

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

CÉSAR FRANCISCO ASSIS BARCELOS

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E
MORFOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH**

**UBERLÂNDIA – MG
2019**

CÉSAR FRANCISCO ASSIS BARCELOS

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E
MORFOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH**

Trabalho apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Eng. Agrônomo pelo Instituto de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Dr. Prof. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

CÉSAR FRANCISCO ASSIS BARCELOS

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E
MORFOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE *SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH**

Trabalho apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de Eng. Agrônomo
pelo Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Uberlândia

A banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso, em sessão pública realizada em
Uberlândia/MG no dia 31 de outubro de 2019, considerou o candidato: _____

Dr. Prof. Sandro Manuel Carmelino Hurtado
UFU

Prof.
UFU

Prof.
UFU

Uberlândia – MG, de de 2019.

Dedico este trabalho aos meus pais, minha família e amigos.

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida; aos professores que tanto contribuíram pra minha formação, em especial meu orientador; e ao Grupo de Estudos em Agricultura de Precisão.

RESUMO

O sorgo é um cereal, pertencente à família Poaceae, que se originou na África e em parte da Ásia. No Brasil, a baixa produtividade média de 2.756 kg.ha^{-1} pode ser explicado pela má distribuição pluviométrica em determinadas regiões na época de cultivo e ao baixo uso de fertilizantes. O presente trabalho teve como objetivo identificar padrões espaciais entre comprimento da panícula (CP), altura de planta (ALP), comprimento da haste (CH), estande final (D) e atributos físicos do solo vinculados ao comportamento espacial da produtividade (Prod) de sorgo. O estudo foi conduzido em área pertencente à Universidade Federal de Uberlândia-MG, em área cultivada com sorgo em plantio direto. A partir de amostras georreferenciadas foi realizada avaliação física do solo e determinação de parâmetros morfológicos da planta. Os dados foram avaliados pela estatística descritiva e geoestatística, para ajuste de semivariogramas, interpolação por krigagem e obtenção de mapas de distribuição espacial. Os valores de média, coeficiente de variação (CV), assimetria, curtose, e as correlações lineares significativas inferiram no comportamento espacial dos dados, comportamento verificado pela dependência espacial observada para os atributos com correlação linear significativa entre eles. Os semivariogramas apresentaram alcance variando entre 291 m e 663 m. A partir dos mapas verifica-se uma região distinta de produtividade elevada que se correlaciona fortemente com a altura da planta e o teor de areia do solo. A partir dos dados conclui-se que há comportamento espacial para a produtividade e a sua distribuição espacial correlaciona-se com o comportamento espacial de atributos físicos do solo e morfológicos.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, sorgo, Variabilidade espacial

ABSTRACT

Sorghum is a Poaceae family's cereal, originated in Africa and part of Asia. In Brazil, the low average yield of 2,756 kg.ha⁻¹ can be explained by the poor rainfall distribution in certain regions during the cultivation and the low use of fertilizers. The present work aimed to identify geospatial patterns between panicle length, plant height, stem length, final stand and soil physical attributes linked to territorial of sorghum productivity behavior. This study was conducted in an area belonging to the Federal University of Uberlândia-MG, under no-tillage sorghum. The parameters were performed as from georeferenced samples, physical soil evaluation and determination of plant morphological. Data were evaluated by descriptive and geostatistical statistics for semivariogram adjustment, kriging interpolation and spatial distribution maps. Mean values, coefficient of variation (CV), asymmetry, kurtosis, and significant linear correlations have inferred the data geospatial behavior, verified by the spatial dependence, observed for the attributes with significant linear correlation between them. The semivariograms ranged from 291.29 m to 663 m. By the maps there is a distinct region of high productivity that strongly correlated with plant height and soil sand content. Therefore, is possible to conclude that there is geospatial behavior for productivity, and its spatial distribution correlates with the spatial behavior of soil physical and morphological attributes.

Key-words: Precision Agriculture, Sorghum, Spatial variability

LISTA DE IMAGENS

Figura 1 – Mapas interpolados por krigagem para os atributos A: Produtividade (sacas/ha) e B: altura de planta (cm).

