

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E
BIOLÓGICAS**

**USO DA GEOESTATÍSTICA NA AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO
DE PASTAGEM COM A BRACHIÁRIA HÍBRIDA MAVUNO**

LUIGI DE PAULA DOURADO



Documento assinado digitalmente

LUIGI DE PAULA DOURADO

Data: 06/11/2023 21:56:02-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

OUTUBRO – 2023

USO DA GEOESTATÍSTICA NA AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM COM A BRACHIÁRIA HÍBRIDA MAVUNO

LUIGI DE PAULA DOURADO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Colegiado de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Marcos Roberto da Silva

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

OUTUBRO – 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E
BIOLOGICAS

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO DE LUIGI DE PAULA DOURADO

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS ROBERTO DA SILVA**
Data: 06/11/2023 22:00:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Roberto da Silva)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientador)

NEILON DUARTE
DA
SILVA:04937432516

Digitally signed by NEILON DUARTE DA SILVA:04937432516
DN: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=videoconferencia, OU=33683111000107, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=ARSEPRO, OU=RFB e-CPF A3, CN=NEILON DUARTE DA SILVA:04937432516
Reason:
Location:
Date: 2023.11.06 21:44:34-03'00'
Foxit PDF Reader Version: 2023.2.0

Prof. Dr. Neilon Duarte da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Documento assinado digitalmente
 **ERIVALDO DE JESUS DA SILVA**
Data: 06/11/2023 21:28:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Erivaldo de Jesus da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

OUTUBRO – 2023

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4 CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

RESUMO

USO DA GEOESTATÍSTICA NA AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM COM A BRACHIÁRIA HÍBRIDA MAVUNO

A geostatística é uma ferramenta valiosa para analisar, compreender e auxiliar a tomar decisões quanto ao uso e manejo de áreas de produção agrícola. Contribui para a gestão eficiente de recursos naturais, planejamento territorial, análise de riscos e melhoria das estratégias em diversas áreas promovendo uma abordagem mais precisa para lidar com a complexidade dos fenômenos espaciais e temporais. É possível aplicar a ferramenta de geostatística no segmento agropecuário, especialmente em áreas de pastagem permitindo um planejamento mais preciso e sustentável da atividade para melhorias no desempenho produtivo. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar as características produtivas durante a fase inicial de implantação e estabelecimento da Brachiaria Híbrida Mavuno, empregando a geostatística. Os resultados foram obtidos por meio da análise dos dados do experimento que foram instalados no município de Coração de Maria – BA, em uma propriedade de pecuária. O preparo da área, correção, semeadura e adubação seguiram recomendações agrônomicas. Para levantamento de dados e amostragens foi instalada na área uma malha amostral retangular contendo 75 pontos, georreferenciada e as avaliações foram realizadas em três épocas aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura. As variáveis analisadas foram: altura de plantas, número de perfilhos, resistência do solo à penetração, ocorrência de torrões, fitomassa verde e massa seca da fitomassa. Os dados das três épocas foram processados aplicando-se a estatística descritiva clássica – medidas de posição e dispersão - para análise da variabilidade ocorrente e a Geoestatística para verificar e quantificar a dependência espacial, calculando a semivariância e gerando mapas de superfície de resposta com o auxílio do software GS+. Existe uma forte correlação positiva entre a altura das plantas aos 90 dias e a massa verde aos 90 dias. As variáveis número de perfilhos aos 30 dias e massa verde aos 90 dias mostraram alta variabilidade. O mapeamento Geostatístico revelou padrões distintos para as variáveis analisadas. Os modelos que melhor se ajustaram para estimar a variabilidade espacial incluem o modelo esférico, linear e linear com patamar.

Palavras-chaves: Hibridação de Brachiaria, georreferenciamento, gestão de informação.

ABSTRACT

USE OF GEOSTATISTICS IN THE EVALUATION OF THE IMPLEMENTATION OF PASTURE WITH HYBRID MAVUNO BRACHIARIA

Geostatistics is a valuable tool for analyzing, understanding and helping to make decisions regarding the use and management of agricultural production areas. It contributes to the efficient management of natural resources, territorial planning, risk analysis and improvement of strategies in various areas, promoting a more precise approach to dealing with the complexity of spatial and temporal phenomena. It is possible to apply the geostatistics tool in the agricultural segment, especially in pasture areas, allowing more precise and sustainable planning of the activity to improve production performance. In this context, this study aimed to evaluate the productive characteristics during the initial phase of implementation and establishment of Brachiaria Híbrida Mavuno, using geostatistics. The results were obtained through the analysis of experimental data that were collected in the municipality of Coração de Maria – BA, on a livestock property. The preparation of the area, correction, sowing and fertilization followed agronomic recommendations. For data collection and sampling, a rectangular sampling grid containing 75 georeferenced points was installed in the area and the evaluations were carried out in three periods at 30, 60 and 90 days after sowing. The variables analyzed were: plant height, number of tillers, soil resistance to penetration, occurrence of clods, green phytomass and dry mass of phytomass. Data from the three periods were processed by applying classical descriptive statistics – position and dispersion measurements – to analyze the occurring variability and Geostatistics to verify and quantify spatial dependence, calculating the semivariance and generating response surface maps with the aid of the GS+ software. There is a strong positive correlation between plant height at 90 days and green mass at 90 days. The variables number of tillers at 30 days and green mass at 90 days showed high variability. Geostatistical mapping revealed distinct patterns for the analyzed variables. The models that best fit to estimate spatial variability include the spherical, linear and linear model with plateau.

Keywords: Brachiaria hybridization, georeferencing, information management.

1 INTRODUÇÃO

A pastagem desempenha um papel central e estratégico na agricultura brasileira, especialmente quando se trata da produção pecuária, a geração de empregos e renda no campo, a produção de alimentos de origem animal e a posição do Brasil no mercado global (Lima et al., 2022; IBIEC, 2023).

A pecuária é uma das principais atividades econômicas do país e a pastagem é a base para a alimentação do gado, fornecendo nutrientes essenciais para o desenvolvimento e a produção animal. Segundo a Embrapa (2023) cerca de 95,0 % da carne bovina é produzida em pastagens.

Entretanto, a degradação das pastagens é um fator limitante muito comum em muitas regiões do Brasil e de outros países com uma forte base agrícola, especialmente nas áreas dedicadas à pecuária extensiva. A degradação ocorre quando as pastagens perdem sua produtividade e qualidade nutricional ao longo do tempo, prejudicando a capacidade de sustentar o gado adequadamente (Oliveira et al., 2023). Isso pode ter várias causas e consequências negativas, afetando a economia, o meio ambiente e a produtividade do setor agropecuário.

Dentre as principais causas para a degradação de pastagem pode-se destacar a falta de práticas adequadas de manejo de pastagem; o uso de espécies de forrageiras inadequadas para o tipo de solo, clima e sistema de produção pode levar à baixa produtividade e vulnerabilidade a problemas fitossanitário; má formação inicial da pastagem; e degradação do solo, causada pelo mau manejo da pastagem e pela remoção excessiva da vegetação (Dias-Filho, 2017).

