiu numa capacidade maior de adaptação à salinidade. Os teores de k^+ para estas duas cultivares foram maiores que a média observada para as plantas submetidas à irrigação com CE de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Os teores de magnésio da mesma forma que os níveis de potássio, diferiram entre as cultivares, para todos os níveis, e tiveram seu maior incremento nas cv. Princesa e BRS Platina, diferindo dos resultados encontrados nas cv. Pacovan e Prata anã, que não diferiram entre si (Figura 11).

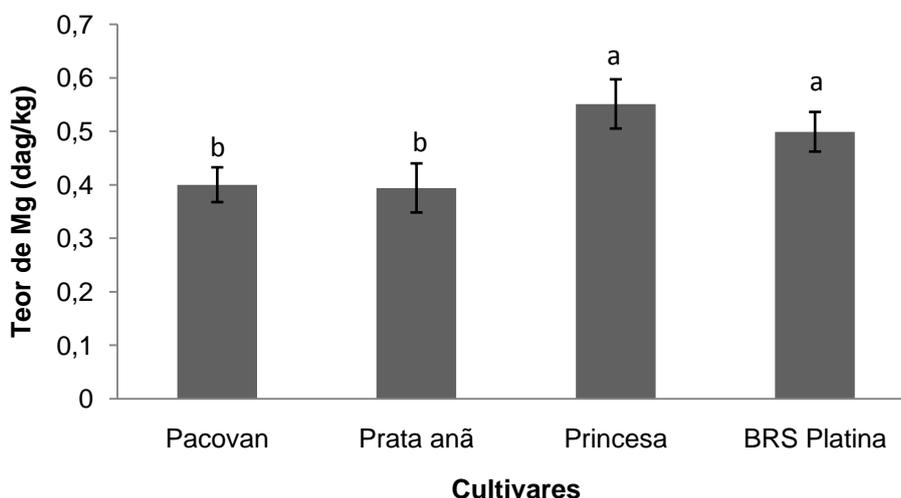


Figura 11. Teores de Magnésio na raiz de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e Barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não houve efeito dos níveis de salinidade sobre os teores médios de Mg^{2+} entre as cultivares. Esses resultados estão de acordo com Silva Junior (2012) que avaliando o efeito da salinidade sobre os teores de Mg^{2+} nas raízes de cultivares de bananeiras Nanicão e Pacovan não encontrou variação nos teores de magnésio entre os níveis avaliados. Por outro lado Silva Junior (2007) constatou que no genótipo diplóide Thong Dok Mak, a salinidade induziu incrementos nos teores de magnésio em todas as partes da planta, sobretudo no pseudocaule.

No que se refere aos teores de sódio entre as cultivares para todos os níveis houve um acúmulo significativo de Na^+ nas raízes da cv. BRS Platina, sendo este 51% superior a média encontrada na cv. Pacovan, 60% na cv. Prata Anã e 75,4% a média da cv. Princesa (Figura 12).

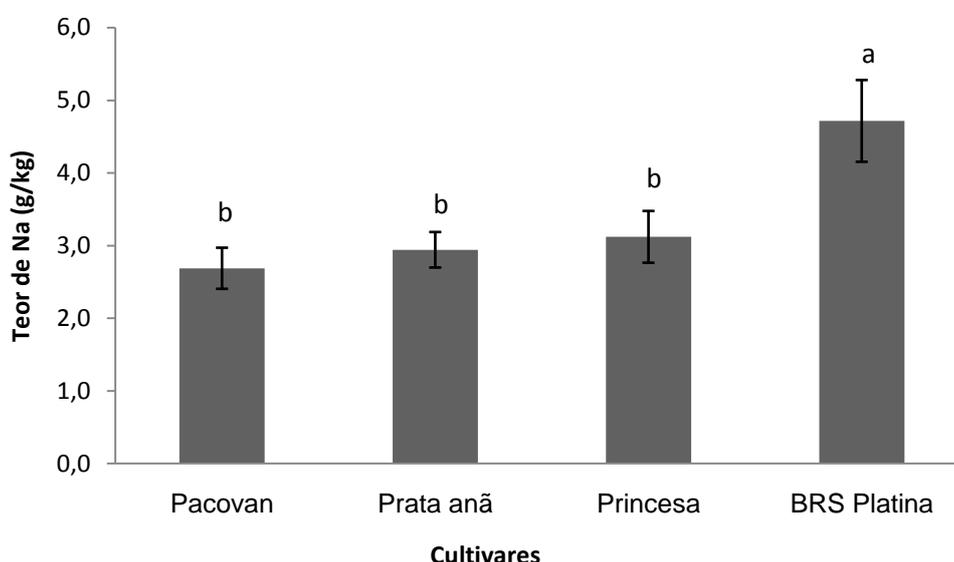


Figura 12. Teores de sódio na raiz de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O baixo nível de sódio acumulado na raiz da cultivar Princesa, em detrimento da elevada concentração deste na folha, mostra que foi alta a translocação deste íon em direção a parte aérea.

Houve efeito da interação entre nível x cultivar, de modo que se constatou incremento nos teores de Na^+ à medida que se elevou o nível de salinidade apenas nas cultivares Prata Anã, BRS Platina e Princesa (Figura 13). O aumento nos teores de sódio entre o menor e o maior nível salino foi de 140% para a cv.

BRS Platina, de 123% para a cv. Prata Anã e de 79,57% para a cv. Princesa. Os teores de sódio não sofreram alterações entre os níveis na cv. Pacovan, o que pode demonstrar uma capacidade desta cultivar em excluir o sódio das células da raiz, sendo uma importante característica a ser considerada na escolha de cultivares mais tolerantes à salinidade.

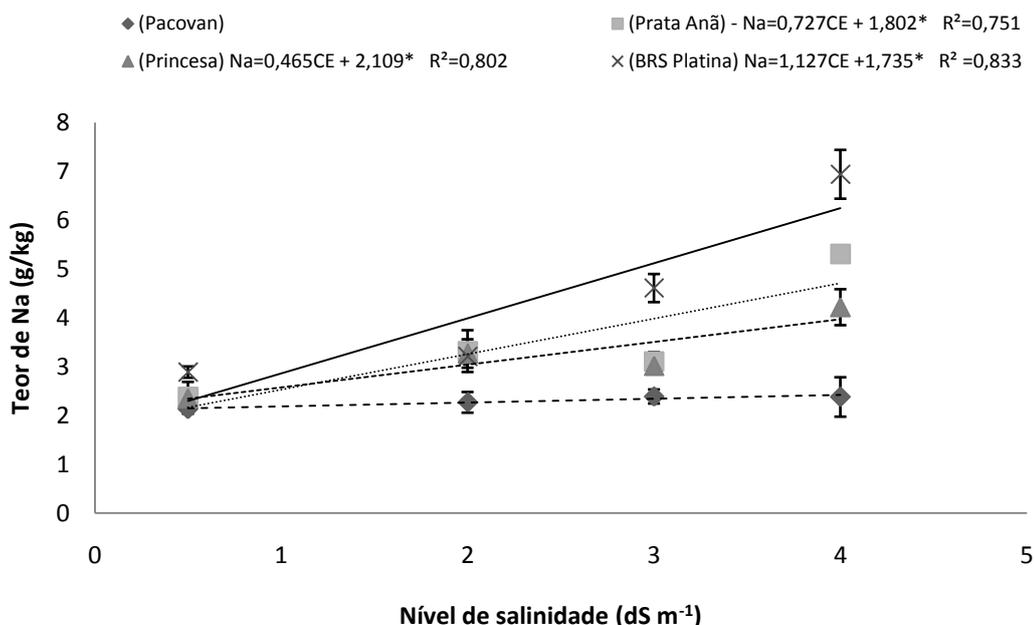


Figura 13. Teores de sódio na raiz de cultivares de bananeira submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média e barras representam o erro padrão da média.

Os resultados estão em conformidade com Willadino et al. (2011) que avaliando cultivares de bananeira sob salinidade relataram que dentre as cultivares mais sensíveis se destacou a BRS Platina que teve um maior incremento no teor de sódio nas raízes e rizoma (673%), quando comparados à testemunha. Já Gomes et al. (2005) observaram que a cultivar que mais teve aumento nos níveis de sódio foi a Maça, com incremento do íon de 526%, enquanto que a cultivar que menos acumulou sódio nos tecidos radiculares foi a cv. Pacovan, concordando com os resultados obtidos neste trabalho. Resultados superiores aos deste estudo também foram encontrados por Silva Junior et al. (2012), os quais constataram acúmulos de sódio nas raízes de genótipos de bananeira variando de 217 a 320%.

Estes resultados indicam que o acúmulo de Na^+ ocorrido nas raízes da cv. BRS Platina, e a não translocação deste para as folhas, fato ocorrido na cv. Princesa é uma forma de ajuste ou defesa da planta, que mesmo com o desbalanço de Na^+ na solução do solo forçando a absorção, manteve o mesmo nas raízes reduzindo a injúria na planta.

Quando foi avaliada a relação Na^+/K^+ na raiz, entre os níveis de salinidade, foi observado que houve um aumento desta à medida que se elevou a condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 14). A taxa de aumento da relação a cada incremento de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ de CE foi de 0,062.

Os resultados encontrados por Willadino et al. (2011) corroboram com os deste trabalho, relatando também aumento da relação Na^+/K^+ em diferentes partes da planta, principalmente na parte aérea. Esse aumento da relação se deve, em parte, pelo aumento na absorção de sódio pelas plantas sob estresse salino, pela redução da absorção de K^+ , ou ambas.

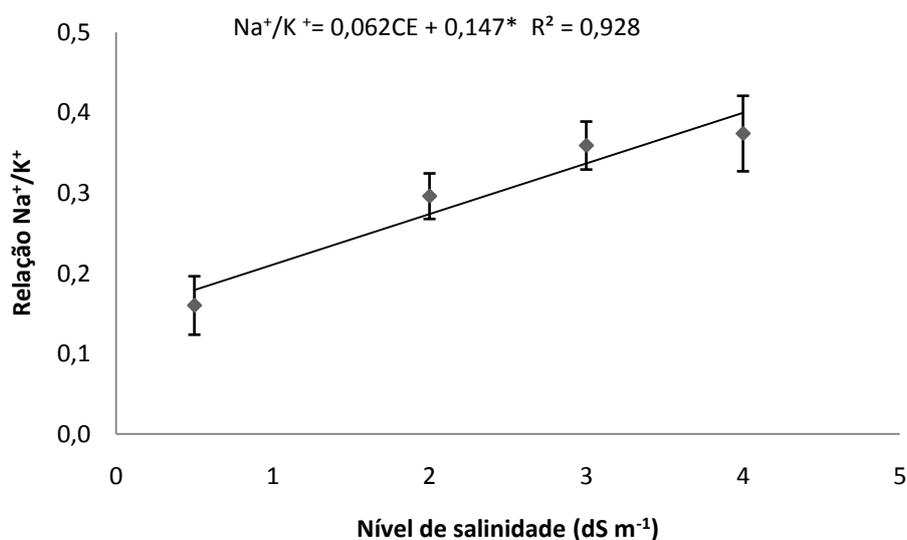


Figura 14. Relação Na^+/K^+ na raiz de cultivares de bananeiras entre os níveis de salinidade. Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

Gomes et al. (2005) encontraram também resultados semelhantes aos deste estudo, com incrementos significativos da relação Na^+/K^+ em todas as cultivares sob aplicação de irrigação com níveis de salinidade, sobretudo no limbo foliar e nas raízes+rizoma.

As médias da relação Na^+/K^+ entre as cultivares, para todos os níveis adotados, diferiram entre si (Figura 15). A relação apresentada tanto na cv. BRS Platina (0,33), quanto na cv. Pacovan (0,32) foi significativamente maior que a apresentada nas cv. Princesa (0,22), porém não foi diferente estatisticamente da relação verificada na cv. Prata Anã (0,30).

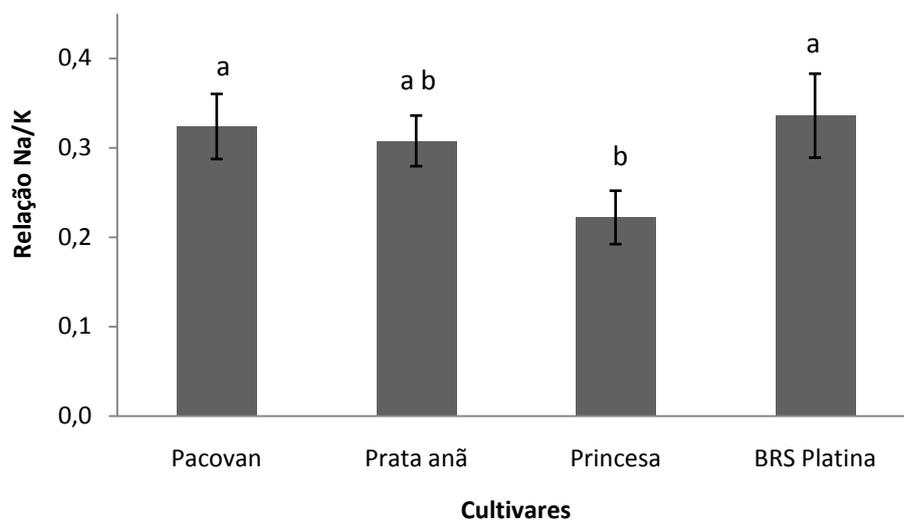


Figura 15. Relação sódio/potássio na raiz de cultivares de bananeiras submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Colunas representam a média e barras representam o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A maior relação Na^+/K^+ apresentada na cv. BRS Platina foi fruto de uma maior absorção de sódio pelo sistema radicular. Diferente desta, as cv. Pacovan e Prata Anã tiveram médias da relação Na^+/K^+ alta em virtude de uma menor absorção de potássio. Já a cv. Princesa apresentou menor relação sódio/potássio por conta de uma baixa absorção de sódio contra uma alta absorção de potássio.

Gomes et al. (2005) no tratamento com $\text{CE } 9,1 \text{ dS m}^{-1}$, observaram valores da relação Na^+/K^+ na raiz de 0,28 para a Pacovan, 0,25 para a prata Anã e 0,22 para a maçã. Os valores apresentados por este autor foram inferiores aos verificados nas cv. Pacovan e Prata Anã, porém considerando o grau de parentesco entre as cv. Princesa e Maçã se observa similaridade nos resultados. Já para a cv. BRS Platina o valor da relação observada neste estudo é superior

ao encontrado por Willadino et al. (2011) para a mesma cultivar sob salinidade (0,18).

CONCLUSÕES

Os teores dos nutrientes nas cultivares avaliadas, principalmente nos níveis destes no sistema radicular, foram afetados pelos níveis de salinidade.

O maior teor de Na^+ na raiz e baixo na folha na cv. BRS Platina revelou uma habilidade desta cultivar em não translocar íons tóxicos para a folha, característica que não foi visualizada na cv. Princesa.

A menor relação Na^+/K^+ na raiz e alta na folha, na cultivar Princesa, refletiu em uma alta translocação de íons Na^+ da raiz para as folhas, indicando maior sensibilidade à salinidade desta cultivar.

Os baixos níveis de Na^+ apresentados tanto na folha quanto na raiz das cultivares Prata Anã e Pacovan revelaram uma menor sensibilidade à salinidade por parte destas cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.N. **Crescimento, produtividade e composição mineral de bananeiras irrigadas com águas de salinidades diferentes** — Campina Grande: UFCG, 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2009.

APSE, M.P.; AHARON, G. S., SNEDDEN, W. A.; BLUMWALD, E. Salt tolerance conferred by over expression of a vacuolar Na^+/H^+ antiport in Arabidopsis. **Science**, v.285, n.5431, p.1256-1258, 1999.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos de plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.

BLUMWALD, E; AHARON, G.S.; APSE, M.P. Sodium transport in plant cells. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes**, v.1465, n.1, p.140-151, 2000.

BORGES, A.L. Calagem e adubação. in: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Editora Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.245- 255.

CHUSMAN, J.C. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. **American Zoologist**, v.41, n.4, p.758-769, 2001.

COSTA, D.M.A.; MELO, H.N.S.; FERREIRA, S.R. HOLANDA, J.S. Crescimento e desenvolvimento do amaranto (*Amaranthus spp.*) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.43-48, 2008.

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.21, p.675-692, 1994.

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

DASGAN, H.Y.; AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK, I. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotypes responses. **Plant Science**. v.163. p.695-703, 2002.

DIAS, N.D.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p.129-140, 2010.

FARIAS, S.G.G. SANTOS, D.R., FREIRE, A.L.O, BEZERRA E SILVA, R. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.33, n. 5, p.1499-1505, 2009.

FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; CURI, N.; PINTO, J.E.B.P.; GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1613-1619, 2002.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FILHO, A.F.L; FILHO, M.A.C; HEINEMANN, A.B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1294-1300, 2013.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FRANÇOIS, L.E.; DONAVAN, T.J.; MAAS, E.V. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. **Horticultural Science**, v.26, n.5, p.549-553, 1991.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; CAMARA, T.R. The effects of salinity on five banana genotypes (*Musa* spp). **Plant Nutrition**, New York, p.410-412, 2001.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; CAMARA, T.R.; SILVA, S.O. Banana genotypes under salt stress: Tolerance and sensitivity. **Infomusa**, v.11, n.2, p.13-18, 2002.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, S. O.; CAMARA, T.R.; MEUNIER, I.M.J. Diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.525-531, 2004.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, S.O.; CAMARA, T.R. Variedades de bananeira tratadas com água salinizada em fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.31-36, 2005.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Previsão de safra. Disponível em: <www.sidra.igbe.gov.br>. Acesso em: 03 Jun. 2015.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R.J.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U. **Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, p.127-137, 2005.

KIEGLE, E.; MOORE, C.A.; HASELOFF, J., TESTER, M.A.; KNIGHT, M.R. Cell-type-specific calcium responses to drought, salt and cold in the Arabidopsis root. **The Plant Journal**, v.23, n.2, p.267-278, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MANSOUR, M.M.F. Transport proteins and salt tolerance in plants. **Plant Science**, v.164, p.891-900, 2003.

MEDEIROS, J.F. de; GHEYI, H.R.; BATISTA, M.A.F. **Procedimentos de análise de solo e água para diagnóstico de salinidade**. Mossoró: ENA, ESAM, 1993. 25p. (Coleção Mossoroense, Série E, 1256).

MENDOZA, I.; RUBIO, F.; RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; PARDO, J.M. The protein phosphatase calcineurin is essential for NaCl tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Biological Chemistry**, v.269, n.12, p.8792-8796, 1994.

MONTE, W.M.; HERNANDEZ, F.F.F; LACERDA, C.F.; NESS, R.L.L. Crescimento e teores de minerais em plantas jovens de duas cultivares de bananeira submetidas a estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, p.157-164, 2004.

MONTEIRO, C.C. Análise bioquímica do mutante hormonal de tomateiro Never ripe (Nr) submetido aos estresses por cádmio e salinidade. 2010. 120p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, 2010.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **The Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-81, 2008.

NIEMAN, R. H.; CLARK, R. A. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on the mature photosynthesizing corn leaves. **Plant Physiology**, v.57, p.157-161, 1976.

RENGEL, Z. The role of calcium in salt toxicity. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.15, p.625-632, 1992.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 117 p. 2000.

SILVA JÚNIOR, G.S.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.G.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, L.E. Parâmetros biométricos, nutricionais e bioquímicos em cultivares e somaclones de bananeira submetidos à salinidade. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v.4, n.1, jul., 2012.

SILVA JÚNIOR, G. S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade.** 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

WILLADINO, L.; GOMES, E. W. F.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.53-59, 2011.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. **La ecofisiología vegetal – Una ciencia de síntesis.** Madrid: Thompson, p.303-330, 2004.

YOSHIDA, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. **Jounal Bioscience Bioengineering**, v.94, n.4, p.585-590, 2002.

ZENG, L., POSS, J., WILSON, C., DRAZ, A.S.E., GRIEVE, C.M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. **Euphytica**, v.129, p.281-292, 2003.

ZHU, J.K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v.6, n.2, p.66-71, 2001.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.247-273, 2002.

