

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS**

**PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO DE ACESSOS DE
MANDIOCA PARA DIFERENTES CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E ÍNDICE DE ANTRACNOSE E
BACTERIOSE**

**ROGÉRIO CATARINO LIMA DA COSTA
RONALDO FREIRE RIBEIRO**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2021

**PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO DE ACESSOS DE
MANDIOCA PARA DIFERENTES CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E ÍNDICE DE ANTRACNOSE E BACTERIOSE**

Rogério Catarino Lima da Costa

Ronaldo Freire Ribeiro

Orientadora: Profa. Dra. Livia Maria Chamma Davide de Carvalho

Co-orientador: Prof Dr. Elias Silva de Medeiros

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Dourados

Mato Grosso do Sul

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R484p Ribeiro, Ronaldo Freire
PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO DE ACESSOS DE MANDIOCA PARA
DIFERENTES CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E ÍNDICE DE ANTRACNOSE E
BACTERIOSE [recurso eletrônico] / Ronaldo Freire Ribeiro, Rogério Catarino Lima da Costa. --
2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Livia Maria Chamma Davide de Carvalho.
Coorientadora: Elias Silva de Medeiros.
TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. correlação. 2. herdabilidade. 3. Manihot esculenta. 4. severidade de doença. I. Lima da Costa,
Rogério Catarino . II. Carvalho, Livia Maria Chamma Davide De. III. Medeiros, Elias Silva De. IV.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO DE ACESSOS DE
MANDIOCA PARA DIFERENTES CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E ÍNDICE DE ANTRACNOSE E BACTERIOSE**

Por

Rogério Catarino Lima da Costa

Ronaldo Freire Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Apresentado em: 18 de novembro de 2021.



Profa. Dra. Livia Maria Chamma Davide de Carvalho

Orientadora – UFGD/FCA



Prof. Dr. Elias Silva de Medeiros

Membro da banca – UFGD/FCA



Profa. Dra. Amanda Gonçalves Guimarães

Membro da banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus por nos ter dado saúde e força para que pudéssemos chegar até aqui;

À nossa família, que desde o início estiveram conosco, incentivando e apoiando a busca de nossos sonhos;

Aos nossos amigos de faculdade pelo companheirismo, compartilhando de momentos alegres e tristes, nessa jornada que fez de nós uma família em Dourados;

Aos nossos amigos do Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal que auxiliaram na condução desse e de tantos outros experimentos desenvolvidos ao longo da graduação;

À Universidade Federal da Grande Dourados e todo o corpo docente do Curso de Agronomia, que transmitiram a nós seus conhecimentos técnicos e pessoais. Com certeza, não só contribuíram para nossa formação como profissional, mas principalmente na formação de um membro da sociedade;

À EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, pela oportunidade e apoio no desenvolvimento desse trabalho junto a universidade;

À nossa orientadora, professora Dra. Lívia Maria Chamma Davide de Carvalho, pelos ensinamentos, orientação, apoio e paciência ao longo da graduação e participação no GMBV;

Ao Co-orientador Dr. Elias Silva de Medeiros pela colaboração na elaboração desse trabalho.

DA COSTA, R.C.L.; RIBEIRO, R. F. **Parâmetros genéticos e seleção de acessos de mandioca para diferentes características agronômicas e índice de antracnose e bacteriose.** 2021. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

RESUMO

A antracnose e a bacteriose são doenças de grande importância para a cultura da mandioca no Brasil, sendo uma das principais causas dos prejuízos na produção. Existem poucas opções de métodos de controle dessas doenças na cultura, sendo o uso de cultivares resistente a melhor alternativa para diminuir as perdas. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi selecionar materiais resistentes à antracnose e bacteriose para diferentes características agronômicas, estimar os parâmetros genéticos desses materiais e verificar o índice de antracnose e bacteriose. O experimento foi realizado na safra 2017/2018, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul. Foram utilizados 36 clones de mandioca cedidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura. As características avaliadas foram: porte, altura de planta (AP), produção total de raízes (PTR), produção de parte aérea (PPA), produção de matéria seca (PMS), índice de antracnose (Ant), índice de bacteriose e índice de sobrevivência (Sobreb). Foram estimados a herdabilidade no sentido amplo e as correlações fenotípica e genética entre as características. Houve diferença entre os acessos quanto as características agronômicas avaliadas. A maior parte da expressão fenotípica das variáveis AP, PTR, PPA e MS foi em função da variância genética. A característica porte sofreu forte influência das condições ambientais em suas expressões fenotípicas. A herdabilidade foi alta para PTR, PPA, MS e AP. De acordo com o índice de variação verificou-se que as características AP, Ant, MS, PTR e PPA favoreceu o melhoramento genético dos acessos. As correlações genéticas e fenotípicas foram dependentes das características analisadas. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que os clones 2011-34-45 e BGM-0717 se destacam para comercialização, pois, apresentam alta produção de raízes, e menor incidência de antracnose. O clone BGM-0080, embora intermediário quanto a produção de raízes, também apresentou bom desempenho. Para o plantio mecanizado, o clone BGM-0717 se destaca quanto ao porte; o 2011-34-45, com alta produção de parte aérea; e o BGM-0080, com porte adequado, alta produção de parte aérea e matéria seca. Para seleção dos clones de mandioca, com relação às características agronômicas e a resistência a antracnose e bacteriose, conclui-se que o coeficiente genético exerce maior influência sobre a maioria das características agronômicas avaliadas, exceto o Porte, e a herdabilidade é expressiva nas características altura de planta, índice de antracnose, produção de matéria seca, produtividade total de raízes e produtividade de parte aérea. Portanto, essas características devem ser consideradas para seleção de materiais para cultivo.

Palavras-chave: correlação, herdabilidade, *Manihot esculenta*, severidade de doença

ABSTRACT

Anthracnose and bacteriosis are diseases of great importance to cassava cultivation in Brazil, being one of the main causes of production losses. There are few options of methods to control these diseases, and the use of resistant cultivars is the best alternative to reduce losses. Therefore, the objective of this work was to select materials resistant to anthracnose and bacteriosis for different agronomic characteristics, estimate the genetic parameters of these materials and verify the anthracnose and bacteriosis index. The experiment was carried out in the 2017/2018 harvest, in the municipality of Dourados, Mato Grosso do Sul. To this were used 36 cassava clones donated by Embrapa Cassava e Fruticultura. The characteristics evaluated were size, plant height (AP), total root production (PTR), shoot production (PPA), dry matter production (DMS), anthracnose index (Ant), bacteriosis index and index of survival (Surv.). The heritability in the broad sense, the phenotypic and genetic correlations between the traits and the gain with selection were estimated. There was a difference between the clones regarding the evaluated agronomic characteristics. Most of the phenotypic expression of the variables AP, PTR, PPA and MS was a function of genetic variance. The characteristic size was strongly influenced by environmental conditions in its phenotypic expressions. Heritability was high for PTR, PPA, MS and AP. According to the variation index, it was verified that the characteristics AP, Ant, MS, PTR and PPA favored the genetic improvement of the accessions. The genetic and phenotypic correlations were dependent on the analyzed characteristics. PTR was the characteristic that obtained the most selection gain compared to the others. Based on the results obtained, we concluded that the clones 2011-34-45 and BGM-0717 stand out for commercialization, as they have high root production and lower incidence of anthracnose. Clone BGM-0080, although intermediate in root production, also showed good performance. For mechanized planting, clone BGM-0717 stands out in terms of size; 2011-34-45, with high aerial part production; and the BGM-0080, with adequate size, high production of aerial parts and dry matter. For the selection of cassava clones, in relation to agronomic characteristics and resistance to anthracnose and bacteriosis, we concluded that the genetic coefficient exerts greater influence on most of the evaluated agronomic characteristics, except for size, and heritability is expressive in the height characteristics of plant, anthracnose index, dry matter production, total root yield and shoot yield. Therefore, these characteristics must be considered when selecting materials for cultivation.

