



MIRIELLE DE OLIVEIRA ALMEIDA

**IMPEDIMENTO FÍSICO DO CRESCIMENTO
RADICULAR DE BANANEIRAS CULTIVADAS**
in vitro

LAVRAS – MG

2015

MIRIELLE DE OLIVEIRA ALMEIDA

**IMPEDIMENTO FÍSICO DO CRESCIMENTO RADICULAR DE
BANANEIRAS CULTIVADAS *in vitro***

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em
Agronomia/Fitotecnia, área de
concentração em Produção Vegetal,
para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dr^a. Leila Aparecida Salles Pio

Coorientador

Dr. Moacir Pasqual

LAVRAS – MG

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Almeida, Mirielle de Oliveira.

Impedimento físico do crescimento radicular de bananeiras cultivadas *in vitro* / Mirielle de Oliveira Almeida. – Lavras : UFLA, 2015.

50 p.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Leila Aparecida Salles Pio.

Bibliografia.

1. Musa sp. 2. Hipoxia. 3. Desenvolvimento bananeira. 4. Compactação. 5. Fisiologia bananeira. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

MIRIELLE DE OLIVEIRA ALMEIDA

**IMPEDIMENTO FÍSICO DO CRESCIMENTO RADICULAR DE
BANANEIRAS CULTIVADAS *in vitro***

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em
Agronomia/Fitotecnia, área de
concentração em Produção Vegetal,
para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de janeiro de 2015.

Dr^a. Roselaine Cristina Pereira

UFLA

Dr. Ângelo Alberico Alvarenga

EPAMIG

Orientadora

Dr^a. Leila Aparecida Salles Pio

Coorientador

Dr. Moacir Pasqual

**LAVRAS – MG
2015**

À minha mãe, **Eliana Maria de Oliveira Almeida**, que sempre colocou os estudos de seus filhos como prioridade. Ser filha de professora é um privilégio, pois nem todos valorizam a importância de chegar aonde cheguei, e de querer ir além.

Ao meu pai, **Nilton Antonio de Almeida** (in memoriam), que em pouco tempo de convivência me deu a base e me ensinou valores importantíssimos para a formação do meu caráter.

Ao meu irmão, **Thiago Henrique de Almeida**, por acompanhar minhas ansiedades e me fazer sorrir sempre, por me despertar vontade de proteger e ao mesmo tempo me sentir protegida.

A toda a família Almeida, em especial às tias e tios, **Neide Maria de Almeida, Nelson Geraldo de Almeida, Nilma Lúcia de Almeida, Nilda do Socorro de Almeida, Maria José de Almeida, Nilson Leite de Almeida e Nivaldo Manoel de Almeida**, por me apoiarem durante esta caminhada, e me fazerem sentir sempre tão acolhida e amada.

Ao meu futuro marido, **Stênio Lucas Oliveira Lopes**, por ter percorrido toda a caminhada junto comigo, me dando amor, cuidado, alegrias em meio ao dia a dia corrido, por ouvir pacientemente todos os meus desabaços, por me passar tranquilidade para conseguir estudar e me apoiar em cada decisão, enfim, por me fazer feliz.

Às amigas, **Priscilla Regina Dias Macedo, Gabriella Dias Falcão e Bethânia Souza Caldeira Brant**, por me proporcionarem este sentimento tão gostoso que é a amizade verdadeira e duradoura, e por me permitirem dividir as alegrias e dificuldades da vida.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudos.

À Deus, por me dar saúde e disposição para seguir sempre em frente.

À minha família, por me dar uma base sólida. E em especial à minha mãe Eliana, por me permitir alcançar grandes conquistas. Tenho consciência que sem o seu apoio o caminho teria sido muito mais difícil.

Ao Stênio, por compreender pacientemente os momentos em que não pude lhe dar atenção e por todo o companheirismo.

À Prof. Dr.^a. Leila, por orientar de forma tão doce, oferecendo seu conhecimento e disposição para que este trabalho fosse realizado.

Ao Prof. Dr. Moacir Pasqual, por sempre me dar atenção, incentivo e atender todas as necessidades requeridas neste e em outros trabalhos.

Ao Prof. Dr. João Paulo, por contribuir com seus conhecimentos neste trabalho e esclarecer minhas dúvidas prontamente, nos momentos em que solicitei sua ajuda.

Aos técnicos do Laboratório de Cultura de Tecidos, Vantuil e Claret, por tornarem o ambiente de trabalho tão alegre, sempre nos ajudando.

À Universidade Federal de Lavras, bem como a todos os professores e funcionários, por me darem a oportunidade de realizar estas pesquisas.

Aos amigos conquistados ao longo da vida acadêmica, Adalvan, Bárbara, Daniel, Fabíola, Filipe, Fran, Gabi, Gustavo, Irton, João, Joyce, Lucas,

Mylena, Neilton e Renata, pela boa vontade para ajudar quando precisei, pelas farras, almoços, reuniões e gargalhadas. Nunca me esquecerei de vocês!

Enfim, a todos aqueles que colaboraram de alguma forma para o cumprimento desta etapa da minha vida.

Muito Obrigada!

RESUMO

Condições de deficiência de oxigênio, causadas por compactação no solo, podem ser simuladas *in vitro*. Já o aumento crescente da concentração de phytigel no meio de cultura pode causar anoxia no ambiente radicular, possibilitando assim, o estudo das cultivares de bananeira sob esta condição. Portanto, este trabalho objetivou avaliar se as cultivares Grande Naine, Vitória e Princesa, apresentam capacidade fotossintética e desenvolvimento vegetativo correlacionados aos apresentados em campo, bem como selecionar cultivares tolerantes a condição de compactação do solo. Nos tubos de ensaio foram colocados os mesmos meios de cultura, na parte superior, meio de cultura padrão, com a dosagem de 1,8 g L⁻¹ de phytigel, e na camada inferior, 1,8; 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8 g L⁻¹ de phytigel. O experimento foi instalado e analisado sob o delineamento inteiramente casualizado. Para as análises de trocas gasosas o esquema foi fatorial 3 x 5 (3 cultivares e 5 doses de phytigel). Para as análises de crescimento o esquema foi em parcelas sub-subdivididas no tempo, na parcela principal, foram avaliadas as três cultivares de bananeira (Grande Naine, Vitória e Princesa). A subparcela foi constituída das cinco doses de phytigel (1,8; 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8 g.L⁻¹) e a sub-subparcelas das três épocas de avaliação (10, 20 e 30 dias após a inoculação do explante no meio de cultura). Concluiu-se que o comportamento da cultivar Grande Naine, subgrupo Cavendish *in vitro*, está correlacionado com o seu comportamento de maior vigor, quando comparada às cultivares dos subgrupos Prata e Maçã em campo. Esta é uma evidência de que foi possível extrapolar testes realizados em campo, para condições controladas de laboratório. Sendo assim, a cultivar Vitória é recomendada como a mais tolerante sob condições de solo compactado. Portanto, este resultado se torna de grande relevância para o melhoramento genético das cultivares.

Palavras-chave: *Musa* sp. Hipoxia. Desenvolvimento bananeira. Compactação. Fisiologia bananeira.

ABSTRACT

Oxygen deficiency conditions caused by soil compaction can be simulated *in vitro*. The increasing Phytigel concentration in the culture medium can lead to anoxia in the root environment conditions allowing the study of the cultivars of banana under this condition. The objective of this study was to evaluate the cultivars Grande Naine, Vitória and Princesa have photosynthetic capacity and vegetative growth correlated to those presented in the field, as well as select cultivars tolerant to soil compaction condition. In the test tube was placed the same culture medium at the top standard culture medium with the dosage of 1.8 g L⁻¹ and the lower layer Phytigel , 1.8; 2.8; 3.8; 4.8 and 5.8 g L⁻¹ Phytigel. The experiment was carried out and analyzed in a completely randomized design. For the analysis of gas exchange scheme was 3 x 5 factorial (3 cultivars and five doses of Phytigel). For growth analyzes the scheme was in split-plot in time, in the main plots were evaluated three cultivars of bananas (Grande Naine, Vitória and Princesa). The subplot consisted of five doses of Phytigel (1.8, 2.8, 3.8, 4.8 and 5.8 g L⁻¹) and the sub-subplots of the three evaluation periods (10, 20 and 30 days after inoculation of the explant in culture medium). It was concluded that the behavior of the cultivar Grand Naine, Cavendish , *in vitro* correlates with its greatest force behavior compared cultivars of Silver and Apple subgroup field. This is evidence that it was possible to extrapolate the test field for controlled laboratory conditions. The cultivar Vitória is recommended as the most tolerant in compacted soil conditions, this result was of great importance for the genetic improvement of crops.