Assim, a escolha da forrageira para a formação de pastagem é um dos aspectos fundamentais para sucesso de sistemas de produção. No Brasil, umas das espécies mais cultivadas são do gênero *Brachiaria* (Ribeiro et al., 2016).

O gênero *Brachiaria* é uma das principais e mais amplamente utilizadas categorias de forrageiras tropicais no mundo. As espécies do gênero pertencem à família *Poaceae* (gramíneas) e são amplamente cultivadas em pastagens para alimentação animal, especialmente na produção de gado de corte e gado leiteiro (Teixeira et al., 2018; Figueiredo et al., 2019; Almeida et al., 2023).

Entre as *Brachiarias*, temos a Híbrida Mavuno, resultante do cruzamento entre *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis* cv. Mixe Drwn 12 desenvolvida

pela Wolf Sementes, uma planta perene, com hábito de crescimento ereto que forma touceira e altura média de 1,30 metros, exigente a solos com média a alta fertilidade, e alta tolerância à seca (Wolf Sementes, 2023). O capim Mavuno apresenta grande potencial de produção de massa de forragem e composição morfológica (Silva et al., 2018).

Nesse contexto de relevância da *Brachiaria* para a agricultura Brasileira, é fundamental obter sucesso na produção agrícola. Nesse caso, é necessário avaliar a produção e produtividade afim de obter informações consideráveis sobre seu desempenho e qualidade. Assim, é importante realizar medições regulares e representativas para obter uma visão precisa da produtividade da forrageira ao longo do tempo e sob diferentes condições ambientais, sendo fundamental para a tomada de decisões na gestão de pastagens e no planejamento da alimentação animal (Oliveira et al., 2023).

Uma das formas de avaliação da qualidade da pastagem é pela Geoestatística, pois fornece informações valiosas sobre a variabilidade espacial dos fatores relevantes para a implantação de uma lavoura de pastagem, permitindo um planejamento mais preciso e sustentável da atividade agrícola (Souza et al., 2008; Oliveira et al., 2023). Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi analisar os indicadores de qualidade de implantação da híbrida Mavuno utilizando técnicas de estatística clássica e Geoestatística.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Estudo da área

O estudo foi realizado na Fazenda Flores, localizada na cidade de Coração de Maria – Bahia entre o período de junho a julho de 2022. O experimento foi instalado nas coordenadas: Latitude 12° 14' 1" S, Longitude: 38° 44' 43" O, em uma região classificada por Köppen como clima tropical quente e úmido do tipo Aw, com médias de temperatura de 24.5°C e pluviosidade média anual de 778,0 mm (Alvares et al., 2013).

Amostragem e Análise de Solos

Para a caracterização inicial da fertilidade e textura do solo foi realizada, durante o mês de junho de 2022, a amostragem na profundidade 0-20 cm, e as análises ocorreram no laboratório de análise química do solo - Labominas. Os atributos químicos do solo, na camada 0–20 cm de profundidade, apresentou os seguintes valores: pH = 5,0; P = 3,7 mg dm⁻³; K⁺ = 27,00 mg dm⁻³; H⁺+ Al³⁺ = 3,80 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,40 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ = 1,0 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 0,40 cmolc dm⁻³; soma de bases 1,47 cmolc dm⁻³; CTC = 5,27 cmolc dm⁻³; V = 27,40%; e matéria orgânica de 34,03 g kg⁻¹.

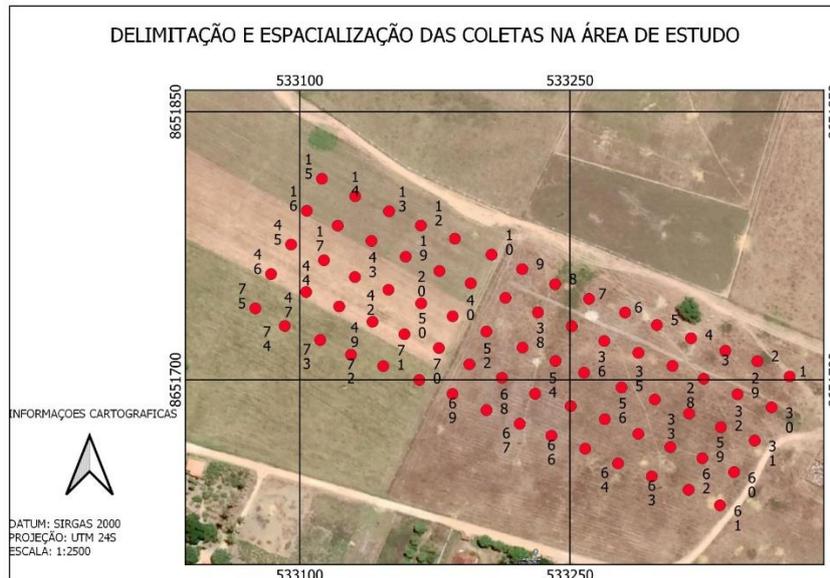
O preparo do solo para o plantio, foi feito em duas operações, uma com grade aradora para eliminar a pastagem antecedente, e outra em seguida com duas operações com grade niveladora afim de adaptar o terreno. De posse do resultado da análise química do solo, foi realizada uma adubação de correção aplicando-se 80,0 kg de fósforo por hectare, correspondente a 420,0 kg de superfosfato simples como fonte de fósforo.

A semeadura do capim foi realizada no período de chuvas da região (01 de julho de 2022), utilizando uma semeadora adubadora de fluxo contínuo Marca Semeato (Modelo Sam 200), contendo oito linhas de semeadura. A taxa de semeadura utilizada de 4,0 kg de sementes/ha. O plantio foi realizado por meio de sementes comerciais oriundas da Empresa Wolf Sementes, utilizando-se espaçamento de 0,25 m entrelinhas.

Após um mês da semeadura foi realizada a adubação de cobertura com 40,0 kg de nitrogênio por hectare correspondente a 90,0 kg de ureia como fonte de nitrogênio.

Coleta de dados

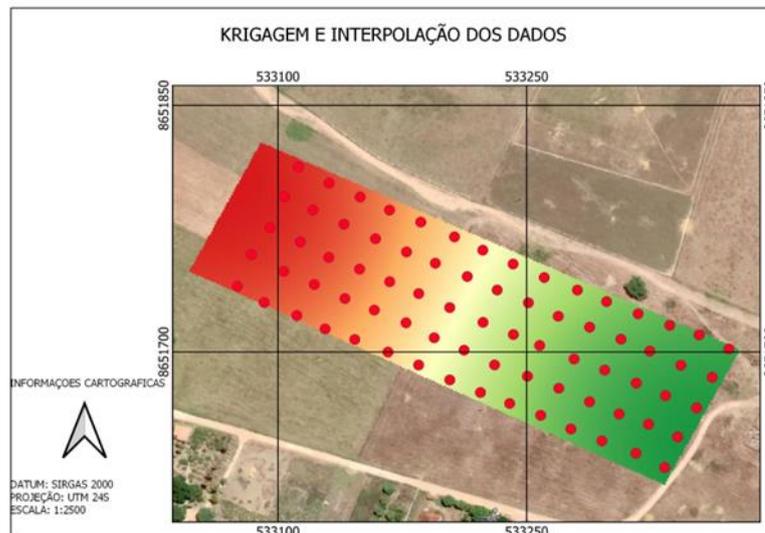
Para a avaliação da qualidade de implantação da gramínea foi instalada na área no dia 29 de julho, uma malha amostral retangular contendo 75 pontos (adaptado de Milan et al. 2002) para a caracterização da variabilidade espacial (Figura 1).