Figura 2 – Mapas interpolados por krigagem para os atributos A: Produtividade (sacas/ha) e B: areia (g/Kg).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análises estatísticas descritivas para os dados de ALP, CP, CH, D, PMG, Prod., areia e argila. Uberlândia, 2019.

Tabela 2 – Correlação entre produtividade e os atributos comprimento da planta, da panícula e da haste, estande final (10 m²), peso de mil grãos, areia e argila. Uberlândia, 2019.

Tabela 3 – Análises geoestatísticas para os dados de altura de plantas, produtividade e textura. Uberlândia. 2019.

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

a alcance prático (m)

ALP Altura de planta

AP Agricultura de precisão

C₀+C patamar

CH Comprimento da haste

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento

CP Comprimento de panícula

CV Coeficiente de variação

D Estande final

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa

EPP Efeito pepita puro

GDE Grau de dependência espacial

GS+ Geostatistics for environmental sciences

PMG Peso de mil grãos

Prod. Produtividade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	3
4. CONCLUSÃO	8
5. REFERÊNCIAS.....	9

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é um cereal, pertencente à família Poaceae, que se originou na África e em parte da Ásia. Nos anos 80 tornou-se o quinto cereal mais importante em produção mundial, superado pelas culturas do trigo, arroz, milho e cevada (RIBAS, 2007). De acordo com Avelino (2008), foi introduzido no Brasil no início do século XX e se destacou pois, assim como as outras gramináceas e forrageiras, possui boa adaptação em regiões quentes e secas. Caracteriza-se pela multifuncionalidade e usos agrônômicos, que o tornam uma cultura muito competitiva.

Estima-se que a produção brasileira de sorgo seja de 2,1 milhões de toneladas e área plantada de 761,5 mil hectares (CONAB, 2018). A baixa produtividade de 2.756 kg.ha⁻¹ pode ser explicada pela má distribuição pluviométrica em determinadas regiões na época de cultivo e ao baixo uso de fertilizantes (VON PINHO e VASCONCELOS, 2002). Existem também vários problemas atribuídos à falta de estabilidade de produção dos materiais utilizados (VON PINHO et al., 2007).

O sorgo graminífero é uma espécie que se adapta bem em diferentes biomas, principalmente em regiões que apresentam déficit hídrico no período de pós-florescimento (COELHO et al., 2002). Por ser uma planta de mecanismo fotossintético C₄ possui grande vantagem fotossintética (ANDRADE NETO et al., 2010). Sua capacidade de adaptação às condições menos favoráveis de cultivo, como a tolerância ao déficit hídrico e às altas temperaturas, em função das suas capacidades xerofílicas, torna o sorgo uma alternativa viável para o semiárido nordestino e uma boa opção de semeadura na safrinha de março a agosto no Centro-Oeste e vem obtendo maior área de produção por ser uma cultura marginal ao milho, depende do desempenho do mesmo para participar do mercado. (BERENGUER e FACI, 2001; MORGADO, 2005; TABOSA et al., 2008; BRITO et al., 2017).

Agronomicamente, os sorgos são classificados em quatro grupos: graminífero; forrageiro para silagem ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte; verde/fenação/cobertura morta e vassoura (EMBRAPA, 2009). Essas diversas destinações tornam o sorgo uma excelente opção para o mercado: o sorgo graminífero, para produção de grãos; forrageiro e silageiro, para corte e pastejo, respectivamente; e os tipos sacarino e biomassa, para demanda industrial por etanol de primeira e segunda gerações, e queima para energia, em específico para a biomassa (RIBAS, 2000).

De acordo com Coelho et al. (2002), o sorgo passa por um processo de valorização pelas indústrias de ração, uma consequência do aumento do consumo per capita de proteína animal e consequentemente, pelo aumento no consumo de rações balanceadas. Além de ser uma opção para safrinha, o sorgo granífero é um bom provedor de palha que age no controle de plantas daninhas (BRITO et al., 2017). Destaca-se também seu alto valor energético, alta digestibilidade e produtividade na utilização para silagem ou corte verde para o gado (BUSO et al., 2011).