Keywords: *Musa* sp. Hypoxia. Development banana. Compression. Banana physiology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Número médio de raízes (NMR) da cultivar Grande-Naine, Princesa e Vitória em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura com crescentes doses de phytigel.....32
- Figura 2** Número médio de raízes (NMR) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura.....33
- Figura 3** Comprimento de raiz (cm) (CR) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura.....36
- Figura 4** Comprimento de folhas (cm) (CF) das cultivares de bananeira GrandeNaine, Vitória e Princesa em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura.....38

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Altura (cm) (ALT) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.27
- Tabela 2** Número médio de folhas (NMF)de três cultivares de bananeira aos10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.....29
- Tabela 3** Massa fresca total (g) (MFT)de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.30
- Tabela 4** Número médio de raízes (NMR)de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura. UFLA, Lavras, MG. 2015.31
- Tabela 5** Número médio de raízes (NMR) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura. UFLA, Lavras, MG. 2015.31
- Tabela 6** Comprimento de raiz (cm) (CR) de três cultivares de bananeira inoculadas em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.34
- Tabela 7** Comprimento de raízes (cm) (CR)de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação em meio de cultura. UFLA, Lavras, MG. 2015.....35
- Tabela 8** Comprimento de folhas de três cultivares de bananeira em meiode cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.37
- Tabela 9** Comprimento de folhas (cm) e diâmetro do pseudocaulo (cm) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa. UFLA, Lavras, MG. 2015.....38
- Tabela 10** Comprimento de folhas (cm) e diâmetro do pseudocaulo (cm) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa. UFLA, Lavras, MG. 2015.....39

Tabela 11 Comprimento de folhas (cm) e diâmetro do pseudocaule (cm) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa. UFLA, Lavras, MG. 2015.....Erro! Indicador não definido.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Banicultura	17
2.2	Consistência do meio de cultura	20
2.3	Respostas das plantas a estresses abióticos	21
3	METODOLOGIA	24
3.1	Avaliações	26
3.1.1	Trocas gasosas	26
3.1.2	Análises de crescimento	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	Análise de crescimento	27
4.2	Análises de trocas gasosas	39
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

Mirielle de Oliveira Almeida¹, Leila Aparecida Salles Pio², Moacir Pasqual²,
Adalvan Daniel Martins³, Mylena Chaves Carvalho⁴

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando atrás apenas da China e da Índia. Entretanto, é líder quanto a produção de frutas tropicais, sendo a bananeira (*Musa* sp.) a frutífera tropical mais cultivada no território nacional, abrangendo uma área plantada superior a 523 mil hectares e 480 mil hectares de área colhida, com rendimento médio de 14 mil kg ha⁻¹ em 2012 (IBGE, 2014).

A banana é a fruta mais consumida no mundo, pois apresenta boa aceitação devido a sua palatabilidade e composição nutricional. Está presente na dieta alimentar de diversas camadas da população, e por produzir o ano inteiro, garante emprego e renda para milhares de brasileiros.

A bananicultura ocupa diferentes áreas em todo o mundo, e muitas vezes esses ambientes proporcionam diversos níveis de estresse à planta, dentre os motivos, escassez e/ou irregularidades de chuvas, solos salinos, temperaturas inapropriadas, excesso ou falta de radiação, compactação do solo, vento, baixa umidade relativa etc. Assim, o conhecimento do comportamento/plasticidade

¹Mestranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura (DAG). Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 – Lavras, MG. Email: mirioliveiraalmeida@yahoo.com.br

²Profs.. Drs.. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura (DAG). Email:leilapio.ufla@gmail.com, mpasqual@dag.ufla.br

⁴Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura (DAG). Email: adantins@yahoo.com.br

⁵Graduanda em Agronomia na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Email: mylenachavescarvalho@hotmail.com

genotípica em condições específicas de solo, clima e manejo, são necessários e importantes para garantir sustentabilidade e variabilidade da produção.

Grande parte dos problemas na produção agrícola pode depender da compreensão do comportamento fisiológico das plantas cultivadas sob condições adversas. Supõe-se que o entendimento dos mecanismos de tolerância e susceptibilidade à anoxia no ambiente radicular, por exemplo, sejam de fundamental importância para o desenvolvimento de cultivares que produzam economicamente sob condições de estresses. Além disso, essas informações poderão contribuir para o desenvolvimento de técnicas de manejo das culturas, que possibilitem aumentar a tolerância das plantas às condições adversas.

Segundo Paiva; Oliveira (2006), o termo estresse vegetal é utilizado para descrever o impacto de forças adversas ou influências ambientais que agem sobre determinada planta, com ênfase particular para circunstâncias ambientais que produzem uma resposta fisiológica em organismos individuais.

O fator ambiental abordado no presente trabalho é a simulação *in vitro* de deficiência de oxigênio, causada por compactação no solo. A falta de oxigênio pode causar modificações profundas no metabolismo e fotossíntese das plantas, afetando o crescimento das raízes e parte aérea (REIS et al., 2007). Assim, ocorre a ativação do metabolismo anaeróbico e uma redução significativa na produção de energia, de 36 moléculas de ATP para duas moléculas de ATP por molécula de glicose via glicólise (SAIRAM et al., 2009). Nestas condições a sobrevivência das plantas passa a depender exclusivamente do metabolismo anaeróbico.

No entanto, muitas espécies possuem plasticidade a estas condições adversas provocando respostas adaptativas, dentre elas, mudanças morfológicas e anatômicas, como a formação de aerênquima, raízes adventícias, conforme Yin et al. (2010) e alongamento do caule, importantes para a otimização do status de energia (FUKAO; BAILEY-SERRES, 2004).

A consistência do meio de cultura pode causar depleção de oxigênio no ambiente radicular, além disso, influencia nas quantidades de nutrientes que se estabelecem à medida que os tecidos crescem. Portanto, a natureza física do meio pode refletir na baixa produção de fitomassa (SIQUEIRA et al., 2013). A adequada disponibilidade de oxigênio é de fundamental importância para o bom desenvolvimento do sistema radicular da bananeira. Ocorrendo falta de oxigênio, as raízes perdem a rigidez, adquirem cor cinza-azulada pálida e apodrecem rapidamente (BORGES et al., 2000).

Os efeitos dos meios líquido e semi-sólido na micropropagação de bananeira foram estudados (CAMOLESI et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2012; SIQUEIRA et al., 2013). No entanto, esses autores não avaliaram o desenvolvimento *in vitro* de bananeira em condições de baixo teor de oxigênio.

A cultura de tecidos é uma ferramenta importante na compreensão do metabolismo e fisiologia de plantas. Acredita-se que o aumento crescente da concentração de phytigel no meio de cultura possa levar às condições de anoxia no ambiente radicular, possibilitando o estudo das cultivares sob estas condições. Além disso, análises de fotossíntese e de crescimento podem auxiliar no entendimento do metabolismo de plantas cultivadas em condições adversas.

O presente trabalho possui apelo de inovação tecnológica, pois a simulação de deficiência em meio de cultura quantifica o efeito ‘puro’ desse fator, visto que não há participação de outros efeitos, tais como pragas, doenças, plantas invasoras, nutrientes, carbono e oxigênio atmosféricos, energia fotoquímica e térmica da radiação solar, pois todos esses fatores são controlados nas condições de laboratório. Além disso, o desenvolvimento e a produção da maioria das espécies vegetais cultivadas são prejudicados em solos mal drenados ou compactados devido à falta de oxigênio livre no solo (VARTAPETIAN; JACKSON, 1997). É extremamente difícil conduzir esses estudos no campo, pois a influência da compactação do solo sobre a absorção de nutrientes, o

desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas, depende da espécie, da classe de solo e do teor de água no solo (LEITE et al.,2003).

As cultivares podem apresentar diferentes plasticidades a esta condição, sendo de grande importância a avaliação do potencial que possuem para a expansão da bananicultura no Brasil. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar se as cultivares Grande Naine, Vitória e Princesa apresentam capacidade fotossintética e desenvolvimento vegetativo correlacionados aos apresentados em campo, bem como selecionar cultivares tolerantes à condição de compactação do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bananicultura

Segundo Moreira; Cordeiro (2006), populações indígenas da época do descobrimento do Brasil praticavam o cultivo semiextrativista de pelo menos duas variedades de bananeira, 'Branca' e 'Pacova', consistindo basicamente em práticas de plantio, em algumas roçadas e colheitas.

A partir de 1904 a bananicultura brasileira passou por transformação com o início das exportações pelos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina para o mercado platino (MOREIRA; CORDEIRO, 2006).

Com a criação da Sociedade Brasileira de Fruticultura e do Sistema Embrapa de Pesquisa, em 1974, e avanços obtidos pelo Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, pelas empresas estaduais e institutos de pesquisa agropecuária de todo o País, e pelas universidades, ocorreram progressos nas práticas da bananicultura (LICHTEMBERG et al., 2011).

Em 1990 surgiram no Vale do São Francisco, novos polos de produção de banana irrigada, como os projetos Jaíba e Gortuba em Minas Gerais e Formoso na Bahia (LICHTEMBERG et al., 2011).

Atualmente, a bananicultura (*Musa spp.*) garante emprego para milhares de brasileiro, por produzir uma das frutas mais consumidas no mundo, na forma fresca cultivada de norte a sul do Brasil e em mais de 80 países tropicais, principalmente por pequenos agricultores (GONÇALVES et al., 2008).