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 1 - Esquema da malha amostral da área experimental.

Os pontos foram espaçados a cada 20 metros, sendo coletadas as coordenadas geográficas. Em cada ponto foram coletadas as coordenadas geográficas – malha georreferenciada (figura 2). As amostragens foram realizadas de forma temporal durante 3 meses, sendo a primeira a 30 dias após a semeadura (DAS) a segunda 60 DAS e a terceira 90 DAS.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 2 - Malha georreferenciada da área experimental.

Variáveis analisadas

Primeira avaliação (30 DAS)

Foram analisadas em uma área de 1m² número de plantas, altura de plantas, número de perfilhos e análises visuais atribuindo notas a incidência de plantas daninhas, conforme a quantidade de plantas presentes: 1. Muito baixa incidência; 2. Baixa incidência; 3. Média incidência; 4. Alta incidência e 5. Muito alta incidência; e para ocorrência de torrões, conforme escala visual: 1. Muito baixa ocorrência; 2. Baixa ocorrência; 3. Média ocorrência; 4. Alta ocorrência; 5. Muito alta ocorrência.

Também foram coletas amostras de solo para determinação em laboratório do percentual de torrões retidos em diferentes peneiras para determinar a qualidade do preparo do solo e a influência sobre a emergência das plântulas. No laboratório foram utilizadas peneiras de 4,8 mm que corresponde ao desejável; 7,9 mm que é considerado aceitável e 9,5 mm considerado inaceitável, adaptado de MILAN et al. (2002). Para a determinação do percentual de torrões no padrão desejável, as amostras foram submetidas a um agitador mecânico vibratório por 1 minuto, utilizando 30,0 % da potência segundo metodologia para diâmetro médio ponderado do Manual de Métodos de Análise

de Solo. Após a agitação o conteúdo retido em cada uma das peneiras será pesado.

Segunda avaliação (60 DAS)

Foram avaliadas as mesmas variáveis utilizadas na primeira avaliação, entretanto, foi avaliado a resistência do solo à penetração para verificar restrição ao crescimento radicular, nas profundidades de 0,0 - 20,0 cm e 20,0 - 40,0 cm utilizando penetrômetro manual (modelo: SACI COMPACT MANUAL).

Terceira avaliação (90 DAS)

Foram coletadas as informações referentes à altura de plantas, produção de matéria verde e matéria seca nos 75 pontos de amostragem, utilizando quadrado de 1,0 m² e a forragem cortada na altura de resíduo recomendada para esta forrageira (20,0 cm) e pesada.

A determinação da matéria seca ao ar (MSA) foi feita em uma pré-secagem em estufa de 55°C por 72h, em seguida moída em um moinho tipo Willey e pesada. Para a determinação na amostra seca em estufa (ASE) foi realizada uma secagem por 16h a 105°C e novamente pesada utilizando-se a equação, conforme metodologia do manual Métodos para Análises de Alimentos (INCT- Ciência Animal, 2021).

Análise estatística

Os dados das três épocas foram processados e a análise estatística descritiva foi realizada primeiramente para determinar a média, máxima, mínimo, desvio padrão e coeficientes de variação (CV) das variáveis dos dados.

O coeficiente de variação (CV%) foi avaliado conforme classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980). Os dados também foram testados quanto à normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov) e foi calculado a correlação de Pearson utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira et al., 2011).

Análise Geostatística

Para verificar e quantificar a dependência espacial utilizou-se a Geoestatística, por meio do cálculo da semivariância, utilizando-se o software GS+ para confecção dos mapas de superfície de resposta.

O padrão de dependência espacial foi caracterizado por meio da análise Geoestatística (VIEIRA, 2000), utilizando o software GS+, através da equação abaixo:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{t=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Sendo, $\gamma(h)$ é o padrão de dependência espacial, $N(h)$ o número de pares de valores experimentais medidos em $[Z(x_i), Z(x_i + h)]$, separados pelo vetor h . No presente estudo, os valores de Z foram os atributos químicos do solo avaliados, enquanto os valores de x_i e $x_i + h$ foram definidos de acordo com a localização geográfica das amostras realizadas no campo.

A dependência espacial foi calculada por meio do coeficiente do efeito pepita (CEP), definida como a razão entre o efeito pepita e o patamar ($C_0/C+C_0$) e classificadas segundo a sua dependência, conforme Cambardella et al. (1994) onde apresenta alta dependência se $CEP \leq 0,25$; moderada dependência se $0,25 \leq CEP \leq 0,75$ e baixa dependência se $CEP \geq 0,75$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos dados tem por finalidade analisar o comportamento geral dos dados, mesmo o considerando independentes, e assim identificar algum dado que possa exercer qualquer influência na análise Geoestatística. Assim, nesse caso, foi analisado primeiramente a análise descritiva dos dados e por seguinte a análise Geoestatística.

3.1 Estatística descritiva dos indicadores de qualidade da implantação do capim Mavuno

Os resultados referentes à análise descritiva e os testes de normalidade dos indicadores de qualidade da implantação do capim Mavuno são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise descritiva dos indicadores de qualidade de implantação do capim híbrida Mavuno.

Variável	Unidade	Mn	Mx	Média	Dp	CV	C.	As.	W	D	
NP30	P/m ²	3	34	15,20	6,52	42,90	3,02	0,39	0,32*	0,51*	
AP30	cm	6	28	19,33	4,31	22,27	4,10	-	0,69	0,01**	0,44*
NPH30	P/m ²	0	41	7,49	6,87	91,78	8,80	1,86	0,00**	0,01**	0,01**
PD30	PD/m ²	1	5	1,46	0,722	49,28	9,13	2,06	0,00**	0,00**	0,00**
TRR30	-	1	5	2,96	1,01	34,43	2,17	-	0,07	0,00**	0,00**
NP60	Unid.	1	14	5,65	2,65	46,93	3,06	0,53	0,03**	0,14*	0,14*
NPH60	Unid.	1	14	6,85	2,73	39,97	2,86	0,61	0,00**	0,08*	0,08*
RFC60	RFC/0,25m ²	1,6	4	2,7	0,46	17,33	2,89	0,33	0,40*	0,12*	0,12*
PD60	PD/m ²	2	5	3,3	1,08	32,46	2,25	0,20	0,00**	0,00**	0,00**
RS20	MPa	1	3	1,77	0,483	27,12	3,50	1,04	0,00**	0,00**	0,00**
RS40	MPa	1,1	4	1,99	0,654	32,78	3,52	1,07	0,00**	0,01**	0,01**
AP90	cm	7	110	61,66	21,01	34,07	2,52	2,52	0,10*	0,37*	0,37*
MVP90	g	40	1420	362,95	278,9	76,84	4,48	1,13	0,00**	0,18*	0,18*
MS90	g	10,71	40,53	21,97	3,83	17,47	9,79	1,13	0,00**	0,15*	0,15*