CAPÍTULO 2

RELAÇÕES HÍDRICAS EM CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO¹

RELAÇÕES HÍDRICAS EM CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de níveis de salinidade na água de irrigação sobre variáveis fisiológicas em cultivares de bananeira. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas-BA. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), equivalente a quatro níveis de salinidade na solução do solo (0,86; 2,28; 3,25 e 4,58 dS m⁻¹), quatro cultivares de bananeira (Prata Anã, BRS Platina, Princesa e Pacovan) e três repetições. As variáveis avaliadas foram Condutância estomática, conteúdo relativo de água na folha (CRA), pressão de turgescência na folha, teor de prolina na folha, transpiração relativa, área foliar e número de folhas com sinais de toxidez. As trocas gasosas em cultivares de bananeiras foram afetadas significativamente quando da aplicação de níveis crescentes de salinidade. A condutância estomática sofreu redução à medida que se elevou a salinidade, chegando a apresentar no nível 4,0 dS m⁻¹ redução de 49,86% em relação a testemunha. A transpiração relativa das cultivares foi reduzida significativamente à medida que se aumentou o nível de salinidade. As cultivares apresentaram diferentes comportamentos quando se avaliou o CRA, com destaque para as cultivares Prata-Anã e BRS Platina que mantiveram constante os níveis de CRA, sendo considerados menos sensíveis ao efeito salino. O potencial osmótico das folhas das cultivares de bananeira não foi afetado pela salinidade. Os teores de prolina na folha não foram afetados pelos níveis salinos na água de irrigação, mas foram diferentes entre as cultivares de bananeira, com destaque para os maiores teores apresentados pelas cultivares Princesa e BRS Platina. Todas as cultivares apresentaram sintomas de toxidez causados pela absorção de íons, porém a cv. Princesa mostrou-se mais sensível ao efeito salino por apresentar maior área foliar afetada pelo efeito dos sais.

Palavras-Chave: *Musa spp*, transpiração, prolina, condutividade elétrica, gotejamento.

WATER RELATIONS IN BANANA CULTIVARS UNDER SALINITY LEVELS IN THE IRRIGATION WATER

ABSTRACT: The purpose of the study was to identify banana cultivars with tolerance to salinity, using physiological variables as indicators parameters. The experiment was carried out on the experimental fields of Embrapa Cassava & Tropical Fruits in Cruz das Almas – Bahia - Brazil. The experiment followed a completely randomized design in a split plot, with four levels of salinity in irrigation water (0.5, 2.0, 3.0 and 4.0 dS m⁻¹), four different banana cultivars (“Pacovan”, “Prata Anã”, “BRS Platina” and “Princesa”) and three replications. The evaluated parameters were stomatal conductance, relative water content in the leaf, turgor pressure in the leaf, proline content in the leaf, relative transpiration, leaf area and number of leaves with toxicity signs. Gas exchange in banana cultivars were significantly affected when applying increasing levels of salinity. The stomatal conductance was reduced by 49,86% at the level 4,0 dS m compared to control treatment. The relative transpiration of plants significantly reduced with increasing salinity. The cultivars had different behaviors as to the relative water content, especially the cultivars “Prata Anã” and “BRS Platina” who maintained constant the CRA levels and are considered more tolerant to salt effect. The osmotic potential of leaves of the banana cultivars was not affected by salinity. The proline content in the leaf was not affected by salt levels in the irrigation water, but were different between the banana cultivars, with emphasis on the highest levels presented by “Princesa” and “BRS Platina” cultivars. All cultivars, without exception, showed symptoms of toxicity caused by the absorption of ions, but the cv. “Princesa” was more sensitive to salt effect due to its higher leaf area affected by the salt effect.

Key-words: *Musa spp*, relative transpiration, proline, electrical conductivity, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

O aumento na concentração de sais na solução do solo faz com que a água se torne cada vez menos disponível para as plantas (RIBEIRO et al., 2001), e uma vez estando o solo com o potencial osmótico da solução reduzido, a extração de água pelas plantas é de sobremodo afetada (AMORIM et al., 2002, LOPES & MACEDO, 2008). Conseqüentemente diversos processos fisiológicos na planta como a fotossíntese, o conteúdo relativo de água, o potencial hídrico foliar, a condutância estomática e/ou resistência difusiva, a transpiração e a temperatura foliar são afetados (SULTANA et al. 1999, TAIZ & ZEIGER, 2009)

A diminuição da fotossíntese sob condições de estresse salino tem sido atribuída ao fechamento dos estômatos, para evitar a perda excessiva de água, absorvida de maneira limitada pelas raízes devido à redução no potencial osmótico da solução do solo (DIAS & BLANCO, 2010). Em virtude do fechamento estomático, a aquisição e fixação de CO₂ no processo fotossintético são reduzidas, comprometendo o crescimento e a produtividade das culturas. Nas espécies sensíveis ao estresse salino, o efeito da salinidade manifesta-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade de troca hídrica, fotossíntese e equilíbrio iônico (CABANERO et al., 2004).

Entre os aspectos fisiológicos avaliados para análise da sensibilidade da planta ao estresse salino, destacam-se: o potencial osmótico, a resistência estomática, a transpiração, a temperatura foliar e o acúmulo de carboidratos e outros solutos compatíveis (ALBUQUERQUE, 2004). Geralmente, a diminuição da disponibilidade hídrica no substrato ocasiona queda no potencial da água da folha, levando à perda de turgescência e ao fechamento estomático (NOGUEIRA, 2003).

O ajustamento osmótico é uma das ferramentas utilizadas pelas plantas visando manter sua turgescência celular, o que permite manter os processos de abertura estomática e fotossíntese, mesmo sob condições de baixo potencial hídrico no solo, sendo que uma das formas de realizar este ajuste é acumulando prolina e outros aminoácidos livres (YAMADA et al., 2005).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de níveis de salinidade na água de irrigação sobre diferentes variáveis fisiológicas das relações hídricas em cultivares de bananeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas, BA, a 12° 40' 19" de latitude sul, 39° 06' 23" de longitude oeste e altitude de 225 no ano de 2013. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24°C, respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.170 mm, com variação entre 900 e 1300 mm (LIMA FILHO et al., 2013).

O experimento foi instalado em campo seguindo um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. Foram avaliados, na parcela, quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), equivalente a quatro níveis de salinidade na solução do solo (0,86; 2,28; 3,25 e 4,58 dS m⁻¹), quatro cultivares de bananeira (Prata Anã, BRS Platina, Princesa e Pacovan) e três repetições.

As cultivares Prata Anã e Pacovan são triplóides (AAB) resultantes de mutações ocorridas na prata comum. A cv. BRS Platina é um híbrido tetraplóide (AAAB) resultante do cruzamento entre a Prata Anã (AAB) e o diplóide M53 (AA). A cv. Princesa é uma variedade tipo Maçã resultante do cruzamento entre a cultivar Yanganbi nº 2 (AAB) com o diplóide M53 (AA).

A parte estrutural do experimento foi montada com instalação em campo de um total de 48 vasos plásticos com volume de 100 litros cada (Figura 1), altura 1,0 m e diâmetro 0,60 m, distribuídos na área experimental no espaçamento de 2,0 m x 2,5 m. Os vasos foram preenchidos com solo retirado da área do experimento, o qual foi passado em peneira de 5,0 mm e homogeneizado, sendo também adicionado um volume de esterco de 6 litros por vaso, o qual foi adicionado ao solo, sendo feito um revolvimento para melhor mistura do adubo ao solo. As características químicas e físicas-hídricas do solo e da água utilizados estão descritas na Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo e da água de irrigação utilizados ao longo do experimento

pH em H ₂ O	P	K	Ca	CE dS m ⁻¹	Mg	Ca+Mg cmolc dm ⁻³ (SOLO)	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V (%)	Mo (g kg ⁻¹)
6,6	65	0,69	3,5	0,86	1,3	4,8	0	0,05	1,21	5,54	6,75	82	18,42
mg L ⁻¹ (ÁGUA)													
6,5	0,05	27	28,41	0,5	17	45,17	-	28	-	-	-	-	-

Tabela 2. Caracterização da retenção de água pelo solo em duas profundidades.

Profundidade (m)	Retenção de água no solo- U (cm ³ cm ⁻³)					Água disp.
	0,1 atm	0,33 atm	1,0 atm	3,0 atm	15 atm	
0 - 0,20	0,23	0,21	0,21	0,19	0,18	0,05
0,20 - 0,40	0,31	0,24	0,24	0,23	0,22	0,09



Figura 1. Distribuição dos vasos na área experimental.

Em cada vaso foi cultivado uma muda de bananeira já aclimatada, com tamanho padronizado, totalizando 48 plantas na área, sendo 12 plantas de cada cultivar avaliada. Em cada unidade de vaso, na parte inferior do mesmo, foi instalado um sistema de drenagem constituído de 8,0 L de brita nº 0 no fundo do balde e um tubo de PVC de 32 mm perfurado conectado a uma torneira de 20 mm de diâmetro de entrada acoplada ao vaso, para que pudesse ser computada toda a água de drenagem após realização das irrigações.

Foram realizadas calibrações utilizando-se um condutivímetro de bancada, visando-se obter soluções com diferentes níveis de salinidade, que

foram adotadas para as avaliações. A água utilizada nas irrigações foi preparada mediante adição de NaCl (Cloreto de sódio) e CaCl₂ (Cloreto de cálcio) em quantidades para se obter condutividades elétricas com proporções iônicas equivalentes à 3:2, respectivamente para Na⁺ e Ca²⁺, relação esta predominante nas águas de alta salinidade utilizadas para irrigação no Nordeste, conforme Medeiros (1993).

A adição de quantidades crescentes de Cloreto de Sódio e Cloreto de Cálcio à água de irrigação possibilitou a obtenção de uma curva de calibração entre a quantidade de sais adicionados e a condutividade elétrica obtida (Figura 2).

A adição de sais foi realizada somente para a obtenção das salinidades de 2,0, 3,0 e 4,0 dS m⁻¹, uma vez que a salinidade de 0,5 dS m⁻¹ consistiu do tratamento testemunha, e nele não foi adicionado nenhuma quantidade de sal, sendo esta a condutividade elétrica da água de irrigação do tratamento testemunha.

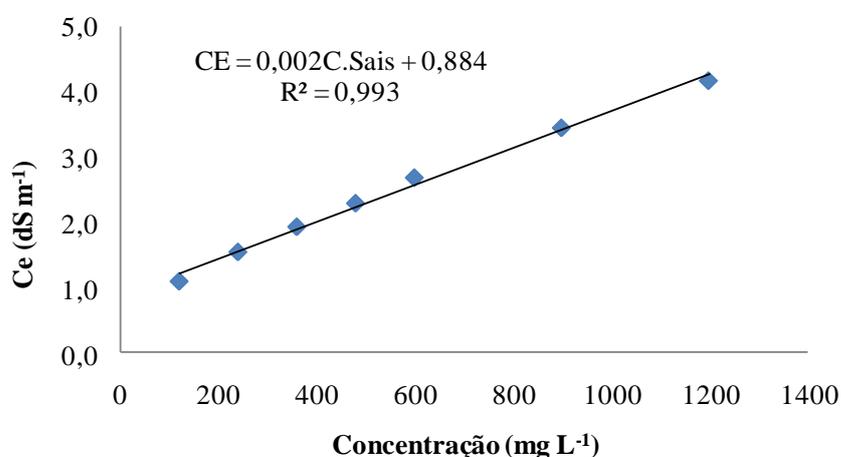


Figura 2. Relação entre a quantidade de sais (NaCl e CaCl₂) na irrigação e a condutividade elétrica lida no condutivímetro.

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento, com utilização de gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h⁻¹, alimentados por água advinda de caixas de volume de 310 litros suspensas, uma para cada nível salino, com pressão de serviço de 3 m de coluna de água, suficiente para o funcionamento dos emissores, sendo um gotejador para cada planta.

As adubações foram realizadas quinzenalmente, aplicadas via fertirrigação, sendo que as quantidades dos fertilizantes utilizados seguiram as recomendações de Borges et al. (2004) com base na tabela 1.

Tendo em vista o monitoramento da umidade do solo, após plantio das mudas, foram instaladas em cada vaso duas sondas de TDR por balde, na distância de 0,1m do pseudocaule da planta, e às profundidades de 0,20m e 0,40m. Antes de cada irrigação era realizada a leitura das umidades, utilizando o equipamento TDR100 da Campbell Scientific. Posteriormente às leituras, era calculado o volume de água a ser repostado em cada irrigação (Eq. 1), considerando o volume de solo ocupado por planta, a qual tinha como objetivo elevar a umidade em cada um dos vasos até a umidade do solo correspondente à umidade do solo à capacidade de campo.

$$VR = (\theta_{cc} - \theta_a) \times V_s \times 1000 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

VR = Volume de reposição (L); θ_{cc} = Umidade à capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); θ_a = Umidade atual no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); V_s = Volume de solo ocupado pela planta (m^3)

A partir da fase fenológica de crescimento vegetativo (150 DAT – Dias Após Transplântio) foram realizadas medições da condutância estomática (g_s), com auxílio do porômetro AP4 da Delta-T, previamente calibrado, no horário compreendido entre 8 e 11 h da manhã, em todas as plantas, uma vez ao mês.

Foi avaliada a transpiração relativa nos tratamentos sob estresse salino, cobrindo-se a superfície do solo por um período de seis dias, ao longo da fase de crescimento vegetativo das plantas (150-156 DAT), e nesse período avaliou-se durante 24 horas a perda de água exclusivamente por transpiração da planta por diferença da umidade integrada no perfil do solo (equações 2 e 3), uma vez que no balanço a evaporação foi eliminada no período, e o volume de água drenado também foi contabilizado após as irrigações. Foi avaliada também a extração de água pelas plantas no período de 150-156 DAT, de acordo com a equação 5.

$$T = \theta_j - \theta_{j+1} + I - D_r \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde:

T = Transpiração (mm); θ_j = Umidade integrada no tempo antes da irrigação (mm); θ_{j+1} = Umidade integrada no solo 24 horas após (mm); I = Volume de água infiltrado (mm); D_r = Volume drenado (mm)

$$\theta = \int_0^{0,4} \theta dz \quad \text{Eq.(3)}$$

Em que :

θ = Umidade integrada no solo (mm); dz = profundidade do solo (m)

A transpiração nos baldes sob estresse (T_{es}) foi comparada com a média dos baldes sem estresse (T_{ses}), isto é, relativa aos lisímetros com aplicação de água com CE de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, gerando a transpiração relativa adaptada de Sinclair & Ludlow, (1986), (equação 4).

$$TR = \frac{T_{es}}{T_{ses}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

TR – Transpiração relativa; T_{es} – Transpiração dos tratamentos sob estresse (mm dia^{-1}); T_{ses} – Transpiração do tratamento sem estresse (mm dia^{-1})

$$EA = \int_0^{0,4} \theta_{j+1} - \int_0^{0,4} \theta_{j2} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

EA = Extração de água (mm); θ_{j+1} = Umidade integrada no tempo depois da irrigação (mm); θ_{j2} = Umidade integrada no solo antes da próxima irrigação (mm)

Para determinação do conteúdo relativo de água na folha (CRA), aos 150 DAT uma amostra do tecido foliar foi retirada da região central da terceira folha, de forma padronizada para todas as plantas, às 5 horas da manhã, sendo imediatamente levada ao laboratório em recipiente refrigerado para retirada de cinco discos foliares da amostra de folha, com uso de vazador, os quais foram pesados instantaneamente em balança de precisão, obtendo a massa fresca (Figura 3). A massa túrgida dos discos foliares foi obtida através da hidratação dos discos por 24 horas, com remoção do excesso de água da superfície dos tecidos e a massa seca dos discos foi obtida submetendo os mesmos à secagem em estufa de ar forçado a 65°C por um período de 48 horas. O conteúdo relativo de água na folha (CRA), como forma de estimar o estado hídrico da planta foi obtido usando a relação entre a diferença entre a massa fresca e seca com a diferença de massa túrgida e seca dos discos foliares, conforme a equação utilizada por Rodríguez-Gamir et al. (2010 (Equação 6).

$$\text{CRA} = \frac{\text{MF} - \text{MS}}{\text{MT} - \text{MS}} \quad \text{Eq. (6)}$$

Em que:

CRA – Conteúdo relativo de água (%); MF – Massa fresca do disco foliar (g); MS – Massa seca do disco foliar (g); MT – Massa túrgida do disco foliar (g)



Figura 3. Discos foliares (A), determinação da massa fresca dos discos em balança de precisão (B) e hidratação dos discos foliares (C).

A pressão de turgescência das folhas foi determinada com a utilização do equipamento Wiltmeter[®] (Figura 4A), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação, e estimado a partir da equação 7, proposta por Calbo et al. (2010). A avaliação foi realizada, aos 150 DAT, utilizando amostras de folhas do terço médio da terceira

folha da bananeira coletadas às 5 horas da manhã. O Wiltmeter® possui como princípio de funcionamento o método da aplanção de órgãos planares, no qual a folha avaliada foi pressionada por uma membrana flexível contra uma placa de aplanção porosa até que a pressão de amassamento se igualasse a pressão de turgescência celular e obstruísse a passagem de ar, alimentado por um gradiente de pressão de 6,5 kPa, condição em que foi registrada a pressão no manômetro do aparelho.

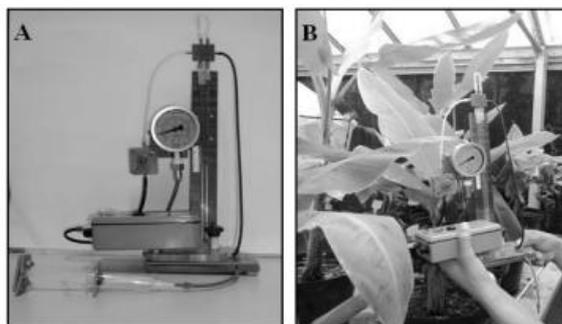


Figura 4. Equipamento Wiltmeter® (A) e medição da turgescência celular das folhas de cultivares de bananeira (B). (Foto. Manuela Ramos)

$$\Psi_P = P_y \times f_w \quad \text{Eq. (7)}$$

Sendo:

Ψ_P – Potencial de turgor (kPa); P_y – Pressão lida no manômetro do aparelho (kPa); f_w – fator de wiltmeter

Medidas de potencial osmótico da folha de cada genótipo foram também realizadas aos 150 DAT. Amostras do tecido foliar da região mediana da terceira folha foram retiradas, acondicionados em ambiente refrigerado e levados ao laboratório para análise. As amostras do tecido foliar (200mg) foram colocadas dentro de tubos de Eppendorfe, sendo maceradas até a extração do suco celular. A leitura da osmolalidade foi feita em osmômetro de pressão de vapor, modelo Wescor 5520, usando 10 μL do sobrenadante (Figura 5). Os valores de potencial osmótico foram obtidos a partir da osmolalidade (mmol kg^{-1}) da seiva do tecido foliar, mediante o uso da equação de Van'tHoff (REICHARDT & TIMM, 2004) (Equação 8).

$$\Psi_{os} = R \times T \times C \quad \text{Eq. (8)}$$

Em que:

Ψ_{os} = Potencial osmótico da solução (kPa); R = Constante universal dos gases ($8,2 \text{ L.kPa.}^\circ\text{K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$); T = Temperatura absoluta da solução ($^\circ\text{K}$); C = Concentração de solutos na solução (mol L^{-1}).

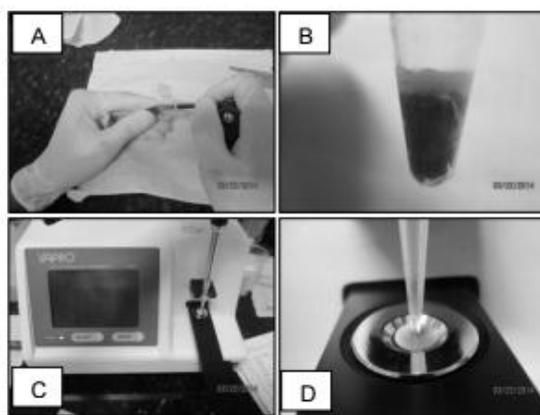


Figura 5. Maceração de amostra foliares (A); solução sobrenadante (B); Osmômetro de pressão de vapor (C) e solução de $10 \mu\text{L}$ do sobrenadante pipetada (D).

Foi determinado do teor de prolina livre no tecido foliar de cada uma das cultivares aos 150 DAT. O teor de prolina livre foi determinado utilizando-se o método de Bates et al. (1973). Para sua determinação, uma amostra de 250 mg de folhas frescas foram homogeneizadas em almofariz, com 5 mL de ácido sulfossalicílico, a 3%, e filtradas em papel filtro. Em tubo de ensaio contendo 1 mL do extrato sulfossalicílico, foram adicionados 1 mL de ninidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial. Em seguida os extratos foram mantidos durante 1 hora em banho Maria, a 100°C , e após o resfriamento por imersão em banho de gelo, foram adicionados 2,0 mL de tolueno. A fração colorida foi lida com espectrofotômetro a 520 nm. A quantidade de prolina livre foi obtida por curva padrão.

O Déficit de Pressão de Vapor (DPV) foi calculado a partir dos valores de temperatura do ar, utilizados para determinar a pressão de saturação de vapor d'água no ar, conforme proposto por Tetens (1930) (Equação 9).

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 T}{237,3+T}} \quad Eq.(9)$$

Em que:

e_s = pressão de saturação de vapor d' água no ar (kPa); T = temperatura do ar (°C).

