



**Universidade Federal de Sergipe**  
**Campus do Sertão**  
**Núcleo de Graduação de Agronomia**



BEATRIZ BARRETO DE LIMA

**SELEÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso

BEATRIZ BARRETO DE LIMA

## **SELEÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira

Nossa Senhora da Glória/Sergipe

Julho de 2021

BEATRIZ BARRETO DE LIMA

**SELEÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO EM REGIÃO SEMIÁRIDA**


Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.


Aprovado em: 08 / 07 / 2021

Banca examinadora:

---

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, Prof. Doutor.  
Universidade Federal de Sergipe  
Orientador

  
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira, Doutora.  
Universidade Federal de Sergipe  
Avaliador

  
Alisson Esdras Coutinho, Doutor.  
AGI Brasil Indústria e Comércio S.A.  
Avaliador

## Índice

<b>Resumo .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Material e Métodos .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultados e Discussão .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>21</b>
<b>5. Referências bibliográficas .....</b>	<b>22</b>
<b>6. Agradecimentos .....</b>	<b>25</b>

## SELEÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Beatriz Barreto de lima<sup>1</sup>, Paula Cristina Ferreira Bispo<sup>1</sup>, Laila Gabriela Santos Vitor<sup>1</sup>, Eduarda Santos Silveira<sup>1</sup>, Alex Florentino da Silva<sup>1</sup>, Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira<sup>2</sup>.

**Este trabalho será submetido à revista CERES**

### Resumo

O sorgo (*Sorghum L. moench*) é uma Poaceae com características morfofisiológicas, que conferem adaptação às condições de deficiência hídrica, assim torna-se uma alternativa promissora para o Semiárido Sergipano. Uma maneira de selecionar materiais promissores de sorgo no melhoramento, é analisar as correlações entre as variáveis morfológicas. Assim, objetivou-se a seleção de sorgo forrageiro em região semiárida. Para tal, foi realizado um experimento na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória /SE, utilizando-se delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Foram utilizados 16 tratamentos, sendo quatro testemunhas comerciais e 12 híbridos experimentais, totalizando 48 parcelas. As variáveis estudadas foram: altura de plantas, diâmetro do colmo, comprimento da panícula, estande, peso do colmo, peso da folha, peso da panícula, peso da planta, matéria fresca, matéria seca, porcentagem de matéria seca e massa de forragem. Observou-se variabilidade entre os genótipos, e correlações fenotípicas fortes e positivas do peso da planta com peso do colmo, diâmetro do colmo e massa de forragem de 0,99, 0,92 e 0,78, respectivamente. Por meio da análise de trilha, notou-se que o peso da planta apresentou maior correlação total positiva (0,798) e positivo e alto efeito direto sobre a massa de forragem (0,949). Assim, recomenda-se a seleção indireta de genótipos com maior massa de forragem, por meio do maior peso de planta.

**Palavras-chave:** Correlação; Forragem; Melhoramento; *Sorghum L. moench*.

<sup>1</sup>Graduando de Eng. Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil.

<sup>2</sup> Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas e Professor Adjunto, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil.

## **Abstract**

### **SELECTION OF FORAGE SORGHUM IN SEMIARID REGION**

*Sorghum L. moench* is a Poaceae with morphophysiological characteristics, which adapt to water deficiency conditions, thus becoming a promising alternative for the “Sergipe” Semiarid region. One way to select promising sorghum materials in the breeding program is to analyze the correlations between morphological variables. Thus, the objective was selection forage sorghum in semiarid region. For this, an experiment was carried out at Embrapa semiarid experimental farm, located in the municipality of Nossa Senhora da Glória /SE, using an experimental of randomized blocks design, with three replications. A total of 16 genotypes were used, four commercial witnesses and 12 experimental hybrids, totaling 48 plots. The traits studied were: plant height, stem diameter, panicle length, stand, stem weight, leaf weight, panicle weight, plant weight, fresh matter, dry matter, dry matter percentage and forage mass. Variability was observed between genotypes, and strong and positive phenotypic correlations of plant weight with stem weight, stem diameter and forage mass from 0,99, 0,92 and 0,78, respectively. Through the trail analysis, it was noticed that plant weight presented higher positive total (0,798) correlation and positive and a high direct effect on the forage mass (0,949). Thus, it is recommended the indirect selection of genotypes with higher forage mass, by means of higher plant weight.

**Keywords:** Breeding; correlation; Fodder; *Sorghum L. moench*.

## 1. Introdução

O sorgo (*Sorghum L. moench*) é uma Poaceae, com centro de origem na África e parte da Ásia (MACEDO et al., 2019) e possui mecanismo fotossintético C4, o que lhe confere adaptabilidade a climas tropicais (COSTA, 2013). A cultura do sorgo tem sido explorada para diversas finalidades, destacando-se o uso do tipo forrageiro na alimentação animal, na qual tem-se intensificado. Tal fato é resultado das características encontradas na planta, a exemplo da tolerância ao déficit hídrico devido seu sistema radicular profundo, presença de cera cuticular nas folhas, e aproveitamento de rebrota, se sobressaindo quando comparado a espécies de maior expressão econômica como o milho (SILVA, 2018).