Legenda: NP30 – número de plantas aos 30 DAS; AP30 – altura de plantas aos 30 DAS; NPH30 – número de perfilhos aos 30 DAS; PD30 – número de plantas daninhas aos 30 DAS; TRR – torrões aos 30 DAS; – NP60 – número de plantas aos 60 DAS; NPH60 – número de perfilhos aos 60 DAS; RFC- relação folha – caule aos 60 DAS; PD60 – número de plantas daninhas aos 60 DAS; RS20 – resistência a penetração 0-20 cm; RS40 – resistência a penetração 20-40 cm; AP90 – Altura de plantas aos 90 DAS; MVP- massa verde aos 90 DAS; MS – massa seca aos 90 DAS; Mn – mínimo; Mx = máximo; Dp – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; C. – coeficiente de curtose; As. – coeficiente de assimetria; W - estatística do teste de Shapiro-Wilk; D – estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov; (*) : significativo a 5%, (**): não-significativo a 5%.

A aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov ao conjunto de dados mostra que as variáveis NP30, AP30, NP60, NPH60, AP90, MVP90 e MS90 não apresentam distribuição normal (Tabela 1). Já no teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p > 5\%$), apenas as variáveis NP30, RFC60 e AP30 não apresentaram distribuição normal dos dados.

Pela análise da tabela 1 pôde-se comparar as médias de números de plantas ao longo das avaliações, assim, notou-se que aos 60 DAS o número de plantas foi bem menor (5,65 plantas/m²) do que aos 30 DAS (15,20 plantas/m²), o mesmo comportamento ocorre para a variável número de perfilhos, onde aos 60 DAS a média foi 6,85 perfilhos e aos 30 DAS a média foi 7,49 perfilhos.

As variáveis altura de plantas e número de plantas daninhas ao longo das avaliações tiveram comportamento semelhante, onde notou-se um aumento dessa variável. Comparando a variável altura de plantas aos 30 DAS observou um aumento de 68,69% em relação a última avaliação aos 90 DAS.

Possivelmente os resultados encontrados para a variável número de plantas pode estar relacionado as condições de cultivo, e além disso, a necessidade de tratos culturais adequado para a cultura podem ter influenciado os estabelecimentos das plantas ao longo do tempo, visto que como observado houve um aumento no número de plantas daninhas, e pode ter ocorrido competitividade entre as espécies.

Segundo Carvalho et al. (2005) a habilidade das plantas daninhas em acumular fitomassa é uma das principais características biológicas da espécie que determina sua competitividade com as culturas agrícolas.

De acordo com a análise descritiva dos dados dos indicadores de qualidade do capim Mavuno pôde-se classificar as variações de acordo com os seus coeficientes (CV). De acordo com o critério de classificação de Warrick e Nielsen (1980) para o coeficiente de variação (CV), várias variáveis avaliadas em diferentes estágios do desenvolvimento das plantas demonstraram um comportamento similar, exibindo uma variabilidade média, com valores de CV situados na faixa de 12% a 60%. Isso sugere que essas variáveis têm uma variação moderada em relação à média.

No entanto, é importante destacar que duas variáveis se destacaram com alta variabilidade, onde seus valores de CV excederam 60%. Essas

variáveis foram o número de perfilhos aos 30 dias após a semeadura (DAS) e a massa verde aos 90 DAS. Essa alta variabilidade nessas duas variáveis indica uma maior dispersão dos dados em relação à média, o que pode ter implicações significativas no desempenho e no manejo da cultura, exigindo uma atenção especial a esses aspectos.

O coeficiente de variação (CV) é uma medida estatística que fornece uma medida relativa da dispersão dos dados. Quando se trata da altura de plantas de capim ou qualquer outra cultura agrícola, o coeficiente de variação pode ser benéfico por ajudar a determinar quão consistentemente as plantas de capim estão crescendo em um determinado campo ou em diferentes parcelas de terra. Além disso, o coeficiente de variação da altura do capim pode ser influenciado por uma série de fatores relacionados ao solo, às condições de semeadura, à nutrição das plantas e a fatores bióticos, como ataques de pragas.

Um CV menor indica um crescimento mais uniforme, enquanto um CV maior sugere maior variabilidade no crescimento das plantas. Nesse caso, ao calcular o CV para diferentes variedades de capim, os agricultores podem identificar quais variedades têm um crescimento mais uniforme em relação à altura. Isso pode ser útil na seleção de variedades que se adaptem melhor às condições locais.

O número de perfilhos é uma variável importante tendo forte influência com a produtividade de forrageiras, sendo bastante influenciada por fatores ambientais, nutricionais, disponibilidade de luz, corte, entre outros (Santos et al., 2014). Assim, um coeficiente de variação alto pode indicar que algumas áreas da pastagem têm um número significativamente maior de perfilhos em comparação com outras. Isso pode ser benéfico para os produtores, pois eles podem identificar as áreas de alta produtividade que podem ser usadas de maneira mais estratégica para pastoreio ou colheita de forragem.

Em relação aos valores mínimos e máximos de todas as variáveis pode-se ter uma breve noção da variabilidade dos dados, sendo possível correlacionar com os valores do coeficiente de variação.

O coeficiente de assimetria é usado para indicar quanto e como a distribuição de frequências se afasta da simetria. Valores de assimetria iguais a zero indicam que a distribuição é simétrica; se for positivo, a distribuição é assimétrica à direita e se for negativo, é assimétrica à esquerda (ZANÃO

JÚNIOR et al., 2007). Nesse caso, nesse estudo, as variáveis NP30, NP60, RFC60 e PD60 possuem assimetria à direita e as variáveis AP30 e TRR30 assimetria à esquerda.

A maioria das variáveis apresentaram coeficientes de assimetria positivos, sendo os maiores valores para NPH60 de 0,61, e o menor para PD60 de 0,20. Coeficientes de assimetria negativos também foram verificados, sendo maior para AP30 de -0,69, e o menor para TRR30 de -0,07.

As Correlações lineares de Pearson entre as variáveis analisadas aos 30, 60 e 90 dias foram estimadas, e o resultado são apresentados na tabela 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear entre as variáveis analisadas aos 30 DAS do capim Mavuno.

30 DAS	NP30	AP30	NPH30	PD30	TR30
NP30	1	0,158	0,134	0,232*	-0,064
AP30		1	0,409**	0,227	-0,135
NPH30			1	0,016	0,186
PD30				1	-0,103
TR30					1

Legenda: NP30 – número de plantas aos 30 DAS; AP30 – altura de plantas aos 30 DAS; NPH30 – número de perfilhos aos 30 DAS; PD30 – número de plantas daninhas aos 30 DAS; TRR – torrões aos 30 DAS.