Para a obtenção de materiais graníferos, com boa qualidade de grãos e altas produtividades são necessárias avaliações para diversas características, que respondem pelo desempenho da planta no campo, considerando, fitossanidade, tempo gasto para completar ciclo, porte da planta, desempenho agrônomo em relação aos pais, comprimento de panículas, diâmetro de panículas, diâmetro do colmo, número de panículas colhidas, produção de grãos e peso de mil grãos, dentre outras (SANTOS et al., 2016).

Diversos autores procuraram esclarecer a relação existente entre atributos de planta e de solo por meio da geoestatística, uma ferramenta que vem sendo muito utilizada nesses tipos de estudos, a fim de identificar as variáveis dependentes que apresentam variabilidade espacial e que influenciam na tomada de decisão quanto às práticas de manejo do solo e da cultura (MONTANARI et al., 2015)

Com a propagação da agricultura de precisão, que pode ser definida como o conjunto de ferramentas e tecnologias que auxiliam no estudo da variabilidade da lavoura, o estudo geoestatístico da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo com produtividade das culturas vem se intensificando (MONTANARI et al., 2013). O estudo da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e de características da planta, nos permitem a definição de zonas específicas de manejo, facilitando as operações agrícolas e melhorando substancialmente a produção e o desenvolvimento vegetal (REICHERT et al., 2008; DALCHIAVON et al., 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo identificar padrões espaciais entre comprimento da panícula (CP), altura de planta (ALP), comprimento da haste (CH), estande final (D), peso de mil grãos (PMG) e a textura do solo vinculados ao comportamento espacial da produtividade (Prod) de *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na fazenda experimental Capim Branco (18°53' S e 48°20' W), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia e alocada no município de Uberlândia/MG. A área destina-se ao cultivo de soja em plantio direto desde 2012, seguido pela safrinha de milho/sorgo. A área experimental apresenta 25 ha de Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), relevo suave ondulado e clima tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen.

A avaliação da textura do solo (CAMARGO et al., 2009) foi realizada a partir da amostragem de solo georreferenciada, na profundidade de 0 a 0,2 m, seguindo uma grade amostral sistematicamente aleatorizada com densidade de 2 pontos por hectare. Para cada um dos 50 pontos da grade foram retiradas, aleatoriamente e com auxílio de um trado calador, 10 subamostras simples para compor uma amostra composta.

O CP, ALP, CH e D foram coletados nas plantas das quatro linhas centrais das parcelas de 10m². Logo em seguida as panículas foram retiradas e levadas para uma trilhadora, onde foi realizada a separação dos grãos. Em sequência as amostras foram levadas para o laboratório onde avaliamos umidade, PMG e estimamos a produtividade, em sacas por hectare, a 13% de umidade.

Os dados foram avaliados de forma descritiva para obtenção de valores de média, mínimo, máximo e coeficientes de variação (CV), assimetria e curtose, com uso do software Excel e Statistica (STATSOFT, 2004). A análise geoestatística, realizada com auxílio do programa GS+ (ROBERTSON, 1998), permitiu o ajuste de modelos à semivariogramas experimentais (VIEIRA 2000) e interpolação por krigagem para obtenção de mapas de distribuição espacial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados nos permitem evidenciar uma produtividade média de sorgo de 4.848 kg.ha⁻¹ (Tabela 1), muito superior à média nacional de 2.756 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2018). Para fins de comparação, foram adotados os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick

& Nielsen (1980), para a classificação da variabilidade dos atributos analisados. Assim classificamos a ALP, CP, CH e PMG com baixa variação ($<12\%$), D, areia, argila e prod. com média variação ($12\% < CV < 60\%$). Já os valores de assimetria e curtose, próximos de zero, caracterizaram, na sua maioria, dados com comportamento normal (Tabela 1).