Dentre as Poaceas, a importância do sorgo forrageiro é ainda mais notória para a região do semiárido sergipano, devido as suas características morfofisiológicas, as quais lhe confere adaptação as condições locais. Este destaque se dá porque no semiárido a produção animal é limitada pela escassez de alimentos para o rebanho, devido as irregularidades na distribuição das chuvas durante o decorrer do ano (PARENTE et al., 2016). Assim, o sorgo surge como uma alternativa promissora na região, tendo em vista que oferece menor risco de insucesso neste ambiente (TOLENTINO, 2014).

O potencial de uma planta para fins forrageiro leva em consideração à aptidão produtiva na região, juntamente com o valor nutricional para que possa incluir na dieta dos animais (CARVALHO, 2017). Para auxiliar na seleção de genótipos com características de tal interesse é necessário avaliar alguns aspectos, a exemplo da altura da planta, que tem associação com as frações de folhas, colmos e panículas, contribuindo no rendimento de matérias verde e seca, as quais também são utilizadas em programas iniciais de melhoramento da cultura por expressarem valores quantitativos, obtendo resultados precisos (RODRIGUES DO NASCIMENTO et al., 2021).

Neste contexto, é essencial realizar as associações entre as variáveis morfológicas do sorgo, pois permite direcionar a seleção indireta das variáveis superiores que influenciam no rendimento da forragem. O procedimento utilizado no estudo dessas associações são as correlações, a qual faz seleções simultâneas de caracteres. No entanto, os coeficientes de correlação estimam apenas o sentido das correlações, e a magnitude envolvida entre duas variáveis, o que inviabiliza inferir qual variável governa o par de caracteres, ou seja, somente permite avaliar as relações existentes entre as variáveis (FIGUEIREDO JÚNIOR et al., 2018).

Desta forma, o uso da análise de trilha é uma importante ferramenta na seleção indireta de genótipos de sorgo forrageiro, pois, realiza o desdobramento dos coeficientes de correlações, isso permite identificar as correlações existentes nas variáveis morfológicas avaliadas, possibilitando

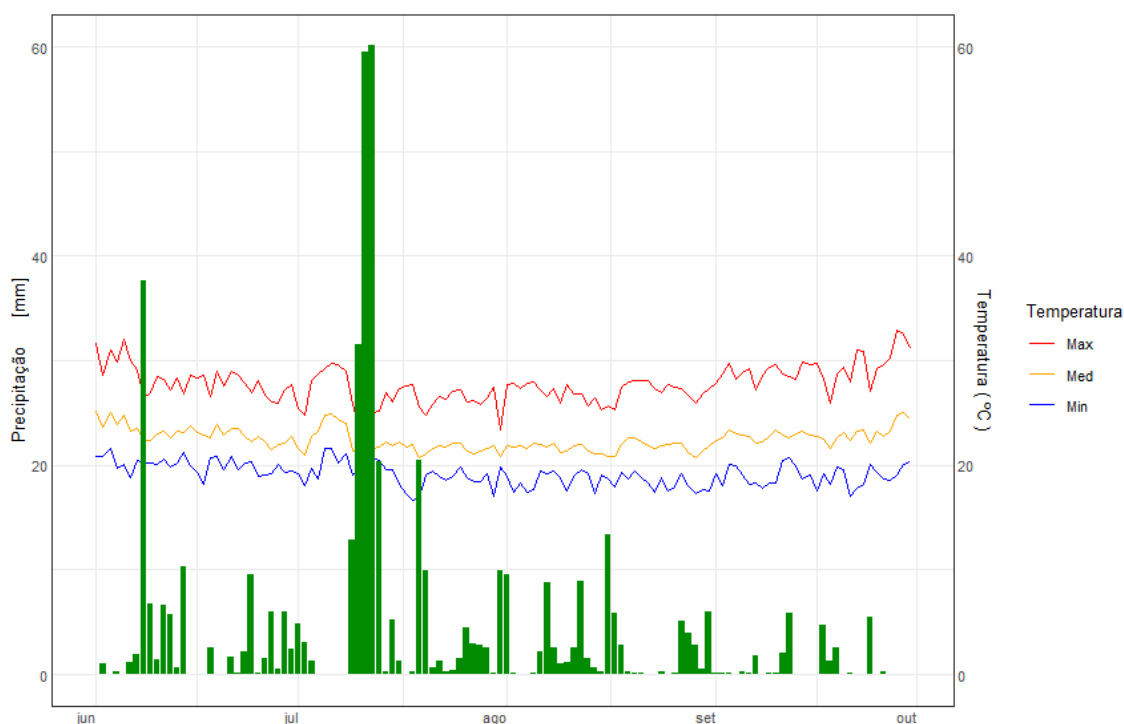
obter estimativas de efeitos diretos e indiretos em função de uma variável alvo de maior importância na seleção (SILVA PINHEIRO et al., 2021). Assim, com a utilização desta análise, proporciona-se conhecer de forma detalhada as variáveis morfológicas que influenciam para o aumento da massa de forragem, e que pode servir em uma seleção indireta.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo a seleção de sorgo forrageiro em região semiárida.

## **2. Material e Métodos**

O experimento foi conduzido entre os meses de junho e setembro de 2019, na fazenda experimental da Embrapa – Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória, região do Alto Sertão Sergipano (latitude 10°12'18" S, longitude 37°19'39" W e altitude 294 m). O clima deste é considerado BShs' segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como clima muito quente com estação chuvosa no inverno e médias anuais de precipitação e temperatura de 750 mm e 24 °C, respectivamente. Os dados climáticos do período experimental estão dispostos na (Figura 1), e foram obtidos a partir da estação meteorológica da Embrapa Semiárido de Nossa Senhora da Glória- SE.