De acordo com a tabela 2 pode-se observar que aos 30 DAS as variáveis AP30 e NPH30 apresentaram uma fraca correlação positiva de 0,409 e as variáveis NP30 E PD30 (0,232). As demais variáveis não apresentaram correlações significativas.

Essa correlação mesmo fraca evidencia que, quanto maior a altura da planta, possivelmente maior o número de perfilhos. Assim, à medida que as plantas de capim crescem, elas competem entre si por luz solar. As plantas mais altas podem interceptar mais luz, criando um ambiente mais favorável para o crescimento de novos perfilhos abaixo delas. Isso resulta em um aumento no número de perfilhos.

Tal fato é descrito por Lemaire (2001), onde o autor enfatiza que em locais em que o pasto é mais alto, os perfilhos tendem a serem maiores em resposta à maior competição por luz ambiental.

Assim, a correlação entre as variáveis AP30 e NPH30 permite avaliar se é possível a realização de inferências sobre vários aspectos dos perfilhos a partir da altura das plantas em uma mesma condição de pastejo.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação linear entre as variáveis analisadas aos 60 DAS do capim Mavuno.

60 DAS	NP60	RFC60	NPH60	PD60	RS20	RS40
NP60	1	-0,115	-0,223	0,22	0,036	0,248*
RFC60		1	-0,314**	-0,039	0,114	0,012
NPH60			1	0,044	-0,065	-0,161
PD60				1	0,316**	0,514**
RS20					1	0,743**
RS40						1

NP60 – número de plantas aos 60 DAS; NPH60 – número de perfilhos aos 60 DAS; RFC- relação folha – caule aos 60 DAS; PD60 – número de plantas daninhas aos 60 DAS; RS20 – resistência a penetração 0-20 cm; RS40 – resistência a penetração 20-40 cm.

De acordo com a tabela 3 pode-se observar que aos 60 DAS as variáveis RFC60 e NPH60 apresentaram uma fraca correlação negativa de -0,314, as variáveis PD60 e RS20 apresentaram uma correlação positiva de (0,316). Já as variáveis PD60 e RS40 apresentaram uma moderada correlação positiva de (0,514) e as variáveis RS20 e RS40 apresentaram uma correlação positiva de (0,743). As demais variáveis não apresentaram correlações significativas.

A moderada e positiva correlação existente entre as variáveis PD60 e RS40 é explicada por Santos et al. (2008), onde os autores mencionam poderá ocorrer um aumento de plantas infestantes mesmo com o aumento da compactação do solo (aumento da resistência a penetração).

Tabela 4 - Coeficientes de correlação linear entre as variáveis analisadas aos 90 DAS do capim Mavuno.

90 DAS	AP90	MVP90	MS90
AP90	1	0,786**	-0,143
MVP90		1	-0,071
MS90			1

AP90 – Altura de plantas aos 90 DAS; MVP- massa verde aos 90 DAS; MS – massa seca aos 90 DAS.

De acordo com a tabela 4 pode-se observar que aos 90 DAS as variáveis AP90 e MVP90 apresentaram uma correlação forte correlação positiva de 0,786. As demais variáveis não apresentaram correlações significativas.

Em um contexto prático, baseado nos valores de altura das plantas e massa verde do capim, como a massa verde de capim, é a quantidade de matéria vegetal produzida, isso ajuda a determinar a capacidade da pastagem de sustentar o gado e a produção animal. Assim, os agricultores podem tomar decisões sobre o manejo da pastagem, como a intensidade do pastejo, a aplicação de fertilizantes ou a realização de práticas de conservação.

Esta correlação positiva forte indica que os resultados exercem uma posição proporcional, ou seja, neste estudo quando os valores de altura de planta aumentam, a massa verde tende a aumentar também.

Tal comportamento (correlação positiva), também foi notado por Deus, Alves e Barbieri (2023), onde os autores ao comparar os métodos convencionais de estimativa da produtividade de forragem, análise NDVI e Geostatística observaram uma correlação positiva entre as mesmas variáveis do estudo.

O coeficiente de Pearson mede a intensidade e a direção de relações lineares, sendo a sua intensidade medida pelo grau de relacionamento entre duas variáveis (Galarça et al., 2010). Assim, quanto mais próximo dos extremos do intervalo, (-1 e +1) mais forte é a correlação. Quanto mais próximo do centro do intervalo, zero, mas fraca é a correlação linear. Valores entre 0,6 a 0,9 (positivo ou negativo) indica uma correlação forte, entre 0,3 a 0,6 (positivo ou negativo) indica uma correlação moderada, e valores entre 0,0 e 0,3 (positivo ou negativo) indica uma correlação fraca (Callegari, 2009).

Análise Geostatística

Os dados dos indicadores de qualidade de implantação do capim híbrido Mavuno, foram submetidos à análise Geostatística. Com os resultados encontrados foi possível classificar a dependência espacial, por meio do coeficiente de efeito pepita $C/(C_0+C)$ e, verificar qual modelo teórico os dados se ajustaram (Tabela 5).

Tabela 5 - Modelos e parâmetros estimados aos semivariogramas experimentais dos indicadores de qualidade de implantação do capim híbrida Mavuno.

Variável	Modelo	(Co)	(Co+C)	C/(Co+C)	R ²	C
NP30	Esférico	28,285	38,569	0,266639	0,532	10,284
AP30	Linear	13,294	12,72	-0,04513	0,091	-0,574
NPF30	Esférico	28,22	31,446	0,102589	0,155	3,226
PD30	Esférico	0,133	0,38	0,65	0,533	0,247
TRR30	Linear	0,876	1,06	0,173585	0,373	0,184
NP60	Linear com Patamar	4,145	6,538	0,366014	0,514	2,393
RFC60	Linear	0,14	0,211	0,336493	0,854	0,071
NPF60	Linear com Patamar	4,687	6,377	0,265015	0,272	1,69
PD60	Linear com Patamar	0,089	1,329	0,933032	0,907	1,24
RSP20	Linear com Patamar	0,092	0,179	0,486034	0,827	0,087
RSP40	Linear com Patamar	0,103	0,344	0,700581	0,797	0,241
AP90	Linear com Patamar	73,66	549,368	0,865919	0,992	475,708
PMV90	Linear com Patamar	31762,31	75229,98	0,577797	0,963	43467,67
MS90	Linear	6,445	8,662	0,255946	0,561	2,217

Legenda: NP30 – número de plantas aos 30 DAS; AP30 – altura de plantas aos 30 DAS; NPH30 – número de perfilhos aos 30 DAS; PD30 – número de plantas daninhas aos 30 DAS; TRR30 – torrões aos 30 DAS; – NP60 – número de plantas aos 60 DAS; NPH60 – número de perfilhos aos 60 DAS; RFC- relação folha – caule aos 60 DAS; PD60 – número de plantas daninhas aos 60 DAS; RS20 – resistência a penetração 0-20 cm; RS40 – resistência a penetração 20-40 cm; AP90 – Altura de plantas aos 90 DAS; MVP- massa verde aos 90 DAS; MS – massa seca aos 90 DAS; (Co) - efeito pepita, Co+C - patamar, C/(Co+C) - coeficiente do efeito pepita.