Tabela 1. Análises estatísticas descritivas para os dados de ALP, CP, CH, D, PMG, Prod., areia e argila. Uberlândia, 2019.

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	CV ¹ %	Coeficiente de	
					Assimetria	Curtose
ALP (cm)²	94,5	136,50	122,79	7,22	-1,19	2,04
CP (cm)³	16,80	24,90	21,56	7,79	-0,59	0,36
CH (cm)⁴	79,40	115,30	101,31	7,54	-0,77	1,18
D (10m²)⁵	146,00	287,00	196,58	16,69	0,54	-0,31
PMG⁶	25,03	34,26	29,22	6,76	0,25	0,01
Areia (g/Kg)	374,00	710,00	510,00	17,52	0,24	-0,95
Argila (g/Kg)	209,00	413,00	312,44	15,08	-0,01	-0,36
Produtividade (sacas/há)	36,90	108,02	80,80	20,11	-0,71	0,53

¹CV%: coeficiente de variação. ²ALP: altura de planta; ³CP: comprimento da panícula; ⁴CH: comprimento da haste; ⁵D; estande final; ⁶PMG: peso de mil grãos.

Como podemos observar na Tabela 2, não há influência do estande final na produtividade de grãos ($p>0,05$) em área de sequeiro (BAUMHARDT e HOWELL, 2006).

O sorgo possui compensação de rendimento de grãos quando submetido à redução aleatória da população inicial e o componente do rendimento de grãos mais afetado pela redução aleatória da população inicial é o número de grãos por panícula (MONTAGNER et al., 2004). A variação encontrada na altura de plantas de sorgo em diferentes trabalhos demonstra a capacidade de adaptação da planta a diferentes condições ambientais.

Tabela 2. Correlação entre produtividade e os atributos comprimento da planta, da panícula e da haste, D (10m²), PMG, areia e argila. Uberlândia, 2019.

Variáveis	Comprimento (cm)			D (10m ²) ¹	PMG ²	Areia	Argila
	Planta	Panícula	Haste			g.kg ⁻¹	
Prod.	0.80	0.53	0.78	-0.02	0.34	-0.53	0.40
(sacas/há)	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.89	p=0.01	p=0.00	p=0.00

P<0,05. ¹D; estande final; ²PMG: peso de mil grãos.

A altura das plantas é uma das características mais importantes na avaliação de cultivares de sorgo granífero, uma vez que plantas que apresentam um maior porte podem estar relacionadas com uma maior susceptibilidade a apresentarem acamamento e queda (SILVA et al. 2009). De maneira geral, o rendimento forrageiro dos cultivares relaciona-se com o porte da planta (PEREIRA, 1991; GONTIJO NETO et al., 2002). Os dados da Tabela 2 contradizem o proposto por Santos et al. (2016) que observou uma correlação negativa entre Prod e ALP, ou seja, maior produtividade de grãos era advinda de plantas com menor porte. Também contradiz a proposta de Magalhães e Durães (2003) em que as plantas destinadas a produção e qualidade de grãos, tendem a translocar os nutrientes absorvidos e suas reservas energéticas para a fase reprodutiva, o que requer menos gasto metabólico com crescimento vegetativo. Neste trabalho observamos que plantas maiores tiveram maior produtividade e, levando em consideração o ambiente, podemos considerar que plantas maiores foram mais competitivas e metabolizaram mais assimilados, o que explicaria sua maior produtividade grãos. Outra explicação plausível se correlaciona com a forma como foi realizada a amostragem, com reduzido número de indivíduos em cada parcela. Todavia, mais estudos são necessários para entender melhor como esse fenômeno acontece e porque acontece.

O comprimento da panícula é uma medida indireta de produtividade e do rendimento uma vez que, vem acompanhada de outra característica agrônômica de extrema importância que é o número de grãos. Quando todas as folhas estão completamente desenvolvidas, o tamanho potencial da panícula já está determinado, e a única maneira do ambiente influenciar no número de sementes é mediante o aborto de flores ou com a interferência na polinização e fertilização (VON PINHO e VASCONCELOS, 2002). Todavia, observamos que o comprimento da panícula não é o fator morfológico que mais se correlaciona com a produtividade ($r=0.53$) como proposto por (SANTOS et al., 2016).