Durante o período experimental, os valores de temperatura máxima variaram de 26,53 a 29,94 °C, média 22,05 a 23,14 °C e mínima 18,42 a 20,01 °C (Figura 1). A precipitação acumulada para o período foi 469 mm, valor próximo da média da região, já que o período avaliado corresponde ao de maior precipitação. Sendo que, o mês de julho foi o período com maior volume de chuva acumulada com 258 mm, onde chegou a obter 60 mm em um só dia. Em contrapartida, o mês de setembro apresentou a menor precipitação, 25 mm durante todo mês (Figura 1).



**Figura 1** - Temperatura máxima, média, mínima e precipitação. Observadas no período experimental, através da estação meteorológica da Embrapa Semiárido de Nossa Senhora da Glória- SE, 2019.

O experimento foi realizado em campo, utilizando delineamento experimental de blocos casualizados, constituídos por 16 genótipos de sorgo forrageiro, com três repetições, totalizando 48 parcelas. Cada parcela foi formada por duas linhas de cinco metros, espaçadas em 0,10 m entre plantas e 0,50 m entre linhas, totalizando 50 plantas por linha, com estande final estimado em 200.000 plantas por hectare.

Os tratamentos utilizados nesse estudo, foram formados por 12 híbridos experimentais que fazem parte do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, e quatro testemunhas comerciais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos, fase e obtentor das cultivares de sorgo forrageiro avaliadas no experimento conduzido na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, localizada em Nossa Senhora da Glória- SE, 2019.

Tratamento	Cultivar	Fase	Obtentor
1	1141126	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
2	947216	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
3	1141572	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
4	1141554	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
5	1141570	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
6	1141562	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
7	1141340	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
8	947072	Experimental	Embrapa Milho e sorgo
9	SS318	Experimental	Embrapa Milho e sorgo

10	P-288	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
11	P-294	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
12	P-1011PN	Experimental	Embrapa Milho e Sorgo
13	BRS 658	Comercial	Embrapa Milho e Sorgo
14	BRS 659	Comercial	Embrapa Milho e Sorgo
15	Volumax	Comercial	Monsanto
16	BRSPontaNegra	Comercial	Embrapa Milho e Sorgo

O preparo da área experimental foi realizado utilizando um arado de disco, revolvendo o solo a 30 cm de profundidade, em seguida foi usada uma grade niveladora. Posteriormente, realizou-se a marcação das parcelas experimentais e semeou-se manualmente uma semente por cova. Em relação ao efeito bordadura dentro da parcela, este foi obtido adicionando duas sementes na primeira cova e duas na última.

O manejo da adubação foi realizado, seguindo as recomendações de adubação para a cultura descrita em Sobral et al. (2007), e utilizando a análise de solo disposta na (Tabela 2). Assim, foi feita a adubação de fundação no mesmo dia do plantio, adicionando manualmente o fertilizante comercial que possui a formulação NPK de 8-28-16 na quantidade de 300 kg/ha<sup>-1</sup>, próximo ao sulco de plantio. Já, a adubação de cobertura, foi realizada 30 dias após o plantio, onde foi adicionado de forma manual 240 kg/ha<sup>-1</sup> de uréia. Aliado a isso, realizou-se uma capina manual quando necessário.

**Tabela 2.** Análise química do solo realizada pelo laboratório de Solos da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019.

M.O	pH em H <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+AL	Al <sup>3+</sup>	P <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
(g Kg <sup>-1</sup> )		.....(mmolc dm <sup>-3</sup> ) .....					(mg dm <sup>-3</sup> )	
12,29	5,17	16,74	10,71	31,05	3,01	1,46	67,92	32,88

M.O. Matéria orgânica; Ca<sup>2+</sup> - Cálcio; Mg<sup>2+</sup> - Magnésio; H+Al - Hidrogênio mais alumínio; Al<sup>3+</sup> - Alumínio; P<sup>3-</sup> - Fósforo; K<sup>+</sup> - Potássio; e Na<sup>+</sup> - Sódio.

As variáveis avaliadas foram, altura de plantas (AP), avaliando-se a média de cinco plantas aleatórias da parcela, medindo o comprimento da distância entre o nível do solo até a base da panícula com o auxílio de uma régua graduada, em metros; comprimento médio da panícula (CP), obtido, medindo-se da base da panícula ao ápice da ráquis, expresso em cm; diâmetro médio do colmo (DC), aferindo-se no estágio de maturidade fisiológica, entre o intervalo do primeiro e o segundo nó com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros; estande (ST) obteve-se por meio da contagem de todas as plantas presentes na parcela, por ocasião da colheita.

O peso da planta (PP) foi estimado a partir da pesagem de todas as plantas da parcela, expresso em kg; peso do colmo (PC), foi aferido pela pesagem de todos os colmos da parcela, após a retirada de todas as folhas da planta. O peso da folha (PF), estimado com a pesagem de todas as

folhas da planta em balança analítica eletrônica; peso da panícula (PAN), determinou-se por meio da pesagem de cinco panículas aleatórias da parcela.