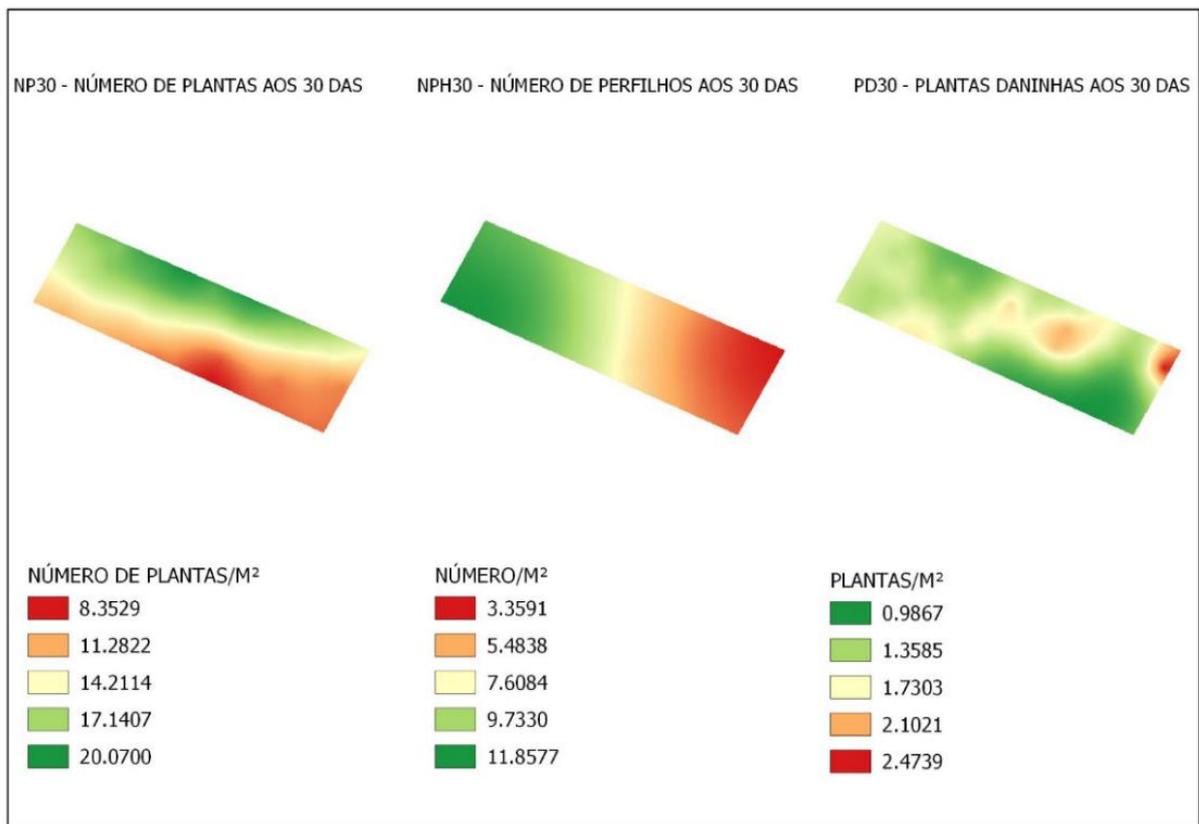
Em relação aos modelos teóricos, estimados para os semivariogramas experimentais, as variáveis NP30, NPH30 e PD30 se ajustaram ao modelo esférico. O modelo esférico é um dos modelos mais utilizados, em análise Geostatística e, o mesmo equivale à função de distribuição normal da estatística clássica (Santos et al., 2015).

As variáveis T30, RFC60 e MS90 se ajustaram ao modelo linear, e as demais NP60, NPF60, PD60, RSP20, RSP40, AP90 e PMV90 ao modelo linear com patamar. Para avaliar a dependência espacial foram adotados os critérios utilizados por Cambardella et al. (1994), onde as variáveis AP30, NPH30 e TRR30 apresentaram forte dependência espacial (<25%), NP30, PD30, NP60,

RFC60, NPH60, RSP20, RSP40, PMV90 e MS90 apresentaram moderada dependência espacial (25-75%), e PD60 e AP90 fraca dependência (>75%).

Segundo Amaral (2013) a forte variância dos dados apresentada pelas variáveis AP30, NPH30 e T30 tende a dificultar o ajuste dos semivariogramas, podendo resultar em uma alta soma dos quadrados dos resíduos na análise semi variográfica, e discrepâncias acentuadas entre valores reais e interpolados na validação cruzada.

A distribuição espacial pode ser verificada através dos mapas de dependência espacial ou superfície de resposta, onde foram analisados apenas as variáveis NP30, NPH30 e PD30, que apresentaram e ajustaram ao modelo esférico (Figura 3)



Fonte: dados do autor.

Figura 3 - Distribuição espacial das variáveis NP30, NPH30 e PD30 do capim híbrida Mavuno.

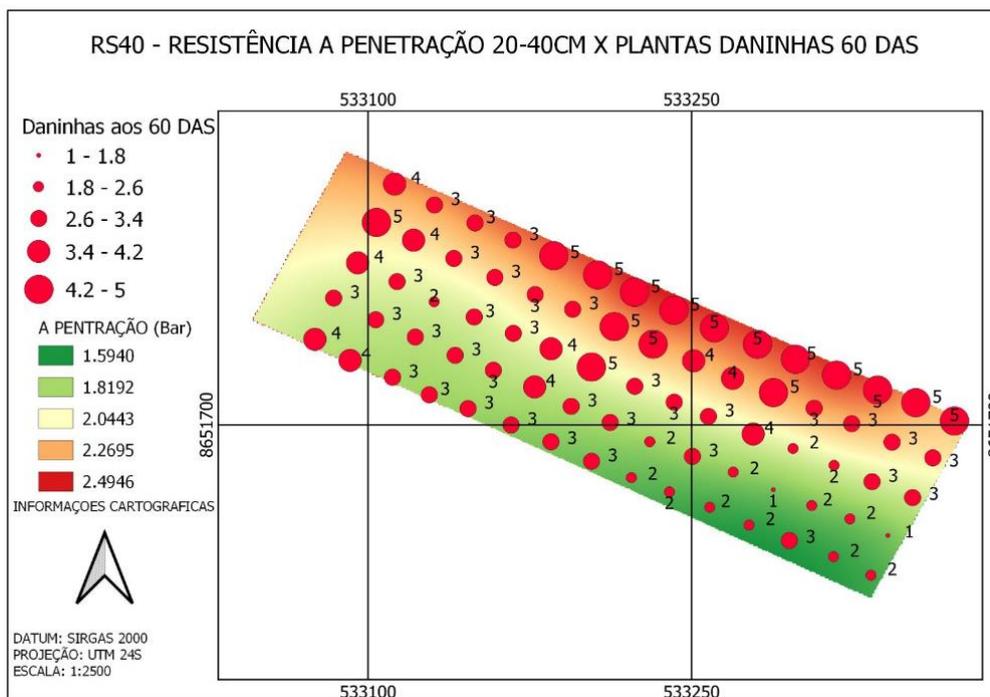
Com relação ao NP30, observou-se que a o número de plantas de capim-Mavuno foi maior na região superior do que na região inferior do mapa. Para a variável NPH30 houve uma maior quantidade de perfilhos no lado

esquerdo do mapa e para o PD30 houve uma heterogeneidade, entretanto com menor de predominância de PD aos 30 dias de avaliação (Figura 1).