Diferente do esperado, também observamos uma baixa correlação entre o PMG e a produtividade, assim grãos pesados são garantia de maiores produtividades, apenas em 34,21% dos casos. Esse fato pode demonstrar uma característica marcante onde, panículas com maior número de grãos apresentem grãos mais leves. Todavia, este não foi o foco do presente estudo e mais informações a respeito da estatística desses dados são necessárias para concluir a respeito dessa hipótese.

Dependência espacial foi observada para todos os atributos estudados, permitindo o ajuste de modelos esférico e gaussiano aos semivariogramas calculados (Tabela 3). O alcance variou de 291 m a 663 m. O grau de dependência espacial (GDE) (CAMBARDELLA et al., 1994), foi considerado forte para todas as variáveis analisadas, o que denota uma boa amostragem dos dados.

Tabela 3. Análises geoestatísticas para os dados de altura de plantas, produtividade e textura. Uberlândia. 2019.

Atributo	Modelo	C_0 ¹	C_0+C ³	a (m) ⁴	GDE ⁵	r ²
ALP (cm) ⁶	Esférico	11,07	85,27	291,29	Forte	0,94
CP (cm) ⁷	Esférico	1,36	2,82	263,10	Moderado	0,80
CH (cm) ⁸	Esférico	7,10	64,06	251,50	Forte	0,93
D (10m ²) ⁹	Gaussiano	598,31	1193,77	249,20	Moderado	0,62
PMG ¹⁰	Gaussiano	1,87	4,92	249,90	Forte	0,73
Areia (g/Kg)	Gaussiano	10,00	9130,00	663,	Forte	0,99
Argila (g/Kg)	Gaussiano	54,00	2820,74	294,91	Forte	0,98
Produtividade (sacas/há)	Esférico	58,81	275,82	291,38	Forte	0,88

¹Co: efeito pepita; ³C₀+C: patamar; ⁴a: alcance prático (m); ⁵GDE: grau de dependência espacial (C_0/C_0+C)*100; r²: coeficiente de determinação; ⁶ALP: altura de planta; ⁷CP: comprimento da panícula; ⁸CH: comprimento da haste; ⁹D; estande final; ¹⁰PMG: peso de mil grãos.

A partir dos mapas interpolados por krigagem (Figura 1 e 2), podemos definir duas zonas homogêneas para a produtividade do sorgo: uma ao centro, que corresponde às maiores produtividades e outra na parte inferior do mapa, onde observamos as menores produtividades. Esse mesmo comportamento também pode ser observado para ALP, ou seja, no centro do pivô temos as plantas maiores e na parte inferior do talhão as plantas menores (Figura 1).

A identificação de regiões de menor produtividade nos permite realizar práticas de manejo do solo diferenciadas nas áreas de médio, baixo e alto potencial produtivo por exemplo. Uma das vantagens dos mapas interpolados por krigagem é a exata localização das áreas de baixa produtividade (MONTANARI et al., 2012b).

Figura 1 – Mapas interpolados por krigagem para os atributos A: Produtividade (sacas/ha) e B: altura de planta (cm).