A matéria fresca (MF), foi obtida por meio da planta completa, triturada em uma forrageira, e a massa de uma amostra foi pesada por meio de uma balança analítica de precisão; para aferição da matéria seca (MS), pesou-se uma amostra de MF após 72 horas em estufa com circulação de ar forçada de 65 °C; a porcentagem de matéria seca (%MS), determinou-se usando a Equação 1; e, por fim, a massa de forragem, foi obtida por meio da Equação 2.

$$\%MS = \left(\frac{MS}{MF}\right) * 100 \quad \text{Equação. 1}$$

$$MFO = \left(\left(\frac{PP}{ST}\right) * STp/ha\right) * \left(\frac{\%MS}{100}\right) \quad \text{Equação. 2}$$

Em que,

MS – Massa seca

MF – Massa fresca

MFO – Massa de Forragem;

PP – Peso das plantas na parcela;

ST – Estande de plantas na parcela;

ST p/ha<sup>-1</sup> – Estande de plantas por hectare, obtido pela equação:  $\left(\frac{ST}{10}\right) * 20000$

%MS – Porcentagem de matéria seca.

Os dados obtidos foram avaliados pelo teste F (P < 0,05) por meio da análise de variância. Em seguida, realizou-se a matriz de correlação entre os caracteres para todas as variáveis, com exceção de estande (ST) e massa seca (MS), pois apresentaram valores superestimado, tornando-se necessário a eliminação. Após, obteve-se a correlação fenotípica a partir da análise de variância dos dados originais, utilizando-se o estimador do coeficiente de correlação de Pearson.

O coeficiente de correlação (*rF*) foi determinado, usando a equação citada por Falconer (1987) e Ramalho et al. (1993):

$$rF = \frac{COV F (X,Y)}{\sqrt{(\sigma^2_{FX} \cdot \sigma^2_{FY})}} \quad \text{Equação.3}$$

Em que,

*r(xy)* correlação entre os caracteres X e Y;

*COV (xy)* -Covariância entre os caracteres X e Y; e

$\sigma^2_x$  e  $\sigma^2_y$  variância dos caracteres X e Y, respectivamente.

Em seguida, as correlações fenotípicas (*rF*) dos caracteres, foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos sobre a variável principal (massa de forragem), utilizando o procedimento da análise de trilha (WRIGHT, 1921). Para realizar a ANAVA e análise de trilha utilizou-se o

programa computacional GENES (CRUZ, 2016), e a correlação fenotípica o software RStudio® (R Foundation, 2017).

### 3. Resultados e Discussão

Observou-se diferenças significativas para as variáveis AP, MF, %MS, PC, PP, CP, a 1% de significância, e para os caracteres MS e DC a 5% de significância, o que indica a presença de variabilidade entre os genótipos avaliados (Tabela 3). A existência dessa diversidade genética, constitui em um requisito importante, pois permite uma maior possibilidade de ganhos genéticos com a seleção para essas variáveis em programas de melhoramento genético (PATERNIANI et al., 2019).

Além disto, houve diferenças entre as médias dos genótipos experimentais e comerciais para todas as variáveis, sendo as testemunhas comerciais responsáveis pelas médias superiores nas variáveis AP (2,01), %MS (58,01), PP (9,81), CP (26,66), DC (1,41), PAN (122,91), ST (95,25) e MFO (10462,15). Estes resultados eram esperados, tendo em vista que os materiais utilizados como testemunhas já foram melhorados, e apresentam as características ideais para cultivo com finalidade econômica.

As variáveis AP, %MS, CP e DC apresentaram, coeficientes de variação de 6,70%, 13,16%, 12,77% e 13,04%, respectivamente (Tabela 3). Estes valores foram considerados aceitáveis para a cultura, visto que, em experimentos realizados em campo, cuja cultura avaliada é o sorgo, é ideal obter um CV igual ou menor a 20% (GURGEL et al., 2013). No entanto, os caracteres agronômicos MF, MS, PC, PP, PF, PAN, ST e MFO, variaram entre 26,40 e 40,69%. O que podem estar relacionadas aos efeitos dos fatores abióticos, principalmente ao estresse hídrico durante o período experimental, aliado com a variabilidade existentes entre os materiais avaliados.