Keywords: correlation, heritability, *Manihot esculenta*, disease severity

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 A cultura da mandioca	3
2.2 Características de plantas de mandioca	4
2.2.1 Principais características agronômicas	4
2.2.2 Principais doenças foliares	5
2.2.2.1 Antracnose	5
2.2.2.2 Bacteriose	6
2.3 Parâmetros genéticos	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Local e preparo da área	7
3.2 Delineamento experimental e germoplasma	9
3.3 Avaliação de severidade de doenças	10
3.4 Avaliação de características agronômicas	10
3.5 Análise estatística	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÃO	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família das euforbiáceas tendo origem no Centro Brasil-Paraguai. Seu cultivo tem sido descrito em mais de 100 países. O maior produtor mundial de mandioca é a Nigéria, seguido da Tailândia, Indonésia e Brasil, o qual é responsável por 10% da produção global (FAO, 2019). A mandioca é um dos principais alimentos energéticos, sendo utilizada na alimentação de aproximadamente 700 milhões de pessoas (EMBRAPA, 2020). Nos trópicos, a mandioca se destaca como a terceira cultura alimentar mais importante, após o arroz e o milho (CIAT, 2020).

A importância da cultura da mandioca tem aumentado nos últimos tempos. Isto em função de ser uma planta rústica, versátil, que atende às prioridades dos países em desenvolvimento, às tendências da economia global e aos desafios das mudanças climáticas, possibilitando o desenvolvimento rural, segurança alimentar urbana, substituição de importações, energia renovável, novos usos industriais e adaptação a mudanças climáticas (FAO, 2017). A cultura é classificada como de subsistência e base alimentar para uma grande porção da população mundial, devido aos altos teores de carboidratos e servir como fonte de energia. Sendo assim, é de grande importância econômica para pequenos agricultores, onde o cultivo de mandioca é fonte de renda. Além de ser usada na alimentação, tanto humana quanto animal, a mandioca é a base da matéria prima para muitos produtos industriais e vem ganhando espaço nas indústrias de biocombustível. Devido ao alto teor de amido nas raízes, ela é uma boa opção para obtenção de etanol (SIERRA et al., 2010).

Apesar de ser uma planta rústica, que se adapta a diferentes tipos de clima e de solo, podem ser observadas perdas na produtividade de raiz e parte aérea devido a danos causados por patógenos. Já foram identificadas mais de 20 patógenos que causam doenças à cultura da mandioca. Entre essas doenças, merece destaque a antracnose e a bacteriose, sendo essa última a principal doença da mandioca, sobretudo no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (EMBRAPA, 2020).

A bacteriose vascular, causada pela bactéria *Xanthomonas phaseoli* pv. *Manihotis*, limita o cultivo de mandioca por causar morte de tecidos levando a perda de produtividade de raízes e parte aérea (KANTE et al., 2020). Em três ciclos de crescimento da doença, estima-se que as perdas causadas por essa bactéria possam chegar até 100% (LÓPEZ et al., 2006). A antracnose, por sua vez, é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. A alta severidade de antracnose pode causar rebordos nas pontas e nos caules das plantas, afetando a

produtividade e até mesmo disponibilidade de materiais de plantio, especialmente em sistemas de produção em larga escala (PINWEHA, 2015).

Os programas de melhoramento genético de mandioca têm trabalhado na obtenção e seleção de cultivares com genes de resistência a diferentes patógenos (CARMO, 2015; OLIVEIRA, 2016; SANTIAGO, 2018). Além de plantas resistentes, os melhoristas buscam por plantas com alto desempenho agrônomico e adaptabilidade (GUIMARÃES et al., 2019). Uma das ferramentas utilizadas pelos melhoristas na obtenção de cultivares é a estimação de parâmetros genéticos, que por meio dos componentes de variâncias fenotípicos, genéticos e ambientais, que permitem identificar e selecionar genótipos que se destacam em características desejadas, além de facilitar a escolha do método de melhoramento.

A herdabilidade é um dos parâmetros genéticos mais estimados por meio dos componentes de variância. Ela reflete a proporção da variação genotípica que pode ser herdada, permitindo prever a possibilidade de sucesso com seleção. Outro parâmetro importante no melhoramento é a correlação genética. Essa possibilita quantificar o grau de associação entre duas ou mais características. Além disso, avalia quanto um caráter é afetado quando há alteração em outro (DA SILVA et al., 2016).

Diante do exposto, os objetivos desse trabalho foram selecionar materiais resistentes à antracnose e bacteriose para diferentes características agronômicas, estimar os parâmetros genéticos desses materiais e verificar o índice de antracnose e bacteriose. A identificação dos materiais altamente produtivos auxiliará na produção da cultura da mandioca resistentes a antracnose e bacteriose, atendendo assim as necessidades da indústria.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA MANDIOCA

A *Manihot esculenta* Crantz, pertence à família das Euphorbiaceas, e é originária da região Brasil-Paraguai (CIAT, 2020). É um arbusto perene de clima tropical (FLORES, 2013). A biologia reprodutiva da espécie constata plantas alotetraplóides, monoicas, protogínicas de polinização cruzada na sua maioria, existindo ocorrências esporádicas de flores hermafroditas. A presença de flores hermafroditas é uma característica de reversão à condição ancestral, uma vez que a espécie vem mudando do hermafroditismo para monoecia (SILVA et al., 2001).

Com importância no processo histórico do país, a mandioca é uma das heranças dos povos indígenas que cultivavam amplamente a cultura. Dom Pedro I, em 1824, instituiu que somente cidadãos com renda proporcional ou superior a 150 alqueires de mandioca deteriam poder de voto. Assim, a Primeira Constituição Brasileira ganhou apelido de Constituição da Mandioca (FILGUEIRA & HOMMA, 2016).

A mandioca pode ter sua produção e comercialização destinada a dois cenários: o consumo *in natura*, que utiliza a mandioca de mesa, e a mandioca destinada para indústria, que utiliza a farinha. A fécula é usada na alimentação humana e animal e como insumo na indústria farmacêutica, além de ser componente de colas e outros produtos (EBERTZ & PALOMINO, 2017). Além disso, a manipueira, que é o efluente do processamento da mandioca, pode ser utilizado em processos fermentativos para produção de etanol, butanol e ácidos orgânicos (CHOGI et al., 2020).

Segundo a FAO, no Brasil, a agricultura familiar é responsável por quase 90% da produção das raízes de mandioca (FAO, 2016). A cultura apresenta rusticidade e se mostra rentável muitas vezes com baixos investimentos (FILGUEIRA & HOMMA, 2016). Estimativas feitas em agosto de 2021 para produção de raízes de mandioca apontam uma produtividade média de 14.951 kg ha⁻¹ (2020) e de 15.221 kg ha⁻¹ (2021), aumento de 1,8% de uma safra para outra. Apesar disso, houve uma redução de 7.648 toneladas produzidas. A produção nacional em 2020 foi de 18.955.430 ton⁻¹, enquanto para 2021 a produção está estimada em 18.947.782 ton⁻¹. Em 2020, foi plantado 1.354.634 ha⁻¹, já em 2021 a área plantada é de 1.315.402 ha⁻¹ (IBGE, 2020).

A região Norte do país é a maior produtora, com destaque para o estado do Pará com produção de 3,8 milhões de toneladas produzidas. A região Sul é a segunda maior produtora nacional. O Paraná, com 3,4 milhões de toneladas, é responsável por maior parte da produção de fécula no país e é onde são praticados os melhores preços de mercado. No Estado de Mato

Grosso do Sul a expectativa de colheita é de 946.968,00 toneladas, com produtividade de 22,76 ton ha⁻¹, 34,31% superior à média nacional (IBGE, 2021). A microrregião de Dourados - MS está entre as microrregiões com alta produtividade da cultura no estado.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS DE MANDIOCA

2.2.1 Principais características agronômicas

Devido a extensão do Brasil, as condições ideais para o plantio da cultura não coincidem nos mesmos meses em todas as regiões. O ciclo da cultura é de 14 meses sendo mais indicado o plantio no estado do MS em setembro, período que antecede as chuvas, posicionando a cultura em uma fase de desenvolvimento melhor na chegada de meses chuvosos e colheita em meses mais secos onde as folhas caducam e apresentam maior reserva nas raízes que é objetivo comercial da cultura (EMBRAPA, 2020).