Posteriormente, a partir da umidade relativa e da pressão de saturação de vapor d'água no ar, determinou-se a pressão parcial de vapor d'água no ar (Equação 10).

$$e_a = \frac{UR \cdot e_s}{100} \quad Eq. (10)$$

Em que :

e_a = pressão parcial de vapor d' água (kPa); UR = umidade relativa do ar (%).

A diferença entre a pressão de saturação e a pressão parcial de vapor d'água no ar possibilitou o cálculo do déficit de pressão de vapor d'água no ar, que é a medida da quantidade de vapor d'água necessária para que o ambiente atinja o ponto de saturação (Equação 11).

$$DPV = (e_s - e_a) \quad Eq. (11)$$

Em que:

DPV= déficit de pressão de vapor d'água no ar (kPa).

Foi realizado o levantamento de área foliar das cultivares que apresentaram sintomas de queimaduras causados pelo efeito da salinidade. Para isso foram realizadas medições das áreas queimadas nas folhas com ajuda de

uma trena metálica, de modo que ao final se estimasse a área total afetada na planta (Figura 6).

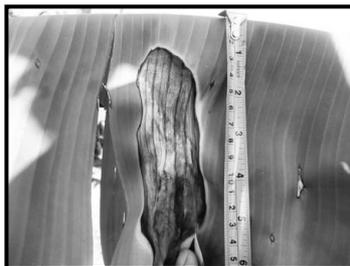


Figura 6. Determinação da área foliar afetada com queimaduras em cultivares de bananeira sob níveis de salinidade.

Os dados obtidos nas análises foram processados no software Microsoft Excel e submetidos ao programa estatístico Sirvar (FERREIRA, 2011) para análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e teste de média de Tukey a 5% de probabilidade. As avaliações foram com uso de análise de regressão para os fatores quantitativos e teste de médias para as variáveis qualitativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou que os valores de condutância estomática (g_s) para todas as cultivares foram influenciados significativamente pela aplicação de níveis crescentes de salinidade ($p < 0,05$), não havendo influência da cultivar na g_s . A Figura 7 ilustra o comportamento da g_s média das cultivares de bananeira avaliadas sob aplicação de níveis salinos na água de irrigação ao longo da fase de crescimento vegetativo. A partir da figura pode-se inferir que as plantas do tratamento testemunha foram as que apresentaram maior g_s . As plantas do tratamento testemunha apresentaram média de g_s superior a das plantas irrigadas com o nível 2 (CE de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$) em 31%, a das plantas irrigadas com o nível 3 ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) em 65% e das plantas irrigadas com o nível 4 ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) em 122% (Figura 7).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis Condutância estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Conteúdo relativo de água (%), Teor de prolina - Prol

(mmol/g MS), Potencial osmótico (kPa), Potencial de turgescência (kPa), área foliar afetada por toxidez (m²) e número de folhas afetadas por toxidez.

F.V	GL	C. Est	CRA	Prol	P. Osm	P. Turg	Tox. AF	Tox. NF
Estatística F								
Nível	3	7,79*	27,3**	2,64 ^{ns}	3,64 ^{ns}	0,98 ^{ns}	6,26*	4,81*
Linear	1	8,35*	81,05**	3,55 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,90 ^{ns}	18,46**	14,42**
Quadrática	1	14,86**	0,841 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,024 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,217 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	5934	0,0187	7,78	0,011	0,251	0,261	5,187
Cultivar	3	0,376 ^{ns}	51,19**	6,80**	2,09 ^{ns}	2,94*	19,15**	8,03**
Nível x Cult	9	0,627 ^{ns}	17,09**	4,5 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,618 ^{ns}
Q. M. Res (b)	24	5263	0,192	3,46	0,013	0,1593	0,125	2,159

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

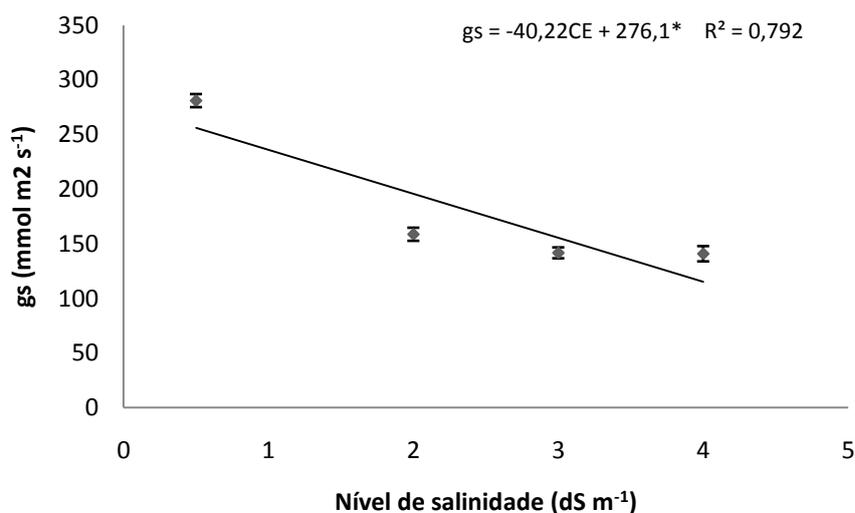


Figura 7. Condutância estomática média de quatro cultivares de bananeiras submetidos a quatro níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média e barras representam o erro padrão da média.

A elevada redução nos valores de g_s para os níveis adotados pode ser explicada pela ocorrência do fechamento estomático das plantas nestes níveis, e isto ocorre porque em condições de elevada salinidade o aumento no potencial osmótico da solução do solo, havendo uma redução do gradiente de potencial total do solo, o que leva a uma diminuição da disponibilidade de água no solo,

levando as plantas a reduzirem a perda de água ao reduzir a g_s , com o fechamento de estômatos.

Estes resultados confirmam o efeito prejudicial da salinidade sobre as trocas gasosas das plantas, e corrobora com o que foi citado por Abreu et al. (1982), que afirmam que a bananeira é sensível à salinidade e desenvolve-se adequadamente em solos de condutividade elétrica da água de irrigação menor que $1,00 \text{ dS m}^{-1}$ e são concordantes com Silva Júnior et al., (2012), que avaliando o comportamento estomático em cultivares de bananeira submetidas ao estresse salino na fase de desenvolvimento vegetativo observaram na maioria das cultivares uma tendência de diminuição da condutância estomática com aumento da concentração de NaCl na solução nutritiva, sendo esse aumento significativo na maioria das cultivares estudadas, em relação às plantas do tratamento controle, em pelo menos um dos horários em que foram avaliados.

A Figura 8 ilustra a curva de comportamento da condutância estomática para todas as cultivares em cada um dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, em três horários do dia. Observa-se que em todos os níveis de salinidade houve uma tendência de comportamento quadrático da g_s . À medida que a temperatura do ar aumentou ao longo do dia com aumento da diferença de pressão de vapor (DPV), houve uma resposta no aumento da condutância das plantas em todos os níveis, sendo que este aumento foi muito mais pronunciado nas plantas do tratamento testemunha ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), que tiveram uma taxa de variação de $38,5 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$, enquanto que nos demais tratamentos esta taxa ficou entre $8,81 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e $12,61 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Este maior aumento é justificado pelo fato de estas plantas não estarem sob uma condição de efeito osmótico da solução do solo causado pela salinidade, e, portanto, elas conseguem extrair água do solo e manter a transpiração em um limite bem maior do que o apresentado pelas plantas sobre efeito salino, já que estas reduzem a g_s como forma de manter o potencial hídrico dentro das células.

Contudo quando o DPV excede o valor correspondente ($2,21 \text{ kPa}$), em que os níveis $2,0$, $3,0$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ atingem o máximo, a g_s passa então a reduzir. No caso das plantas do tratamento testemunha a redução da g_s ocorreu apenas quando o DPV atingiu $2,29 \text{ kPa}$ no tempo de $11,5$ horas. Oren et al. (1999) afirmam que em horários mais quentes do dia a condutância estomática tende a diminuir como forma de a planta evitar que o potencial hídrico da folha desça

abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água.

A condutância estomática tende a aumentar quando o gradiente de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico se eleva (SILVA JUNIOR et al., 2012), contudo em condições de estresse hídrico/salino, com o aumento no déficit de pressão de vapor, o fluxo de vapor de água do interior da câmara subestomática para a atmosfera é reduzido, causando uma redução na condutância estomática (THOMAS, 2000).

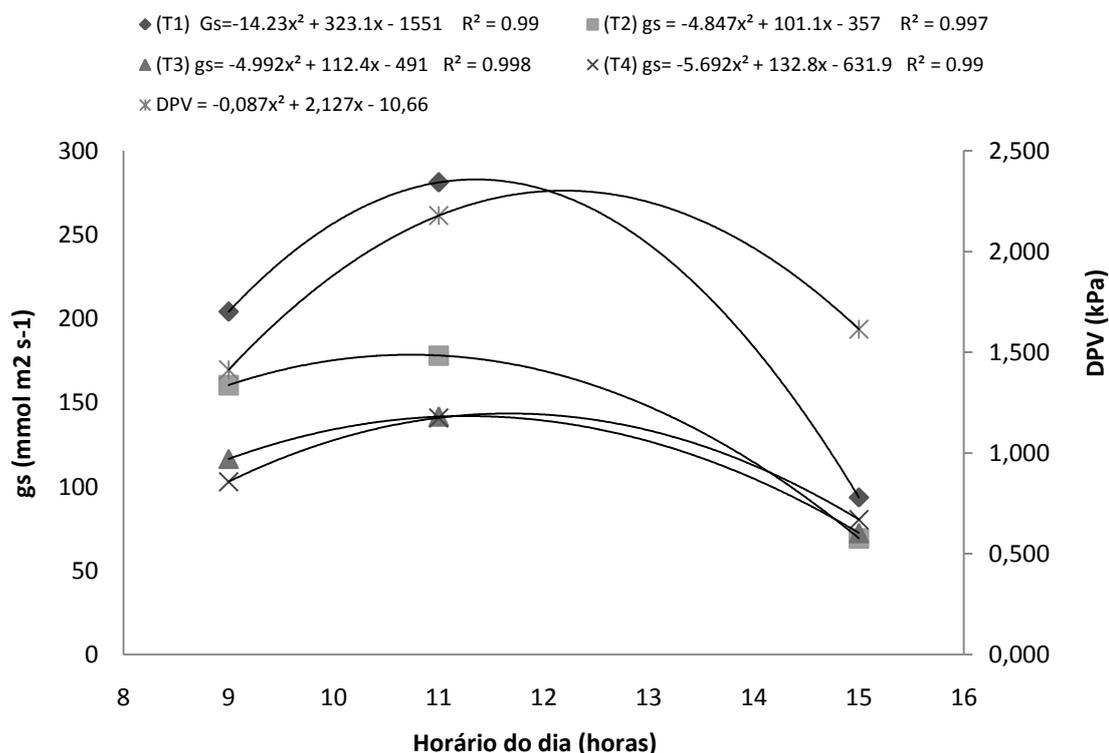


Figura 8. Relação entre a condutância estomática (g_s) e Déficit de pressão de vapor (DPV) em cultivares de bananeiras submetidos a quatro níveis de salinidade na água de irrigação em três horários de avaliação.

A transpiração relativa (TR) média das cultivares reduziu à medida que se elevou o nível de salinidade na água de irrigação. A partir do nível de salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ a transpiração relativa das plantas reduziu para 72% da transpiração das plantas do tratamento sem estresse salino. A tendência de redução foi ainda mais pronunciada quando se elevou o efeito salino para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, onde as plantas desse tratamento apresentaram uma TR média de 58%

daquela das plantas sem estresse. Já no último nível de salinidade praticamente não houve diferença entre TR das plantas nos níveis 3,0 e 4,0 dS m^{-1} , porém quando comparadas com as plantas do tratamento sem estresse salino, a TR foi de 43% (Figura 9). Não ficou constatada, na análise de variância, diferença significativa entre as médias da TR entre as cultivares avaliadas (Tabela 4).

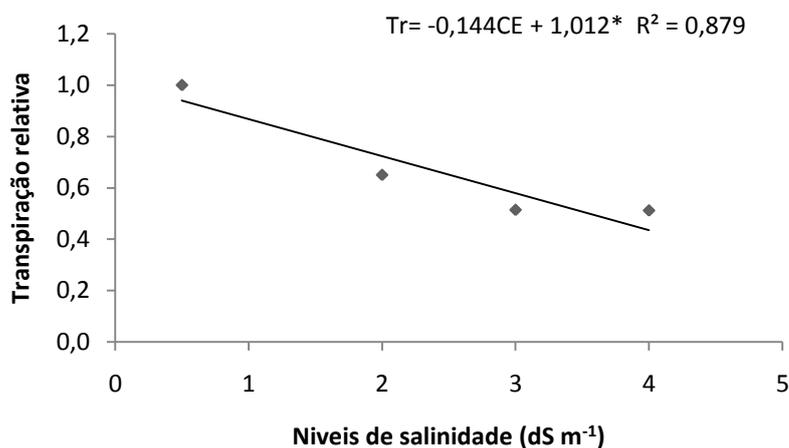


Figura 9. Transpiração relativa de cultivares de bananeiras quando submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média.

A redução da transpiração com o aumento nos níveis de salinidade foi causada pela redução da g_s causada em função dos baixos potenciais de água no solo, causados pelo o aumento da concentração de sais na solução do solo, conforme Munns & Tester (2008).

A análise de variância para extração de água do solo revelou efeito significativo dos níveis, cultivares e da interação nível x cultivares. Ao se avaliar a extração média de água entre as cultivares, considerando todos os níveis de salinidade, observou-se que para o período avaliado (150-156 DAT) houve diferença entre as médias apresentadas pelas cultivares (Tabela 5). A cultivar BRS Platina apresentou uma taxa de extração de água do solo 21,2% superior quando comparada à cv. Prata Anã, porém não diferiu das médias apresentadas pelas cv. Princesa e Pacovan. Estes resultados mostram que esta diferença apresentada nas cultivares quanto à absorção de água pelas raízes no solo, possivelmente passa pela existência de diferentes mecanismos próprios de resistência à perda de água na transpiração em cada cultivar. A transpiração por sua vez é a força motora da absorção de água no solo, que desse modo pode ser

regulada por cada cultivar pela abertura e fechamento estomático, aumentando ou diminuindo a resistência hidráulica na interface folha-atmosfera.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis: Transpiração relativa (TR) e extração de água (mm).

F.V	GL	Extração	TR
		Estatística F	
Nível	3	7,79*	7,3**
Linear	1	24,98**	81,05**
Quadrática	1	0,87 ^{ns}	0,841 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	4,53	3,87
Cultivar	3	6,28**	0,19 ^{ns}
Nível x Cult	9	2,42*	1,09 ^{ns}
Q. M. Res (b)	24	1,39	1,92

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5. Extração média de água no solo (mm) de cultivares de bananeiras irrigadas com níveis de salinidade na água de irrigação, Cruz das Almas - BA, 2014.

Cultivar	Nível de salinidade (dS m ⁻¹)			
	0,5	2,0	3,0	4,0
Pacovan	4,02 a	3,42ab	3,04a	2,64a
P. Anã	4,09 a	2,84b	2,53b	2,45a
Princesa	4,41 a	3,53 ab	2,62b	2,01b
BRS Platina	4,55 a	4,08a	3,15a	2,63a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando comparadas as médias de extração de água para um mesmo nível de salinidade, verificou-se que as plantas do tratamento testemunha não apresentaram diferenças quanto a extração de água do solo. Mas a partir do nível 2,0 dS m⁻¹, foram observadas diferenças entre as médias de extração de água, com destaque para a cv. BRS platina que apresentou média superior em 43,6% à observada na cv. Prata Anã, não diferindo das demais cultivares. No nível 3,0 dS m⁻¹, as maiores médias de extração de água foram verificadas nas cv. Pacovan e

BRS Platina, enquanto que no nível $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ a cv. Princesa dentre as cultivares foi a que apresentou menor média de extração de água do solo.

Quando cada cultivar foi comparada entre os níveis de salinidade ficou constatado para todas as cultivares uma redução na extração de água no solo à medida que se aumentou a salinidade (Figura 10). Quando da utilização do nível $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior redução na extração de água do solo, quando comparada à mesma cultivar testemunha, foi observada na cv. Prata anã (30,5%) e a menor na cv. BRS Platina (10,3%). Para os dois últimos níveis ($3,0$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$) a cultivar mais afetada com a redução na extração de água do solo foi a Princesa, com reduções de 40,6 e 54,4%, respectivamente.

A análise de variância para a variável conteúdo relativo de água na folha (CRA) revelou efeito significativo dos níveis, cultivares e da interação nível x cultivares (Tabela 6). Observou-se que a média de CRA na folha das plantas testemunhas foi estatisticamente superior às irrigadas com os maiores níveis, e de maneira geral à medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação, o CRA na folha diminuiu significativamente (Figura 11). A redução do CRA para todas as cultivares, em relação ao CRA das folhas das plantas testemunhas, foi de 2,11% nas folhas das plantas irrigadas com $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, 3,92% para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e de 5,25% para $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Estes resultados indicam que mesmo havendo uma redução nos teores de CRA na folha, as plantas submetidas aos níveis de sais mais elevados, ainda assim puderam manter-se com turgescência elevada, indicando possível ajustamento osmótico, uma vez que um dos primeiros sintomas de estresse salino no tecido da planta é a diminuição do conteúdo relativo de água e esta redução de CRA em plantas estressadas pode estar associada à uma diminuição no vigor da planta e foi observado em muitas espécies de plantas (HALDER & BURRAGE, 2003).

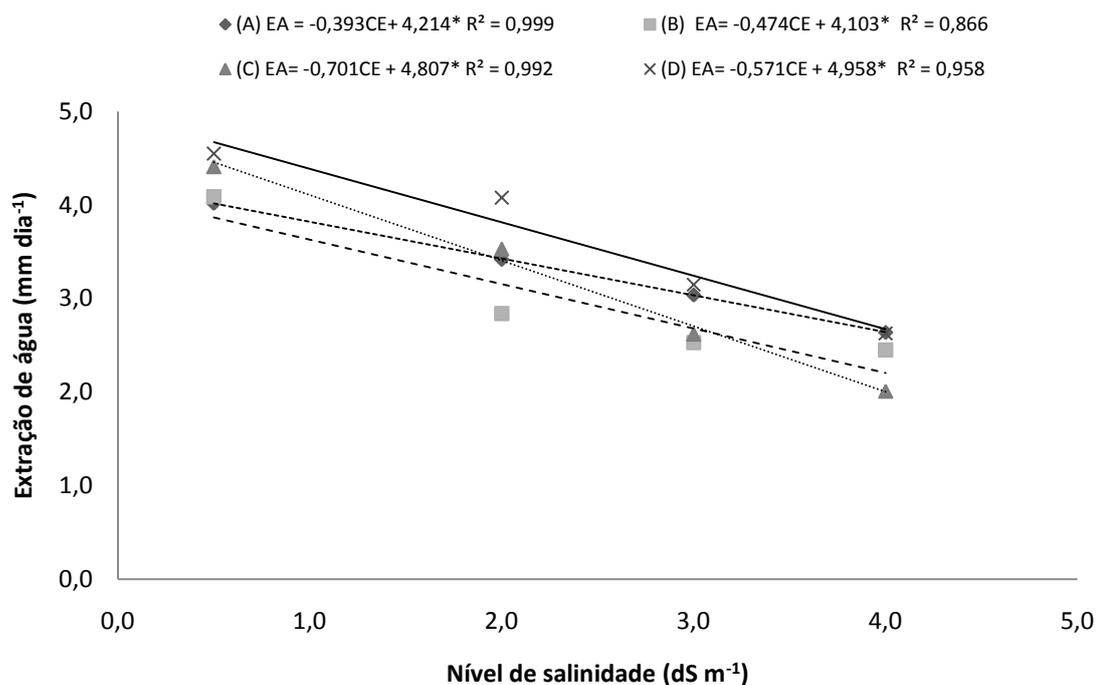


Figura 10. Médias de extração de água no solo (EAS) de cultivares de bananeiras Pacovan (A), Prata Anã (B), Princesa (C) e BRS Platina (D) quando submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média.

Tabela 6. Conteúdo relativo de água (CRA) em folha de cultivares de bananeira submetidos a quatro níveis de salinidade na água de irrigação.