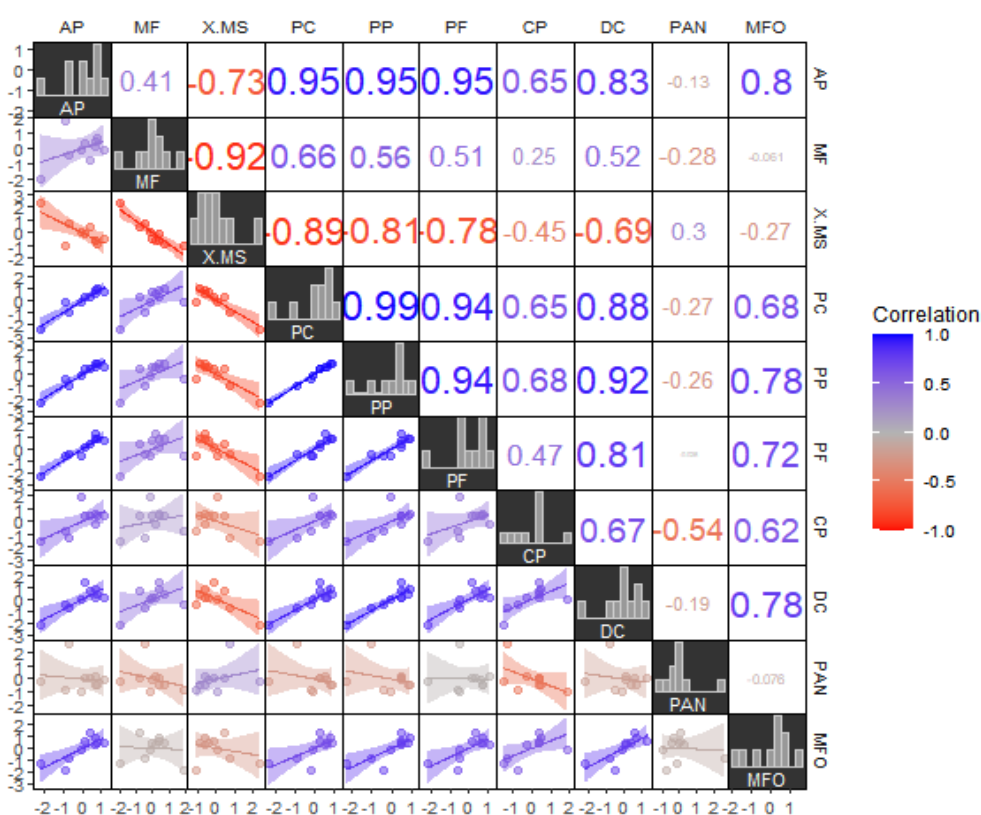
Em ambientes que sofrem efeitos do estresse hídrico, é comum um aumento nos valores de CV (TAUBINGER, 2016), isso ocorre devido a presença de valores altos dos quadrados médios dos resíduos, e menores médias. Dessa forma, como o CV é uma razão dessa equação, consequentemente serão observados valores mais altos (BANZATTO; KRONKA, 2013). Além disso, em condições experimentais submetida as mesmas características, valores altos de CV são comuns e têm sido observado em outros trabalhos, a exemplo de Silva (2020) e Soares et al. (2011).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância relativo à altura de plantas (AP, m), matéria fresca (MF, g), matéria seca (MS, g), porcentagem de matéria seca (%MS), peso do colmo (PC, Kg), peso da planta (PP, Kg), peso da folha (PF, Kg), comprimento da panícula (CP, cm), diâmetro do colmo (DC, mm), peso da panícula (PAN, g), estande (ST, P/P) e massa de forragem (MFO, Kg/ha<sup>-1</sup>), dos 16 genótipos experimentais e comerciais de sorgo forrageiro avaliados em Nossa Senhora da Glória- SE, 2019.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio											
		AP	MF	MS	%MS	PC	PP	PF	CP	DC	PAN	ST	MFO
<b>Bloco</b>	2	0,056	24666,92	7964,84	126,07	15,36	20,56	645156,77	19,39	0,01	7898,31	395,27	16597174,74
<b>Tratamentos</b>	15	0,09**	10173,59**	1162,57*	323,28**	16,95**	29,76**	226477,78	46,50**	0,06*	2175,19	1358,84	13208257,10
<b>Erro</b>	30	0,54	3563,39	576,74	43,09	5,23	6,71	170337,88	9,71	0,03	1282,76	822,63	7072870,52
<b>CV (%)</b>		6,70	30,81	26,40	13,16	37,41	28,47	40,69	12,77	13,04	32,45	30,28	30,67
<b>Média Geral</b>		1,99	193,73	90,95	49,86	6,11	9,09	1014,17	24,39	1,31	110,38	94,71	8671,98
<b>Média Experimentais</b>		1,99	205,15	93,22	47,15	6,21	8,86	1029,03	23,64	1,27	106,19	94,53	8075,25
<b>Média Testemunhas</b>		2,01	159,46	84,12	58,01	5,81	9,81	969,58	26,66	1,41	122,91	95,25	10462,15

\* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL= graus de liberdade.

Na Figura 2, é apresentado a correlação linear simples entre os caracteres avaliados, a qual permite notar a associação, positiva ou negativa, alta ou baixa, entre as variáveis estudadas. O coeficiente de correlação é caracterizado por apresentar um valor adimensional, onde ocorre uma variação de -1 a 1. Ou ainda, o valor de correlação igual a zero, caracterizando a falta de relação linear entre os caracteres. Tal magnitude da correlação entre as variáveis, pode ser classificada em nula ( $r = 0$ ), fraca ( $0 < r < 0,3$ ), média ( $0,30 < r < 0,60$ ), forte ( $0,60 < r < 0,90$ ), muito forte ( $0,90 < r < 1$ ) e correlação perfeita ( $r = 1$ ) (CARVALHO et al., 2004). Podendo ser, positivas quando as características aumentam paralelamente ou negativas quando houver a tendência de uma característica aumentar em detrimento da redução da outra (DIAS et al., 2018).



**Figura 2** - Correlação linear simples entre as variáveis altura de plantas (AP, m), matéria fresca (MF, g), porcentagem de matéria seca (%MS), peso do colmo (PC, Kg), peso da planta (PP, Kg), peso da folha (PF, Kg), comprimento da panícula (CP, cm), diâmetro do colmo (DC, mm), peso da panícula (PAN, g), e massa de forragem (MFO, kg/ha<sup>-1</sup>), dos 16 genótipos de sorgo forrageiro, em Nossa Senhora da Glória- SE, 2019.