A propagação da mandioca é desempenhada de duas formas. Por sementes, sendo a forma menos comum, porém, utilizadas na fase inicial de programas de melhoramento. O uso de sementes é proveitoso no melhoramento genético, já que permite a ampliação da variabilidade genética e surgimento de novos fenótipos e/ou cultivares. Com cerca de 6 meses, e por indução de temperatura amenas de 24°C, a mandioca é capaz de florescer. A propagação por manivas é a mais utilizada. Esta permite fácil acesso de germoplasma aos produtores, além de garantir rápido estabelecimento e preservação das características do vegetal. Isso também permite maior conservação do material, além de retardar o desenvolvimento de pragas e doenças. Para expressarem melhor vigor é ideal que o plantio seja feito com materiais sadios, buscando assim o estabelecimento de estande, manivas com teores de umidade corretos menores de 14%, uniformidade e qualidade de gemas em torno de quatro gemas por rama (FREITAS, 2018).

Uma planta de mandioca com alto desempenho deve apresentar rusticidade, que implica em menos manejo e teores nutricionais consideráveis, atendendo a certas prioridades dos países emergentes, isso tanto para a destinação de mesa quanto industrial (FAO, 2017). Uma planta com uniformidade de parte aérea, ereta e alta, com poucas ramificações facilita a entrada na lavoura e manejo de plantas invasoras, produzindo um porte que se consiga retirar materiais propagativos sadios de maneira significativa. (EMBRAPA, 2020).

2.2.2 Principais doenças foliares

2.2.2.1 Antracnose

A antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum gloesporioides* f. sp. *manihotis* Henn (Penn.) está presente em boa parte dos países em que a mandioca é cultivada. No Brasil, a ocorrência é generalizada nas regiões produtoras, é mais intensa em locais com elevada umidade e amplitude de temperatura de 18°C a 23°C (FIALHO & VIEIRA, 2013).

Existem dois tipos de antracnose: a branda e a severa. A branda é causada por estirpes mais fracas do patógeno e ocorre no final da estação de crescimento, não causando danos a produtividade. Já a antracnose severa provoca sérios danos a variedades suscetíveis, sendo causada por isolados do fungo mais específicos da mandioca (EMBRAPA, 2020). Essas variedades se infectadas na fase jovem podem ter toda sua parte aérea morta (MASSOLA JUNIOR & BEBENDO, 1997)

Os sintomas da antracnose se desenvolvem no caule, pecíolos e folhas. Nas folhas ocorrem manchas aquosas que, posteriormente, se tornam pardas, secam e caem. Nos pecíolos ocorrem lesões ovais de cor pálida a marrom–escura (FIALHO & VIEIRA, 2013). Nos caules mais velhos ocorrem cancos profundos. Quando há elevada umidade é possível observar, nos centros destas lesões, uma massa de coloração rósea, constituída por esporos do fungo. Devido a essa infecção, ocorre a desfolha e morte dos ponteiros. O plantio de manivas-sementes contaminadas pode resultar em falhas na germinação e, conseqüentemente, reduz o número de plantas por área (MASSOLA JUNIOR & BEBENDO, 1997).

É possível que existam hospedeiros alternativos, pois há estudos mostrando que isolados de outras espécies de plantas (mamoeiro e tamarindo) foram patogênicos a mandioca (MASSOLA JUNIOR & BEBENDO, 1997). A disseminação dos esporos dentro de um cultivo é favorecida pelas chuvas. Apesar de se saber pouco a respeito da sobrevivência do patógeno no solo ou em restos de cultura foi constatado que *C. gloesporioides* f.sp. *manihotis* pode sobreviver em manivas infectadas por mais de 8 meses e, com menor probabilidade, no solo por mais de 4 meses (FOKUNANG, 2004).

O controle das doenças da mandioca é baseado, principalmente, no uso de cultivares resistentes e utilização de manivas-sementes sadias. Porém, outras ações devem ser realizadas para reduzir as perdas, como: destruição de plantas doentes, controle químico e retirada de restos culturais da área (NUNES et al., 2018).

2.2.2.2 Bacteriose

A bacteriose é causada pela bactéria *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* causando danos na parte aérea da planta (LOZANO, 1986; KANTE et al., 2020). Ela foi diagnosticada pela primeira vez em 1912 no Estado de São Paulo. Desde então, atingiu todo território brasileiro e passou a ser considerada a doença mais importante na cultura, sendo fator limitante na produção (ISHIDA et al., 2016).

Os fatores abióticos influenciam no nível de infestação da doença. As regiões tropicais são as mais favoráveis ao patógeno por apresentarem umidade relativa alta acima de 90% e temperaturas de 22°C a 26°C (GHINI et al., 2011). Tais fatores abióticos podem vir a acarretar perdas de mais de 50% do mandiocal em variedades suscetíveis e menos de 10% nas variedades resistentes (MASSOLA JUNIOR & BEDENDO, 1997).

De acordo com Massola Júnior e Bedendo (1997) a bacteriose apresenta sintomatologia complexa envolvendo infecção e necrose do sistema vascular (xilema), gomose, manchas foliares com murchas e morte da planta. Assim, a melhor resposta de manejo da doença vem dos programas de melhoramento genético, com a utilização de variedades resistentes e manivas sadias (TREMACOLDI, 2016).

2.3 PARÂMETROS GENÉTICOS

No processo de melhoramento de plantas é fundamental a estimativa de parâmetros genéticos (SILVA et al., 2016). Conhecer os parâmetros genéticos de uma população permite diferenciar efeitos genéticos e ambientais, e, além disso, serve de orientação para o processo de seleção. Consequentemente, contribui para uma seleção eficiente de genótipos (GUIMARÃES et al., 2019).

Estimar os componentes de variância fenotípico, genético e ambiental, permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial de herdabilidade, sendo de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento (RAMALHO et al., 2012). A variância fenotípica é resultado dos efeitos genéticos e ambientais (RAMALHO et al., 2012). A variância genética é causada pelas diferenças genotípicas existentes entre os indivíduos da população. Ela pode ser decomposta em variância aditiva, variância de dominância e variância epistática. A variância ambiental representa é causada pelos efeitos não genéticos. A partir das variâncias, pode-se estimar a herdabilidade de uma característica na população. Esse parâmetro representa quanto de variação fenotípica pode ser herdada, possibilitando

prever o sucesso de seleção (RAMALHO et al., 2012). A herdabilidade no sentido amplo é definida como a razão da variância genotípica (σ_g^2) pela variância fenotípica (σ_f^2), já a herdabilidade no sentido restrito é obtida por meio da razão da variância aditiva (σ_A^2) pela variância fenotípica (BORÉM & MIRANDA, 2013). Até 30% a herdabilidade é considerada baixa, até 60% é considerada média e acima de 60% é considerada alta.

A correlação mensura a associação entre duas variáveis, permitindo quantificar o quanto uma característica influencia na outra. As correlações genéticas e fenotípicas, voltadas ao melhoramento de variáveis agronômicas, por exemplo, são de grande importância para o melhorista, pois, através disso, ele tem condições de realizar a seleção de forma indireta para alguns caracteres que seja de interesse (GALARÇA et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E PREPARO DA ÁREA

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias – FAECA da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, localizada no município de Dourados – MS. O local situa-se em latitude de 22° 13' 52,4495" S, longitude de 54° 59' 10,5372" W e altitude de 411,75m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é mesotérmico úmido, tipo Cwa, caracterizado por verões quentes e invernos secos (EMBRAPA, 2017). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018).

A área experimental no qual foi conduzido o experimento foi, anteriormente, cultivada em sistema plantio direto, com soja. Antes da implantação do experimento foi realizada a análise das características químicas do solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo determinados em amostras coletadas nas camadas 0-20 cm na FAECA – UFGD. Dourados, MS – 2017/18.