Nos últimos anos, os estados líderes na produção brasileira de banana, foram pela ordem: Bahia, São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Pará (LICHTEMBERG et al., 2011). No entanto, esta produção é dirigida quase que totalmente ao mercado interno, devido a nossa grande população e ao elevado

consumo per capita nacional. O Brasil é responsável por apenas 1% das exportações mundiais do produto, pois o país não desenvolveu boas práticas de manejo e conservação pós-colheita exigidas para transporte ao mercado externo, como fizeram os países tradicionalmente exportadores do produto (MOREIRA; CORDEIRO, 2006).

Outra razão para o baixo uso de cuidados na pós-colheita, é que no Brasil predomina a cultivar Prata, preferida pela maior parte dos consumidores brasileiros e mais resistente aos maus tratos pós-colheita, ao contrário da bananicultura latino-americana de exportação, baseada nas cultivares Cavendish (DONATO et al., 2009).

A evolução da bananicultura brasileira foi possível, em virtude dos progressos obtidos no que se refere à disponibilidade de mudas sadias e de boa qualidade genética, à disponibilidade de material genético diversificado, à melhoria do nível técnico e organizacional do bananicultor brasileiro, às técnicas de nutrição e de irrigação, às técnicas fitossanitárias desenvolvidas, e às práticas culturais de manejo pré e pós-colheita (LICHTEMBERG et al., 2011).

O Brasil possui um número expressivo de variedades de bananeira, no entanto, é restrito o número de variedades com potencial agrônomo para utilização comercial. Esta restrição ocorre quando se considera preferência dos consumidores, produtividade, tolerância a pragas, porte adequado, resistência à seca e ao frio. As mais difundidas no país são as bananas tipo Prata, responsáveis por 60% da área cultivada; a Maçã e a Mysore, as bananas tipo Cavendish, são preferidas pelo mercado internacional, bem como as bananas tipo Terra, existindo ainda, outras variedades em menor proporção, como as do tipo Figo ou Bluggoe, as do tipo Caru e do tipo Ouro (DONATO et al., 2006).

A cultivar Grande Naine pertence ao grupo AAA, subgrupo Cavendish, com grande capacidade produtiva, pseudocaule verde com manchas escuras, porte médio, situando-se entre a Nanica e o Nanicão, cacho ligeiramente cônico,

frutos delgados, longos, encurvados, com ápices arredondados, pedicelos curtos, polpa madura, e sabor muito doce, usados para exportação. A Grande Naine é suscetível às Sigatokas amarela e negra, aos nematóides (principalmente *Radopholussimilis*) e à broca-do-rizoma, sendo, todavia, resistente ao mal-do-Panamá (EMBRAPA, 2003).

A cultivar BRS Vitória, lançada em 2005, é um tetraploide (AAAB) obtido do cruzamento entre plantas da cultivar Pacovan, subgrupo Prata, com o diplóide (AA) M-53. Uma das principais características da BRS Vitória é a sua resistência à sigatoka-negra, sigatoka-amarela e ao mal-do-panamá. Além disso, é também resistente à antracnose em pós-colheita, o que lhe confere maior vida de prateleira, tornando-a mais atrativa do ponto de vista comercial. Apresenta bom perfilhamento, porte elevado semelhante às cultivares do subgrupo Prata, podendo ser plantada nos espaçamentos de 4 x 2,5 x 2,5 com 1.230 plantas por hectare ou 4 x 2,5 x 2,0 m com 1.538 plantas por hectare. Os frutos da cultivar Vitória, quando maduros, apresentam casca de coloração amarelo-intensa, polpa de coloração creme, sabor adocicado e acidez reduzida, em relação aos frutos da cultivar Prata Comum. Como alternativa para os produtores, a cultivar BRS Vitória, além de resistente às principais doenças da bananeira, elevada qualidade dos frutos resistentes à antracnose em pós-colheita, poderá ultrapassar 44 toneladas por hectare, a partir do segundo ciclo, sob condições satisfatórias de cultivo (EMBRAPA, 2003)

A cultivar de banana BRS Princesa, lançada em 2008, apresenta a maioria das suas características, tanto de desenvolvimento quanto de produtividade, semelhantes e/ou superiores às da cultivar Maçã. Atinge boa produtividade (em torno de 15 a 20 t ha⁻¹ e até 25 t ha⁻¹) conforme o manejo da cultura. Apresenta porte menor que o da 'Maçã', podendo ser plantada nos espaçamentos de 3,0 m x 2,5 m; 3,0 m x 3,0m; 4,0 m x 2,0 m e 4,0 m x 2,0 m x 3,0 m. Possui a vantagem de ser tolerante ao mal-do-Panamá, além de ser

resistente à Sigatoka-amarela. A 'Princesa' vem atender a demanda de frutos da cultivar Maçã, em escassez no mercado, devido a suscetibilidade da mesma ao mal-do-Panamá. Esta cultivar foi gerada e avaliada pela Embrapa Mandioca e Fruticultura e Embrapa Tabuleiros Costeiros (EMBRAPA, 2008).

2.2 Consistência do meio de cultura

Para cultivo de plantas *in vitro*, se faz necessário o uso de agentes solidificantes como ágar ou phytigel. Além deste suporte, exigências básicas do meio de cultura devem ser atendidas, para que não ocorra o comprometimento do desenvolvimento esperado do explante. Entre estas exigências, a consistência do meio de cultura exerce efeito fundamental na morfogênese e no crescimento das brotações, podendo causar sérios transtornos. Uma maior consistência altera a homogeneidade, composição e oxigenação do meio, podendo dificultar a difusão dos componentes e a habilidade de multiplicação dos explantes (SIQUEIRA et al., 2013). Isto ocorre porque o ágar pode interagir quimicamente com substâncias solúveis e interferir na disponibilidade das mesmas (VASCONCELOS et al., 2012). A concentração do agente geleificante como o phytigel também pode afetar o potencial osmótico (GOPAL et al., 2008).

Dentre os trabalhos conduzidos com o objetivo de se observar o comportamento vegetal em diferentes consistências de agente solidificantes, pode-se encontrar na literatura, vários estudos no sentido de determinar a consistência do meio de cultura para a germinação dos grãos de pólen *in vitro*. Devido a maior consistência do meio de cultura promovido pela alta concentração de ágar, 10 g L^{-1} , ocorreu equilíbrio do potencial osmótico do meio favorecendo a germinação dos grãos de pólen (ZAMBON, 2014).

A consistência do meio de cultura, bem como o tipo e a concentração do agente gelificante também podem contribuir para evitar ou promover a hiperidricidade. Parece haver uma relação inversamente proporcional entre a

concentração de ágar no meio nutritivo e o grau de hiperhidricidade dos tecidos cultivados *in vitro*, no entanto, o aumento da concentração de ágar diminuiu drasticamente a taxa de propagação (VASCONCELOS, 2012).

Além destas questões, o ágar provoca redução da disponibilidade de oxigênio às raízes das plantas. Segundo Kuss et al. (2007) o meio de cultura semi-sólido cria um ambiente com baixo nível de oxigênio, semelhantemente ao que ocorre no solo ou na planta. Estes meios solidificados fazem com que as raízes se desenvolvam sem pelos radiculares devidamente desenvolvidos (TIBOLA, et al., 2004).

Uma das preocupações com o cultivo da bananicultura em campo é o fornecimento adequado de oxigênio, pois sua deficiência afeta o desenvolvimento radicular e compromete o estabelecimento da planta (BORGES et al., 2000). Ocorrendo falta de oxigênio, as raízes perdem a rigidez, adquirem uma cor cinza-azulada pálida e apodrecem rapidamente. Turner et al. (2005) resumiu os efeitos da deficiência de oxigênio na absorção de nutrientes e condutividade hidráulica das raízes de bananeira e concluiu que apenas um pequeno decréscimo na concentração de oxigênio (3 kPa), externo à raiz, reduz a transferência de nutrientes para a parte aérea.

2.3 Respostas das plantas a estresses abióticos

Do ponto de vista fisiológico, estresse é a condição causada por fatores que tendem a alterar um equilíbrio (NILSEN; ORCUTT, 1996). Os diversos tipos de estresses são geralmente relacionados entre si e podem causar danos semelhantes à célula, conforme Zhu (2002); Langridge et al.(2006) e ainda uma série de modificações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares, as quais podem restringir o desenvolvimento da planta e a produtividade final (ZHANG; WANG, 2007).

Neste sentido, a planta pode atingir um estresse suave e estimulante que incrementa a atividade fisiológica e ativa o metabolismo celular, ou estresse severo, que é gerado por qualquer condição desfavorável, seja pela intensidade ou duração, que afeta negativamente o metabolismo, crescimento e desenvolvimento vegetal. Estes conceitos definem o eu-estresse e o dis-estresse, respectivamente (LICHTENTHALER, 2004).

Em condições naturais ou experimentais, as plantas podem ser submetidas à disponibilidade de O₂ (oxigênio) variando desde os teores normais (normoxia), passando pela deficiência (hipoxia) ou até mesmo pela ausência (anoxia) (FUKAO et al., 2006). Existem diferentes mecanismos de escape e tolerância, conforme Camara; Willadino (2005) e neste sentido, as bananeiras apresentam aerênquima cuja quantidade varia para cada cultivar em condições de hipóxia (SIQUEIRA et al., 2013).