Verificou-se correlações fenotípica de magnitude forte e negativas entre a %MS com as variáveis PC (-0,89), PP (-0,81), PF (-0,78), AP (-0,73), DC (-0,69), e muito forte negativa com MF (-0,92). Esses resultados mostram que os genótipos de sorgo forrageiro mais pesados, e com

maiores médias de matéria fresca tendem a possuir uma menor porcentagem de matéria seca, já que esta mensuração é realizada sem a contribuição da água presente na planta. Tal fato, foi confirmado no trabalho desenvolvido por Pesce et al. (2000), onde constataram que dentre os componentes das plantas de sorgo, o colmo foi o caráter agrônômico que promoveu uma menor contribuição para a elevação da concentração da %MS, em virtude de apresentar em sua composição menores teores de matéria seca e maiores teores de água.

Segundo Figueiredo Júnior et al. (2018), quando duas variáveis apresentam correlação positiva, é possível obter ganhos para um deles através da seleção de materiais no outro associado. Dito isto, PP apresentou correlação fenotípica muito forte e positiva com PC (0,99) e DC (0,92), e forte com MFO (0,78). Sendo assim, a seleção indireta de genótipos a partir de uma destas características correlacionadas com PP, poderá resultar em ganhos satisfatórios para o peso do colmo, o diâmetro do colmo e a massa de forragem por hectare.

Estes resultados, são similares aos retratados no trabalho realizado por Castro (2014), onde notou que o diâmetro do colmo das plantas de sorgo influenciou de forma direta e proporcional o peso da planta, e conseqüentemente na produção da massa de forragem. Já que, só a altura da planta não é capaz de determinar maior produção de massa de forragem, sem estar associada a colmos que apresentem diâmetros maiores.

A variável AP apresentou correlação fenotípica positiva e de magnitude média com a MF (0,41), e forte com a MFO (0,8), sugerindo ganhos para uma destas características quando associadas com a seleção de genótipos com maior AP (Figura 2).

A alta e forte correlação positiva da AP com a MFO permite que os genótipos mais altos produzam um maior volume de forragem por hectare, isso se os outros componentes da planta que contribuem na elevação da biomassa, a exemplo das folhas, panículas e diâmetro do colmo também forem elevados (PAZIANI et al.,2019). Tal fato também foi observado por Santos et al. (2013), que ao estudarem as características agrônômicas de sorgo forrageiro com finalidade para produção de silagem, afirmaram que há uma correlação positiva entre altura da planta com a contribuição do peso do colmo no rendimento da massa de forragem.

Estudos voltados para análise do coeficiente de correlação têm importância no melhoramento genético, contudo, suas estimativas não determinam a relação de causa e efeito entre as variáveis, tal como a análise de trilha. Esta análise tem a capacidade de particionar o coeficiente de correlação e quantificar as relações diretas e indiretas de todas as variáveis envolvidas na resposta, uma a uma, tal fato proporciona maior confiabilidade na escolha de características relevantes para a seleção (GONÇALVEZ et al., 2017).

É possível através da análise de trilha apresentada na Tabela 4, explicar 99% (coeficiente de determinação) da variação em massa de forragem pelas variáveis avaliadas. Este constitui um resultado interessante e desejável para a seleção, visto que, valores do coeficiente de determinação maiores que 0,90 são considerados elevados e demonstram que grande parte da variação no caráter principal, pode ser explicada pelas demais variáveis incluídas na análise de trilha (PEREIRA et al., 2013). O alto valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) no modelo da análise de trilha (0,99) e o baixo efeito da variável residual (0,05) mostraram que o modelo adotado expressou a relação causa efeito das variáveis explicativas sobre a variável alvo MFO.

A variável PP foi a que mais influenciou a massa de forragem, pois apresentou maior coeficiente de correlação total positiva com a variável alvo MFO (0,798), seguida do DC (0,716) e AP (0,645). O PP também foi o componente que apresentou o maior efeito direto sobre a MFO (0,949), resultado esperado uma vez que esta é obtida por meio de uma equação, na qual o caráter PP está presente e de forma diretamente proporcional. Isto leva a inferir que genótipos que apresentam maior peso de planta, exibem maiores produtividades de massa de forragem. Assim, este resultado, é um indicativo de viabilidade da seleção indireta via PP para obtenção de melhores ganhos quanto a massa de forragem por hectare já que este caráter é de difícil mensuração.

Tal fato, foi confirmado por Crevelari et al. (2018), quando se fala em correlações entre características de interesse agrônomo, o rendimento da massa de forragem é uma variável considerada complexa, que resulta da associação entre muitos caracteres, assim com o uso da análise de trilha, facilita-se o procedimento de seleção de caracteres que possam contribuir, de maneira indireta, para o aumento da massa de forragem.

A %MS foi a segunda variável com maior efeito direto sobre a MFO (0,845), no entanto, apresentou coeficiente de correlação total negativa (-0,017), isso ocorreu devido a presença de efeitos negativos das outras variáveis com a %MS, o que indica que deve existir outros caracteres que poderão proporcionar maior impacto em termos de ganho com a seleção.

Segundo Blind et al. (2018), as estimativas de efeitos diretos e indiretos acima do efeito residual são consideradas de maior relevância para seleção. Nesse sentido, a %MS mostrou efeito negativo (-0,517) sobre a MFO via PP, demonstrando que quando a %MS está em associação com outras variáveis causa efeitos negativos, assim com a redução do caráter eleva o rendimento das outras variáveis.