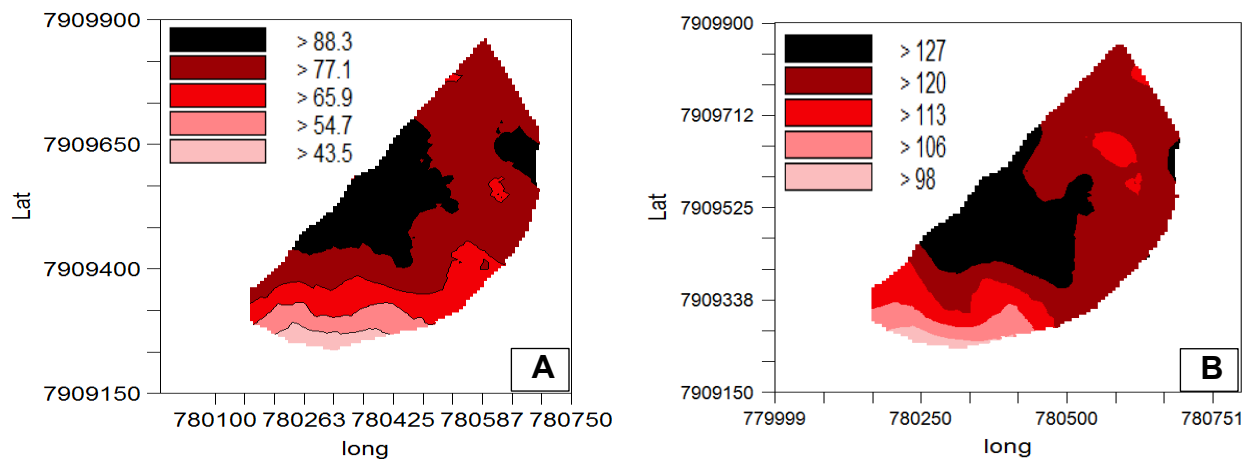
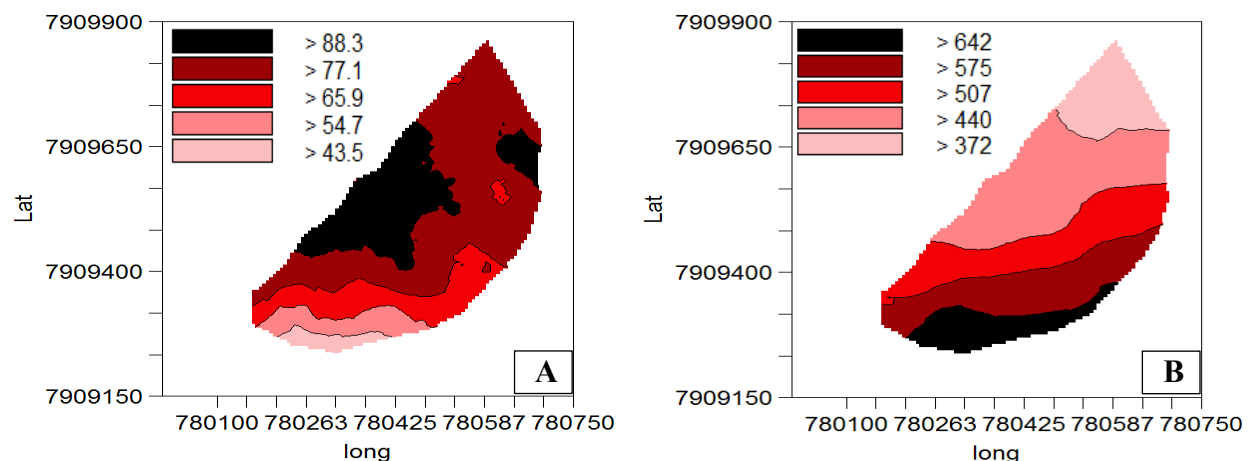


Figura 2 – Mapas interpolados por krigagem para os atributos A: Produtividade (sacas/ha) e B: areia (g/Kg).



Quanto a física do solo, observamos que a produtividade se correlaciona negativamente com o teor de areia do solo ($r = -0,53$). A interpretação desse dado fica mais clara a partir da Figura 2, onde podemos observar que não necessariamente solos argilosos serão mais produtivos, mas machas de solo com teores de areia entre 440 g.kg⁻¹ e 507 g.kg⁻¹ sustentam as maiores produtividades. Nas zonas com teor de areia superior a 575 g.kg⁻¹ observamos uma redução crescente da produtividade. Nesse caso, outras variáveis devem ser levadas em consideração como, por exemplo, teores de nutrientes, compactação e disponibilidade de água, mas que não foram o foco desse trabalho.