Atributos*	Profundidade
	0-20 cm
pH (CaCl ₂)	5,70
MO (g dm ⁻³)	24,60
P (mg dm ⁻³)	16,70
K (mmol _c dm ⁻³)	4,30
Ca (mmol _c dm ⁻³)	50,80
Mg (mmol _c dm ⁻³)	24,50
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	48,90
SB (mmol _c dm ⁻³)	79,60
CTC (mmol _c dm ⁻³)	128,40
Al (mmol _c dm ⁻³)	0,00
V (%)	62,10

*pH: extraído pelo cloreto de cálcio; MO: matéria orgânica; P: fósforo; k: potássio; Ca-cálcio; Mg: magnésio; H+Al: hidrogênio + alumínio; SB- soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; Al: alumínio; V: porcentagem de saturação de bases.

O preparo do solo da área experimental ocorreu de maneira convencional. Primeiramente, foi realizada uma gradagem pesada (0,20 m de profundidade), seguido de duas gradagens destorroadora-niveladora (0,15 m de profundidade) e uma escarificação com equipamento de cinco hastes (0,30 m de profundidade).

O plantio das manivas ocorreu nos dias 01 e 02 de agosto de 2017, de forma manual, a 10 cm de profundidade. Concomitantemente, foi realizada a adubação com superfosfato simples na dosagem de aproximadamente 29 g cova⁻¹. No dia 03 de outubro de 2017 foi feito o replantio de algumas manivas. Foi realizada irrigação por aspersão na fase de implantação da cultura. Para o controle das plantas daninhas foram realizadas capinas manuais no decorrer da condução do experimento.

As condições meteorológicas da região na época do desenvolvimento da cultura foram medidas pela Estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados – MS (Figura 2). A temperatura média durante a condução do experimento foi de 23°C, umidade ar próxima a 66,69% e a precipitação total de 1695,90 mm.

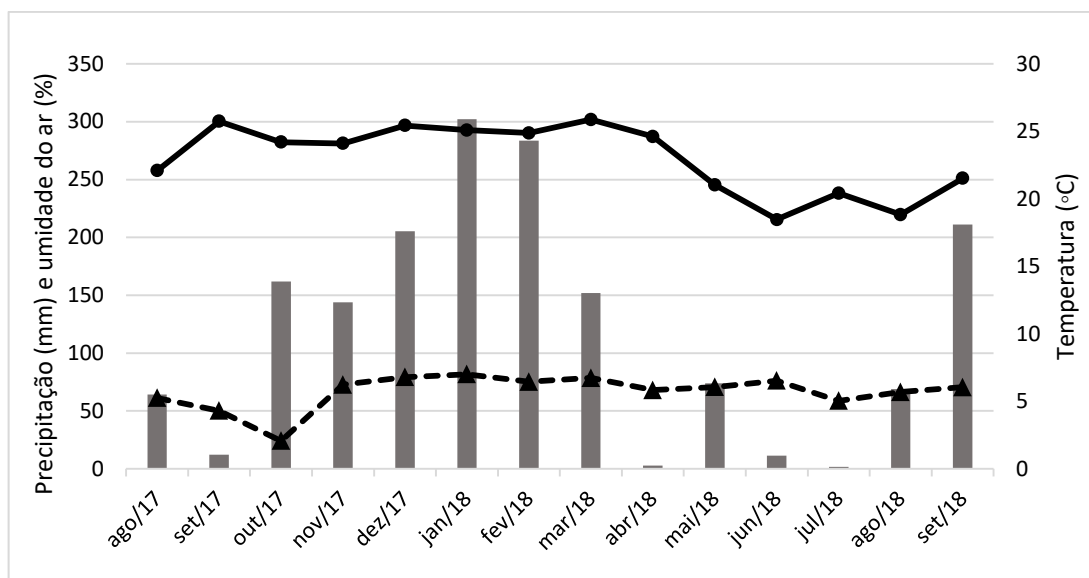


Figura 1 – Climograma representando a precipitação total mensal (barras cinzas), temperatura média (linha sólida preta) e umidade relativa (linha pontilhada preta) referentes ao período de agosto de 2017 à setembro de 2018, coletados na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS – 2017/18.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E GERMOPLASMA

O experimento foi arranjado em delineamento de blocos ao acaso (DBC), com 3 repetições. Como tratamento foi utilizado 35 clones provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca (BGM) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas - Bahia e uma variedade, a Baianinha MS, resultando em 36 acessos (Tabela 2). Os tratamentos foram distribuídos em parcelas compostas por cinco plantas, sendo o espaçamento entre linhas de 0,90 m e entre plantas de 0,80 m.

*

Tabela 2 - Acessos de mandioca utilizados no experimento instalado na safra 17/18 na FAECA – UFGD.

Acessos*					
Baianinha-MS	BGM-0056	BGM-0202	BGM-0395	BGM-0551	BGM-0978
2011-24-156	BGM-0080	BGM-0269	BGM-0400	BGM-0592	BGM-1107
2011-34-45	BGM-0106	BGM-0336	BGM-0423	BGM-0658	BGM-1155
BGM-0024	BGM-0124	BGM-0362	BGM-0440	BGM-0682	BGM-1253
BGM-0037	BGM-0130	BGM-0368	BGM-0514	BGM-0717	BGM-1454
BGM-0050	BGM-0145	BGM-0371	BGM-0517	BGM-0967	BGM-1481

Os 35 acessos foram cedidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas –BA.

3.3 AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE DE DOENÇAS

Os isolados de *Colletotrichum gloesporioides* f. sp. *Manihotis* Henn e da bactéria *Xanthomonas phaseoli* pv. *Manihotis* utilizados nas inoculações são provenientes do Laboratório de Microbiologia Agrícola e Fitopatologia da UFGD. Esses isolados foram obtidos junto a Embrapa Mandioca e Fruticultura e passaram a ser cultivados do laboratório da UFGD. Para a inoculação de antracnose foram inseridos palitos, contendo isolados do fungo, na haste principal da planta. Já a inoculação de bacteriose foi realizada por meio de uma pulverização de suspensão bacteriana com auxílio de bomba costal.

A avaliação da severidade de antracnose nos acessos de mandioca foi realizada em cinco plantas por parcela, através de uma escala de notas. A escala é composta por notas de 1 a 5, onde 1: ausência da doença; 2: manchas angulares nas folhas na parte abaxial e/ou pequenos cancos antigos na metade inferior da planta; 3: mancha foliar extensa na parte superior da planta e/ou cancos profundos na metade superior da planta; 4: cancos profundos com presença de esporulação, distorção e/ou murcha nas folhas novas, secamento do ápice; 5: desfolha severa, morte apical ou total da planta (OLIVEIRA et al., 2016)

Assim, como na avaliação de antracnose, a severidade de bacteriose foi observada em cinco plantas de cada parcela. A escala de notas variou de 0 a 5, sendo 0: ausência de sintomas nas hastes e plantas; 1: sintomas presente apenas nas folhas (mancha angular); 2: sintomas nas folhas e/ou lesões necróticas nos pecíolos ou haste; 3: ocorrência de lesões necróticas com exsudação de goma nas hastes e pecíolos; 4: presença de folhas murchas e/ou lesões necróticas com exsudação de goma, ou morte descendente; 5: perda total das folhas, morte apical e/ou morte total da planta (OLIVEIRA et al., 2016).

A primeira avaliação de severidade de antracnose e bacteriose foi realizada no dia 16 de novembro de 2017, 106 dias após o plantio. Ao longo da safra foram realizadas 13 avaliações de severidade de antracnose e bacteriose.

3.4 AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

Além da severidade de antracnose e bacteriose também foram avaliadas algumas características agronômicas das plantas, sendo elas: altura de planta (AP; em m), índice de sobrevivência (Sobrev), matéria seca (MS; em kg), porte, produtividade da parte aérea (PPA; em t ha⁻¹) e produtividade total de raiz (PTR; em t ha⁻¹). As avaliações das características agronômicas foram feitas considerando as cinco plantas da parcela.

Para altura de planta (AP), as plantas foram medidas do solo até o ápice do caule com auxílio de uma régua graduada. No momento da colheita foi calculada a produtividade de parte aérea (PPA) das parcelas. Primeiramente, foi realizada a separação das raízes da parte aérea das plantas, sendo as manivas cortadas em pedaços menores, a fim de facilitar a amarração e amontoadas cada qual com sua parcela. Dessa forma, utilizou-se sisal para confeccionar pequenos feixes de cada parcela, os quais eram pesados com auxílio de uma balança de mão.