Dado que o número de plantas, perfilhos e plantas daninhas em um pasto estão intimamente relacionados a diversas características descritivas do estado do pasto, como a resistência à penetração e alguns atributos físicos e químicos do solo, podemos inferir que a heterogeneidade dos resultados pode ser atribuída às variações nas condições de disponibilidade de recursos no pasto como água, nutrientes, luz solar, condições climáticas e controle de pragas.

Em seu estudo sobre o capim-Braquiária, Santos et al. (2010) correlacionaram os resultados com as características topográficas e níveis de umidade do terreno. Eles observaram que as áreas da pastagem situadas em terrenos mais elevados exibiam menor fertilidade do solo e disponibilidade hídrica em comparação com as áreas em terrenos mais baixos. Essa disparidade, sem dúvida, teve um impacto diferenciado no crescimento das plantas, contribuindo para a variação espacial na vegetação. No entanto, vale ressaltar que, neste estudo, não houve uma medição precisa da disponibilidade de água, o que limita a precisão dessa afirmação.

A Figura 4 apresenta a análise espacial sobreposta das variáveis PD60 e RS40, permitindo a identificação de padrões espaciais que podem não ser facilmente discerníveis ao examinar cada camada individualmente.



Fonte: dados do autor.

Figura 4 - Distribuição espacial sobreposta das variáveis PD60 e RS40 do capim híbrida Mavuno.

Pela análise da figura 4 é possível observar que regiões com níveis mais elevados de resistência à penetração tendem a exibir uma maior densidade ou presença de plantas daninhas. Essa sobreposição sugere uma associação significativa entre a compactação do solo, representada pela resistência à penetração, e a distribuição das plantas daninhas neste ambiente.

A resistência à penetração do solo está frequentemente associada à compactação do solo. Quando o solo está compactado, torna-se mais difícil para as raízes das plantas, incluindo as do capim, penetrarem profundamente no solo em busca de nutrientes e água. Isso pode tornar as plantas menos competitivas em relação às plantas daninhas, que muitas vezes são mais adaptadas a solos compactados.

Taylor et al. (1966) estabelecem uma recomendação importante relacionada à resistência à penetração do solo. Eles sugerem que os valores de resistência à penetração não devem exceder 2.0 MPa. Essa recomendação é significativa porque, quando a resistência à penetração do solo ultrapassa esse limite, ocorrem impactos negativos no sistema radicular das plantas, particularmente em relação ao suprimento de oxigênio.

A resistência à penetração se refere à força necessária para penetrar no solo com uma sonda ou outro instrumento. Quando a resistência à penetração do solo ultrapassa 2.0 MPa, o solo se torna mais compactado e difícil de penetrar. Esse fenômeno pode ser problemático para o sistema radicular das plantas, pois o solo compactado impede a circulação de ar e, conseqüentemente, a disponibilidade de oxigênio para as raízes

As condições físicas do solo, com a compactação sendo uma das principais, têm o potencial de restringir o desenvolvimento do sistema radicular das plantas de interesse agrônômico. Isso leva a um aumento na resistência ao crescimento das raízes das plantas, resultando, por sua vez, na redução da produtividade. No entanto, essa limitação não se aplica às plantas daninhas devido à sua natureza robusta e adaptável (Kremer et al., 2022). Assim, este

achado ressalta a importância da resistência à penetração do solo como um fator que influencia a distribuição e a infestação de plantas daninhas na área de estudo.

A Figura 5 apresenta a análise espacial sobreposta das variáveis AP90 e MVP90.

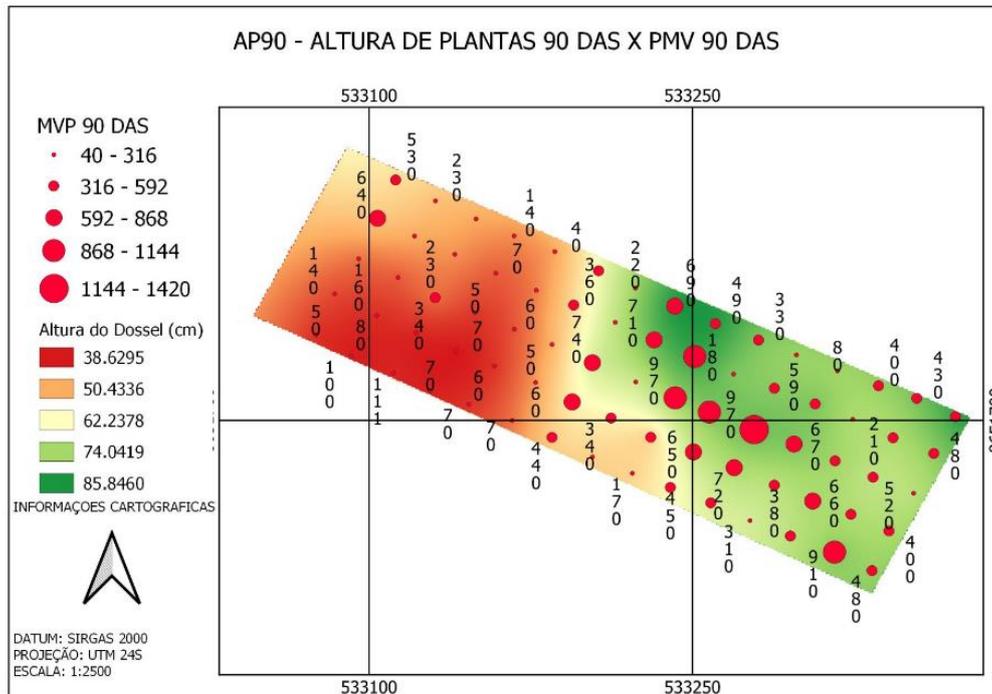


Figura 5 - Distribuição espacial sobreposta das variáveis AP90 e MVP90 do capim híbrido Mavuno.

Pela análise da figura 5 é possível observar que regiões com níveis mais elevados de altura de plantas (AP90) tendem a exibir uma maior densidade ou presença massa verde de plantas (MVP90).

Em geral, plantas mais altas têm a capacidade de interceptar mais luz solar. A luz é a fonte de energia para o processo de fotossíntese, que permite que as plantas convertam a energia solar em biomassa (massa verde). Portanto, plantas mais altas geralmente têm um maior potencial de fotossíntese e, como resultado, podem produzir mais biomassa.