Cultivar	Nível de salinidade (dS m ⁻¹)			
	0,5	2,0	3,0	4,0
	CRA (%)			
Pacovan	91,38 a	90,99 a	85,92 b	82,87 b
Prata Anã	92,19 a	90,54 a	93,23 a	90,82 a
Princesa	92,11 a	83,55 b	85,45 b	85,98 b
BRS Platina	89,18 a	88,55 a	89,00 a	82,94 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

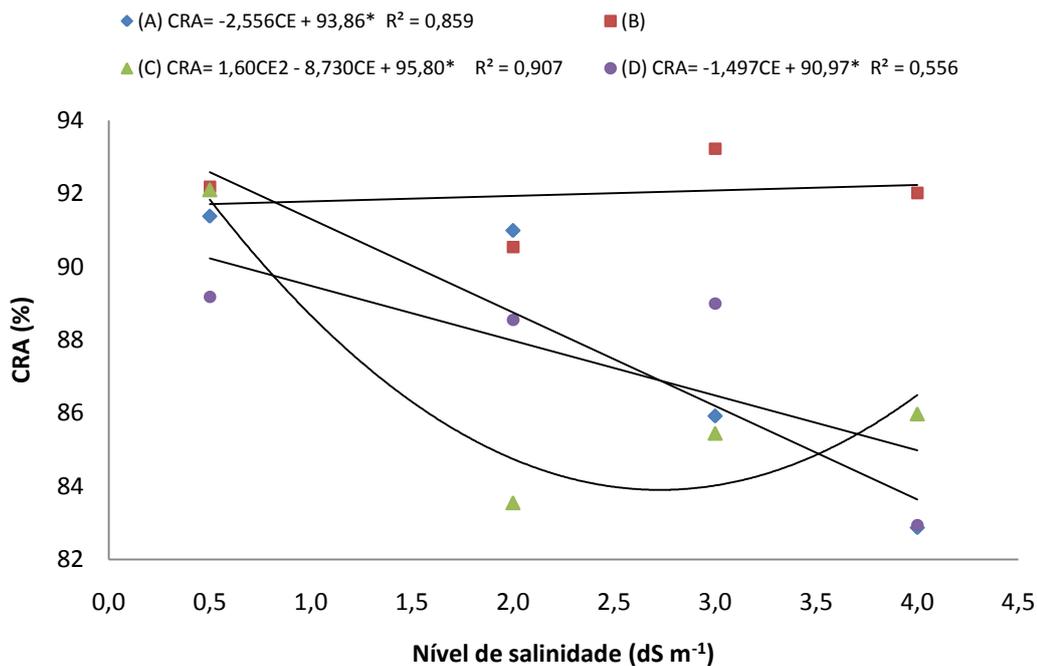


Figura 11. Médias de Conteúdo relativo de água na folha de cultivares de bananeiras Pacovan (A), Prata Anã (B), Princesa (C) e BRS Platina (D) quando submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média.

Quando se avaliou o CRA nas folhas entre cultivares observou-se que a cultivar Prata-Anã apresentou média de CRA superior às demais cultivares, que não diferiram entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6). Isso mostra que esta cultivar apresentou-se menos sensível ao efeito dos sais em relação ao CRA na folha em relação às demais cultivares, sendo este um indicativo de que mesmo sob elevado estresse esta conseguiu manter seus tecido foliar com alta turgescência, o que pode ter sido devido, entre outras causas ao acúmulo de açúcares, ácidos orgânicos e/ou íons no citosol o que reduz o potencial osmótico e, conseqüentemente, mantém o potencial hídrico e o turgor de suas células conforme Bray (2000).

Quando submetidas à irrigação com o menor nível de salinidade (0,5 dS m⁻¹), as cultivares apresentaram médias de Conteúdo relativo de água considerados elevados, não havendo diferença estatística entre elas (Tabela 6). Esse resultado indica que quando as cultivares foram irrigadas com uma água de baixa salinidade, o potencial de extração de água do solo não foi afetado e todas conseguiram extrair água de modo a manter satisfatório o CRA na folha.

Porém quando se elevou o nível de salinidade para $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, houve uma redução na média do conteúdo relativo de água na cultivar Princesa, quando comparada as plantas do tratamento testemunha de 9,3% (Figura 11c), sendo que nas demais cultivares a taxa de variação entre os dois níveis foi menor. Este resultado revela que a cultivar Princesa no nível salino de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ se mostrou sensível ao aumento da salinidade, o que expressa uma maior sensibilidade à salinidade desta cultivar em relação às demais.

Quando o nível de salinidade foi elevado para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ observou-se uma redução de 5,97% no CRA na folha da cultivar Pacovan e de 7,23% para a cv. Princesa, quando comparada ao tratamento testemunha (Figura 11). Por outro lado a cultivar Prata Anã expressou maior tolerância à salinidade entre as cultivares por não apresentar variação entre as médias de conteúdo relativo de água, estando estes estatisticamente iguais aos valores apresentados pelas plantas dessa mesma cultivar quando da inexistência de estresse salino. Já a cv. BRS Platina também apresentou menor sensibilidade à salinidade uma vez que só apresentou redução significativa de CRA no nível $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Estes resultados reforçam nessas cultivares a tese de existência de mecanismos fisiológicos de modo a manter a turgidez dessas células, mesmo sob condição de estresse.

Siddique et al. (2000) relataram que um alto CRA, em condições de estresse osmótico, indica uma maior capacidade de absorção de água do solo para compensar as perdas de transpiração das folhas. Os mecanismos de resistência apresentados pelas plantas em condições salinas, já que há uma redução da disponibilidade de água em virtude da redução no potencial osmótico (WINICOV, 1998; ZHU, 2001), podem ser caracterizados por minimizar o desequilíbrio causado pelo estresse osmótico e/ou iônico, reduzindo os efeitos da salinidade sobre a planta (YOKOI et al., 2002).

O potencial osmótico das folhas das cultivares de bananeira não foi afetado pelos níveis de sais da água de irrigação, o que pode indicar que não houve um acúmulo maior de sais nas folhas de cultivares submetidas aos maiores níveis salinos.

Neves et al. (2002) avaliando o efeito da aplicação do sódio e do cálcio sobre o crescimento inicial, também verificaram que o potencial osmótico da folha da 'bananeira - Prata', não foi influenciado pelas concentrações de sódio no

ambiente radicular, sendo o valor médio encontrado para esta variável de -0,907 MPa, sendo menor do que a média encontrada neste estudo (-1,30 MPa).

Quando foi avaliada a pressão de turgescência das células das folhas com a utilização do aparelho Wiltmeter[®] verificou-se que não houve diferença entre as médias de pressão de turgescência para os níveis salinos adotados, mas constatou-se diferença entre as médias para as cultivares avaliadas (Figura 12).

Assim como verificado na variável conteúdo relativo de água na folha, a maior média da pressão de turgescência foi verificada na cultivar Prata Anã, confirmando a relação entre maior Conteúdo de água na folha e maior pressão de turgescência da célula foliar. Por outro lado a menor média foi registrada na cultivar Princesa, que por sua vez foi uma das que apresentou menor conteúdo relativo de água na folha.

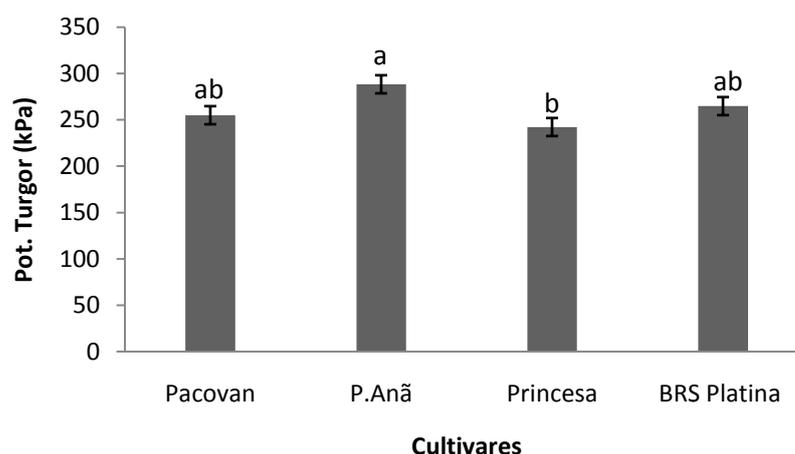


Figura 12. Pressão de turgescência nas células da folha de cultivares de bananeiras submetidas à salinidade da água de irrigação. Colunas representam a média e barras \pm erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto aos teores de prolina na folha, observou-se que não houve diferença desta variável entre os níveis de salinidade avaliados, de modo que as plantas que foram avaliadas com a aplicação de maiores concentrações de sais na água de irrigação não tiveram incrementos nas taxas de prolina quando comparadas às que foram irrigadas com água sem adição de sais. Porém quando comparadas os valores médios absolutos constatou-se que as plantas do

tratamento $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram teor médio de prolina 38,2% maior que as plantas do tratamento testemunha.

Houve diferença nos teores de prolina entre as cultivares avaliadas (Figura 13). As maiores médias de prolina foram observadas na cultivar Princesa, chegando a apresentar um teor de prolina 45% e 30% maior que o apresentado pelas cv. Pacovan e Prata Anã, respectivamente. Como observado na figura 13, o valor da concentração de prolina foi maior na cultivar mais sensível à salinidade, porém não diferiu do teor de prolina observado na cv. BRS Platina, indicando que ambas tiveram maiores concentrações de prolina que as cv. Pacovan e Prata Anã. Contudo a cv. Princesa mesmo com esse artifício de ajustamento osmótico, já que os níveis apresentados por esta cultivar foram maiores que os apresentados pelas plantas no tratamento testemunha, não se mostrou menos sensível à salinidade.

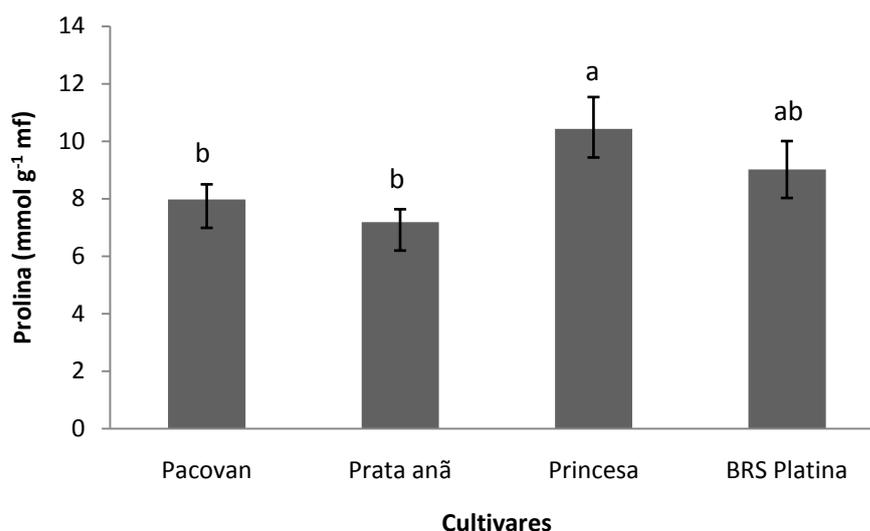


Figura 13. Teores de prolina em folhas das cultivares de bananeiras submetidas a níveis salinidade. Colunas representam a média e barras \pm erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Essas diferenças de concentração de prolina apresentadas entre as cultivares de bananeira neste estudo são explicadas pela variabilidade genotípica na capacidade de produção de prolina, conforme Madruga (1977), e mostra que cultivares diferentes podem apresentar diferenças fisiológicas mesmo sob as

mesmas condições de cultivo. Os maiores resultados no teor de prolina apresentados pela cultivar princesa estão também diretamente relacionados às menores médias de CRA e pressão de turgescência apresentados por esta cultivar que leva a aumentos nos teores de prolina, conforme também verificado por Ismael et al. (2004) avaliando estresse hídrico em bananeira.

Todas as cultivares apresentaram sintomas de toxidez causada pela absorção de íons. Esses sintomas se revelaram em forma de queimaduras nas folhas, afetando desde as folhas mais novas até as mais velhas (Figura 14). Plantas sensíveis à salinidade como a bananeira absorvem água do solo juntamente com os sais permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sal absorvido. Este excesso promove desbalanceamentos no citoplasma resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de sais, conforme Dias & Blanco, (2010). Segundo Munns (2002), o NaCl altera o metabolismo do sistema radicular, especialmente a atividade de certas enzimas ocasionando redução na síntese e translocação de hormônios sintetizados na raiz, necessários ao metabolismo foliar, em consequência, haverá diminuição no crescimento das folhas e, assim, diminui a área fotossintética da planta e acelera o processo de envelhecimento dos órgãos.



Figura 14. Efeito da toxidez dos íons nas folhas das cultivares de bananeiras submetidas a níveis salinidade.

A quantificação dos sintomas de toxidez revelou que desde o menor nível salino algumas cultivares já apresentaram mínimos sintomas de queimadura nas folhas, principalmente a cultivar Princesa, que se mostrou bastante sensível ao efeito salino. À medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação observou-se que a área de folha afetada pelos sinais de queimaduras aumentou de forma linear (Figura 15).

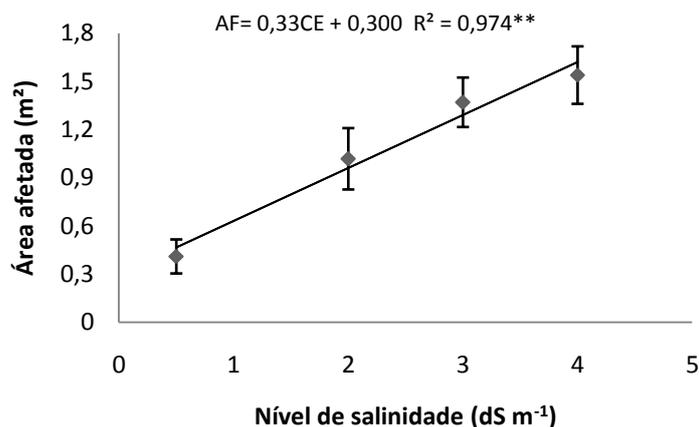


Figura 15. Área foliar de cultivares de bananeira afetadas pelos sintomas de toxidez de acordo com os níveis de salinidade. Pontos representam a média e barras \pm erro padrão da média.

A cultivar Princesa foi a que apresentou, para todos os níveis de salinidade, estatisticamente a maior média de área foliar afetada pelos sintomas de queimadura causados pela salinidade. Esta área afetada foi superior em 39,4% ao total apresentado na cv. Pacovan, 97,5% ao total da cv. BRS Platina e em 128% ao total observado na cv. Prata Anã. Estes resultados mostram que a cv. Princesa foi severamente afetada pelos efeitos da salinidade, enquanto a cultivar Prata Anã foi a que apresentou menor média de área foliar afetada pelas queimaduras (Figura 16). Não foi observada interação significativa entre níveis x cultivares.

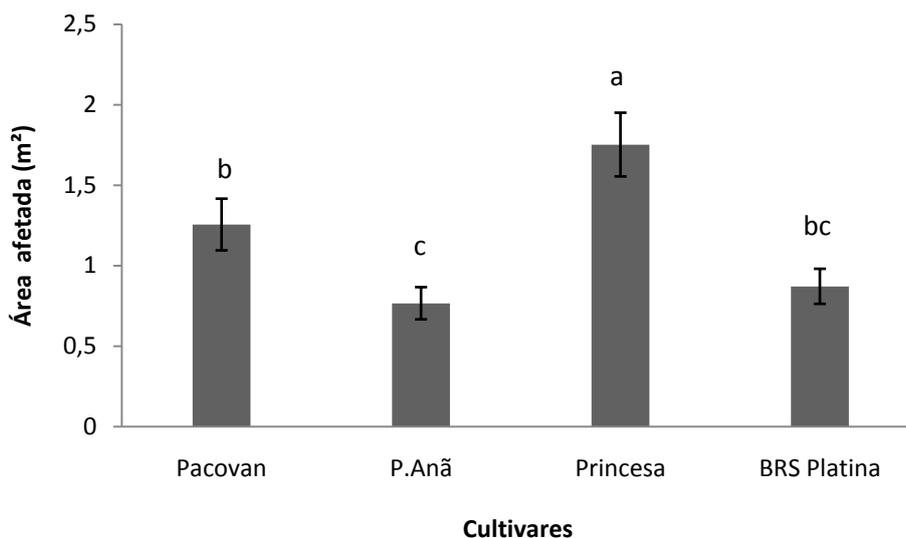


Figura 16. Média de área foliar afetada por sintomas de toxidez entre as cultivares para todos os níveis. Colunas representam a média e barras \pm erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O número médio de folhas que sofreu queimaduras diferiu entre os níveis salinos, de modo que houve um acréscimo significativo de folhas com área queimada à medida que se elevou o nível de salinidade da água de irrigação. A média de folhas que apresentaram sintomas de queimaduras no menor nível de salinidade (3,16 unidades) foi estatisticamente inferior aos demais níveis que apresentaram médias de número de folhas afetadas de 6,42, 7,38 e 8,34 unidades, respectivamente, para 2,0 dS m⁻¹, 3,0 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹, e que não diferiram entre si (Figura 17).

A ocorrência de folhas queimadas no menor nível salino diz respeito principalmente aos poucos sinais que foram observados principalmente nas cultivares Pacovan e princesa, em menor grau se comparados aos encontrados nos demais níveis.

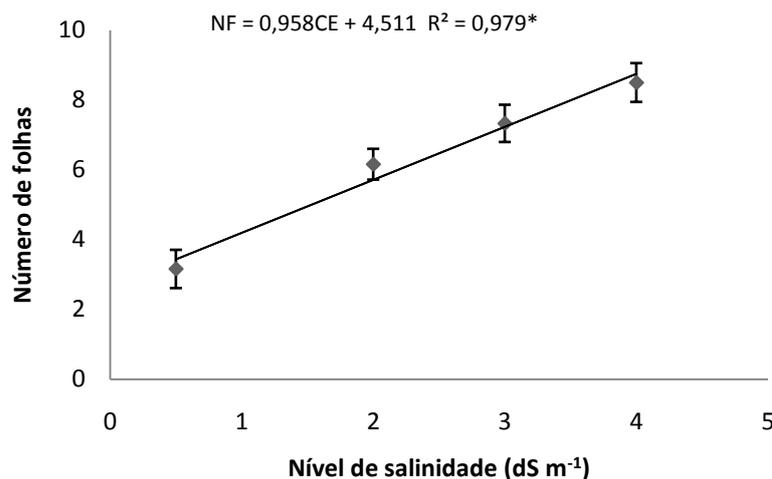


Figura 17. Número médio de folhas de cultivares de bananeira afetadas pelos sintomas de toxidez de acordo com os níveis de salinidade. Pontos representam a média e barras \pm erro padrão da média.

A cultivar princesa apresentou um número médio de folhas com sinais de toxidez maior (8,08 unidades), quando comparada às cv. BRS Platina e Prata Anã, porém este valor não diferiu da média de folhas obtida para a cv. Pacovan (7,5 unidades). O número médio de folhas afetadas pelos efeitos da salinidade foi 32,9% superior ao encontrado na cv. BRS Platina (6,08), e em 46,9% maior que o da cv. Prata Anã, que registrou média de 5,5 folhas com sinais de toxidez (Figura 18).

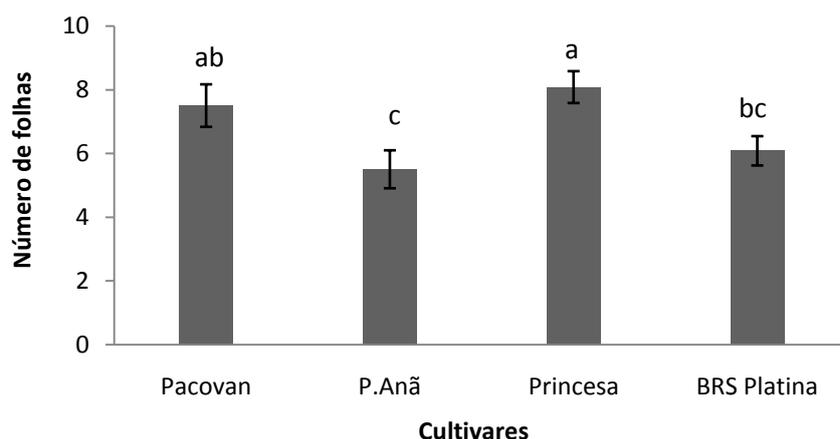


Figura 18. Número médio de folhas de cultivares de bananeira afetadas pelos sintomas de toxidez causados pela salinidade. Colunas representam a média e barras \pm o erro padrão da média. Barras com diferentes letras são significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

As trocas gasosas em cultivares de bananeiras foram afetadas significativamente pela salinidade.

A bananeira possui mecanismos de adaptação, no sentido de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse hídrico.

A transpiração relativa das cultivares reduziu significativamente à medida que se aumentou o nível de salinidade.

O conteúdo relativo de água na folha sofreu alterações com aumento da salinidade, com destaque para os cv. Prata-Anã que manteve constante os níveis de CRA.