Após ter a parte aérea retirada, as raízes eram colocadas sobre uma lona e essa lona presa ao gancho da balança, realizando a pesagem, parcela por parcela, e estimando ao final a produtividade por hectare, obtendo a produtividade total de raiz. Feito isso, retirava-se uma amostra das raízes, que, novamente eram pesadas secas e depois submersas em um tanque com água, possibilitando calcular matéria seca.

O índice de sobrevivência foi calculado por meio da porcentagem de plantas que sobreviveram ao final do experimento. O porte é estimado utilizando uma escala de notas que varia de 1 a 5, sendo 1: excelente (sem ramificações ou com ramificações acima de 2,0 m), 2: bom (ramificações acima de 1,60m ou ramificação baixa, mas com pelo menos 1,6 m de hastes eretas), 3: médio (ramificações acima de 1,20m ou ramificação baixa, mas com pelo menos 1,2 m de hastes eretas), 4: ruim (ramificações acima de 0,80 m ou ramificação baixa, mas com pelo menos 0,80 m de hastes eretas) e 5: muito ruim (clones muito ramificados com menos de 0,80 m de hastes eretas).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir dos dados obtidos em treze avaliações de severidade de antracnose e bacteriose foi estimado o índice de doença (ID) determinado pela fórmula de Mckinney (1923) (CZERMAINSKI, 1999):

$$ID = 100 \cdot \sum \frac{f \cdot v}{n \cdot x}$$

Onde:

ID: índice de doença;

f: número de plantas com mesma nota;

v: nota observada;

n : número total de plantas avaliadas;
 x : a nota máxima da escala.

Com os dados das avaliações agronômicas e dos índices de doença de bacteriose e antracnose realizou-se a análise de variância, e quanto detectada a diferença significativa pelo teste F, com base na média de parcelas, efetuou-se o agrupamento de médias de Scott e Kontt (1974) a 5% de probabilidade.

As variâncias fenotípicas dos acessos para as diferentes características avaliadas foram determinadas pelas fórmulas:

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

Onde:

σ_f^2 : variância fenotípica;

σ_g^2 : variância genotípica;

σ_e^2 : variância ambiental.

A herdabilidade em sentido amplo (h^2_a) foi estimada de acordo com a seguinte equação:

$$h_a^2(\%) = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2} \times 100$$

Foi estimada a acurácia seletiva (rgg), o qual é um dos parâmetros estatísticos mais importantes, uma vez que se refere à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos (HENDERSON, 1984). Ou seja, a acurácia é a medida de quão próximo ao real estão às estimativas de um dado avaliador.

As correlações entre as variáveis genética e fenotípica e as características agronômicas, índices de doenças e índices de sobrevivência de 36 acessos de mandioca foram obtidas pelo método de Pearson (LÚCIO et al., 2013):

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N}$$

Onde:

x : é igual à variável número um;

y : pertence à variável número dois;

Z_x : é o desvio padrão da variável um;

Z_y : é o desvio padrão da variável dois;

N: número de dados.

Para avaliar a significância do coeficiente de correlação foi utilizado um procedimento empírico de *bootstrap* não-paramétrico. Esse método é baseado no conceito de que as variáveis analisadas são aleatórias, independentes e distribuídas de forma idêntica. Dessa forma, a real amostragem é feita em função da distribuição já conhecida dos dados (BERNARDINO, 2012; DALPOSSO et al., 2018; GABRIEL, 2020).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas RBio (BHERING, 2017) e no software estatístico R (R Development Core Team, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar as análises de variância é possível observar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os acessos para as variáveis altura de planta (AP), índice de antracnose (Ant), produção de matéria seca (MS), porte, produção de parte aérea (PPA) e produção total de raízes (PTR) (Tabela 3). Essa é a situação desejada em estudos de melhoramento genético de plantas, pois, demonstra maior variabilidade fenotípica entre os genótipos avaliados (MEIRA et al., 2017). Para as variáveis índice de bacteriose (CBB) e índice de sobrevivência (Sobrev) não foram verificadas variação significativa entre os acessos.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância de seis características agrônômicas e dois índices de doença para 36 acessos de mandioca avaliados na safra 17/18 na FAECA –UFGD.

FV	GL	Quadrado Médio*			
		AP	Ant	CBB	MS
Bloco	2	0,0 ^{ns}	344,7 ^{ns}	971,4**	1,9 ^{ns}
Acesso	35	0,2**	921,6**	141,1 ^{ns}	15,1**
Erro	70	0,0	243,5	180,3	1,4
Média		2,1	54,9	87,8	35,8
Acurácia		0,95	0,86	-	0,95

FV	GL	Quadrado Médio*			
		Porte	PPA	PTR	Sobrev
Bloco	2	2,0*	7,5 ^{ns}	7,5 ^{ns}	2928,4*
Acesso	35	1,0*	247,9**	220,9**	488,1 ^{ns}
Erro	70	0,5	16,3	10,0	663,7
Média		2,0	27,6	16,9	52,3
Acurácia		0,65	0,97	0,96	-

AP: altura de planta (m), Porte: notas de 1 a 5, PPA: produtividade da parte aérea (ton ha^{-1}), PTR: produtividade total de raiz (ton ha^{-1}), MS: produção de matéria seca (kg), Sobrev: índice de sobrevivência (%), Ant: índice de antracnose (%), CBB: índice de bacteriose (%). Acurácia seletiva: 0,10 a 0,40 - baixa, 0,50 a 0,65 - moderada, 0,70 a 0,85 - alta e acima de 0,90 - muito alta (RESENDE & DUARTE, 2007). ^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O índice da média de bacteriose foi 87,8%, considerado alto, pois, as condições climáticas para o patógeno foram ideais, onde, obteve-se uma temperatura média acima de

23°C e precipitação acima de 1.500mm. O índice de antracnose foi 54,9%, a condição climática de temperatura foi ideal para doença.

A média de produtividade de raízes do experimento foi superior à média Nacional em 9,8%, e inferior à média no estado do Mato Grosso do Sul em 34,8%. Essa produtividade pode ter sido influenciada pelos acessos que estão em fase de seleção, já que um dos objetivos do melhoramento genético é aumentar a produtividade, certamente há acessos que tem como uma de suas características principais a alta produção. A produtividade corresponde bem as condições de fertilidade do solo onde apresenta um V% acima de 40, sem presença de alumínio nos primeiros 20 cm, que dificultaria o desenvolvimento radicular. O pH do solo foi de 5,7, sendo ideal um pH mais alcalino próximo a 6,5; assim, obtêm-se melhor aproveitamento da adubação feita, além de ser possível atingir a média estadual acima de 22 ton ha⁻¹.

As estimativas da acurácia variam de 0,00 a 1,00 sendo os valores adequados próximos à unidade. Desse modo, valores elevados de acurácia são almejados nos experimentos de avaliação de cultivares (RESENDE & DUARTE, 2007). No presente trabalho, estas estimativas variaram de 0,65 (Porte) a 0,97 (PPA), indicando que a precisão da avaliação genotípica vai de moderada a muito alta, respectivamente (RESENDE & DUARTE, 2007). O porte foi avaliado por nota visual, dessa forma há uma maior possibilidade de erro. Pensando nisso, foram treinadas duas integrantes do Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal para que somente elas fizessem as avaliações, diminuindo assim a propensão ao erro. É conveniente que para avaliações futuras de porte, utilize-se uma nova escala de 1 a 3, com intuito de reduzir erros. Já para antracnose, há uma escala de notas e a equipe responsável pelas avaliações já estavam treinadas, além do mais, foram realizadas 13 avaliações.