A terceira variável com maior efeito direto sobre a variável alvo MFO, foi o PC (0,323) com coeficiente de trilha superior ao efeito residual (0,05), o que mostra que existe efeito direto desta variável sobre a principal MFO. O PC também apresentou alto coeficiente de correlação total (0,642), assim, em um processo de seleção indireta para MFO esta variável também poderá ser

levada em consideração, pois seus atributos aumentam a massa de forragem. As demais variáveis apresentaram efeitos diretos e indiretos de baixas magnitudes ou negativos sobre a massa de forragem.

**Tabela 4.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a massa de forragem (MFO), dos 16 genótipos de sorgo forrageiro, em Nossa Senhora da Glória- SE, 2019.

<b>Variáveis</b>	<b>Estimativa de correlação</b>	<b>Total</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Estimativa de correlação</b>	<b>Total</b>
<b>AP</b>			<b>PP</b>		
Efeito direto sobre MFO	-0,082		Efeito direto sobre MFO	0,949	
Efeito indireto via MF	-0,009		Efeito indireto via AP	-0,067	
Efeito indireto via %MS	-0,428		Efeito indireto via MF	0	
Efeito indireto via PC	0,273		Efeito indireto via %MS	-0,517	
Efeito indireto via PP	0,765		Efeito indireto via PC	0,311	
Efeito indireto via PF	0,093		Efeito indireto via PF	0,096	
Efeito indireto via CP	0,017		Efeito indireto via CP	0,018	
Efeito indireto via DC	0,003		Efeito indireto via DC	0,004	
Efeito indireto via PAN	0,005		Efeito indireto via PAN	0,001	
		0,645			0,798
<b>MF</b>			<b>PF</b>		
Efeito direto sobre MFO	0,001		Efeito direto sobre MFO	0,119	
Efeito indireto via AP	-0,007		Efeito indireto via AP	-0,064	
Efeito indireto via %MS	-0,702		Efeito indireto via MF	0	
Efeito indireto via PC	0,142		Efeito indireto via %MS	-0,487	
Efeito indireto via PP	0,31		Efeito indireto via PC	0,259	
Efeito indireto via PF	0,024		Efeito indireto via PP	0,766	
Efeito indireto via CP	0,002		Efeito indireto via CP	0,008	
Efeito indireto via DC	0,002		Efeito indireto via DC	0,003	
Efeito indireto via PAN	-0,002		Efeito indireto via PAN	0,007	
		-0,23			0,612
<b>%MS</b>			<b>CP</b>		
Efeito direto sobre MFO	0,845		Efeito direto sobre MFO	0,036	
Efeito indireto via AP	0,042		Efeito indireto via AP	-0,038	
Efeito indireto via MF	-0,001		Efeito indireto via MF	-0,005	
Efeito indireto via PC	-0,246		Efeito indireto via %MS	-0,195	
Efeito indireto via PP	-0,581		Efeito indireto via PC	0,148	

Efeito indireto via PF	-0,069	Efeito indireto via PP	0,476
Efeito indireto via CP	-0,008	Efeito indireto via PF	0,026
Efeito indireto via DC	-0,002	Efeito indireto via DC	0,003
Efeito indireto via PAN	0,003	Efeito indireto via PAN	-0,004
		-0,017	0,452
<b>PC</b>		<b>DC</b>	
Efeito direto sobre MFO	0,323	Efeito direto sobre MFO	0,006
Efeito indireto via AP	-0,069	Efeito indireto via AP	-0,046
Efeito indireto via MF	0,001	Efeito indireto via MF	0
Efeito indireto via %MS	-0,642	Efeito indireto via %MS	-0,279
Efeito indireto via PP	0,914	Efeito indireto via PC	0,212
Efeito indireto via PF	0,096	Efeito indireto via PP	0,737
Efeito indireto via CP	0,016	Efeito indireto via PF	0,064
Efeito indireto via DC	0,004	Efeito indireto via CP	0,017
Efeito indireto via PAN	0	Efeito indireto via PAN	0,005
		0,642	0,716
<b>PAN</b>			
Efeito direto sobre MFO	0,029		
Efeito indireto via AP	-0,013		
Efeito indireto via MF	0,015		
Efeito indireto via %MS	0,089		
Efeito indireto via PC	0,005		
Efeito indireto via PP	0,038		
Efeito indireto via PF	0,028		
Efeito indireto via CP	-0,005		
Efeito indireto via DC	0,001		
		0,172	
<b>Coefficiente de Determinação (R<sup>2</sup>)</b>			0,99
<b>Efeito Residual</b>			0,05



#### **4. Conclusões**

A variável peso da planta com peso do colmo, diâmetro do colmo e massa de forragem apresentam altas correlações positivas;

A seleção da variável peso da planta levará a seleção indireta de genótipos com maior massa de forragem;

A análise de trilha mostrou ser uma ferramenta eficiente na seleção de caracteres de sorgo para fins forrageiro dentro do programa de melhoramento.

## 5. Referências bibliográficas

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 237 p.

BLIND, Ariel Dotto et al. Estimativa de parâmetros genéticos, análise de trilha e seleção em bucha vegetal para caracteres agronômicos. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 2004. 141 p.