Em condições de diminuição na difusão de O₂ de 104 vezes em relação à taxa ótima, ocorre um efeito drástico nas atividades bioquímicas do metabolismo vegetal, como respiração e fotossíntese. A inibição destes processos pode estimular mudanças, tais como, alongação do pecíolo e entrenó, alterações na estrutura e anatomia das células das folhas e raízes, desenvolvimento de raízes adventícias, formação de aerênquimas, e troca da respiração aeróbica por respiração anaeróbica. Além disso, a falta de O₂ pode apresentar efeitos letais, devido ao alto consumo de carboidratos e acúmulo de produtos tóxicos no citosol, e dano na integridade das membranas (FUKAO et al., 2006).

Segundo Siqueira et al. (2013) a aeração deficiente em meio de cultura mais consistente, acarreta menor assimilação de nutrientes, dentre eles, o nitrogênio, resultando em menor concentração de clorofila. O estresse anoxítico por quatro dias quando as plantas de gergelim cultivadas em solo por 34 dias, promoveu redução de mais de 80% na assimilação de clorofila (BELTRÃO et al., 2008).

Diversos trabalhos mostram que em condição de acúmulo de raízes acima da camada compactada, ocorre crescimento diferencial entre elas, conforme a habilidade de cada espécie (JIMENEZ et al., 2008; GONÇALVES, 2005). O crescimento de plantas pode ser comprometido quando se utiliza substratos que dificultam o arejamento das raízes, de acordo com Lima et al. (2006), devido a diminuição e/ou falta de oxigênio (COELHO et al., 2013).

Plantas que apresentam a estratégia de tolerância mostram tecidos que podem tolerar a desidratação, até certo ponto (baixo conteúdo relativo de água crítico) e, frequentemente, apresentam ajuste osmótico (LAWN; LIKOSWE, 2008). Este efeito não foi observado em plantas de milho por Coelho et al. (2013) que constatou uma redução do conteúdo relativo de água nas folhas causada pelo fechamento dos estômatos, provocado por alterações metabólicas geradas em virtudes da anoxia das raízes.

Da área total cultivada no mundo, 96,5% é afetada por algum tipo de estresse ambiental. A observação conjunta de todos estes fatores fisiológicos pode fornecer respostas importantes sobre o que acontece no metabolismo das plantas cultivadas em condições de estresse (SHANKER; VENKATESWARLU, 2011).

3 METODOLOGIA

No Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras - UFLA foram recebidos os explantes da Embrapa, Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), constituídos de meristemas apicais de bananeira das cultivares Grande Naine, Princesa e Vitória cultivados *in vitro* em meio MS.

A cultivar Grande Naine pertence ao grupo AAA, subgrupo Cavendish, com grande capacidade produtiva de 25 a 45 toneladas por hectare (EMBRAPA, 2003).

A cultivar BRS Vitória, lançada em 2005, é um tetraploide (AAAB) obtido do cruzamento entre plantas da cultivar Pacovan, subgrupo Prata, com o diplóide (AA) M-53, pode ultrapassar 44 toneladas por hectare, a partir do segundo ciclo, sob condições satisfatórias de cultivo (EMBRAPA, 2005)

A cultivar de banana BRS Princesa é um híbrido tetraplóide (AAAB), lançada em 2008, apresenta a maioria das suas características, tanto de desenvolvimento quanto de produtividade, semelhantes e/ou superiores à cultivar Maçã. Atinge boa produtividade (em torno de 15 a 20 t ha⁻¹ e até 25 t ha⁻¹) conforme o manejo da cultura (EMBRAPA, 2008).

Os explantes foram multiplicados por duas gerações em meio de proliferação constituído de MS, suplementado com 30 g L⁻¹ de sacarose e 3,75 mg L⁻¹ de benzilaminopurina (BAP), 0,175 mg L⁻¹ de ácido indolacético (AIA) e pH aferido para 6,0, a fim de se obter número suficiente de brotações para realizar o experimento.

Nos tubos de ensaio foram colocados os mesmos meios de cultura, porém com duas consistências distintas, sendo na parte inferior do tubo 10 ml de um meio de maior resistência à penetração, e na parte superior 5 ml de meio de cultura padrão, com a dosagem de 1,8 g L⁻¹ de phytigel. A simulação de

compactação foi realizada com doses crescentes de phytigel na camada inferior: 1,8; 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8 g L⁻¹ de phytigel.

Tanto na fase de multiplicação dos explantes como na fase de condução do experimento, as plântulas foram mantidas em sala de crescimento, com intensidade luminosa de 36 $\mu\text{Mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperíodo de 16 horas e temperatura de 25 \pm 2°C por 30 dias.

O experimento foi instalado e analisado sob o delineamento inteiramente casualizado. Para as análises de trocas gasosas o esquema foi fatorial 3 x 5 (3 cultivares e 5 doses de phytigel). Para as análises de crescimento o esquema foi em parcelas sub-subdivididas no tempo, na parcela principal, foram avaliadas as três cultivares de bananeira (Grande Naine, Vitória e Princesa). A subparcela foi constituída das cinco doses de phytigel (1,8; 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8 g.L⁻¹) e a sub-subparcelas das três épocas de avaliação destrutiva (10, 20 e 30 dias após a inoculação do explante no meio de cultura).

Trata-se de uma metodologia inovadora, portanto, sua utilização é de grande importância em novos trabalhos e como ferramenta para seleção de cultivares em melhoramento genético.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados obtidos, após serem submetidos à análise de variância e quando verificadas diferenças estatísticas, foram submetidos a teste de médias (Scott- Knott, a 5% de probabilidade) ou análises de regressão.

3.1 Avaliações

3.1.1 Trocas gasosas

Fez-se avaliações das características de trocas gasosas das plantas com analisador de trocas gasosas infravermelho (IRGA) modelo LI-6400 após a inoculação do explante no meio de cultura. As variáveis foram condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E) e taxa fotossintética (A). Utilizou-se a folha mais jovem, completamente expandida da planta. Realizou-se três repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída de três plantas, pela manhã, às 10h, aos 30 dias após a inoculação dos explantes em meio de cultura, e a densidade do fluxo de fótons fotossinteticamente ativa foi fixada na câmara do dispositivo para $100 \mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3.1.2 Análises de crescimento

Nove plantas de cada tratamento foram avaliadas nos seguintes parâmetros: altura das plantas, número e comprimento de folhas, número e comprimento de raízes, diâmetro do pseudocaule e peso fresco e seco. Realizou-se três repetições constituídas de três plantas cada uma, aos 10, 20 e 30 dias após a inoculação dos explantes em meio de cultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de crescimento

Para a variável altura de planta (Tabela 1), a cultivar Grande Naine não sofreu influência significativa das dosagens crescentes de phytigel para as três épocas de avaliação, portanto, para a altura da planta a cultivar Grande Naine mostrou-se estável.

Tabela 1 Altura (cm) (ALT) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Dias	Cultivares	Doses de phytigel (g L^{-1})				
		1,8	2,8	3,8	4,8	5,8
10	Grande Naine	6,47 bA	6,37 aA	6,91 aA	6,83 aA	6,51 aA
	Vitória	6,58 bA	6,27 aA	6,32 aA	6,50 aA	6,72 aA
	Princesa	9,07 aA	6,17 aB	6,98 aB	7,81 aA	7,81 aA
20	Grande Naine	9,49 bA	10,27 bA	9,68 aA	11,00aA	10,48 aA
	Vitória	8,46 bB	8,42 cB	9,61 aA	9,99 aA	9,64 aA
	Princesa	11,7 aA	12,08 aA	10,37 aB	11,78 aA	10,52 aB
30	Grande Naine	13,76 aA	13,47 aA	12,60 aA	14,00 aA	12,39 aA
	Vitória	14,44 aA	10,31bC	10,75 bC	12,05 bB	11,94 aB
	Princesa	13,18 aA	13,88 aA	12,10 aB	13,33 aA	11,81 aB

Médias com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A cultivar Vitória, permaneceu estável nos 10 primeiros dias de tratamento em relação a sua altura. Aos 20 dias, em $2,8 \text{ g L}^{-1}$ de phytigel a planta cresceu menos em relação às demais cultivares, e apresentou maior crescimento em altura e dosagens superiores de phytigel. Já aos 30 dias, o tratamento testemunha ($1,8 \text{ g L}^{-1}$ de phytigel) foi o superior, significando que com o aumento das concentrações a planta cresceu menos.

A cultivar Princesa apresentou maior crescimento em altura na dosagem 1,8 g L⁻¹ (testemunha), aos 10 e 20 dias, no entanto, a medida que as dosagens de phytigel vão aumentando, a planta para de se sobressair e permanece no mesmo patamar de crescimento das demais cultivares. Essa mesma cultivar, aos 30 dias de cultivo, nas dosagens 3,8 e 5,8 g L⁻¹, obteve menor crescimento em altura.