A análise dos componentes de variância revelou que a variação genotípica (σ^2_g) representou 80,00%; 95,49%; 94,07% e 90,82% para as características AP, PTR, PPA e MS, respectivamente, confirmando que a maior parte da expressão fenotípica dessas variáveis se deve a variância genética (Tabela 4). Este resultado é interessante para o melhoramento de plantas, pois, indica que essas características podem ser utilizadas para selecionar genótipos superiores. A característica Porte apresentou variância ambiental de 54,83%, indicando que essa variável sofreu forte influência das condições ambientais em suas expressões fenotípicas. Dessa forma, não é recomendada a seleção de acessos superiores com base nessa característica, pois, o ganho será baixo ou nulo.

Tabela 4 – Estimativa dos componentes de variância e de parâmetros genéticos de 36 acessos de mandioca

Variável*	σ_g^2	σ_e^2	σ_f^2	$h^2(\%)$	CVg(%)	CVg/CVe
AP	0,04	0,01	0,05	89,52	10,40	1,69
Ant	226,03	81,16	307,19	73,57	27,40	0,96
MS	4,55	0,46	5,01	90,76	5,96	1,81
Porte	0,13	0,17	0,31	42,77	17,67	0,50
PTR	70,29	3,32	73,61	95,48	49,65	2,65
PPA	86,21	5,43	91,64	94,07	33,70	2,30

*AP: altura de planta (m), PPA: produtividade da parte aérea (ton ha⁻¹), Porte: nota de 1 a 5, PTR: produtividade total de raiz (ton ha⁻¹), MS: matéria seca (kg), Ant: índice de antracnose (%), σ_g^2 : Variância genotípica, σ_e^2 : Variância ambiental, σ_f^2 : Variância fenotípica, h^2 : estimativa de herdabilidade no sentido amplo, CVg: coeficiente de variação genética, CVe/CVg: índice de variação.

A herdabilidade no sentido amplo (h^2) variou de 42,77% (Porte) a 95,48% (PTR) (Tabela 4). As características PTR, PPA, MS, AP apresentaram valores acima de 70,00%, confirmando a possibilidade de ganho com a seleção. Já o Porte apresentou a menor estimativa de herdabilidade, sendo de 42,76%. Altos valores de herdabilidade são desejáveis, pois demonstram que dando continuidade na seleção as futuras gerações das plantas vão herdar as características de interesse.

Nesse caso, as variáveis que apresentaram maiores herdabilidades são também as de grande interesse para a cultura, sendo elas produção total de raiz e produção de parte aérea. É desejável uma planta que produza cada vez mais raízes, o que possibilitará aumento de produtividade, bem como uma boa produção de parte aérea, para que haja disponibilidade de material de propagação.

Segundo Meira et al. (2017), quando a relação CVg/CVe expressa valores iguais ou superiores a 1 (um) indica que os efeitos genéticos sobressaíram em relação aos efeitos ambientais e essas características favorecem o melhoramento genético dessas plantas. É possível observar que a relação CVg/CVe aproximou-se, ou até mesmo foi superior a 1, para quase todas as variáveis, com exceção de Porte (Tabela 4). Dessa forma, é possível dizer que as características AP, Ant, MS, PTR e PPA favorecem o melhoramento genético dos acessos em estudo. É importante ressaltar que não foram incluídas as características do índice de bacteriose e sobrevivência devido os acessos não terem apresentado diferença significativa.

No agrupamento das médias dos 36 acessos para a característica Porte, verificou-se que 44,44% dos tratamentos apresentaram notas variando de 2,33 a 3,00 m, enquadrado as plantas com porte bom a médio de acordo com a escala de notas, o que sugere que essas plantas são adequadas para mecanização da colheita (Tabela 5) (SANTOS et al., 2015). Os

acessos 2011-24-156, 2011-34-45, BGM-0080, BGM-0371, BGM-0423, BGM-0551, BGM-0592, BGM-0658, BGM-0717 sobressaíram aos demais e tiveram as plantas mais altas da população, com as alturas de 2,33; 2,45; 2,40; 2,39; 2,32; 2,31; 2,45; 2,25; 2,31 m, respectivamente. Essas plantas altas são interessantes, pois, possuem maior parte aérea, dessa forma há uma certa facilidade em retirar manivas-sementes dessas plantas. Por outro lado, plantas mais altas, geralmente são mais eretas, o que facilita a mecanização das atividades.

Dos 36 acessos, 17 mostraram média de produtividade total de raiz superior à média nacional de 15,22 t ha⁻¹ (CONAB, 2021). Ainda, dentre esses 17, três se destacaram tendo a produção total de raízes estimada em mais de 35 ton ha⁻¹, ou seja, mais que o dobro da média nacional, sendo os acessos 2011-34-45 (38,89), Baianinha-MS (35,07) e BGM-0717 (35,97).

O tratamento BGM-0080 se destacou dos demais na variável produção de parte aérea e produziu estimados 58,82 ton ha⁻¹, em seguida ficou o acesso 2011-34-45 tendo sua produção de parte aérea estimada em 46,42 ton ha⁻¹. No geral, apesar de alguns não diferirem, 16 clones apresentaram médias superiores à média da população em estudo. Os clones BGM-0056 (14,51), BGM-0336 (13,84) e BGM-0368 (10) mostraram as piores médias para PPA.

Da população em estudo, destacaram-se 11 tratamentos que não diferiram e apresentaram as melhores médias para produção de matéria seca, variando de 37,59 (BGM-0400) a 39,05 kg (BGM-0080). A média da população ficou em 35,68 kg, e ao analisar os dados é possível perceber que 52,77% dos tratamentos ficaram acima da média do presente estudo. Os acessos BGM-0056, BGM-0202, BGM-0336, BGM-0371, BGM-0514 e BGM-0978 foram alocados no grupo de pior média de MS, sendo elas: 32,24; 32,84; 31,83; 32,61; 33,17 e 31,21 kg, respectivamente.

TABELA 5 – Valores médios de seis características agrônômicas e dois índices de doença avaliados em 36 acessos e três cultivares de mandioca.

Acesso*	Porte	AP	PTR	PPA	MS	Ant
2011-24-156	3,00a	2,33a	15,10c	27,99d	37,68a	61,33a
2011-34-45	1,66b	2,45a	38,89a	46,42b	35,29c	31,11b
Baianinha-MS	1,00b	1,68d	35,07a	34,35c	35,92b	36,11b
BGM-0024	1,50b	1,79d	11,24d	36,70c	34,17c	80,00a
BGM-0037	2,33a	1,873c	12,46d	29,22d	33,87c	20,00b
BGM-0050	2,66a	1,92c	16,43c	16,89e	35,25c	77,77a
BGM-0056	3,00a	1,89c	14,76c	14,51f	32,24d	80,00a
BGM-0080	2,66a	2,40a	27,85b	58,82a	39,05a	21,00b
BGM-0106	1,66b	1,66d	12,57d	21,82e	37,33b	64,44a
BGM-0124	2,00b	1,74d	24,98b	29,98d	38,00a	54,89a
BGM-0130	2,33a	2,10b	13,42d	23,85d	33,81c	80,00a
BGM-0145	1,66b	2,15b	10,13d	25,56d	33,66c	60,00a
BGM-0202	2,66a	2,22b	27,72b	42,64c	32,84d	42,22b
BGM-0269	1,50b	2,12b	6,58d	22,68d	33,72c	44,00b
BGM-0336	1,66b	1,94c	7,77d	13,84f	31,83d	76,66a
BGM-0362	1,66b	1,81d	7,89d	27,76d	38,57a	40,00b
BGM-0368	2,33a	1,76d	11,05d	10,00f	37,68a	70,00a
BGM-0371	2,66a	2,39a	9,35d	17,43e	32,61d	47,22b
BGM-0395	1,00b	1,86c	9,76d	19,85e	36,34b	55,33a
BGM-0400	3,00a	2,24b	23,26b	28,46d	37,59a	28,00b
BGM-0423	1,5b	2,32a	11,49d	26,38d	36,98b	61,66a
BGM-0440	2,66a	2,12b	26,58b	39,28c	34,58c	56,66a
BGM-0514	2,00b	2,02c	9,57d	29,09d	33,17d	70,00a
BGM-0517	1,33b	1,97c	19,21c	24,46d	36,67b	28,89b
BGM-0551	2,00b	2,31a	10,72d	38,27c	36,65b	46,66b
BGM-0592	2,5a	2,45a	18,49c	19,27e	38,79a	80,00a
BGM-0658	1,66b	2,25a	18,28c	31,85c	38,70a	48,89b
BGM-0682	2,33a	2,10b	17,66c	20,76e	38,62a	43,33b
BGM-0717	2,33a	2,31a	35,973a	38,65c	35,15c	45,00b
BGM-0967	2,33a	2,15b	10,1d	20,23e	37,44b	57,78a
BGM-0978	2,00b	2,00c	10,76d	19,96e	31,21d	47,00b
BGM-1107	2,33a	2,11b	16,18c	25,23d	37,88a	50,66b
BGM-1155	1,66b	2,12b	5,99d	24,74d	38,09a	52,55b
BGM-1253	1,66b	1,77d	24,76b	22,36d	36,65b	77,77a
BGM-1454	2,00b	2,07b	15,20c	37,52c	35,31c	62,22a
BGM-1481	1,33b	1,96c	20,51c	29,92d	35,08c	72,22a