O potencial osmótico das folhas não foi afetado pela salinidade na água de irrigação.

Não houve acúmulo de prolina na folha com aumento da salinidade na água de irrigação.

Há diferenças entre as cultivares de bananeira no sentido de produzir prolina como forma de manter as relações hídricas.

A salinidade causou sintomas de toxidez nas folhas de todas as cultivares avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H.J.M.; MASCRELL, J.; DUART, S.; SOCORRO, A.R. Na and Cl content in banana plants of the Canaria Islands. **International Banana Nutrition Newsletter**, Nedlands, v.15, n.5, p.13-14, 1982.

ALBUQUERQUE, M.B. **Efeito dos estresses hídrico e salino na germinação e crescimento inicial e relações hídricas da mangabeira (*Hancorniaspeciosa* Gomes)**. 2004. 78f il. Dissertação (Mestrado em botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

AMORIM, J.R.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.167-176, 2002.

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, 2002, 272p.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p.3-16, 2004.

BASTÍAS E.I., GONZÁLEZ-MORO M.B., GONZÁLEZ-MURUA, C. Zea mays L. amylacea from the Lluta Valley (Arica-Chile) tolerates salinity stress when high levels of boron are available. **Plant and Soil**, 267: 73–84, 2004.

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil**, v.39, n.1, p.205-207, 1973.

BORGES, A.L. Calagem e adubação. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. . **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Editora Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.245- 255.

BOURSIER, P.; LAUCHLI, A. Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. **Crop Science**, v.30, p.1226-1233, 1990.

BRAY, E.A. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. *Biochemistry & Molecular Biology of Plant*. Rockeville: American **Society of Plant Physiologists**, 2000. p.1158-1203.

CABANERO, F.J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v.166, p.443-450, 2004.

CALBO, A.G.A.; FERREIRA, M.D.; PESSOA, J.D.C. Leaf lamina compression method for estimating turgor pressure. **Hortscience**, v. 45, n.3, p.418-423, 2010

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.675-692, 1994.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GREYI, H.R., DIAS, N.S., LACERDA, C.F. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura**. Fortaleza, INCTSAL, 2010.

FILHO, A.F.L.; FILHO, M.A.C; HEINEMANN, A.B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1294-1300, 2013.

HALDER, K.P.; BURRAGE, S.W. Drought stress effects on water relations of rice grown in nutrient film technique. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.6: p 441-444, 2003.

ISMAIL, M.R.; YUSOFF, M.K.; MAHMOOD, M. Growth, Water Relations, Stomatal Conductance and Proline Concentration in Water Stressed Banana (*Musa* sp.) Plants. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.3, n.6, p.709-713, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. p.531.

LOPES J.C; MACEDO C.M.P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30: p.79-85, 2008.

MACEDO, L.S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: EMEPA (Comunicado técnico, 38). 1988.

MADRUGA, L.A.N.; RENA, A.B. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo de aminoácidos livres e proteínas em folhas de cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 24, n. 133, p. 237-246, 1977.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25: p.15-18, 2003.

ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. Physiology of plants under stress, **John Willey and sons**, New York, 683p, 2000.

OREN, R.; SPERRY, J.S.; KATUL, G.G.; PATAKI, D.E.; EWERS, B.E.; PHILLIPS, N.; SCHAFFER, K.V.R. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, v.22, n.12, p.1515-1526, 1999.

REICHARDT, K; TIMM, L.C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Editora Manole, 2004, 478p.

RIBEIRO, M.C.C; MARQUES, B.M; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, 23: 281-284. 2001.

ROSA JÚNIOR, C.D.R.M. **Bananeira cultivo sob condição irrigada**. 2. ed. Recife Sebrae, 2000. 51p.

RODRÍGUEZ-GAMIR, J.; PRIMO-MILLO, E.; FORNER, J.B.; FORNER-GINER, M.A. Citrus rootstock responses to water stress. **Scientia Horticulturae**, n. 126, p. 95–102, 2010.

RUBIO, F., FLORES, P., NAVARRO, J.M., Martinez, V. Effects of Ca^{+2} K^{+} and cGMP on Na^{+} uptake in pepper plants. **Plant Science**, v.165, p.1043–1049, 2003.

SIDDIQUE, M.R.B.; HAMID, A.; ISLAM, M.S. Drought stress effects on water relations of wheat. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v.41, 2000.

SILVA JUNIOR, G.S.; WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; SILVA, L.E.; Comportamento estomático em genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Cientec** Vol. 4, nº2, 33-43, 2012.

SINCLAIR, T.R. Water and nitrogen limitations in soybean grain production I. Model Development. **Field Crops Research**, vol. 15:125-141, 1986.

STRANGE, K. Cellular volume homeostasis. **Advances in physiology education**, v.28, p.155-159, 2004.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.42, n.3, p.211-220, 1999.

PORTO, A.L.P. **Efeitos do déficit hídrico e do nitrogênio em em cobertura em folhas de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*, L)**. UNESP: 1993. 101p. Dissertação (Mestrado em agricultura) Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho” Botucatu, 1993.

SILVA, M.R. **Caracterização física e anatômica de folhas de acessos de bananeira com diferentes ploidias**. UFRB: 2012. 59f. Dissertação (Mestrado em recursos genéticos). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Cruz da Almas, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TETENS, V.O. Über einige meteorologische begriffe, **Zeitschrift Geophysic**, Wurzburg, v. 6, p. 297-309, 1930.

THOMAS, F.M. Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercuspetraea* e *Quercusrobur*) to moderate drought. **Annals For Science**, v.57, p.325-333, 2000.

WINICOV, I. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. *Annals of Botany, London*, v.82, n.6, p.703-710, 1998

YILDIRIM E., KARLIDAG, H., TURAN, M. Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply. **Plant, Soil and Environment**, v.55: p.213-221, 2009.

YAMADA, N.; MORISHITA,H.; URANO, K.; SHIOZAKI, N.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K.; YOSHIDA, Y. Effects of free proline accumulation in petúnias under drought stress. **Journal of experimental Botany**, Oxford, v.56, n.417, p.1975-1981, 2005.

YOKOI, S.; QUINTERO, F.J.; CUBERO, B.; RUIZ, M.T.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA P.M.; PARDO, J.M. Differential expression and function of *Arabidopsis thaliana* NHX Na⁺/H⁺ antiporters in the salt stress response. *Plant Journal*. v.30. p:529-539, 2002.

YOSHIDA, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. **Journal Bioscience Bioengineering**, Osaka v.94, n.4, p.585-590, 2002.

ZENG, L., POSS, J., WILSON, C., DRAZ, A.S.E., GRIEVE, C.M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. **Euphytica**, v.129, p.281-292, 2003.

ZHU, J.K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v.6, n.2, p.66-71, 2001.

ZHU, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.247-273, 2002.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO¹

¹ Artigo a ser ajustado para submissão à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE BANANEIRA SUBMETIDAS A NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a sensibilidade de quatro cultivares de bananeira à salinidade, utilizando como indicadores as variáveis de crescimento. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas-BA. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5, 2,0, 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), quatro cultivares de bananeira (Prata Anã, BRS Platina, Princesa e Pacovan Ken) e três repetições. As variáveis avaliadas foram altura de planta, diâmetro do pseudocaule, área foliar, número de folhas, taxa de crescimento em altura, taxa de crescimento em diâmetro de pseudocaule, taxa de crescimento em área foliar e taxa de crescimento da folha número zero. A salinidade provocou reduções significativas em todas as variáveis analisadas, chegando a reduzir em média até 23,2% a altura de plantas, 13,9% o diâmetro de pseudocaule, 20,5% no número de folhas e de 53,5% da área foliar das plantas. O efeito da salinidade sobre as variáveis biométricas altura de planta, diâmetro do pseudocaule e área foliar das plantas seguiu um comportamento linear decrescente, em que houve decréscimo à medida que se elevou a salinidade da água. As taxas de crescimento absoluto caulinar, em diâmetro caulinar e em área foliar tiveram os maiores incrementos nas cultivares que foram irrigadas com o menor nível de salinidade. A cultivar Princesa apresentou maior sensibilidade para a variável altura de planta com aumento do estresse salino, enquanto BRS Platina foi menos sensível.

Palavras-chave: *Musa spp*, variáveis biométricas, condutividade elétrica, gotejamento.

GROWTH ANALYSIS OF BANANA CULTIVARS UNDER SALINITY LEVELS IN IRRIGATION WATER

ABSTRACT: The purpose of the study was to evaluate the sensitivity of four banana cultivars to salinity, using as indicators the growth variables. The experiment was carried out on the experimental fields of Embrapa Cassava & Tropical Fruits in Cruz das Almas – Bahia - Brazil. The experiment followed a completely randomized design in a split plot, with four levels of salinity in irrigation water (0.5, 2.0, 3.0 and 4.0 dS m⁻¹), four different banana cultivars (“Pacovan”, “Prata Anã”, “BRS Platina” and “Princesa”) and three replications. The variables evaluated were plant height, pseudostem diameter, leaf area, leaf number, rate of growth in height, diameter of pseudostem, leaf area and first leaf. The salinity caused significant reductions in all variables, reduced height of plants (23.3%), diameter of pseudostem (13.9%), the number of leaves (20.5%) and the plant leaf area (53.5%). The effect of salinity on the biometric parameters: plant height, pseudostem diameter and plant leaf area followed a decreasing linear behavior, in that as increased the salinity of the irrigation water there was a reduction in biometric measurements. The absolute growth rates in stem height, in stem diameter and leaf area had the highest increases in cultivars were irrigated with the lower level of salinity. The “Princesa” cultivar showed greater sensitivity to the plant height parameter with increased of salt stress, while “BRS Platina” was less sensible.

Key-words: *Musa spp*, biometric variables, electrical conductivity, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

A bananeira é uma cultura que apresenta bastante sensibilidade à salinidade e, para seu bom desenvolvimento vegetativo, requer que condutividade elétrica da água de irrigação apresente valores menores que $1,00 \text{ dS m}^{-1}$, para alcançar boa produtividade (SANTOS & GHEYI, 1994), porém, resultados obtidos comprovam que um aumento da condutividade elétrica da água de irrigação até $6,00 \text{ dS m}^{-1}$ na cultivar 'Nanica', provocou decréscimo de 40% na produtividade, além de atrasar a emissão do cacho em, aproximadamente, um mês (ABREU et al., 1982).

Segundo estudos realizados por Santos & Gheyi (1994), a bananeira é mais sensível ao sódio do que ao cloreto. O nível tóxico de sais solúveis na solução do solo para a bananeira é de 500 mg dm^{-3} (OLIVEIRA, 1997) O sódio em excesso resulta em queimadura nas folhas mais velhas ao longo das bordas, podendo se espalhar até o centro causando necroses (LIMA, 1997).

A redução no crescimento da planta e produtividade da cultura tem sido verificada em diversos trabalhos, quando as plantas são submetidas ao estresse salino. Este comportamento é atribuído à redução no potencial hídrico da solução do solo gerado pelo efeito osmótico dos íons adicionados em grandes quantidades pelo uso continuado de água salina, como verificado por Gondim et al. (2002), dificultando a absorção de água pelas raízes das bananeiras. Como a água é um dos fatores essenciais para a expansão celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, conseqüentemente menor crescimento e produtividade.

Carmo et al. (2003), avaliando o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0.55 , 1.70 , 2.85 e 4.00 dS m^{-1}) no crescimento vegetativo de bananeiras Pacovan e Marmelo mostraram que o incremento nos níveis de salinidade diminuiu significativamente a altura da planta, o número de folhas e a área foliar com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação.

Gomes et al. (2005) constataram redução significativa das variáveis área foliar e altura de planta nas cv. Pacovan e Prata Anã quando submetidas à salinidade. Sintomas de toxidez também foram relatados na cv. Pacovan. Willadino et al. (2011) concluíram que a BRS Platina apresenta elevada sensibilidade ao estresse salino, uma vez que apresentou sintomas de toxidez,

elevados teores de Na^+ nos tecidos da raiz e folha e redução na produção de biomassa.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura desenvolveu cultivares de bananeira que são resistentes ou tolerantes ao mal do Panamá e à Sigatoka-amarela como a BRS Platina e a Princesa, cultivares que já encontram-se disponíveis aos produtores. Contudo poucas informações sobre a tolerância dessas cultivares a salinidade estão disponíveis na literatura.

O objetivo do trabalho foi avaliar a sensibilidade de quatro cultivares de bananeira à salinidade, utilizando como indicadores as variáveis de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas, BA, a $12^\circ 40' 19''$ de latitude sul, $39^\circ 06' 23''$ de longitude oeste e altitude de 225 no ano de 2013. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24°C , respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.170 mm, com variação entre 900 e 1300 mm (LIMA FILHO et al., 2013).

O experimento foi instalado em campo seguindo um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. Foram avaliados, na parcela, quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m^{-1}), equivalente a quatro níveis de salinidade na solução do solo (0,86; 2,28; 3,25 e 4,58 dS m^{-1}), quatro cultivares (cv) de bananeira (cv. Prata Anã, cv. BRS Platina, cv. Princesa e cv. Pacovan) e três repetições.

As cultivares Prata Anã e Pacovan são triplóides (AAB) resultantes de mutações ocorridas na prata comum. A cv. BRS Platina é um híbrido tetraplóide (AAAB) resultante do cruzamento entre a Prata Anã (AAB) e o diplóide M53 (AA). A cv. Princesa é uma variedade tipo Maçã resultante do cruzamento entre a cultivar Yanganbi nº 2 (AAB) com o diplóide M53 (AA).

A parte estrutural do experimento foi montada com instalação em campo de um total de 48 vasos plásticos com volume de 100 litros cada (Figura 1), altura 1,0 m e diâmetro 0,60 m, distribuídos na área experimental no espaçamento de 2,0 m x 2,5 m. Os vasos foram preenchidos com solo retirado da área do

experimento, o qual foi passado em peneira de 5,0 mm e homogeneizado, sendo também adicionado um volume de esterco de 6 litros por vaso, o qual foi adicionado ao solo, sendo feito um revolvimento para melhor mistura do adubo ao solo. As características químicas e físicas-hídricas do solo e da água utilizados estão descritas na Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo e da água de irrigação utilizados ao longo do experimento

pH	P	K	Ca	CE	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	Mo
em H ₂ O				dS m ⁻¹		cmolc dm ⁻³ (SOLO)					(%)	(g kg ⁻¹)	
6,6	65	0,69	3,5	0,86	1,3	4,8	0	0,05	1,21	5,54	6,75	82	18,42
mg L ⁻¹ (ÁGUA)													
6,5	0,05	27	28,41	0,5	17	45,17	-	28	-	-	-	-	-

Tabela 2. Caracterização da retenção de água pelo solo em duas profundidades.

Profundidade (m)	Retenção de água no solo- U (cm ³ cm ⁻³)					Água disp.
	0,1 atm	0,33 atm	1,0 atm	3,0 atm	15 atm	
0 - 0,20	0,23	0,21	0,21	0,19	0,18	0,05
0,20 - 0,40	0,31	0,24	0,24	0,23	0,22	0,09



Figura 1. Distribuição dos vasos na área experimental.

Em cada vaso foi cultivado uma muda de bananeira já aclimatada, com tamanho padronizado, totalizando 48 plantas na área, sendo 12 plantas de cada cultivar avaliada. Em cada unidade de vaso, na parte inferior do mesmo, foi instalado um sistema de drenagem constituído de 8,0 L de brita nº 0 no fundo do

balde e um tubo de PVC de 32 mm perfurado conectado a uma torneira de 20 mm de diâmetro de entrada acoplada ao vaso, para que pudesse ser computada toda a água de drenagem após realização das irrigações.

Foram realizadas calibrações utilizando-se um condutivímetro de bancada, visando-se obter soluções com diferentes níveis de salinidade, que foram adotadas para as avaliações. A água utilizada nas irrigações foi preparada mediante adição de NaCl (Cloreto de sódio) e CaCl₂ (Cloreto de cálcio) em quantidades para se obter condutividades elétricas com proporções iônicas equivalentes à 3:2, respectivamente para Na⁺ e Ca²⁺, relação esta predominante nas águas de alta salinidade utilizadas para irrigação no Nordeste, conforme Medeiros (1993).

A adição de quantidades crescentes de Cloreto de Sódio e Cloreto de Cálcio à água de irrigação possibilitou a obtenção de uma curva de calibração entre a quantidade de sais adicionados e a condutividade elétrica obtida (Figura 2).

A adição de sais foi realizada somente para a obtenção das salinidades de 2,0, 3,0 e 4,0 dS m⁻¹, uma vez que a salinidade de 0,5 dS m⁻¹ consistiu do tratamento testemunha, e nele não foi adicionado nenhuma quantidade de sal, sendo esta a condutividade elétrica da água de irrigação do tratamento testemunha.

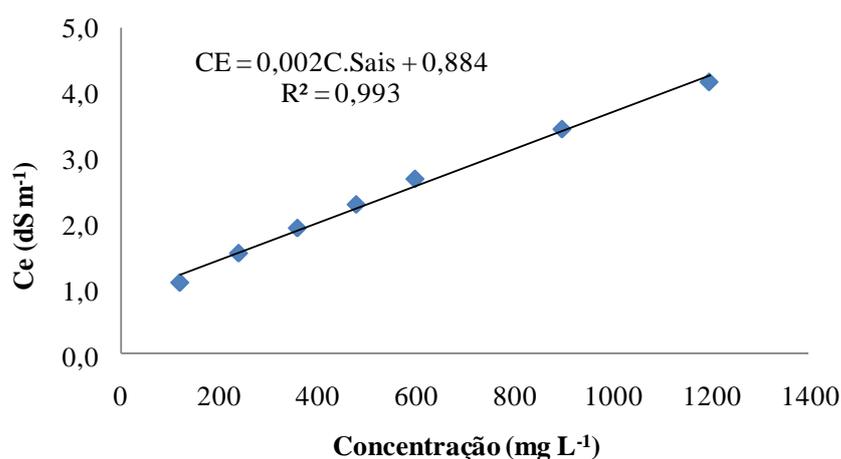


Figura 2. Relação entre a quantidade de sais (NaCl e CaCl₂) na irrigação e a condutividade elétrica lida no condutivímetro.

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento, com utilização de gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h^{-1} , alimentados por água advinda de caixas de volume de 310 litros suspensas, uma para cada nível salino, com pressão de serviço de 3 m de coluna de água, suficiente para o funcionamento dos emissores, sendo um gotejador para cada planta.

As adubações foram realizadas quinzenalmente, aplicadas via fertirrigação, sendo que as quantidades dos fertilizantes utilizados seguiram as recomendações de Borges et al. (2004) com base na tabela 1.

Tendo em vista o monitoramento da umidade do solo, após plantio das mudas, foram instaladas em cada vaso duas sondas de TDR por balde, na distância de 0,1m do pseudocaule da planta, e às profundidades de 0,20m e 0,40m. Antes de cada irrigação era realizada a leitura das umidades, utilizando o equipamento TDR100 da Campbell Scientific. Posteriormente às leituras, era calculado o volume de água a ser repostado em cada irrigação (Eq. 1), considerando o volume de solo ocupado por planta, a qual tinha como objetivo elevar a umidade em cada um dos vasos até a umidade do solo correspondente à umidade do solo à capacidade de campo.

$$VR = (\theta_{cc} - \theta_a) \times Vs \times 1000 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

VR = Volume de reposição (L); θ_{cc} = Umidade à capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_a = Umidade atual no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); Vs = Volume de solo ocupado pela planta (m^3)

Para obtenção das variáveis de crescimento foram realizadas mensalmente até a emissão floral medições das seguintes variáveis físicas: altura da planta, diâmetro do pseudocaule a 0,10m do solo e número de folhas. A área foliar unitária foi estimada multiplicando-se o produto do comprimento e largura máxima da terceira folha pelo fator 0,8 de acordo com metodologia proposta por Moreira (1999). A área foliar total da planta foi estimada multiplicando-se a área

foliar unitária pelo número de folhas fotossinteticamente ativa de acordo com Araujo filho et al. (1995).

Foi determinada a taxa de crescimento absoluto caulinar, utilizando a metodologia proposta por Peixoto et al. (2011), calculada pela seguinte equação:

$$TCAC = \frac{Af - Ai}{Tf - Ti} \quad \text{Eq.(2)}$$

Em que:

TCAC= Taxa de Crescimento Absoluto caulinar (m dia⁻¹); Af – Altura final (m); Ai – Altura inicial (m); Tf – Tempo final (dia); Ti – Tempo inicial (dia).