Em relação ao o número médio de folhas, observa-se que o aumento da dosagem de phytigel exerceu pouca influência sobre esta variável. A cultivar Grande Naine não apresentou variação no número de folhas em relação às diferentes dosagens de phytigel avaliadas, porém, quando se faz uma comparação entre as cultivares, quase sempre foi a que apresentou maior número de folhas (Tabela 2). Este resultado é relevante, uma vez que o número de folhas vivas durante o ciclo da bananeira influencia positivamente a sua produtividade (SILVA et al., 2004). Bananeiras do subgrupo Cavendish apresentam características de maior vigor do que bananeiras do grupo Prata e Maçã em campo, portanto, este pode ser um indício que esta cultivar apresentou características semelhantes às apresentadas em campo quando comparada às demais.

Tabela 2 Número médio de folhas (NMF) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Dias	Cultivares	Dose de phytigel (g L ⁻¹)				
		1,8	2,8	3,8	4,8	5,8
10	Grande Naine	1,11 bA	1,00 bA	1,11 aA	1,00 aA	1,00 bA
	Vitória	1,11 bA	1,00 bA	1,22 aA	1,22 aA	1,00 bA
	Princesa	2,22 aA	1,89 aA	1,11 aB	1,22 aB	1,77 aA
20	Grande Naine	2,22 aA	2,22 aA	2,33 aA	2,78 aA	2,44 aA
	Vitória	1,33 bB	1,99 aA	1,55 bB	2,00 bA	2,22 aA
	Princesa	2,33 aA	2,44 aA	2,33 aA	2,00 bA	2,33 aA
30	Grande Naine	3,61 aA	3,44 aA	3,22 aA	3,11 aA	2,89 aA
	Vitória	2,55 bA	2,11 cA	2,11 bA	2,44 bA	2,33 aA
	Princesa	2,77 bA	2,77 bA	3,11 aA	3,11 aA	2,89 aA

Médias com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A cultivar Vitória não apresentou diferença estatística em relação ao número de folhas aos 10 e 30 dias de avaliação para todas as dosagens de phytigel testadas. Somente aos 20 dias de inoculação é que o número de folhas dessa cultivar foi estatisticamente inferior nas dosagens de 1,8 e 3,8 g L⁻¹.

Já a cultivar Princesa apresentou maior número de folhas aos 10 dias nas dosagens 1,8, 2,8 e 5,8 g L⁻¹ de phytigel. Nos demais tempos de avaliação a variável analisada se manteve estatisticamente estável para essa cultivar.

A terceira variável analisada foi massa fresca total, a qual pode ser observada na Tabela 3. Não houve diferença na matéria fresca total das três cultivares de bananeira em função do aumento das dosagens de phytigel no meio de cultura aos 10 dias após a inoculação. Aos 20 dias, a cultivar Grande Naine obteve maior incremento de massa fresca total na dosagem 2,8 g L⁻¹, no entanto, aos 30 dias, apenas a dosagem 5,8 g L⁻¹ proporcionou menor ganho de matéria fresca. Aos 20 dias a cultivar Vitória obteve ganho de massa fresca

somente na dosagem 4,8 g L⁻¹ de phytigel. E aos 30 dias sofreu decréscimos em sua massa fresca com o aumento das dosagens de phytigel.

As características fenológicas da planta podem variar em função dos genótipos utilizados, apresentando maior ou menor crescimento e desenvolvimento vegetativo, influenciando nos tratos culturais, fitossanitários, no tombamento de plantas e na colheita (SILVA et al., 2004).

Tabela 3 Massa fresca total (g) (MFT) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Dias	Cultivares	Doses de phytigel (g L ⁻¹)				
		1,8	2,8	3,8	4,8	5,8
10	GrandeNaine	0,71 aA	0,64 aA	0,65 aA	0,59 aA	0,56 aA
	Vitória	0,72 aA	0,57 aA	0,60 aA	0,59 aA	0,57 aA
	Princesa	0,77 aA	0,50 aA	0,52 aA	0,53 aA	0,66 aA
20	GrandeNaine	1,16 aB	1,70 aA	1,19 aB	1,24 bB	1,18 aB
	Vitória	1,14 aB	0,95 bB	0,83 aB	1,59 aA	1,25 aB
	Princesa	1,05 aA	1,03 bA	0,88 aA	0,95 bA	1,01 aA
30	GrandeNaine	2,07 aA	1,94 aA	2,05 aA	1,87 aA	1,57 aB
	Vitória	2,13 aA	1,23 bB	1,27 bB	1,57 aB	1,34 aB
	Princesa	1,13 bA	1,46 bA	1,29 bA	1,24 bA	1,08 bA

Médias com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Dentre as três cultivares, a Princesa foi a que apresentou menor incremento de massa fresca para todos os tratamentos, principalmente na avaliação realizada aos 30 dias.

Em relação à variável quantidade de raízes que pode ser observada na Tabela 4, percebe-se que a cultivar Grande Naine obteve maior número médio de raízes em todas as épocas avaliadas, e a cultivar Vitória foi a que atingiu o menor número aos 20 e 30 dias após a inoculação. Com esses resultados é possível continuar sugerindo que a cultivar Grande Naine apresentou características compatíveis às observadas em campo.

Tabela 4 Número médio de raízes (NMR) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Cultivares	Épocas		
	10	20	30
GrandeNaine	3,04 a	5,07 a	6,53 a
Vitória	2,16 b	3,31 c	3,80 c
Princesa	2,44 b	4,27 b	5,13 b

Médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5 é possível observar que não foram constatadas diferenças estatísticas entre as dosagens de phytigel, para o número médio de raízes aos 10 e 20 dias após a inoculação, no entanto, aos 30 dias houve decréscimos nesta variável nas dosagens 2,8, 3,8 e 5,8 g L⁻¹. Portanto, de maneira geral, no final do período avaliado, as doses mais altas de phytigel foram prejudiciais ao desenvolvimento do sistema radicular. Qualquer situação que limite o desenvolvimento do sistema radicular, limitando a absorção de nutrientes, deve prejudicar a produtividade e a qualidade dos frutos (COSTA et al., 2011).

Tabela 5 Número médio de raízes (NMR) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação (DAI) em meio de cultura. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Doses de phytigel (g L ⁻¹)	Épocas		
	10	20	30
1,8	2,55 a	4,26 a	6,11 a
2,8	2,45 a	4,22 a	4,33 b
3,8	2,35 a	3,74 a	4,41 b
4,8	2,93 a	4,11 a	5,81 a
5,8	2,46 a	4,74 a	5,11 b

Médias com a mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Quanto às análises de crescimento das plantas ao longo do tempo, submetidas aos tratamentos com dosagem crescentes de phytigel, no decorrer do

tempo que os explantes permaneceram em meio de cultura, ocorreu aumento linear em todas as variáveis analisadas.

De modo geral, pela Figura 1 pode-se observar que houve maior quantidade de raízes na testemunha, com surgimento de 0,17 raízes por dia. A dosagem de 3,8 g L⁻¹ foi a mais prejudicial com 0,10 raízes por dia, a dosagem 2,8 g L⁻¹ de phytigel foi menos prejudicial do que a mesma, apesar do incremento diário de 0,09 raízes. Nas dosagens 4,8 e 5,8 g L⁻¹ foram emitidas 0,14 e 0,13 raízes por dia. As três cultivares tiveram maior número de raízes na dosagem 1,8 g L⁻¹ de phytigel e o menor número de raízes foi obtido com as dosagens de 2,8 e 3,8 g L⁻¹. Isso também é observado em outras culturas, Susuki et al. (2007) também observaram que a altura da soja diferiu estatisticamente em solo com compactação adicional.

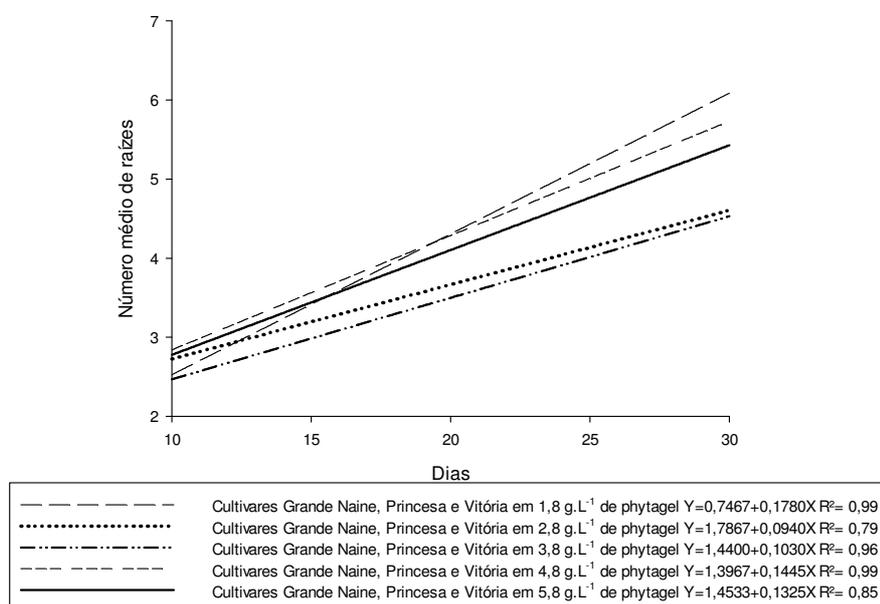


Figura 1 Número médio de raízes (NMR) da cultivar Grande Naine, Princesa e Vitória em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura com crescentes doses de phytigel.