*AP: altura de planta (m), Porte: notas de 1 a 5, PPA: produtividade da parte aérea (ton ha⁻¹), PTR: produtividade total de raiz (ton ha⁻¹), MS: produção de matéria seca (kg), Sobrev: índice de sobrevivência (%), Ant: índice de antracnose (%), CBB: índice de bacteriose (%). Médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

O índice de doença (ID), utilizado para avaliar deve ser analisado ao contrário, ou seja, quanto menor a média, melhor será. Um baixo ID significa uma menor intensidade de doenças sobre as plantas e, conseqüentemente, um melhor desenvolvimento da planta. Dessa forma, realizado o teste de média notou-se que para a variável Ant, 17 acessos foram classificados no grupo de maior resistência, apresentando os menores índices de doença, inclusive ficando abaixo da média populacional do estudo. Os ID's abaixo de 50% variaram de 20 (BGM-0037) a 50 (BGM-1155). Os outros 19 clones também não diferiram.

Ao todo, seis correlações fenotípicas foram significativas (Figura 4). De certa forma, este resultado não é o mais adequado para o melhoramento, pois, não há uma certeza de que as correlações entre as características se devem ao valor genético do acesso. Do total das correlações significativas, cinco foram positivas e são representadas pelos pares de caracteres PTR e AP, AP e Porte, PPA e AP, PPA e PTR que obtiveram valores de 0,1756; 0,2963; 0,3617 e 0,5950, respectivamente.

Portanto, percebe-se que o porte é positivamente influenciado pela altura de planta, ou seja, quanto mais alta a planta, maior será seu porte. É interessante ressaltar que uma das características que é levada em consideração no momento de avaliação de porte é a altura de ramificação, o que gera notas melhores para plantas mais altas. Dessa forma, fazendo a seleção genética por meio de uma das características, será possível obter plantas mais altas, cada vez mais eretas, com menos ramificações ou ramificações mais elevadas.

Os valores de correlação fenotípica ainda demonstram positividade e significância da altura de planta com PTR e PPA. Esse resultado corresponde ao esperado uma vez que quanto mais alta a planta, maior será a produção de parte aérea e, conseqüentemente, a planta vai produzir mais foto-assimilados e a produção de raízes será mais elevada. Outra correlação positiva que apresentou significância foi CBB e Ant, isso pode ser explicado pois o primeiro sintoma da antracnose são lesões nas hastes das plantas o que acaba servindo de porta de entrada para o patógeno causador da bacteriose (TREMACOLDI, 2016).

Já os pares de caracteres Ant e PTR, Ant e PPA apresentaram correlações genéticas significativas, porém, com valores negativos. É natural que a antracnose apresente correlação significativa principalmente com as variáveis quantitativas de produtividade. A doença acarreta um mau desenvolvimento de planta e em déficit fotossintético, o que conseqüentemente diminui a produção de foto assimilados, a translocação de nutrientes e afeta diretamente a produtividade da planta (TREMACOLDI, 2016).

	Porte	AP	PTR	PPA	MS	Ant
Porte		0,2963 (S)	0,1036 (NS)	0,0473 (NS)	0,0433 (NS)	-0,0594 (NS)
AP	0,5721 (NS)		0,1756 (S)	0,3617 (S)	0,1149 (NS)	-0,1513 (NS)
PTR	0,1174 (NS)	0,1849 (NS)		0,5950 (S)	0,1273 (NS)	-0,2189 (S)
PPA	-0,0674 (NS)	0,3664 (NS)	0,6226 (NS)		0,1239 (NS)	-0,3754 (S)
MS	-0,1071 (NS)	0,075 (NS)	0,1472 (NS)	0,1029 (NS)		-0,1538 (NS)
Ant	0,1066 (NS)	-0,3722 (NS)	-0,4221 (NS)	-0,5806 (NS)	-0,2254 (NS)	

Figura 2 – Coeficientes de correlação genética e fenotípica entre as características agrônomicas, índices de doenças e índices de sobrevivência de 36 acessos de mandioca. * AP: altura de planta (m), Porte: notas de 1 a 5, PPA: produtividade da parte aérea (ton ha⁻¹), PTR: produtividade total de raiz (ton ha⁻¹), MS: produção de matéria seca (kg), Sobrev: índice de sobrevivência (%), Ant: índice de antracnose (%), CBB: índice de bacteriose (%). NS: Não significativa pelo teste *Bootstrap* não paramétrico (n = 5000), S: Significativa (5%) pelo teste *Bootstrap* não paramétrico (n = 5000). Células com fundo branco: correlação genética. Células com fundo cinza claro: correlação fenotípica.

O caminho da sustentabilidade é produzir cada vez mais utilizando a mesma área, ou seja, aumentar a produtividade. Nesse sentido, para selecionar clones interessantes para indústria, é necessário levar em consideração principalmente a variável de produção total de raízes, além da resistência a doenças

5 CONCLUSÃO

As características altura de planta, índice de antracnose, matéria seca, produtividade de amido e de raiz apresentaram predominância dos efeitos genéticos e, portanto, alta herdabilidade e índice de seleção podendo ser utilizadas na seleção dos melhores acessos.

Os acessos 2011-34-45 e BGM-0717 apresentaram a maior produtividade de raiz e o menor índice de antracnose, características interessantes para indústria e cultivo.

O clone BGM-0080 está acima da média nacional de produtividade de raiz e apresenta bom desempenho nas demais características em estudo.

O acesso BGM-0717 demonstrou bom porte, indicando possibilidade de colheita mecanizada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDINO, R. **Método Bootstrap**. Universidade Federal do Amazonas, 2012.
- BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17: 187-190p, 2017.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; **Melhoramento de Plantas**. 6ª ed. Viçosa – MG: Ed. UFV, 2013. 523 p.
- CARMO, C. D.; SILVA, M. S. da; OLIVEIRA, G. A. F.; OLIVEIRA, E. J. de. Seleção assistida por moléculas para resistência à doença do mosaico da mandioca em *Manihot esculenta* Crantz. **Scientia agricola (Piracicaba, Brasil)**, Piracicaba, v. 72, n. 6, p.520-527, 2015.
- CHOGI, M. A. N.; ARAUJO, A. C. V.; PRADO, P. F.; SILVA, D. B.; SILVA, A. J.; SILVA, G. F.; DUARTE, I. C. S. D. Produção de biocombustível e ácidos orgânicos para agregar valor ao efluente de mandioca. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 1, 2020.
- CIAT, **International Center for Tropical Agriculture**. Disponível em: <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/breeding-better-crops/rooting-for-cassava/>. Acesso em: 18 mar. 2020.
- CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. Análise mensal – Mandioca, maio 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/download/37474_cde3b6ce0ff1e3a1f04a3b2a523cd1ff. Acesso em: 06 de agosto de 2021.
- CZERMAINSKI, A. B. C. Generalização de um índice de intensidade de infecção em experimentos de avaliação de doenças em plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1545-1555, 1999.
- DA SILVA, C. A.; SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R. S.; CATTANEO, L. F.; FERREIRA, J. P.; NASCIMENTO, A. L. Correlações fenotípicas e análise de trilha em caracteres morfo agrônômicos de mamoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 217-227, 2016.
- DALPOSSO, G. H.; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A.; GALEA, M.; BASTIANI, F. de. Gaussian spatial linear model of soybean yield using bootstrap methods. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 110-116, 2018.
- EBERTZ, O. F.; PALOMINO, E. C. Caracterização morfológica de genótipos de *manihot esculenta crantz* obtidos via sementes. **Agroecossistemas**, [s. l.], v. 9, ed. 2, p. 66-77, 2017.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O clima da região de Dourados, MS**. 3.ed. rev. e atual. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p.29, nov. 2017.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Solos, p. 196, 2018.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca>. Acesso em: 18 mar. 2020.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CO NT000gxupxfbo02wx7ha0b6gs0xsarnjx6.html. Acesso em: 31 mar. 2020.