Para a determinação da taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar foi utilizada a metodologia proposta por Peixoto et al. (2011), calculada pela seguinte equação:

$$TCAD = \frac{Df - Di}{Tf - Ti} \quad \text{Eq.(3)}$$

Em que:

TCAD = Taxa de Crescimento Absoluto em diâmetro caulinar (cm dia⁻¹); Df – Diâmetro final (cm); Di – Diâmetro inicial (cm); Tf – Tempo final (dia); Ti – Tempo inicial (dia)

Para a determinação da taxa de crescimento absoluto em área foliar foi utilizada a metodologia proposta por Peixoto et al. (2011), calculada pela seguinte equação:

$$TCAF = \frac{Af - Ai}{Tf - Ti} \quad \text{Eq.(4)}$$

Em que:

TCAF = Taxa de Crescimento Absoluto em área foliar (m dia^{-1}); Af – Área foliar final (m^2); Ai – Área foliar inicial (m^2); Tf – Tempo final (dia); Ti – Tempo inicial (dia)

Foi também determinada a taxa de crescimento absoluta da folha de número zero da bananeira (Vela). Para isso fez-se a medição de seu comprimento com auxílio de trena metálica desde o lançamento/apontamento da folha até o instante de sua completa expansão.

Para caracterização da evapotranspiração potencial (ETP) e temperatura do ar ao longo do ciclo foram utilizados dados meteorológicos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada na Embrapa Mandioca e Fruticultura no município de Cruz das Almas, onde a ETo em mm dia^{-1} e estimada pelo método Penman-Monteith.

Extratores de solução do solo foram instalados a 0,20 m do pseudocaule à profundidade 0,30m em cada vaso entre o pseudocaule e o gotejador visando monitorar a Condutividade elétrica da solução do solo; a coleta de amostras de solução do solo foi feita após um tempo de duas horas da aplicação do vácuo (-70 kPa) nos extratores com uma bomba de vácuo manual. As soluções coletadas foram enviadas ao laboratório para determinação da condutividade elétrica em condutímetro de bancada.

Os dados obtidos nas análises foram processados no software Microsoft Excel e submetidos ao programa estatístico Sirvar (FERREIRA, 2011) para análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e teste de média de Tukey a 5% de probabilidade. As avaliações foram realizadas com uso de análise de regressão para os fatores quantitativos e teste de médias para as variáveis qualitativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de planta:

O resumo da análise de variância relativo à variável altura de planta, no período compreendido entre 30 e 350 DAT dias após transplante (DAT), está apresentado na Tabela 3. A variável analisada foi significativamente afetada pela

salinidade da água de irrigação aos 250 e 300 DAT (correspondente a fase de crescimento vegetativo) e 350 DAT (correspondente à fase de floração), apresentando resposta linear a este efeito, de modo que houve redução na altura de planta à medida que aumentou o nível de salinidade da água de irrigação no final do crescimento vegetativo e floração (Figura 4).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas (m), de quatro cultivares de bananeira aos 30, 60, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 DAT em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

F.V	GL	Dias após transplântio (DAT)							
		30	60	100	150	200	250	300	350
		Estatística F							
Nível	3	1,2 ^{ns}	0,689 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,109 ^{ns}	0,244 ^{ns}	7,88 ^{**}	8,07 ^{**}	18,22 ^{**}
Linear	1	3 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,378 ^{ns}	0,207 ^{ns}	0,002 ^{ns}	16,9 ^{**}	16,92 ^{**}	42,95 ^{**}
Quadrática	1	0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,091 ^{ns}	0,463 ^{ns}	5,2 ^{ns}	5,08 ^{ns}	3,44 ^{ns}
Cúbica	1	0,6 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,266 ^{ns}	1,55 ^{ns}	2,2 ^{ns}	4,26 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	0	0,005	0,014	0,016	0,009	0,01	0,012	0,021
Cultivar	3	41,3 ^{**}	31,9 ^{**}	84,4 ^{**}	87,3 ^{**}	72,7 ^{**}	121,7 ^{**}	155,6 ^{**}	179,5 ^{**}
Nível x Cult	9	0,6 ^{ns}	0,835 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,972 ^{ns}	0,832 ^{ns}	0,901 ^{ns}	0,728 ^{ns}	2,29 [*]
Q. M. Res (b)	24	0	0,003	0,002	0,002	0,004	0,006	0,0057	0,01

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A taxa de redução da altura de planta com o aumento do nível de salinidade foi de 0,062 m dS⁻¹ e 0,069 m dS⁻¹ para 250 e 300 DAT, respectivamente. De maneira geral, o menor crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas em tratamentos mais salinos podem estar associados à diminuição da absorção de água pelas plantas, dado o aumento da pressão osmótica da solução do solo provocado por acumulações de sais solúveis provenientes das águas de irrigação, à toxicidade de íons e à interferência na absorção de nutrientes (AYRES & WESTCOT, 1991; MUNNS & TESTER, 2008)

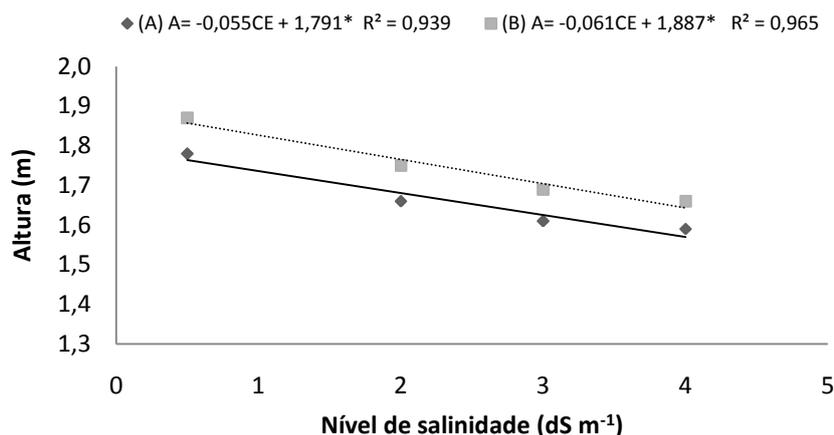


Figura 4. Efeito de quatro níveis de salinidade da água de irrigação sobre a altura de cultivares de bananeiras aos 250 (A) e 300 (B). Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

O crescimento de um vegetal resulta da interação de mecanismos físicos e bioquímicos bastante complexos (BENINCASA, 1988). Esse crescimento aumenta quando há um maior ganho de CO₂ correlacionado a sua capacidade fotossintética. A absorção de sais por plantas glicófitas, como a bananeira, acarreta limitação do crescimento (LARCHER, 2004).

Diversos trabalhos na literatura corroboram com os resultados encontrados neste trabalho, entre eles o de Carmo et al. (2003), que avaliando o efeito de quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,55 a 4,0 dS m⁻¹) sobre o crescimento de variedades de bananeiras Marmelo e Pacovan, constataram que a altura das plantas foi significativamente afetada pela salinidade da água aos 240 DAT, apresentando também efeito linear. Silva Junior. et al. (2012), avaliando o crescimento de genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino, também observaram reduções da ordem de 38,74% na altura de planta quando submetidas a níveis mais elevados de sais na água de irrigação.

Araújo Filho et al. (1995), estudando a salinidade em cultivares de bananeira Nanica, Nanicão, Pacovan e Mysore dos 55 aos 153 DAT, observaram que houve redução de 23 a 33% na altura das plantas em comparação com bananeiras cultivadas em solo não salino. Reduções, também em bananeira, foram obtidos por Neves et al. (2002) na cv. Prata aos 60 dias de avaliação e Gomes et al. (2005) nas cv. Caipira, Pacovan, Prata Anã, Grand Naine e Nanicão

aos 21 DAT, o que difere dos resultados deste trabalho, uma vez que ocorreu bem antes dos 250 DAT como neste trabalho

Assim como observado neste trabalho, Freitas e Camargo (1988) afirmam que o crescimento em altura é um dos processos fisiológicos mais atingidos pelo estresse salino, sendo a sua redução a mais imediata e sensível resposta a quase todos os estresses.

Houve efeito significativo para a variável altura de planta entre as cultivares avaliadas para todos os períodos avaliados. A cultivar princesa foi a que apresentou a maior média de altura até os 150 DAT, chegando a apresentar uma média superior em 0,30 m em relação às demais (Tabela 3). Aos 200 DAT a cultivar Pacovan apresentou um crescimento médio de 16,5% na altura de planta, quando comparado ao período anterior, sendo juntamente com a cultivar Princesa as duas maiores cultivares nesse período. Já a partir dos 250 DAT até o final do ciclo, a Pacovan apresentou média de altura superior às demais, chegando a apresentar média 0,70 m superior às outras cultivares. Ao longo de todo o período, as cultivares BRS Platina e Prata Anã foram as que apresentaram as menores médias de altura de planta.

Os resultados encontrados para a variável altura de planta condizem com os encontrados nos trabalhos de Carmo et al. (2003) para a cultivar Pacovan e Alves et al. (2009) para a cv. Prata Anã, uma vez que estes autores também avaliaram até o final do ciclo e encontraram resultados próximos aos deste estudo.

Carmo et al. (2003), avaliando o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento de cultivares de bananeira Marmelo e Pacovan dos 110 aos 360 DAT verificaram efeito significativo da salinidade entre cultivares apenas aos 110 DAT, com destaque para a cultivar marmelo que foi superior em altura, o que difere dos resultados encontrados neste estudo por não haver diferença entre as cultivares aos 110DAT.

Araújo Filho et al. (1995) comparando cultivares de bananeiras Nanica, Nanicão, Pacovan e Mysore dos 55 aos 153 DAT sob quatro níveis de salinidade do solo (0,90 dS m⁻¹ a 10,75 dS m⁻¹) verificaram que houve uma redução linear, desde o menor nível de salinidade estudado, para a maioria das variáveis avaliadas, sobretudo para a cv. Pacovan, resultados também verificado neste estudo.

Houve efeito significativo na interação entre nível de salinidade e cultivares apenas aos 350 DAT (Tabela 3). De acordo com resultados verificou-se que até o nível de salinidade $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as cv. Pacovan e Princesa foram as que apresentaram as maiores médias em altura de planta, não diferindo entre si (Tabela 4). No nível de salinidade $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ observou-se que a cv. Pacovan foi a cultivar que apresentou a maior altura de planta, seguida da cv. Princesa, que apresentou média superior as demais. Em todos os níveis avaliados as cv. Prata Anã e BRS Platina não diferiram entre si.

Tabela 4. Médias de altura de planta (m) de quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação aos 350 DAT. Cruz das Almas - BA, 2014

Cultivar	Nível de salinidade (dS m^{-1})			
	0,5	2,0	3,0	4,0
Pacovan	2,61 a	2,19 a	2,14 a	2,11 a
P. Anã	1,78 b	1,52 b	1,47 b	1,46 c
Princesa	2,43 a	2,01 a	2,12 a	1,86 b
BRS Platina	1,78 b	1,63 b	1,59 b	1,54 c

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As faixas de redução da altura de planta com elevação da condutividade elétrica da água de irrigação foram maior para a cv. Princesa e menor para a cv. Prata Anã, o que mostra que esta última apresentou uma maior sensibilidade à salinidade quando comparada às outras cultivares (Figura 5).

Os resultados encontrados por Willadino et al. (2011), avaliando o efeito da salinidade sobre cultivares tetraplóides de bananeira, corroboram com os deste trabalho, uma vez que também não foi constatada redução significativa da altura de planta para a BRS Platina. Da mesma forma, Gomes et al. (2005) verificaram reduções significativas na altura de planta para as Cv. Pacovan e Prata Anã, sendo que naquele estudo houve uma redução de 38,1% na altura da cv. Pacovan, e de 48,2% para a cv. Prata Anã, variações maiores do que as deste estudo.

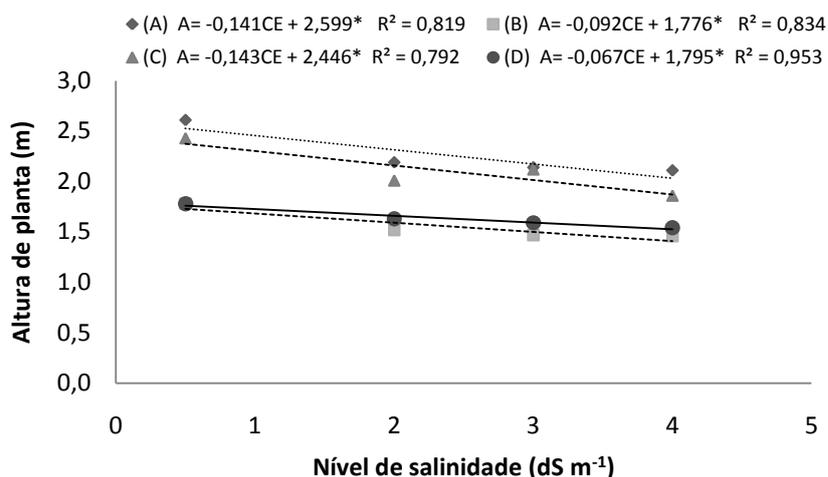


Figura 5. Efeito da salinidade sobre a variável altura de planta (m) em quatro cultivares de bananeira (A) Pacovan, (B) Prata Anã, (C) Princesa e (D) BRS Platina aos 350 DAT. Pontos representam a média.

A análise de variância constatou que as taxas de crescimento absoluto caulinar – TCAC quando avaliadas entre os níveis de salinidade, apresentaram reduções significativas à medida que se elevou a salinidade da água de irrigação, com destaque para o menor nível de salinidade que apresentou as maiores TCAC (Tabela 5). Os períodos em que houve diferença efeito dos níveis de salinidade sobre as taxas foram: 200 - 250 DAT, 250 – 300 DAT e 300 – 350 DAT.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável taxa de crescimento absoluto em altura (m), de quatro cultivares de bananeira em sete períodos, em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação.

F.V	GL	Dias após transplantio (DAT)						
		30-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350
		Estatística F						
Nível	3	3,9 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,244 ^{ns}	6,14 [*]	20,44 ^{**}	12,74 ^{**}
Linear	1	3,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,00 ^{ns}	11,58 ^{**}	40,68 ^{**}	16,92 ^{**}
Quadrática	1	4,16 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,175 ^{ns}	0,251 ^{ns}	6,53 [*]	17,03 ^{**}	5,08 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	0,012	0,039	0,0068	0,012	0,0098	0,009	0,0239
Cultivar	3	1,6 ^{ns}	7,51 ^{**}	8,9 ^{**}	23,92 ^{**}	31,8 ^{**}	13,89 ^{**}	31,04 ^{**}
Nível x Cult	9	1,02 ^{ns}	1,64 ^{ns}	3,28 ^{**}	1,13 ^{ns}	2,06 ^{ns}	1,85 ^{ns}	4,52 [*]
Q. M. Res (b)	24	0,026	0,019	0,0047	0,0071	0,0082	0,0084	0,0139

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

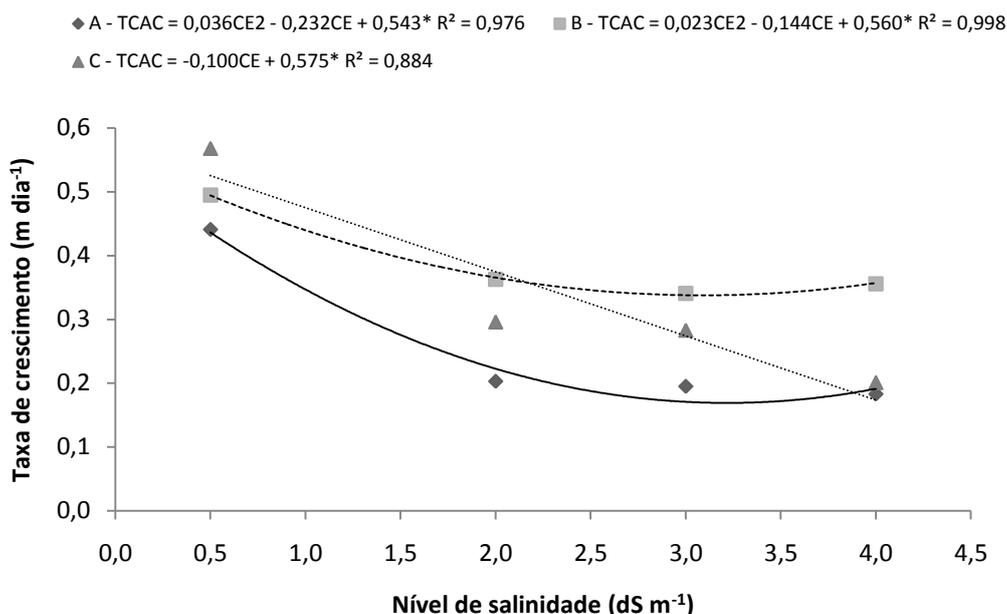


Figura 6. Taxa de crescimento absoluto caulinar (cm dia^{-1}) para três períodos 200-250 DAT (A), 250-300 DAT (B) e 300-350 DAT (C) para quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média.

Quando foram comparadas as TCAC entre as cultivares observou-se que as maiores taxas de crescimento para todas as cultivares ocorreram no período 60 – 100 DAT (Tabela 6), e teve como destaque a cv. Princesa, que apresentou uma TCAC 54,2% superior às demais cultivares, e também a maior taxa entre todos os períodos avaliados. Nos quatro períodos seguintes, 100-150 DAT, 150 - 200 DAT, 200 - 250 DAT e 250 – 300 DAT, a cultivar com maior taxa de crescimento foi a Pacovan, o que confirma o potencial de crescimento dessa cultivar em detrimento das demais nas condições estudadas. A diferença das médias dessa cultivar nesses períodos quando comparadas às cultivares com menor taxa de crescimento, foi de até 70% no período de 100-150 DAT, 140% de 150-200 DAT, 130% de 200-250 DAT e 169% de 250-300 DAT. Não houve diferença entre as médias de taxas de crescimento entre as cultivares para o período 30-60 DAT.

A partir da Tabela 6 é possível observar que nos períodos de 100-150 DAT, 150-200 DAT e 200-250 DAT houve uma redução nas taxas de crescimento para todas as cultivares quando comparado aos demais períodos. Essa redução

no crescimento pode ter ocorrido em função da redução nas taxas de evapotranspiração dessas cultivares e da temperatura média do ar nesses determinados períodos, os quais coincidem com o período chuvoso na região, como verificado na Figura 7. É possível verificar que os valores tanto da temperatura média do ar quanto da evapotranspiração potencial apresentaram uma grande variação ao longo do ciclo das plantas, com temperatura média variando de 20 a 29°C, e a evapotranspiração potencial variando de 1,4 a 7,0 mm dia⁻¹.

Tabela 6. Médias de Taxa de Crescimento em Altura Caulinar (TCAC) de sete períodos para quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

Cultivar	Taxa de crescimento (cm dia ⁻¹)						
	30-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350
Pacovan	0,533 a	0,583 a	0,331 a	0,436 a	0,396 a	0,561 a	0,461 a
P. Anã	0,468 a	0,485 a	0,232 b	0,255 b	0,211 b	0,208 c	0,191 b
Princesa	0,311 a	0,748 b	0,223 b	0,185 b	0,245 b	0,436 b	0,443 a
BRS Platina	0,432 a	0,575 a	0,194 b	0,181 b	0,172 b	0,351 b	0,253 b
CV (%)	36,5	23,1	28,2	32,0	35,8	23,3	35,0

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Borges et al. (2004) afirmam que a temperatura ótima para o desenvolvimento de bananeiras comerciais situa-se em torno de 28°C, sendo as temperaturas de 15°C e 35°C como sendo os limites extremos para a exploração racional da bananeira.

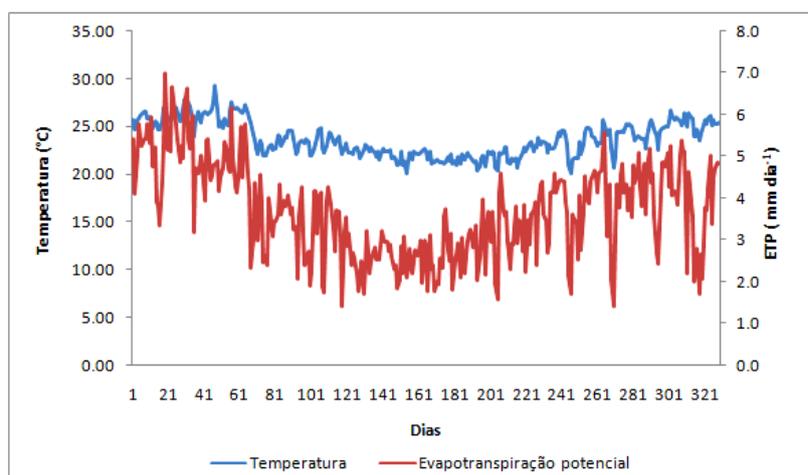


Figura 7. Comportamento da temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) e da evapotranspiração de referência (ET_p) (mm dia^{-1}) ao longo do ciclo de avaliações.