Na Figura 2 observa-se que a cultivar Grande Naine atingiu a maior quantidade de raízes entre as cultivares avaliadas aos 30 dias, com emissão de 0,17 raízes por dia. Em seguida está a cultivar Princesa com 0,13 raízes por dia. A cultivar Vitória obteve o menor número médio de raízes, com 0,08 raízes por dia. O número de raízes depende da cultivar e varia entre 400 e 800 (no campo) possuindo relação com a altura da planta, bem como com a oxigenação e disponibilidade de nutrientes do solo (SILVA et al., 2004).

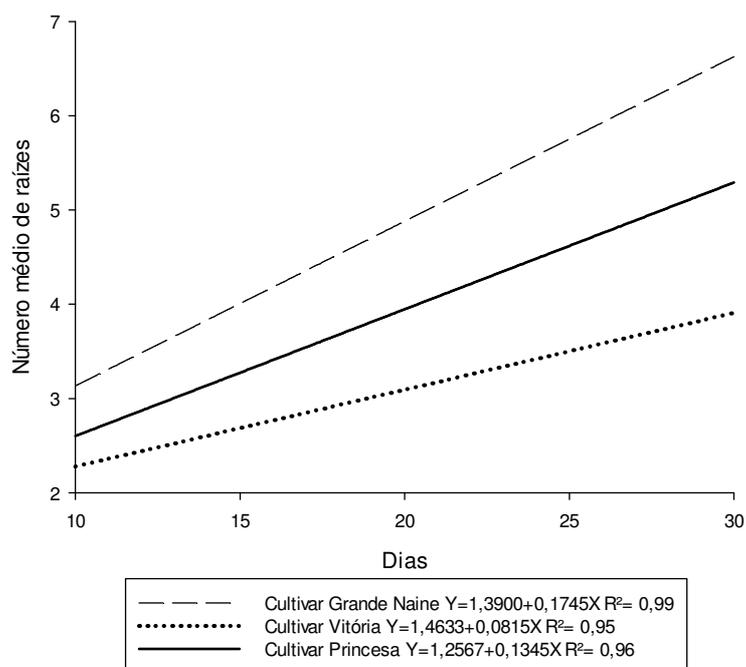


Figura 2 Número médio de raízes (NMR) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura.

Em relação à variável comprimento das raízes, esta pode ser observada na Tabela 6. Para a cultivar Grande Naine, a dosagem 5,8 g L⁻¹ de phytigel

proporcionou menor crescimento, portanto foi a mais prejudicial ao comprimento de raízes. Para a cultivar Princesa a dosagem prejudicial foi a partir de 4,8 g L⁻¹. Já para a cultivar Vitória, as dosagens de phytigel não influenciaram no comprimento das raízes. Portanto, a cultivar Vitória mostrou-se mais estável para a característica comprimento em raiz em relação às demais. A deficiência de O₂ nos primeiros minutos à condição de aeração do sistema radicular em algumas horas prejudica as funções radiculares (alongamento e transporte de solutos), impactando negativamente a produção (COSTA et al., 2011).

Para o bom desenvolvimento da bananeira, recomenda-se que os solos não apresentem camada impermeável, pedregosa ou endurecida dentro de 25 cm de profundidade, uma vez que a resistência do solo à penetração, afeta o crescimento das raízes das plantas. De fato, o crescimento das raízes diminui quando a resistência é maior do que 1 MPa e reduz drasticamente quando a resistência é próxima a 5 MPa (MIOTTI et al., 2013).

Tabela 6 Comprimento de raiz (cm) (CR) de três cultivares de bananeira inoculadas em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Cultivares	Doses de phytigel (g L ⁻¹)				
	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8
GrandeNaine	7,19 aA	7,26 aA	6,92 aA	7,18 aA	6,09 aB
Vitória	4,96 bA	5,70 bA	5,02 bA	5,53 bA	5,41 bA
Princesa	5,38 bA	5,62 bA	5,53 bA	4,31 cB	4,13 bB

Médias com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

As raízes da cultivar Grande Naine cresceram mais do que as demais cultivares em todas as doses de phytigel, evidenciando o vigor desta cultivar. Na dosagem 4,8 g L⁻¹ a cultivar Princesa foi a mais prejudicada.

Na Tabela 7, percebe-se que aos 10 e 20 dias após a inoculação constatou-se maior comprimento de raízes na cultivar Grande Naine. Aos 10 dias a cultivar que teve o menor comprimento de raízes foi a Vitória.

Tabela 7 Comprimento de raízes (cm) (CR) de três cultivares de bananeira aos 10, 20 e 30 dias após inoculação em meio de cultura. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Cultivares	Épocas		
	10	20	30
Grande Naine	4,37 a	7,56 a	8,86 a
Vitória	2,16 c	5,44 b	8,37 a
Princesa	3,32 b	5,21 b	6,45 b

Médias com a mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A cultivar Vitória atingiu o mais rápido crescimento de raízes, 0,31 cm por dia. No entanto, suas raízes não atingiram o comprimento das raízes da cultivar Grande Naine, que apesar dos 0,22 cm por dia, manteve-se superior durante todo o período avaliado. As raízes da cultivar Princesa cresceram 0,15 cm por dia (Figura 3).

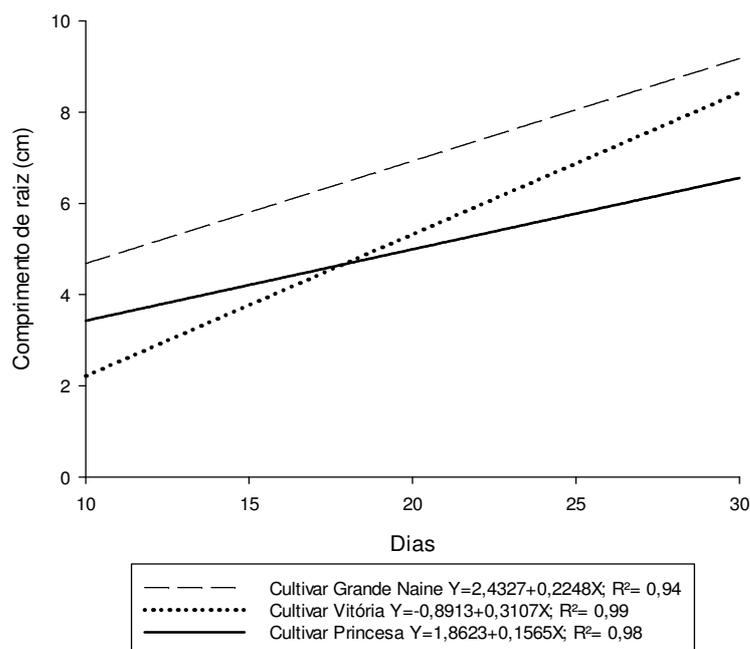


Figura 3 Comprimento de raiz (cm) (CR) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura.

Está clara a superioridade da cultivar Grande Naine em relação ao comprimento das raízes, sugerindo que também para essa característica a cultivar obteve comportamento semelhante ao campo.

O oxigênio juntamente com o potencial hídrico e a temperatura, participa dos processos bioquímicos de multiplicação celular, influenciando relações bioquímicas e aspectos morfológicos das raízes, de acordo com Whalley et al. (2006); Bengough et al. (2011) e, conseqüentemente, apresenta correlação com o crescimento de plantas (BEUTLER et al., 2006, 2008; KAISER et al., 2009).

Um meio de cultura simulando um solo compactado pode estimular modificações morfológicas e fisiológicas nas raízes, por vezes específicas a cada espécie ou cultivar, a fim de se adaptarem (MÜLLER et al., 2001). Segundo Jimenez et al. (2008), a compactação do solo influencia o crescimento de raízes das espécies estudadas, concentrando-as na camada superior.

No presente trabalho, é possível observar que o aumento da consistência do meio de cultura afeta negativamente o desenvolvimento das raízes, devido ao aumento da resistência à penetração das raízes e à diminuição da concentração de oxigênio.

Na Tabela 8 é apresentado o comportamento da variável comprimento de folhas. A dosagem 5,8 g L⁻¹ prejudicou o crescimento foliar das cultivares Grande Naine e Princesa, além da dosagem 4,8 g L⁻¹ para esta última cultivar. Não houve efeito de nenhuma dosagem de phytigel para a característica comprimento foliar na cultivar Vitória. Portanto, esta cultivar também se apresentou mais tolerante do que as demais nas doses crescentes de phytigel para a variável comprimento de folhas.

Tabela 8 Comprimento de folhas de três cultivares de bananeira em meio de cultura com doses crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Doses de phytigel (g L ⁻¹)	Cultivares		
	GrandeNaine	Vitória	Princesa
1,8	7,19 a	4,96 a	5,38 a
2,8	7,26 a	5,70 a	5,62 a
3,8	6,92 a	5,02 a	5,53 a
4,8	7,18 a	5,53 a	4,31 b
5,8	6,09 b	5,41 a	4,13 b

Médias com a mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A variável comprimento de folhas também pode ser analisada pela Figura 4. De maneira geral, as folhas tiveram crescimento linear ao longo do tempo, com acréscimos de aproximadamente 0,13 cm por dia.