4. CONCLUSÃO

Há comportamento espacial para comprimento da panícula (CP), altura de planta (ALP), comprimento da haste (CH), estande final (D), peso de mil grãos (PMG), teor de argila e areia do solo e a sua distribuição espacial explica, em parte, o comportamento espacial da produtividade de *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade de sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.2, p.124-130, 2010.

AVELINO, P.M. **Características produtivas e qualitativas de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem, cultivados sob diferentes densidades de plantio**. 2008. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.

BAUMHARDT, R.L., HOWELL, T.A. Seeding Practices, Cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, v.98, p.462-470, 2006.

BERENGUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**. v.15, p.43-55, 2001.

Brant Albuquerque, Carlos Juliano., Garcia Von Pinho, Renzo., Santos Rodrigues, José Avelino., da Silva Brant, Renata., Cruz Mendes, Marcelo., **Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido**. *Bragantia* [en línea]. 2011, 70(2), 278-285[fecha de Consulta 7 de Julho de 2019]. ISSN: 0006-8705. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90819310005>

BRITO, Tharso Souza Silva et al. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO. In: CIÊNCIA QUE APROXIMA, CIÊNCIA QUE LIBERTA, 21., 2017, São José dos Campos. **Anais**. São José dos Campos: Univap, 2017. p. 1 - 6.

BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

COELHO, A. M.; WAQUIL J. M.; KARAM D.; CASELA C. R.; RIBAS P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Encarte de informações agronômicas, n. 100. Sete Lagoas: Embrapa, 24p, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, décimo primeiro levantamento, julho 2018. Brasília: CONAB, 2018.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M. Strategy of specification of management areas: rice grain yield as related to soil fertility. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n.1, p. 45-54, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Embrapa milho e sorgo**. Sistema de produção, 2009.

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; CÂNDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação, proteína bruta e digestibilidade in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31 n.4, p.1640-1 647, 2002

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3)

MONTAGNER, D.; LOVATO, C.; GARCIA, D.C. Perdas aleatórias na população inicial e sua relação com o rendimento de grãos em sorgo. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.10, p.81285, 2004.

MONTANARI, R.; SOUZA, G. S. A.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JR. J.; SIQUEIRA, D. S.; SIQUEIRA, G. M. The use of scaled semivariograms to plan soil sampling in sugarcane fields. **Precision Agriculture**, v. 35, n.5, p. 1-11, 2012b.

MONTANARI, Rafael et al. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. *Revista Agro@mbiente On-line*, Boa Vista, v. 7, n. 3, p.252-261, set. 2013.

MORGADO, L. B. Sorgo. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Eds.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa, Informações Tecnológicas. p. 251-274, 2005.

PEREIRA, O.G. **Produtividade do milho (*Zea may* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da aveia (*Avena Sativa*), do milheto (*Pennisetum americanum* L.) e do híbrido (S.bicolor x S. sudanense) e respectivos valores nutritivos sobre forma de silagem e verde picado**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 86p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.

REICHERT, J. M.; DARIVA, T. A.; REINERT, D. J.; SILVA, V. R. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, v. 38, n.4, p. 981-988, 2008

RIBAS, P. M. **Sistema de produção: cultivo de sorgo**. 2000.

ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P. de; PITTA, C. V. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S. BRS Ponta Negra variedade de sorgo forrageiro. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnico, 145).

SANTOS, Crislene Vieira dos et al. Correlações genotípicas entre características agronômicas de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Golçaves. **Anais**. Bento Golçaves: Abms, 2016. p. 1739 - 1743.

SILVA, A.G., BARROS, A.S.; SILVA, L.H.C.P.; MORAES, E.B.; PIRES, R.; TEIXEIRA, I.R.; Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha o sudoeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 168-174, fev. 2009.

GS+: Geostatistics for environmental sciences. 7. ed. Michigan, Plainwell: Gamma Desing Software, 2004. 159p

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. de.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. ed. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, SBCS, 2000. p.1-54.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.de. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 76p, 2002.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. de; BORGES, I. D.; RESENDE, V. de. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Revista Bragantia**, v.66, n.2, 2007.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. cap. 2, p.319-344.