Houve interação entre nível e cultivares apenas para o último período avaliado dos 300-350 DAT (Tabela 5). Para as plantas do tratamento testemunha as maiores taxas de crescimento foram registradas nas cultivares Pacovan e Princesa, de modo a TCAC da cv. Princesa foi superior em 160% e 123% em relação as cv. Prata Anã e BRS Platina, respectivamente. No nível de salinidade $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ a cv. Princesa se destacou por apresentar uma TCAC 466% maior que a cv. Prata Anã. Para os níveis de salinidade $2,0$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ não houve diferença entre as médias de TCAC entre as cultivares (Tabela 7).

Tabela 7. Médias de Taxa de Crescimento em Altura Caulinar (TCAC) do último período para quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação no período de 300-350 DAT

Cultivar	Nível de salinidade (dS m^{-1})			
	0,5	2,0	3,0	4,0
	TCAC (cm dia^{-1})			
Pacovan	0,833 a	0,453 a	0,32 ab	0,24 a
P. Anã	0,32 b	0,166 a	0,09 b	0,19 a
Princesa	0,746 a	0,313 a	0,51 a	0,21 a
BRS Platina	0,373 b	0,253 a	0,22 ab	0,16 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A taxa de redução da taxa de crescimento absoluto em altura de planta, com o aumento do nível de salinidade foi maior para a cultivar Pacovan (0,17 m.dS¹), e menor para a cv. Platina (0,059 m.dS¹) (Figura 8).

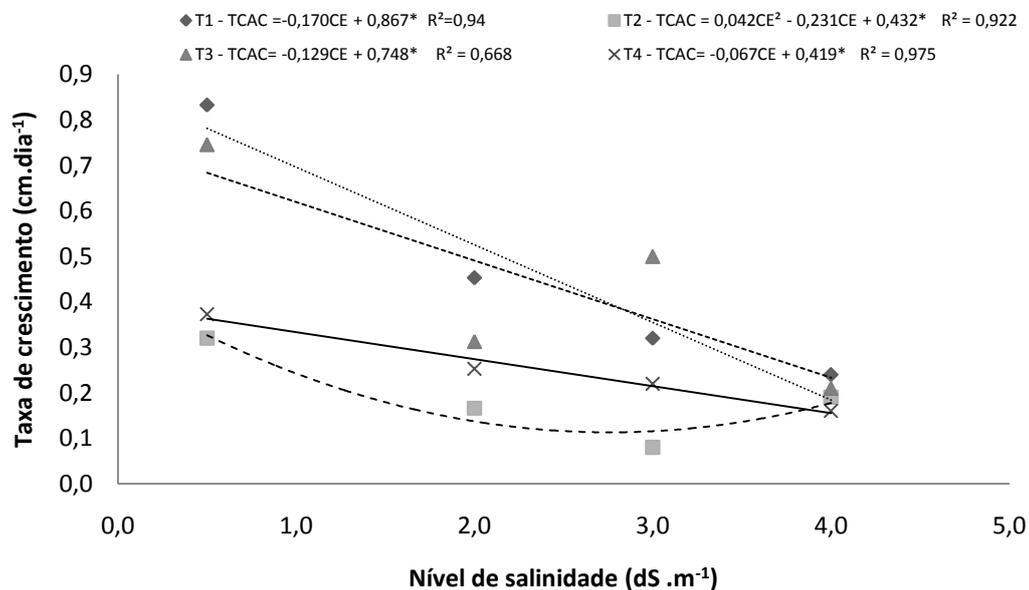


Figura 8. Efeito da salinidade sobre a variável taxa de crescimento em altura caulinar (cm dia⁻¹) em quatro cultivares de bananeira (A) Pacovan, (B) Prata Anã, (C) Princesa e (D) BRS Platina no período de 300-350 DAT. Pontos representam a média.

Diâmetro do pseudocaule:

O diâmetro do pseudocaule foi significativamente afetado pelos níveis de salinidade aos 300 e 350 DAT, e assim como ocorreu com a variável altura de planta, o diâmetro das plantas só diferiu entre os níveis ao final do período da avaliação (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância e médias de diâmetro (cm), de quatro cultivares de bananeira aos 30, 60, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 dias em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

Dias após transplântio (DAT)									
F.V	GL	30	60	100	150	200	250	300	350
Estatística F									
Nível	3	2,82 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,273 ^{ns}	0,257 ^{ns}	6,45 ^{**}	13,3 ^{**}
Linear	1	5,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,265 ^{ns}	0,576 ^{ns}	17,28 ^{**}	34,0 ^{**}
Quadrática	1	0,76 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,015 ^{ns}	2,03 ^{ns}	5,4 ^{ns}
Cúbica	1	2,53 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,553 ^{ns}	0,181 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Q. M. R (a)	8	0,244	0,299	1,527	1,80	1,598	1,23	1,06	1,20
Estatística F									
Cultivar	3	2,49 ^{ns}	4,83 ^{**}	7,62 ^{**}	4,66 ^{**}	4,39 ^{**}	4,27 ^{**}	7,19 ^{**}	12,4 ^{**}
Cult x Nível	9	0,62 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,747 ^{ns}	0,438 ^{ns}	0,502 ^{ns}	1,5 ^{ns}
Q. M. R (b)	24	0,52	0,41	0,57	0,452	0,49	0,515	0,484	0,40

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

O efeito da salinidade sobre o diâmetro das plantas, entre os níveis, seguiu um comportamento linear decrescente (Figura 9). As plantas irrigadas com o maior nível salino aos 300 DAT apresentaram uma redução no diâmetro médio de 9,6%, quando comparadas as plantas testemunhas. Já aos 350 DAT a média de diâmetro de pseudocaule para as plantas do maior nível de salinidade sofreu uma redução de 13,9%, o que mostra que o efeito da salinidade tende a se acentuar mais ao passar do tempo nas plantas sob esse efeito.

Reduções maiores do que as observadas neste estudo, 44,30% e 35,07% no diâmetro médio do pseudocaule foram verificadas por Araújo Filho et al. (1995) comparando cultivares de bananeiras Nanica, Nanicão, Pacovan e Mysore dos 55 aos 153 DAT e Silva et al. (2009), respectivamente, avaliando salinidade em genótipos diplóides de bananeira aos 21 DAT. Alves (2009), avaliando o desenvolvimento de cultivares Prata Anã e Grand Naine observou reduções do diâmetro médio do pseudocaule de 10,2 e 13,1% aos 300 e 345 DAT, respectivamente, sendo estas praticamente idênticas as deste estudo.

Carmo et al. (2003), diferente dos resultados deste estudo, concluíram que a salinidade da água de irrigação afetou o diâmetro do pseudocaule da

bananeira Marmelo e Pacovan já a partir dos 110 DAT, e concordando com os resultados deste estudo somente aos 300 DAT com efeito linear sobre esta variável. Santos (1990) observou efeito semelhante da salinidade no diâmetro do pseudocaule, avaliando desenvolvimento e produção da bananeira nanica sob diferentes níveis de salinidade e lâmina de água, de modo que a salinidade reduziu em 81,5% o diâmetro médio do pseudocaule aos 150 DAT após início dos tratamentos, resultados também que discordam dos deste estudo.

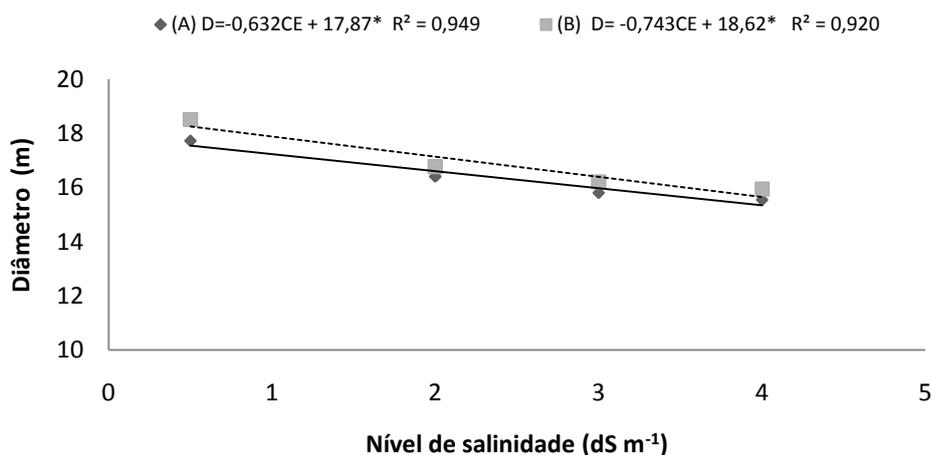


Figura 9. Efeito de quatro níveis de salinidade da água de irrigação sobre o diâmetro do pseudocaule de quatro cultivares de bananeiras aos 300(A) e 350 DAT(B). Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

Houve diferença significativa entre as médias de diâmetro caulinar entre as cultivares avaliadas, no período de 60 até os 350 DAT. Aos 300 e 350 DAT as cultivares BRS Platina e a Prata Anã se destacaram por apresentar as maiores médias de diâmetro caulinar. Dos 150 aos 350 DAT, as médias de diâmetro de pseudocaule da BRS Platina foram até 8,7% superiores às da cv. Pacovan, e aos 300 e 350 DAT também sendo superior às médias da cv. Princesa.

A análise de variância mostrou efeito da salinidade sobre a variável taxa de redução de crescimento absoluto em diâmetro caulinar – TCAD (Tabela 9). A redução na TCAD no período de 250 a 300 DAT ($0,007 \text{ cm.dia}^{-1}.\text{dS}^{-1}$) foi maior do que a apresentada no período de 300 a 350 DAT ($0,005 \text{ cm.dia}^{-1}.\text{dS}^{-1}$) (Figura 10). Essa redução pode ter ocorrido em virtude da proximidade da fase de emissão floral, em que praticamente cessa o crescimento das plantas (MOREIRA, 1999),

assim como verificado por Alves 2009 aos 360 DAT, avaliando o desenvolvimento de bananeira cultivar Prata Anã e Grand Naine sob salinidade.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a variável taxa de crescimento absoluto em diâmetro (cm dia^{-1}), de quatro cultivares de bananeira em sete períodos, em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

F.V	GL	Dias após transplântio (DAT)						
		30-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350
		Estatística F						
Nível	3	6,11 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,505 ^{ns}	0,34 ^{ns}	17,66 ^{**}	9,91 ^{**}
Linear	1	1,39 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,81 ^{ns}	41,08 ^{**}	20,69 ^{**}
Quadrática	1	0,16 ^{ns}	4,4 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,22 ^{ns}	8,91 [*]	5,43 [*]
Q. M. Res. (a)	8	0,0001	0,0004	0,003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0239
Cultivar	3	3,3 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,28 ^{ns}	18,3 ^{**}	1,78 ^{ns}	11,18 ^{**}	1,55
Nível x Cult	9	1,56 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,21 ^{ns}
Q. M. Res (b)	24	0,002	0,0004	0,002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0139

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

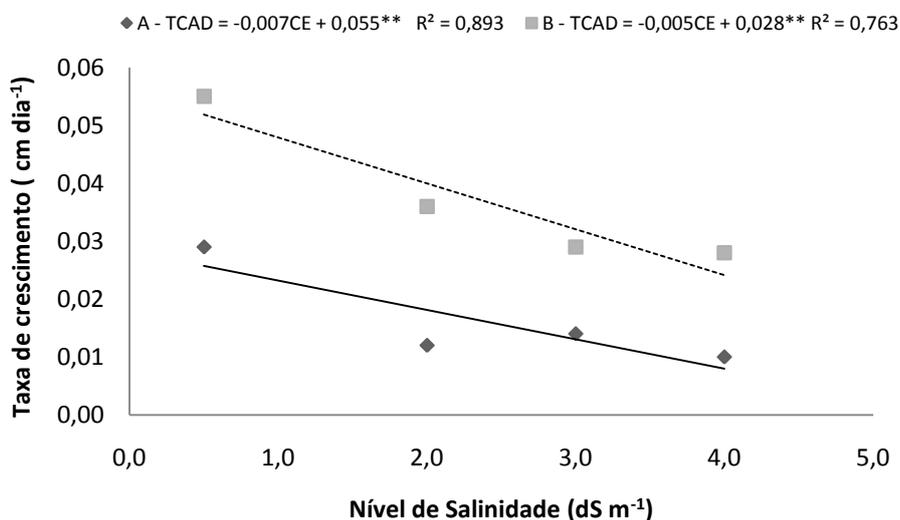


Figura 10. Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (cm dia^{-1}) de quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação no período de 250-300DAT (A) e 300-350 DAT (B). Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

As maiores médias de taxas de crescimento absoluto em diâmetro caulinar – TCAD para as cultivares Pacovan, Prata Anã e BRS Platina foram observadas aos 100 - 150 DAT (Tabela 10). A cv. Princesa apresentou as menores TCAD em dois períodos: aos 150 - 200 DAT e 250 - 300 DAT. Aos 150-200 DAT observou-se uma grande redução na taxa de crescimento em diâmetro caulinar, que possivelmente ocorreu em virtude do menor desenvolvimento das plantas no período devido ao clima chuvoso, assim como aconteceu com a variável altura das plantas. Até o sexto período as cultivares tiveram um incremento nas TCAD, com redução novamente no sétimo período em função da proximidade da fase de emissão floral onde há redução nas taxas de crescimento das plantas (MOREIRA, 1999).

Tabela 10. Médias de Taxa de Crescimento em diâmetro caulinar (cm dia^{-1}) de sete períodos para quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

Cultivar	Dias após transplântio (DAT)						
	30-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350
	TCAD (cm dia^{-1})						
Pacovan	0,032 a	0,035 a	0,054 a	0,009 a	0,018 a	0,042 a	0,018 a
P. Anã	0,032 a	0,042 a	0,056 a	0,009 a	0,024 a	0,044 a	0,018 a
Princesa	0,032 a	0,052 a	0,045 a	0,003 b	0,020 a	0,025 b	0,014 a
BRS Platina	0,048 a	0,037 a	0,056 a	0,014 a	0,016 a	0,037 a	0,018 a
CV (%)	45,3	50,0	37,9	31,0	38,8	24,0	48,0

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Número de folhas:

Tabela 11. Resumo da análise de variância e médias de número de folhas de quatro cultivares de bananeira aos 30, 60, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 dias em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

F.V	GL	Dias após transplântio (DAT)							
		30	60	100	150	200	250	300	350
		Estatística F							
Nível	3	0,03 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,56 ^{ns}	3,12 ^{ns}	2,22 ^{ns}	15,7 ^{**}	7,61 ^{**}	12,72 ^{**}
Linear	1	0,05 ^{ns}	1,2 ^{ns}	2,75 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,001 ^{ns}	22,7 ^{**}	17,96 ^{**}	26,53 ^{**}
Quadrática	1	0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,86 ^{ns}	3,5 ^{ns}	3,7 ^{ns}	15,1 ^{**}	4,24 ^{ns}	11,60 ^{**}
Cúbica	1	1,53 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,007 ^{ns}	4,12 ^{ns}	2,96 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,087 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	0,052	0,04	2,18	0,29	0,56	0,35	1,10	0,79
		Estatística F							
Cultivar	3	4,73 ^{**}	5,93 ^{**}	5,34 ^{**}	20,65 ^{**}	34,49 ^{**}	10,01 ^{**}	9,83 ^{**}	6,90 ^{**}
Nível x Cult	9	0,31 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,629 ^{ns}	0,603 ^{ns}	2,35 [*]	0,78 ^{ns}
Q. M. Res (b)	24	0,29	0,52	2,77	0,54	0,368	0,798	0,465	1,09

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

O número de folhas foi significativamente afetado pelos níveis de salinidade adotados aos 250, 300 e 350 DAT (Tabela 11). Este efeito aos 250 e 350 DAT foi melhor representado por uma relação polinomial quadrática (Figura 11). A redução no número médio de folhas nas plantas sob o nível de salinidade 4,0 dS m⁻¹ foi de 17,2% aos 250 DAT e de 20,5% aos 350 DAT.

Carmo et al. (2003) avaliando o efeito de níveis de salinidade (0,55 a 4,0 dS m⁻¹) em cultivares de bananeiras Pacovan e Marmelo, assim como neste estudo, constataram reduções no número de folhas em função do incremento de níveis de sal, em avaliações realizadas aos 240 DAT. Os resultados verificados por Silva et al. (2009), avaliando cultivares diplóides de bananeiras sob dois níveis de salinidade (0 e 9,1 dS m⁻¹), foram maiores dos que os que foram verificados neste estudo (30,27%)

Ao longo de todas as avaliações realizadas houve diferença entre as médias do número de folhas entre as cultivares avaliadas. Aos 30 e 60 DAT a cultivar Princesa apresentou um maior número médio de folhas em relação à

Pacovan, mas não diferiu das demais. Por outro lado aos 100, 150 e 200 DAT a cultivar Princesa mostrou-se mais sensível ao efeito salino, de modo que foi a cultivar que apresentou o menor número de folhas, sendo que as demais não mostraram diferença entre si. Dos 100 aos 350 DAT de avaliação, a BRS Platina apresentou uma maior média no número de folhas quando comparada a cv. Princesa, chegando a apresentar aos 250 DAT, 34,8% a mais de folhas do que esta última.

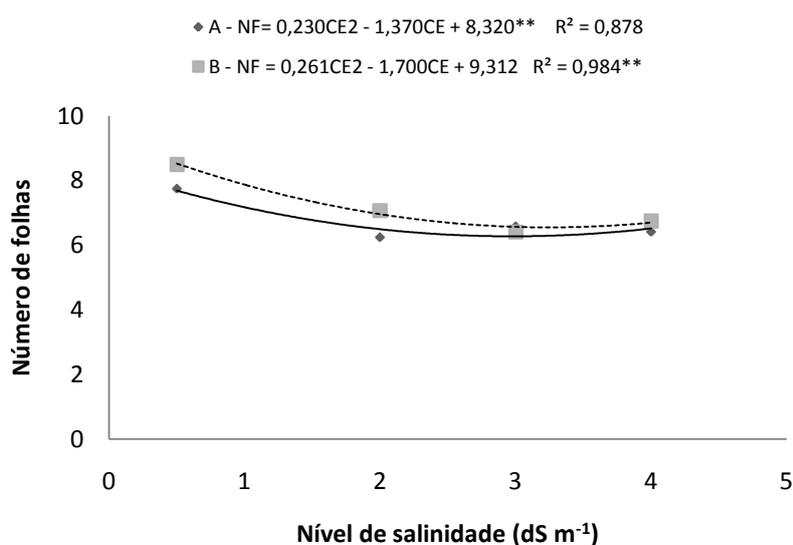


Figura 11. Efeito de quatro níveis de salinidade da água de irrigação sobre o número de folhas de quatro cultivares de bananeiras aos 250 (A) e 350 (B) DAT. Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

Houve efeito da interação entre nível e cultivar apenas aos 300 DAT (Tabela 11). Avaliando-se o efeito dos níveis de salinidade em cada cultivar, observou-se que houve redução no número de folhas nas plantas irrigadas com o nível de salinidade 2,0 dS m⁻¹ em todas as cultivares, sendo esta redução mais acentuada para a cv. Pacovan (28,6%) (Figura 12).

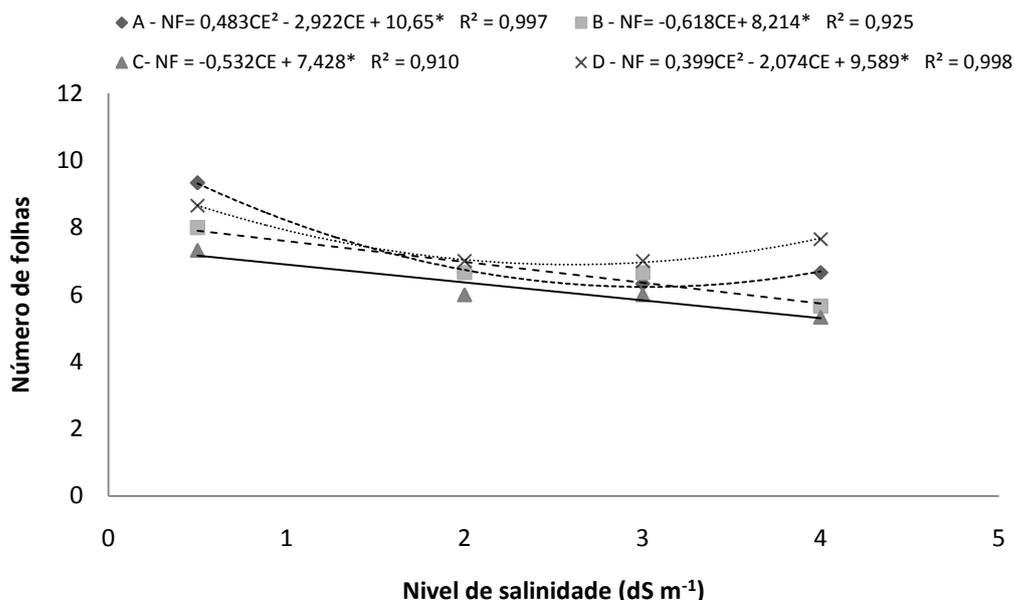


Figura 12. Efeito da salinidade sobre a variável número de folhas médio de quatro cultivares de bananeira (A) Pacovan, (B) Prata Anã, (C) Princesa e (D) BRS Platina aos 300 DAT. Pontos representam a média

Corroborando com os resultados deste estudo, Gomes et al. (2005), verificaram reduções significativas no número de folhas para as cultivares Pacovan, Prata Anã, Maça, Caipira, Nanicão e Grand Naine quando do incremento do nível salino, sendo a cultivar Maça a mais afetada pelo aumento da salinidade, com redução de 23,4% no número médio de folhas, resultado este que se aproxima do encontrado neste trabalho.