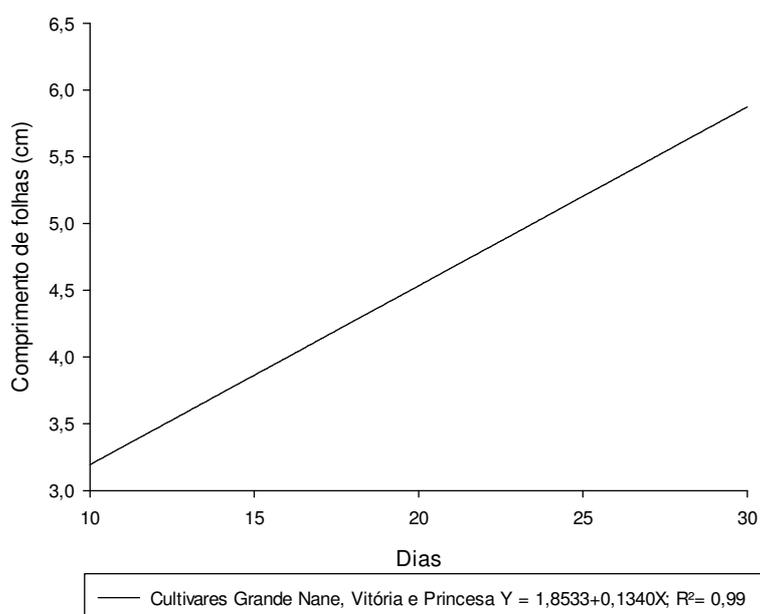


Figura 4 Comprimento de folhas (cm) (CF) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa em função dos dias após a inoculação (DAI) do explante em meio de cultura.

Comparando-se as três cultivares, é possível observar que as folhas da cultivar Vitória obtiveram os menores comprimentos (Tabela 9).

Tabela 9 Comprimento de folhas (cm) e diâmetro do pseudocaule (cm) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Cultivares	Comprimento de folhas	Diâmetro do pseudocaule
Grande Naine	4,69 a	4,76 a
Vitória	4,20 b	4,28 b
Princesa	4,72 a	3,76 c

Médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Em relação ao diâmetro do pseudocaule, a cultivar Grande Naine atingiu maiores diâmetros, seguida da Vitória. O menor diâmetro foi observado na cultivar Princesa (Tabela 9).

O diâmetro de pseudocaule está relacionado ao vigor da planta e a capacidade de sustentação do cacho e suscetibilidade ao tombamento (DONATO et al., 2009). Estudos comprovam que o desempenho vegetativo de um genótipo reflete sua capacidade produtiva (OLIVEIRA et al., 2007). Leonel et al. (2004) encontraram correlações positivas entre características vegetativas e produtivas, com destaque para número de folhas, altura da planta e diâmetro do pseudocaule.

4.2 Análises de trocas gasosas

Houve diferença significativa entre as variáveis transpiração, condutância estomática e fotossíntese das bananeiras submetidas aos tratamentos.

A cultivar Grande Naine atingiu maiores valores de transpiração e condutância estomática comparando-a com as demais cultivares (Tabela 10).

Tabela 10 Transpiração ($\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$) e condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Cultivares	Transpiração	Condutância estomática
Grande Naine	0,0031 a	0,1756 a
Vitória	0,0014 b	0,0878 b
Princesa	0,0017 b	0,1019 b

Médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 11 observa-se que ocorreu uma redução na fotossíntese nas plantas da cultivar Grande Naine nas dosagens 1,8 e 2,8 g L^{-1} . Já a cultivar

Princesa apresentou as menores atividades fotossintéticas nas dosagens 3,8, 4,8 e 5,8 g L⁻¹. As dosagens não interferiram na cultivar Vitória.

Tabela 11 Fotossíntese (mmol CO₂ m⁻² s⁻²) (FOT) das cultivares de bananeira Grande Naine, Vitória e Princesa em meio de cultura com dosagens crescentes de phytigel. UFLA, Lavras, MG. 2015. UFLA, Lavras, MG. 2015.

Cultivares	Dosagem de phytigel (g L ⁻¹)				
	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8
Grande Naine	2,4558 bB	1,7991 bB	3,5816 aA	3,4378 aA	3,6675 aA
Vitória	0,6749 cA	0,9245 bA	1,7078 bA	1,6009 bA	1,7060 bA
Princesa	4,0329 aB	6,7206 aA	2,0151 bC	0,7726 bC	1,7900 bC

Médias com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade, a 5% de probabilidade.

A cultivar Vitória foi a mais fotossinteticamente prejudicada na dosagem 1,8 g L⁻¹, sendo que a cultivar Princesa foi a que mais sobressaiu nesta dosagem e na dosagem 2,8 g L⁻¹. No entanto, a cultivar Grande Naine foi a que obteve maior atividade fotossintética nas dosagens 3,8, 4,8 e 5,8 g L⁻¹.

A melhor eficiência em trocas gasosas da cultivar Grande Naine comparada às demais, é um indício que estas plantas podem ser mais eficientes no uso da água. Segundo Zhengbin et al. (2011) plantas que apresentam melhoria das funções fisiológicas, o que inclui ajustamento osmótico, regulação estomatal, relação fotossíntese/transpiração, manutenção da estabilidade da membrana plasmática e das enzimas antioxidantes ativas implicam em plantas com maiores valores de relação raiz/parte aérea, conteúdo de clorofila, eficiência fotossintética e acúmulo de massa seca, com menor quantidade de água aplicada.

Asmar et al. (2013) avaliaram as trocas gasosas de plantas de bananeira Maçã cultivadas *in vitro* em diferentes concentrações e fontes de silício. Foram avaliadas condutância estomática, taxa trans-respiratória, taxa fotossintética, dentre outras, e concluiu-se que a adição de silício no meio de cultura favorece a fotossíntese. O mais relevante neste trabalho, é que os autores conseguiram

estabelecer uma metodologia de avaliação de fotossíntese para plantas *in vitro*, adotada na presente pesquisa.

A fotossíntese corresponde à base de entrada de energia para as plantas e é essencial para o crescimento das mesmas. A cultivar Grande Naine foi a que apresentou valores maiores de biomassa e também obteve maior atividade fotossintética. O aumento da taxa fotossintética observado em plantas da variedade Grande Naine pode estar relacionada com adaptações morfofisiológicas que favorecem a absorção de CO₂ e a utilização da radiação incidente sobre as folhas (ASMAR et al., 2013). Segundo Romano (2001) a fotossíntese é o processo primário para acúmulo de biomassa. O aumento no ganho de biomassa pelo incremento da taxa de fotossíntese pode ser revertido diretamente em ganho econômico das culturas agrícolas.

No presente trabalho foi observado a superioridade da cultivar Grande Naine em relação às demais cultivares, para a maioria das variáveis analisadas. Esta é uma evidência de que foi possível extrapolar testes realizados em campo para condições controladas de laboratório. No entanto a cultivar Vitória apresentou maior tolerância na maioria das características observadas, principalmente em relação às raízes, nas doses crescentes de phytigel. Condições de solo compactado são observadas na Chapada do Apodi, Ceará, sendo este Estado o terceiro maior produtor de banana do nordeste. As características observadas na cultivar Vitória são muito importantes frente a estas limitações quanto à manutenção e sustentabilidade dos recursos naturais, especialmente de seus solos (COSTA et al., 2011).

5 CONCLUSÕES

O comportamento da cultivar Grande Naine, subgrupo Cavendish, *in vitro* está correlacionado com o seu comportamento de maior vigor quando comparada às cultivares dos subgrupo Prata e Maçã em campo. Esta é uma evidência de que foi possível extrapolar testes realizados em campo para condições controladas de laboratório.

Concluiu-se, portanto, que a cultivar Vitória é recomendada como a mais tolerante sob condições de solo compactado, sendo este resultado de grande relevância para o melhoramento genético das cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASMAR, S.A.; CASTRO, E.M.; PASQUAL, M.; PEREIRA, F.J.; SOARES, J.D.R. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under different silicon sources. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p 328-332, 2013.

BELTRÃO, N.E.M.; OLIVEIRA, M.I.P. **Estresse Anoxítico em Planta de Gergelim**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, jul./2008 (Comunicado Técnico).

BENGOUGH, A. G.; MCKENZIE, B. M.; HALLETT, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 1, p. 59-68, 2011.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; CENTURION, M.A.P.C.; LEONEL, C. L.; FREDDI, O.S. Soil compaction by machine traffic and least limiting water range related to soybean yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1591-1600, 2008.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; SILVA, A.P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 787-794, 2006.

BORGES, A.L.; SOUZA, L.S.; ALVES, E.J. **Exigência edafoclimáticas**. [s.d.]. 7 p. (Frutas do Brasil, Banana Produção, 1). Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_2322.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2014.