CARVALHO, RTL. Alimentos e alimentação de caprino-ovinocultura no Brasil. **Revista Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 87-94, 2017.

CASTRO, F. M. R. **Potencial agrônômico e energético de híbridos de sorgo biomassa**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

COSTA, R. Q. **Fenologia e análise de crescimento do sorgo forrageiro volumax em vitória da conquista-ba**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Agronomia – Universidade Federal do Sudoeste da Bahia–Vitoria da Conquista-BA, 2013.

CREVELARI, Jocarla Ambrosim et al. Correlations between agronomic traits and path analysis for silage production in maize hybrids. **Bragantia**, v. 77, n. 2, p. 243-252, 2018.

CRUZ, Cosme Damião. Genes Software -extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Sci., Agron.**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

DIAS, Kaio Olímpio Das Graças et al. Improving accuracies of genomic predictions for drought tolerance in maize by joint modeling of additive and dominance effects in multi-environment trials. **Heredity**, v. 121, n. 1, p. 24-37, 2018.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. 2ª ed. Minas Gerais: Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FIGUEIREDO JÚNIOR, José Maurílio Moreira; SCHAFFERT, Robert Eugene; PARRELLA, RA da C. Análise de trilha para componentes da produção de álcool em híbridos de sorgo sacarino. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/BIC JÚNIOR, 13., 2018, Sete Lagoas. [Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018.

GONÇALVES, Danilo de Lima et al. Genetic correlation and path analysis of common bean collected from Caceres Mato Grosso State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, p. 1-7, 2017.

GURGEL, F. de L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, ACS. O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão. **Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2013.

MACEDO, Theilon Henrique Jesus; RODRIGUES, Vinícius Alves; FERREIRA, Joilson Silva. Seleção e inoculação de rizobactérias em sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 10, n. 2, p. 135-140, 2019.

PARENTE, Henrique Nunes et al. Increasing levels of concentrate digestibility, performance and ingestive behavior in lambs. **Revista Brasileira de saúde e produção animal**, v. 17, n. 2, p. 186-194, 2016.

PATERNIANI, Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto et al. Estratégias de melhoramento para tolerância à seca em germoplasma de milho tropical. **Singular Meio Ambiente e Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 19-24, 2019.

PAZIANI, SOLIDETE DE FÁTIMA et al. Correlações entre variáveis quantitativas e qualitativas de milho e de sorgo para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 408-416, 2019.

PEREIRA, Felipe Bermudez et al. Relação entre os caracteres determinantes das eficiências no uso de nitrogênio e fósforo em milho. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 636-645, 2013.

PESCE, Domingos Marcelo Cenachi et al. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 978-987, 2000.

RAMALHO, Magno Antônio Patto et al. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

R Foundation. **R: the R Project for statistical computing**. 2017. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em 10/05/2020.

RODRIGUES DO NASCIMENTO, R. et al. Multivariate analysis of sorghum hybrids cultivated in the semiarid region. **Archivos de zootecnia**, v. 70, n. 269, p. 42-48, 2021.

SANTOS, Rafael Dantas et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2013.

SILVA PINHEIRO, Luana et al. Análise de trilha da massa da espiga de milho e seus atributos físicos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e41510111912, 2021.

SILVA, D.F. **Desempenho de Genótipos de Milho e de Sorgo Submetidos a duas densidades de Plantio Para A Produção de Forragem**. 2018. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

SILVA, Wesley Costa. **Sorgo sacarino: interações entre déficit hídrico e época de colheita na produção de biomassa, qualidade de caldo e vigor de sementes**. 2020. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SOARES, Marcelo Oliveira et al. Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 168-174, 2011.

SOBRAL, L. F. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

TAUBINGER, M. **Índice discriminatório de estresse à seca em progênies de meios irmãos de milho usando seleções múltiplas**. 2016. 92 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal: Área de concentração em Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal do Tocantins Gurupi – TO, 2016.

TOLENTINO, D.C. **Qualidade de silagem de genótipos de sorgo**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado Universidade Estadual de Montes Claros), Minas Gerais, 2014.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington v. 20, n.6, p. 557-585, 1921.

## 6. Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças, e sempre guiar-me nas minhas escolhas e permitir que eu pudesse ir além dos meus limites, me dando sabedoria necessária para vencer mais uma etapa de minha vida.

Aos meus pais, José Valmir Lima e Arnaldina Barreto Lima pelo apoio, amor incondicional e pelos ensinamentos, enfim por toda a contribuição para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus irmãos, Grasielle, Daniela, José Cleverton e Cleidiane por todo apoio e incentivo ao longo desses anos. Ao meu namorado, Glebson, pela compreensão e paciência.

Ao Prof. Dr. Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira pela oportunidade e orientação para realização deste trabalho.

A todos os professores da Universidade Federal de Sergipe Campus do sertão, por todos os ensinamentos transmitidos. Aos membros do GEMS, por toda ajuda na condução e avaliação do experimento.

Aos amigos da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, Ana Paula, Gardênia, Douglas, Zilda, Janaína, Eduarda, Mariana, Marcos Vinícius pela convivência durante a graduação.

Aos amigos que ganhei para vida durante esse processo, Tainá, Fabiana, Gean Carlos, agradeço por todos os momentos inesquecíveis que foram compartilhados.

Enfim a todos que, de alguma forma, participaram dessa etapa o meu muito obrigado.