Avaliando-se as cultivares dentro dos níveis, observou-se que a cv. Pacovan apresentou um número médio de folhas 27,4% maior quando comparada à cv. Princesa no menor nível salino. Nos níveis de salinidade seguintes (2,0 e 3,0 dS m⁻¹), não houve diferença entre as médias de número de folhas entre as cultivares, o que indica que estas foram afetadas de igual modo pela salinidade. Contudo no nível de salinidade 4,0 dS m⁻¹ a cv. BRS Platina apresentou número médio de folhas 43,7% maior do que a cv. Princesa e 35,3% maior que a cv. Prata Anã (Tabela 12).

Tabela 12. Médias de número de folhas de quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação aos 350 DAT. Cruz das Almas - BA, 2014

Cultivar	Nível de salinidade (dS m ⁻¹)			
	0,5	2,0	3,0	4,0
Pacovan	9,33 a	6,66 a	6,33 a	6,66ab
P. Anã	8,00ab	6,66 a	6,66a	5,66b
Princesa	7,32b	6,00 a	6,00 a	5,33b
BRS Platina	8,66ab	7,00 a	7,00 a	7,66 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A avaliação do número de folhas aos 300 DAT seguiu um comportamento quadrático para as cv. Pacovan e BRS Platina, e linear decrescente para as cv. Prata Anã e Princesa (Figura 12). No período avaliado observou-se que a cultivar que mais foi afetada pelo nível de salinidade foi a Pacovan, uma vez que esta sofreu esta apresentou uma maior taxa de redução no número médio de folha (1,95 un. dS⁻¹) (Figura 12). Do mesmo modo a cv. Princesa foi a menos afetada pelo nível de salinidade, em virtude da mesma apresentar uma menor taxa de redução no número médio de folhas (0,532 un. dS⁻¹).

Área foliar:

A área foliar das cultivares avaliadas foi significativamente afetada pelos níveis de salinidade aos 300 e 350 DAT (Tabela 11). Assim como as demais variáveis estudadas, o efeito dos níveis de salinidade sobre essa variável só ocorreu nos últimos períodos de avaliação, ou seja, quando as plantas já tinham um maior desenvolvimento. A relação que melhor explicou o efeito dos níveis de salinidade nos dois períodos foi a linear, que indica uma redução na área foliar das cultivares à medida que se acresce o nível salino (Figura 13). A maior taxa de redução da área foliar por nível de salinidade (0,403 m² dS⁻¹) foi verificada aos 350 DAT.

Tabela 13. Resumo da análise de variância e médias de área foliar (m²), de quatro cultivares de bananeira aos 30, 60, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 DAT em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

		Dias após transplântio (DAT)							
F.V	GL	30	60	100	150	200	250	300	350
Estatística F									
Nível	3	0,169 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,234 ^{ns}	0,831 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,336 ^{ns}	10,63 ^{**}	21,22 ^{**}
Linear	1	0,494 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,439 ^{ns}	0,048 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,475 ^{ns}	14,5 ^{**}	42,24 ^{**}
Quadrática	1	0,014 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,009 ^{ns}	2,42 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,225 ^{ns}	2,06 ^{ns}	3,76 ^{ns}
Cúbica	1	0,009 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,263 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,309 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,646 ^{ns}
Q. M. R (a)	8	0,073	0,059	0,451	0,229	0,232	0,201	0,161	0,218
Estatística F									
Cultivar	3	4,69 ^{**}	4,89 ^{**}	4,83 ^{**}	2,95 ^{ns}	0,51 ^{ns}	6,41 ^{**}	4,14 [*]	3,77 [*]
Nível x Cult	9	1,18 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,357 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,625 ^{ns}	0,552 ^{ns}	0,557 ^{ns}
Q. M. R (b)	24	0,064	0,07	0,062	0,234	0,18	0,131	0,271	0,317

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

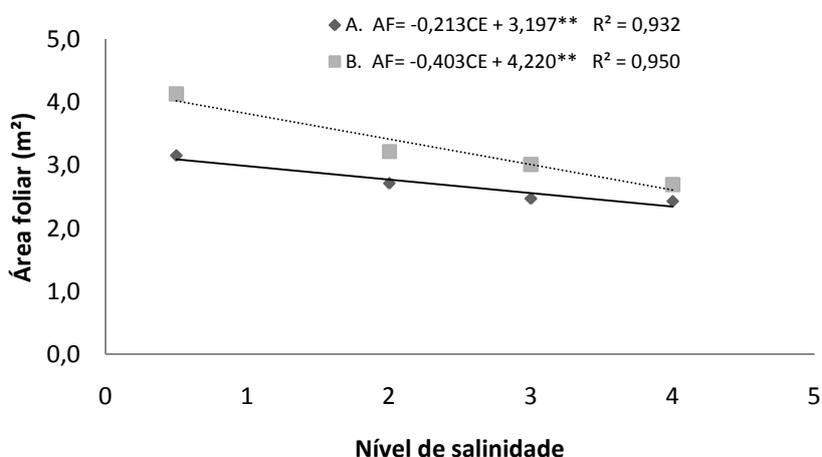


Figura 13. Efeito de quatro níveis de salinidade da água de irrigação sobre a área foliar de cultivares de bananeiras aos 300 (A) e 350 DAT (B). Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média

Carmo et al. (2003) em contraste aos resultados obtidos neste estudo verificaram efeito da salinidade sobre a área foliar em uma fase da planta mais jovem, aos 110 e 240 DAT, seguindo também um comportamento linear decrescente da área foliar com aumento da salinidade. Silva et al. (2009), avaliando salinidade em genótipos diplóides de bananeira aos 21 DAT, verificou

redução acima de 50% da área foliar, resultado este superior ao encontrado neste trabalho (35% aos 350 DAT). Araújo Filho et al. (1995), avaliando o desenvolvimento de cultivares de bananeiras sob salinidade aos 153 DAT, também verificaram redução superior á deste estudo (63%).

Gomes et al. (2005) avaliando o efeito da salinidade em cultivares de bananeira aos 21 DAT constataram reduções significativas da área foliar na cv. Maçã (24%), Caipira (36%), Pacovan (32%), Grand Naine (33%) e Prata Anã (30%), resultados que são próximos aos observados neste trabalho.

Ocorreu diferença entre as médias de área foliar das cultivares aos 30, 60, 100, 250, 300 e 350 DAT (Tabela 13). O período em houve uma maior diferença entre as médias de área foliar entre as cultivares foi aos 30 DAT, quando a cv. Pacovan apresentou uma média de área foliar 39,1% superior à média da cv. BRS Platina, e a menor foi verificada aos 100 DAT quando a cv. Pacovan apresentou média de área foliar 14,6% maior que a da cv. BRS Platina.

Não houve interação entre nível e cultivares, de modo que todas as cultivares foram afetadas da igual maneira pelos níveis salinos. Houve efeito dos níveis de salinidade sobre as taxas de crescimento em área foliar (TCAF) (

As maiores taxas de crescimento absoluto em Área foliar – TCAF no período de 250 - 300 DAT de avaliação foram registradas nas cultivares que foram irrigadas com água com o menor nível de salinidade. A TCAF nestas cultivares chegou a ser até 138% maior do que aquelas obtidas nas plantas irrigadas com níveis salinos mais elevados (Figura 14).

Houve diferença entre as médias de TCAF entre as cultivares para os períodos 100 – 150 DAT, 150 – 200 DAT, 200-250 DAT e 300–350 DAT (Tabela 14). O período de 60 - 100 DAT correspondeu àquele em que todas as cultivares apresentaram as maiores taxas de crescimento em área foliar (Tabela 15).

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a variável taxa de crescimento absoluto em área foliar ($\text{m}^2 \text{dia}^{-1}$), de quatro cultivares de bananeira em sete períodos, em função de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

F.V	GL	Dias após transplanto (DAT)						
		30-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350
		Estatística F						
Nível	3	1,90 ^{ns}	0,156 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,028 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,47 [*]	1,46 ^{ns}
Linear	1	1,84 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,12 ^{ns}
Quadrática	1	3,41 ^{ns}	0,011 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,579 ^{ns}
Q. M. Res. (a)	8	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
Cultivar	3	1,99 ^{ns}	3,09 ^{ns}	5,58 [*]	26,4 ^{**}	2,78 [*]	1,03 ^{ns}	0,521 [*]
Nível x Cult	9	2,87 ^{ns}	0,51 ^{ns}	16,72 ^{ns}	13,3 ^{**}	0,63 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,922 ^{ns}
Q. M. Res (b)	24	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

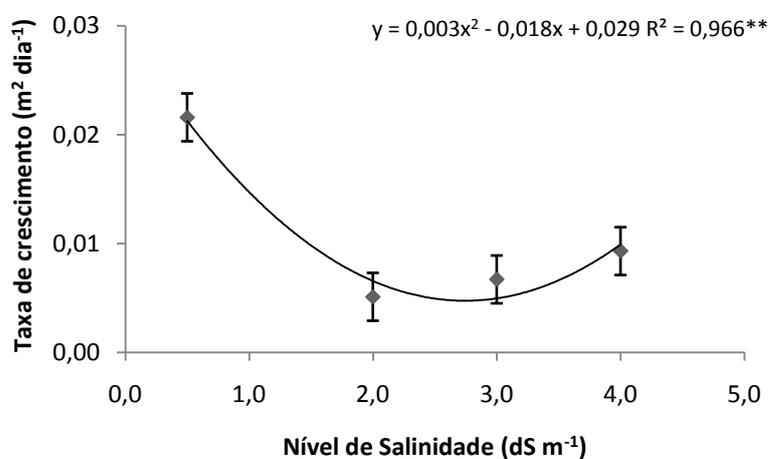


Figura 14. Taxa de crescimento absoluto em área foliar de quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade aos 300 DAT. Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

A Figura 15 representa o efeito da irrigação com diferentes condutividades elétricas (CE) da água sobre a taxa de crescimento absoluto da folha zero (vela) – TCAV, de cultivares de bananeira. Observou-se que à medida

que se elevou a condutividade elétrica da água de irrigação houve uma redução significativa na taxa de crescimento absoluto da vela.

Tabela 15. Médias de Taxa de Crescimento absoluto em área foliar de sete períodos para quatro cultivares de bananeiras irrigadas com quatro níveis de salinidade na água de irrigação. Cruz das Almas - BA, 2014

Cultivar	Dias após transplântio (DAT)						
	30-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350
TCAF (m ² dia ⁻¹)							
Pacovan	0,012 a	0,016 a	0,007b	0,002b	0,007a	0,013a	0,003b
P. Anã	0,008 a	0,016 a	0,002c	0,005 a	0,002 b	0,012 a	0,009ab
Princesa	0,011 a	0,024 a	0,007b	0,001b	0,003 b	0,012 a	0,007ab
BRS Platina	0,010 a	0,019 a	0,010a	0,002b	0,002 c	0,012 a	0,011 a
CV (%)	46,5	40,7	35,0	34,4	25,2	62,0	52,1

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

As cultivares que foram submetidas à irrigação com o menor nível de salinidade da água de irrigação foram os que significativamente apresentaram uma maior taxa de crescimento, apresentando TCAV de 0,124 m dia⁻¹. Quando se elevou a CE da água para 2,0 dS m⁻¹, houve uma redução na TCAV de 25,22%, quando comparada ao menor nível. Já para os níveis de 3,0 e 4,0 dS m⁻¹ quando comparadas com o menor nível de salinidade as reduções da TCAV foram, respectivamente, de 32,07 e 31,99%.

É possível observar com estes resultados que a aplicação da irrigação com nível de salinidade 2,0 dS m⁻¹, já resultou em uma redução expressiva da TCAV, ficando constatado o efeito negativo que tem a salinidade sobre o alongamento celular e velocidade de lançamento de novas folhas. Quando se aumentou a CE da água, para 3,0 e 4,0 dS m⁻¹ não se observou uma redução acentuada dos valores médios de TCAV, não apresentando estes valores diferença média significativa em relação à CE de 2,0 dS m⁻¹.

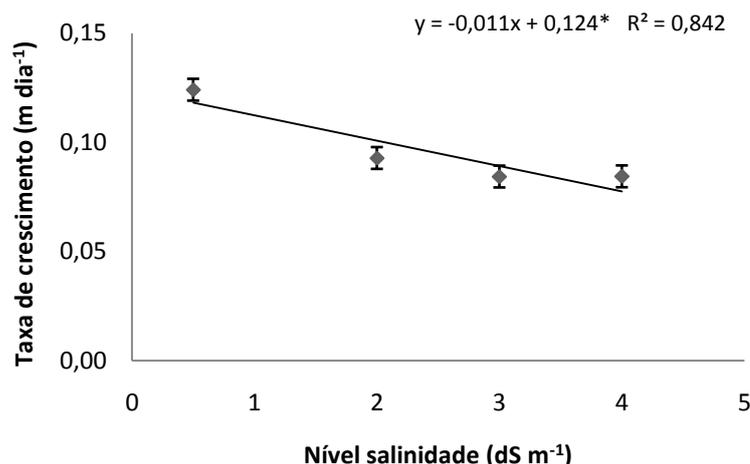


Figura 15. Taxa de crescimento absoluto (cm dia⁻¹) da folha zero de cultivares de bananeira submetidas à diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. Pontos representam a média e Barras representam o erro padrão da média.

CONCLUSÕES

A utilização de níveis salinos na água de irrigação proporcionou diferenças nas variáveis biométricas avaliadas, com destaque para as plantas do tratamento testemunha (0,5 dS m⁻¹), que apresentaram as maiores médias nas variáveis analisadas.

O efeito da salinidade sobre as variáveis altura de planta, diâmetro do pseudocaule e área foliar das plantas seguiu um comportamento linear decrescente.

As taxas de crescimento absoluto caulinar do diâmetro e da área foliar tiveram os maiores incrementos nas cultivares que foram irrigadas com o menor nível de salinidade.

Aos 350 DAT a cultivar Princesa apresentou maior sensibilidade para a variável altura de planta com aumento do estresse salino, enquanto BRS Platina foi menos sensível ao mesmo efeito.

O nível de salinidade 2,0 dS m⁻¹ se mostrou como crítico ao adequado crescimento das cultivares avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H. J. M.; MASCRELL, J.; DUART, S.; SOCORRO, A. R. Na and Cl content in banana plants of the Canaria Islands. **International Banana Nutrition Newsletter**, Netherlands, v.15, n.5, p.13-14, 1982.

ALVES, A.N. **Crescimento, produtividade e composição mineral de bananeiras irrigadas com águas de salinidades diferentes** – Campina Grande: UFCG, 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2009.

ARAÚJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C.; SANTOS, J. G. R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.417-422, 1995.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 28p

BENINCASA, M.M.P. **Análise do crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BORGES, A.L. Calagem e adubação. in: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. . **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Editora Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.245- 255.

BORGES A.L.; CINTRA, F.L.D. Queima das folhas de bananeira no Nordeste do Brasil. Embrapa/CNPMPF. Documentos 35/91, 16p. 1991.

CARMO, G.A.; MEDEIROS, J.F.; TAVARES, J.C.; GHEYI, H.R.; Souza, A.M.; Palácio, E.A.Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da

água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.513-518, 2003.

DREW, M.C.; HOLE, P.S.; PICCHIONI, G.A. Inhibition by NaCl of net CO₂ fixation and yield of cucumber. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.3, p.472-477, 1990.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT** 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>. Acesso em: 06 Jun. 2013>.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FILHO, A.F.L.; FILHO, M.A.C; HEINEMANN, A.B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1294-1300, 2013.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O. Arroz e trigo: tolerância à salinidade em solução nutritiva. **Revista Bragantia**, v.47, n.1, p.125-135, 1988.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; CAMARA, T.R. The effects of salinity on five banana genotypes (*Musa* spp). **Plant Nutrition**, New York, v.92, p.410-412, 2001.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, S.O.; CAMARA, T. R.; MEUNIER, I.M.J. Diplóides (AA) de bananeira submetidos ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.525-531, 2004.

GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, S.O.; CAMARA, T.R. Variedades de bananeira tratadas com água salinizada em fase inicial de

crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.31-36, 2005.

GONDIM, A.R.O.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A.; CARMO, G.A. Coeficiente de cultura e salinidade do solo na fase reprodutiva da bananeira irrigada com diferentes níveis de salinidade. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 31, 2002, Salvador, Anais..., Salvador: SBEA, 2002. CD-Rom.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br> >. Acesso em: 06 jun. 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531p.

LIMA, L.A. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MEDEIROS, J.F. de; GHEYI, H.R.; BATISTA, M.A.F. **Procedimentos de análise de solo e água para diagnóstico de salinidade**. Mossoró: ENA, ESAM, 1993. 25p. (Coleção Mossoroense, Série E, 1256).

MOREIRA, R.S. Banana: teoria e pratica de cultivo. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1999. 1 CD ROM.

MUNNS, R. TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance in: **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.59, n.1, p.651-681, 2008.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-'prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.524-529, 2002.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

ORCUTT, D. M.; NILSEN, E.T. **Physiology of plants under stress**, John Willey and sons, New York, 683p, 2000.

PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V.; PEIXOTO, M.F.S.P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e práticas. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, p.51-76, 2011.

SILVA, M.R. **Caracterização física e anatômica de folhas de acessos de bananeira com diferentes ploidias** – Cruz das Almas: UFRB, 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, 2012.

SANTOS, J.G.R. dos. Crescimento da bananeira nanica (*Musa sp.*) sob diferentes qualidades de água de irrigação. 1990. 78f. Dissertação (Mestrado) - Campina Grande, 1990.

SANTOS, J.G.R.; GHEYI, H.R. Crescimento da bananeira-nanica sob diferentes qualidades de água de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.3, p.339-347, 1993.

SANTOS, J.G.R.; GHEYI, H.R. Efeito da salinidade da água na composição da folha da bananeira e nas características do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.247-253, 1994.

SILVA, R.L.O.; MARTINS, L.S.S.; GOMES, E. W. F.; FERRAZ, G. M. G.; SILVA, S. O.; WILLADINO, L. Avaliação de diplóides de bananeira (*Musa spp.*) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.31, p.1084-1091, 2009.

SILVA JUNIOR, G.S.; WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; SILVA, L.E. Comportamento estomático em genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Cientec**. Vol. 4, nº2, 33-43, 2012.

TORRES, S.B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.3, p.77-82, 2007.

WILLADINO, L.; GOMES, E.W.F.; SILVA, E.F.F.; MARTINS, L.S.S.; CAMARA, T.R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.53-59, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do aumento, ao passar dos anos, de áreas salinizadas principalmente em perímetros irrigados que produzem banana no Nordeste, torna-se urgente a necessidade de seleção de cultivares que apresentem características de tolerância a este efeito.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que se cultivadas sob salinidade, as cultivares de bananeiras estudadas irão apresentar diferentes respostas ao efeito da salinidade, repostas estas que refletirão no maior ou menor crescimento das plantas, alteração em suas atividades fisiológicas e modificação no conteúdo de nutrientes em seus tecidos foliares e radiculares.

A cultivar Princesa diante das respostas apresentadas é considerada neste estudo como sendo a mais sensível ao efeito da salinidade. Diante disso não deve ser recomendada para plantio em regiões com índices de salinidade no solo, correndo o risco de reduzir significativamente a produtividade final.

São consideradas como cultivares menos sensíveis diante das respostas apresentadas neste trabalho as cv: Prata Anã, BRS Platina e Pacovan, sendo portanto, diante das cultivares disponíveis no mercado para plantio e na ordem citada, aquelas que devem ser recomendadas para plantio em cultivo comercial.

Estudos futuros poderiam considerar salinidades intermediárias entre as que foram avaliadas neste estudo, de modo a perceber com mais acurácia o limite de salinidade para o pleno desenvolvimento de cada uma das cultivares.