CAMARA, T.R.; WILLADINO, L. Compreendendo o estresse abiótico in vitro. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L.; CAVALCANTE, U.M.T. (Eds). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: MXM, 2005. parte. v, cap.29, p.325-335.

CAMOLESI, M.R.; MARTINS, A.N.; SOUZA, L.D.; SACONI, C.G.
Enraizamento in vitro de mudas micropropagadas de bananeira (*Musa sp.*) em diferentes meios de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1446-1451, 2010.

COELHO, C.C.R.; NEVES, M.G.; OLIVEIRA, L.M.; CONCEIÇÃO, A.G.C.; OKUMURA, R. S.; NETO, C.F. O. Biometria em plantas de milho submetidas ao alagamento. **Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 32-38, 2013.

COSTA, M.C.G.; ALMEIDA, E.L.; FERREIRA, T.O.; OLIVEIRA, D.P.; ROMERO, R.E. Profundidade do solo e micro-relevo em bananais irrigados: impactos na nutrição mineral e potencial produtivo. **Revista Ciência Agrotecnologia**, v. 42, n. 3, p. 567-578, 2011.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
Banana BRS Princesa. 2008. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/1432/banana-brs-princesa>>. Acesso em: 23 dez. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
Produtos e Serviços. **Banana BRS Vitória**. 2005. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/1534/banana-brs-vitoria>>. Acesso em: 23 dez. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa
Mandioca e Fruticultura Sistema de Produção. **Banana Grande Naime**. 2003.
Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaRondonia/cultivares.htm>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. DEX/UFLA. Versão 5.3 (Build 77). 1999-2010 (Suporte Econômico CNPQ).

FUKAO, T.; BAILEY-SERRES, J. Plant responses to hypoxia. Is survival a balancing act? **Trends Plant Science**, v. 9, n. 9, p.1403-1409, 2004.

FUKAO, T.; XU, K.; RONALD, P.C.; BAILEY-SERRES, J. A variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. **The PlantCell**. v. 18, p. 2021-2034, 2006.

GONÇALVES, V.D.; NIETSCHKE, S.; PEREIRA, M. C.T.; SILVA, S. O.; SANTOS, T.M. DOS; OLIVEIRA, J. R.; FRANCO, L.R.L.; RUGGIERO, C. Avaliação das cultivares de bananeira Prata-Anã, TrapMaeo e Caipira em diferentes sistemas de plantio no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 371-376, 2008.

GONÇALVES, W. G. **Sistema radicular de plantas de cobertura sob efeito de compactação do solo**. 2005. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – FESURV, Rio Verde, 2005.

GOPAL.J.; IWAMA K.; JITSUYAMA, Y. Effect of water stress mediated through agar on in vitro growth of potato. In: **Vitro Cellular & Developmental Biology**, v. 44, p. 221-228, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

JIMENEZ, R.L.; GONÇALVES, W.G.; FILHO, J.V.A.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 116–121, 2008.

KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; COLLARES, G.L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolosob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 845-855, 2009.

KUSS, A.V.; KUSS, V.V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético *in vitro* por bactérias diazotróficasendofíticas. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1459-1465, 2007.

LANGRIDGE, P.; NICK, P.; GEOFF, F. Functional genomics of abiotic stress tolerance in cereals. **Briefings in Funtional Genomics and Proteomics**, v. 4, p. 343-354, 2006.

LAWN, R.J.; LIKOSWE, A.A. Genotypic differences in leaf area maintenance contribute to differences in recovery from water stress in soybean. **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 59, p. 1075-1085, 2008.

LEITE, G.M.V.; RIBEIRO, G. J.T.; GROSS, M.R.; SCHMIDT, P.A.; CORRÊA, J.B.D.; SILVEIRA, T. Influência da compactação na germinação e desenvolvimento do arroz em três classes de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003. CD-ROM.

LEONEL, S.; GOMES, E.M.; PEDROSO, C.J. Desempenho agrônômico de bananeiras micropropagadas em Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 245-248, 2004.

LICHTENTHALER, H.K. El estrés y la medida de estrés en plantas. In: REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. (Eds). **La Ecofisiología Vegetal** – Una ciencia de síntesis. Madrid: Thomson, 2004. cap. 2, p. 59-111.

LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. S. F. Avanços na bananicultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. E, p. 29-36, 2011. (Volume Especial).

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SILVA, M.I.L.; VALE, L.S.; BELTRÃO, N.E.M. Volume de recipientes e composição de substratos para produção de mudas de mamoneira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 480-486, 2006.

MIOTTI, A.A.; COSTA, M.C.G.; FERREIRA, T.O.; ROMERO, R.E. Profundidade e atributos físicos do solo e seus impactos nas raízes de bananeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 536-545, 2013.

MOREIRA, R.S.; CORDEIRO, Z.J.M. A história da banana no Brasil. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ACORBAT, 17., Joinville: 2006. **Anais...** Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006. CD-ROM.

MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

NILSEN, E.T.; ORCUTT, D.M. **The Physiology of Plants under Stress – Abiotic factors**. New York: John Wiley and Sons, Inc, 1996.

OLIVEIRA, C.A.P.; PEIXOTO, C.P.; SILVA, S.O.; LEDO, C.A.S.; SALOMÃO, L.C.C. Genótipos de bananeira em três ciclos na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p.173-181, 2007.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L.M. de. **Fisiologia e Produção Vegetal**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2006. 104 p.

REIS, L.N.R.S.; SANTOS FILHO, B.G.; CASTRO, C.V.B.; LAMEIRA, C.N.; ROSSATO, V. Análise de crescimento e produção de biomassa de plantas jovens de Curauá *Ananaserectifolius* L. B. Smith submetidas ao alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 504-506, 2007.

ROMANO, M.R. **Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotianatabacum L.*) que expressam gene *Lhcb1*2* de ervilha.** 2001. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SAIRAM, R.K.; DHARMAR, K.; CHINNUSAMY, V.; MEENA, R.C. Waterlogging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mung bean (*Vignaradiata*). **Journal of Plant Physiology**, v.166, n. 6, p.602-616, 2009.

SHANKER, A.; VENKATESWARLU, B. **Abiotic stress response in plants - Physiological, biochemical and genetic perspectives**, 2011. 346 p.

SILVA, L.B.; NASCIMENTO, J.L.; NAVES, R.V.; FERREIRA, P.H. Comportamento vegetativo de cultivares de bananeira sob diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, p. 93-98, 2004.

SIQUEIRA, D.L.; SANTOS, D.; SALOMÃO, L C C.; SILVA, F. F.; BARROS, Z. J. Micropropagação da bananeira 'Maçã', cultivada *in vitro* em diferentes volumes de meio líquido. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 745-751, 2013.

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D. J.; LIMA, C.L.R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1159-1167, 2007.

TIBOLA, C.S.; RADMANN, E.B.; RODRIGUES, A.C.; FORTES, G.R.L.; FACHINELLO, J. C. Diferentes meios de cultivo no enraizamento *in vitro* de porta-enxertos de *Prunus* sp. **Revista brasileira de agrociência**, v. 10, n. 2, p. 191-195, 2004.

TURNER, D. W. Factors affecting the physiology of the banana root system. In: TURNER, D.W.; ROSALES, F.E. (Eds.). **Banana Root System: Towards a**

Better Understanding for its Productive Management. NIBAP: Montpellier, 2005. p. 107-113.

VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany**, London, v. 79, p. 3-20, 1997.

VASCONCELOS, A.G.V.; TOMAS, L.F.; RANGEL, T.; WILLADINO, C. L. Hiperidricidade: uma desordem metabólica. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 837-844, 2012.

VEIGA, P. O. A.; PINHO, R. G. V.; PINHO, E. V. R. V.; VEIGA, A. D.; OLIVEIRA, K. C.; DINIZ, R. P. Meios de cultura para germinação de grãos de pólen de milho. **Revista Agrarian**, v.5, n.17, p.206-211, 2012.

WHALLEY, W.; CLARK, L.; GOWING, D.; COPE, R.; LODGE, R. & LEEDS-HARRISON, P. Does soil strength play a role in wheat yield losses caused by soil drying? **Plant Soil**, v. 280, n. 1-2, p. 279-290, 2006.

YIN, D.; CHEN, S.; CHEN, F.; GUAN, Z.; FANG, W. Morpho-anatomical and physiological responses of two *Dendranthema* species to waterlogging. **Environmental and Experimental Botany**, v. 68, n. 2, p. 122-130, 2010.

ZAMBON, C.R.; SILVA, L.F.O.; PIO, R.; FIGUEIREDO, M.A.; SILVA, K. N. Estabelecimento de meio de cultura e quantificação da germinação de grãos de pólen de cultivares de marmeleiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 400-407, 2014.

ZHANG, J.; WANG, Z. Recent advances in molecular breeding of forage crops for improved drought and salt stresstolerance. In: JENKS, M.A.; HASEGAWA, P.M.; JAIN, S.M. (Eds.). **Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops.** Dordrecht: Springer, 2007. p. 797-817.

ZHENGBIN, Z.; PING, X.; HONGBO, S.; MENGJUN, L.; LIYE, C. Advances a water use efficiency. **Critical Reviews in Biotechnology**, p. 1-13, 2011.

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