De acordo com Costa et al. (2016), a produção de forragem ocorre através da fotossíntese, na qual a energia solar transforma o CO₂ atmosférico e água em carboidratos. A fotossíntese é responsável por mais de 90% do crescimento das plantas, mas fatores como temperatura, luz, água e nutrientes podem impactar

sua capacidade, influenciando o índice de área foliar e a capacidade fotossintética das plantas.

Em um contexto prático, na implantação de pastagem, a altura das plantas influencia a disponibilidade de alimento para os animais. Gerenciar a altura das plantas, por meio do pastejo adequado, ajuda a garantir que os animais tenham acesso a capim de qualidade e não causem danos excessivos à pastagem. Além disso, manter uma altura mínima de plantas ajuda a preservar a capacidade de regeneração da pastagem, garantindo que ela possa continuar a fornecer alimento ao longo do tempo (Barbeiro et al., 2014).

Diante disso, o objetivo é manter a pastagem saudável e produtiva, fornecendo alimento de qualidade para os animais, garantindo assim o bem-estar dos animais e otimizando a produção agrícola.

4 CONCLUSÃO

- Observou-se uma correlação positiva forte entre as variáveis de altura das plantas aos 90 dias e a massa verde também aos 90 dias.
- As variáveis de número de perfilhos aos 30 DAS e a massa verde aos 90 DAS exibiram uma alta variabilidade.
- O mapeamento geostatístico revelou comportamentos distintos para as variáveis em estudo.
- Os modelos que melhor se ajustaram para estimar a variabilidade espacial dessas variáveis incluem o modelo esférico, linear e linear com patamar.
- Concluindo, a ferramenta da geoestatística demonstrou seu potencial como um recurso valioso na avaliação da implantação do capim Mavuno, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada e precisa dessas relações espaciais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. et al. Biomassa aérea e radicular de gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* em áreas de pastagens na região sul do Amazonas. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 1, p. 109-123, 2023.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711 - 728, 2013.
- AMARAL, L. P. et al. Influência da floresta alterada na distribuição espacial de três espécies da Floresta Ombrófila Mista avaliada pela geoestatística. **Revista Árvore**, v. 37, p. 491-501, 2013.
- BARBERO, R. P. et al. Desempenho de novilhos de corte em pastos de capim-tanzânia sob quatro alturas de desfolha. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 481-488, 2014.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Tradução, Artmed Editora, 2009.
- CAMBARDELLA, C. A. 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.
- CARVALHO, S. J. P. de et al. Crescimento e desenvolvimento da planta daninha capim-camalote. **Bragantia**, v. 64, p. 591-600, 2005.
- COSTA, N. L.; DESCHAMPS, C.; MORAES, A. Estrutura da pastagem, fotossíntese e produtividade de gramíneas forrageiras. **Pubvet**, v. 6, p. Art. 1387-1392, 2016.
- DEUS, I. D.; ALVES, M. O.; BARBIERI, R. S. **Uso de geotecnologias e avaliações convencionais para determinação de fitomassa de forragens**. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Matheus-Alves/publication/369851950_USO_DE_GEOTECNOLOGIAS_E_AVALIACOES_CONVENCIONAIS_PARA_DETERMINACAO_DE_FITOMASSA_DE_FORRAGENS/links/642f6eba4e83cd0e2f95bb0b/USO-DE-GEOTECNOLOGIAS-E-AVALIACOES-CONVENCIONAIS-PARA-DETERMINACAO-DE-FITOMASSA-DE-FORRAGENS.pdf>. Acesso em 03 de setembro 2023.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 19 p.
- EMBRAPA. **Brachiaria brizantha -BRS Paiaguás**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos-brachiaria-brizantha---brspaiaguas>>.2017. Acesso em 21 julho 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, U. J.; BERCHEMBROCK, Y. V.; VALLE, C. B., BARRIOS, S. C. L.; QUESENBERRY, K. H.; MUÑOZ, P. R.; NUNES, J. A. R. Evaluating Early selection in perennial tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 291-299, 2019.

GALARÇA, S. P. et al. 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.

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC, 2023. Perfil da pecuária no Brasil. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/PublicacoesLista.aspx>>. Acessado em 23/10/2023.

INCT - Ciência Animal. **Métodos para análise de alimentos**. 1.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012

KREMER, T. C. B. et al. A rusticidade do milho crioulo pode lhe proteger da influência alelopática de *Stachytarpheta cayennensis* (L. Rich.) Vahl.?. **Revista Thema**, v. 21, n. 2, p. 332-341, 2022.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands:dynamic aspects of forage plant populations ingrazed swards. In: INTERNATIONALGRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro,2001. Proceedings... São Pedro: FEALQ, 2001, p.29-37.

LIMA, A. F. L.; CAMPOS, M. C. C.; ENCK, B. F.; SILVA SIMÕES, W.; ARAÚJO, R. M.; SANTOS., L. A. C.; CUNHA, J. M. Physical soil attributes in areas under forest/pasture conversion in northern Rondônia, Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 194, p. 34-43, 2022.

MILAN, M. et al. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. *Scientia Agricola*, v. 59, p. 261-266, 2002.

OLIVEIRA, P. D.; HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; DE MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. **Aplicações da agricultura de precisão em pastagens**. Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1151612/1/Aplicacoes-da-agricultura-de-precisao-em-pastagens.pdf>>. Acesso em 21 de julho de 2023.

RIBEIRO, T. B. et al. Características forrageiras de algumas gramíneas do gênero *Brachiaria*–revisão de literatura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 13, n. 4, p. 4773-4780, 2016.

SANTOS, A. C. et al. Variabilidade espacial das características qualitativas e quantitativas da pastagem de capim Marandú em topossequência no Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 13, 2015.

SANTOS, J. B. et al. Competição entre soja resistente ao glyphosate e plantas daninhas em solo compactado. **Planta daninha**, v. 26, p. 123-130, 2008.

SANTOS, M. E. R. et al. Variabilidade espacial e temporal da vegetação em pastos de capim braquiária diferidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 727-735, 2010.

SANTOS, M. M.P. et al. Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 37, n. 1, p. 100-108, 2014.

SILVA, A. R.; ALVARENGA, C. A. F.; MARTINS, L. R. **Componentes morfológicos o capim-mavuno sob manejo em sistema contínuo**. Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <http://periodicos.iftm.edu.br/index.php/sepit/article/view/576>. Acesso em: 2 de agosto de 2023.

SILVA, S. F. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de solo sob pastagem. **Revista Vértices**, v. 17, n. 2, p. 25-37, 2015.

SOUZA, G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 589-596, 2008.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER JR., J. J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse textured soil materials. *Soil Science*, v.102, p.18-22, 1966.

TEIXEIRA, R. N. V.; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, H.; DEMINICIS.; B. B. Brachiaria brizantha (Syn. Uroclhoa brizantha) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 11, n.2, p. 35-41, 2018.

VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. *GIS Brasil*, v. 98, p. 93-108, 2000.

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, 1980. p. 319-344.

WOLF SEMENTES. **Híbrida Mavuno**. Disponível em: <<https://www.wolfsementes.com.br/hibrido-mavuno>>. Acesso em 21 de julho 2023.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em Latossolos sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 389-400, 2010.