FAO. **Dados da produção mundial da mandioca**. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/es/data/QC>. Acesso em: 2 abr. 2020.

FAO. **Panorama da segurança alimentar e nutricional: sistemas alimentares sustentáveis para acabar com a fome e a má nutrição**. Panorama da segurança alimentar e nutricional, Santiago, p. 1-48, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6977o.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2020.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. Mandioca no cerrado: orientações técnicas. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região norte. *In*: MODESTO JUNIOR, Moisés de Souza *et al.* **CULTURA DA MANDIOCA: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: [s. n.], 2016. cap. capítulo 1, p. 15-49. Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>. Acesso em: 2 abr. 2020.

FLORES, J. M. M. Morfologia e meiose em cultivares e escapes de mandioca. **Universidade de Brasília instituto de ciências biológicas programa de pós-graduação em botânica**, Brasília, p. 1-57, 2013. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16554/1/2013_JeronimoMoisesMendozaFlores.pdf. Acesso em: 22 abr. 2020.

FOKUNANG, C. N. Survival and over-seasoning of *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis*, on post-harvest cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plant materials and soils. **Journal of Biological Sciences (Pakistan)**. 2004.

FREITAS, L. C. M. A. S. de. **Conservação in vitro de germoplasma de mandioca (manihotesculentacrantz): em diferentes temperaturas e concentrações de nitrato de prata**. UFRB, Cruz Das Almas, 2018. Disponível em: https://www.ufrb.edu.br/pgrecvegetais/images/phocadownload/Lili_Costa_Maia.pdf. Acesso em: 2 abr. 2020.

GABRIEL, C. C. E. **Variabilidade espacial da produtividade da soja na região oeste do Paraná associada a variáveis agrometeorológicas utilizando Bootstrap**. 2020. 72 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

GALARÇA, S. P.; LIMA C. S. M.; SILVEIRA, G. D.; RUFATO, A. D. R. Correlação de Pearson e análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta-enxerto de *Pyrus communis* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 860-869, 2010.

GHINI, R; HAMADA, E; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. In: SILVA, H.S.A; ANDRADE, E.C. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da mandioca no Brasil. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, p. 269 – 270, 2011.

GUIMARÃES, D. G.; AMARAL, C. L. F.; PUBLIO JÚNIOR, E.; SANTOS, V. da S.; LOPES, S. C.; FOGAÇA, J. J. N. L. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de mandioca cultivados em solos de baixa fertilidade natural. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 28, n. 3, p. 280-298, 2019.

HENDERSON, C. R. Applications of linear models in animal breeding (University of Guelph, Guelph, ON, Canada). **Applications of linear models in animal breeding**. University of Guelph, Guelph, ON, Canada, 1984.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: fevereiro 2020. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/parana>. Acesso em: 2 abr. 2020.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 09 de agosto de 2021.

ISHIDA, A. K. N.; CARDOSO, S. V. D.; ALMEIDA, C. A.; NORONHA, A. C. S.; CUNHA, E. F. M. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: Incidência da Bacteriose da Mandioca (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) no Estado do Pará. EMBRAPA, Belém, p. 2-24, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/BOLETIMPD105OnLine.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2020.

KANTE, M.; FLORES, C.; MOUFID, Y.; WONNI, I.; HUTIN, M.; THOMAS, E.; FABRE, S.; GAGNEVIN, L.; DAGNO, K.; VERDIER, V.; KOITAE, O.; SZUREK, B. **First Report of *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis*, the Causal Agent of Cassava Bacterial Blight, in Mali**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-12-19-2611-PDN>. Acesso em: 27 abr. 2020.

LÓPEZ, C.; RESTREPO, S.; VERDIER, V. Limitações da praga bacteriana da mandioca: novos avanços. **Acta Biológica Colombiana**, Bogotá, v. 11, n. 25, p. 21-42, 2006.

LOZANO J.C. Mancha bacteriana da mandioca: uma doença administrável. **Plant Disease**. Dezembro, n. 70, p. 1089-1093, 1986.

LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L.; KRAUSE, W.; GONÇALVES, R.Q.; NIED, A.H. Relações entre os caracteres de maracujazeiro-azedo. **Ciência Rural**, v.43, p.225-232, 2013.

MASSOLA JÚNIOR., N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças da mandioca. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; FILHO, A. B.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p. 467-476, 1997.

MEIRA, A. L., SANTANA, T. M., AMARAL, C. L. F., MIGUEL, D. L., DOS SANTOS JÚNIOR, N.S. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento em feijão-caupi sob estresse hídrico severo. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 13, n. 1, p. 41-47, 2017.

NUNES, E. C. da; PERUCH, L. A. M. (Orgs) **Recomendações técnicas para a produção de mandioca de indústria e mesa em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. 80p.

OLIVEIRA, S. A. S.; SILVA, M. A.; RANGEL, M. A. S.; SANTOS, V. S.; RINGENBERG, R.; OLIVEIRA, E. J. **Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento**. Embrapa Fruticultura e Mandioca: EMBRAPA, 2016. 23p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78).

PINWEHA, N; ASVARAK, T.; VIBOONJUN, U.; NARANGAJAVANA, J. Involvement of miR160/miR393 and their targets in cassava responses to anthracnose disease. **Journal of plant physiology**, v. 174, p. 26-35, 2015.

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Áustria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A. de; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. de. **Genética na Agropecuária**. 5º Ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 566p.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37: p.182-194, 2007.

SANTIAGO, C. H.; SANTANA, M. P.; JUNIOR, L. R. C.; OLIVEIRA, S. A. S. de; OLIVEIRA, E. J. Metodologias de seleção da mandioca com resistência à podridão seca e negra da raiz em condições controladas. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 3, p. 440-451, setembro de 2018.

SANTOS, V. da S.; RANGEL, M. A. S.; RINGENBERG, R.; CARVALHO, H. W. L de; LEDO, C. A. da S.; OTSUBO, A. A. Avaliação da resistência a doenças e produtividade em mandioca. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E CARIBENHO DE MANDIOCA, 2015, Foz do Iguaçu. Integração: segurança alimentar e geração de renda: anais. Foz do Iguaçu: SBM, 2015.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Um método de análise de cluster para médias de agrupamento na análise de variância. **Biometria**, pág. 507-512, 1974.

SIERRA, S. C.; CHAVARRIAGA, P.; LOPEZ, C. Biocombustíveis e biotecnologia: layuca (*Manihot esculenta*) como modelo de investigación. **Acta biológica Colombiana**. Bogotá, v. 15, n. 1, p. 3-24, 2010.

SILVA, R. de S.; MOURA, E.F.; FARIAS NETO, J. T.; SAMPAIO, J. E. Genetic parameters and agronomic evaluation of cassava genotypes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 51, n. 7, p. 834-841, 2016.

SILVA, R. M. da; BANDEL, G.; FARALDO, M. I. F.; MARTINS, P. S. Biologia reprodutiva de etno-variedades de mandioca. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 58, ed. 1º, p. 101-107, 2001.

TREMACOLDI, C. R. Manejo das principais doenças da cultura da mandioca no estado do Pará. *In*: MODESTO J.; de SOUZA, M.; ALVES, B.; NONATO, R. **CULTURA DA MANDIOCA: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: [s. n.], 2016. cap. capítulo 9, p. 161-171. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>>. Acesso em: 2 abr. 2020.

