

Determinação da análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção do algodão

Determination of simple linear regression analysis to explain the influence of soil physical attributes on cotton production

Determinación del análisis de regresión lineal simple para explicar la influencia de los atributos físicos del suelo en la producción de algodón

Recebido: 19/05/2022 | Revisado: 08/06/2022 | Aceito: 09/06/2022 | Publicado: 19/06/2022

Pâmila Nayana Ferreira Ramos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3027-4515>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: pamilanayana@yahoo.com.br

Omar Roberto da Silveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1556-4808>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: omar.silveira@agricultura.gov.br

João Carlos de Souza Maia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6204-8112>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: jotace@terra.com.br

Resumo

Produtividade pode diferir entre os diferentes ambientes de produção, sendo fator chave para determinação do preço do algodão destinado aos produtos têxteis. Essas diferenças de produção estão associadas principalmente às cultivares e às condições físicas do solo, as quais influenciam os parâmetros indicativos de produtividade do algodão. O conhecimento dos fatores que condicionam a produção do algodão em caroço e da fibra de algodão é importante para a definição das regiões com potencial para produção de fibras de qualidade superior. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foram determinar análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção de algodão em caroço e de fibra. Amostramos 200 pontos, em 100 talhões, envolvendo 13 culturas de algodão, distribuídos nos municípios de Nova Mutum, Pedra Preta e Campo Verde, no estado de Mato Grosso, Brasil. Executamos Análise de regressão Linear Simples, entre os fatores físicos do solo e a produção de algodão e caroço e de fibra. A análise regressão linear simples explicou a influência dos atributos físicos do solo (argila, silte, areia, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade) na PFC (capulho, forma colhida) e PF, o que permitiu identificar o maior percentual explicado pela reta estimada, e, por conseguinte a maior a qualidade do ajustamento foi obtida para a Porosidade Total, enquanto que o menor percentual foi para a Macroporosidade para produção de algodão em caroço e produção de fibra.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*; Solo; Variáveis; Correlação.

Abstract

Productivity may differ between different production environments, being a key factor in determining the price and quality of cotton for textile products. These production differences are mainly associated with cultivars and soil physical conditions, which influence the indicative parameters of cotton productivity. Knowledge of the factors that affect the production of seed cotton and cotton fiber is important for the definition of regions with potential for the production of superior quality fibers. Thus, the aim of the present study was to determine simple linear regression analysis to explain the influence of soil physical attributes on seed and fiber cotton production. We sampled 200 points, in 100 plots, involving 13 cotton crops, distributed in the municipalities of Nova Mutum, Pedra Preta and Campo Verde, in the state of Mato Grosso, Brazil. We performed Simple Linear Regression Analysis between soil physical factors and cotton and seed and fiber production. The simple linear regression analysis explained the influence of soil physical attributes (clay, silt, sand, macroporosity, microporosity, total porosity and density) on PFC (coll, harvested form) and PF, which allowed to identify the highest percentage explained by the straight line estimated, and therefore the highest quality of adjustment was obtained for Total Porosity, while the lowest percentage was for Macroporosity for cotton seed production and fiber production.

Keywords: *Gossypium hirsutum*; Ground; Variables; Correlation.

Resumen

La productividad puede diferir entre diferentes entornos de producción, siendo un factor clave para determinar el precio y la calidad del algodón para productos textiles. Estas diferencias de producción están asociadas principalmente a los cultivares y las condiciones físicas del suelo, que influyen en los parámetros indicativos de la productividad del algodón. El conocimiento de los factores que afectan la producción de algodón en rama y fibra de algodón es importante para la definición de regiones con potencial para la producción de fibras de calidad superior. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el análisis de regresión lineal simple para explicar la influencia de los atributos físicos del suelo en la producción de semilla y fibra de algodón. Muestreamos 200 puntos, en 100 parcelas, involucrando 13 cultivos de algodón, distribuidos en los municipios de Nova Mutum, Pedra Preta y Campo Verde, en el estado de Mato Grosso, Brasil. Realizamos un análisis de regresión lineal simple entre los factores físicos del suelo y la producción de algodón y semillas y fibras. El análisis de regresión lineal simple explicó la influencia de los atributos físicos del suelo (arcilla, limo, arena, macroporosidad, microporosidad, porosidad total y densidad) sobre la PFC (coll, forma cosechada) y PF, lo que permitió identificar el mayor porcentaje explicado por la recta línea estimada, por lo que la mayor calidad de ajuste se obtuvo para Porosidad Total, mientras que el menor porcentaje fue para Macroporosidad para producción de semilla de algodón y producción de fibra.

Palabras clave: *Gossipium hirsutum*; Tierra; Variables; Correlación.

1. Introdução

A cultura do algodao se espalhou no início da década de 1990, pelo Brasil estendendo-se após esse período para o Cerrado, como Centro-Oeste, estabelecidas como as principais produtoras de algodao, caracterizado por uma cultura de alta tecnologia e uso intensivo de maquinários, o estado de Mato Grosso é o principal produtor no Centro-Oeste (Richetti, 2017).

A intensificação do uso do solo, causada pela modernização da agricultura, ocasionou problemas na parte física do solo, prejudicando a produtividade e a sustentabilidade das lavouras (Pellegrini et al., 2003). A textura do solo apresenta maior influência do manejo é responsável pela principal via de circulação da água e do ar nesse ambiente podendo facilmente deteriorar devido a ação das forças de compressão decorrentes do uso incorreto de máquinas e implementos agrícolas (Medeiros et al., 2002).

Algumas alternativas econômicas são necessárias, visando o aumento do cultivo algodoeiro têm sido frequentemente buscadas na agricultura. A adoção do sistema plantio direto no Brasil, no início da década de 1970, muito contribuiu para as condições físicas do solo, pelo constante aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, elevando em alguns casos as concentrações de matéria orgânica, a principal geradora de cargas elétricas negativas para os solos tropicais.

Os elevados índices de produtividade e a maior rentabilidade dependem fundamentalmente da capacidade produtiva dos solos (Wutke et al., 2000). Assim, a associação de práticas agrícolas, tais como calagem, gessagem e adubação verde objetivam proporcionar modificações nutricionais, na estrutura, na porosidade, na agregação e na compactação, assim como na infiltração e disponibilidade de água, tendo em vista o adequado crescimento radicular da cultura. Práticas descritas em pesquisa de manejo de solos e de culturas, tais como o cultivo mínimo, plantio direto, adubações orgânicas, dentre outros, têm sido recomendadas no intuito de reverter o processo de degradação física dos solos agrícolas (Andreola et al., 2000).

Diferentes métodos de preparo sobre as propriedades físicas do solo têm sido estudados, a estrutura do solo tem sido verificada pelo aumento de sua densidade e da microporosidade, da diminuição da porosidade total e, principalmente, da macroporosidade (Sidiras et al., 1984), sendo estas variações mais frequentes em solos de textura argilosa (Raghavan et al., 1977).

Avaliando diversos sistemas de manejo, em solos de textura média e muito argilosa, (Varner et al. (2011) e Carvalho et al. (2004) concluíram que a produtividade de algodão não difere quando o sistema de plantio direto é comparado com outros sistemas de manejo. A adoção de sistemas que utilizem o solo de maneira sustentável deve ser compreendida como forma alternativa que diminui custos e o uso de fertilizantes químicos, possibilitando maior produtividade. Os ecossistemas naturais realizam interações harmoniosas entre a cobertura vegetal e os fatores do solo, através de processos essenciais na ciclagem de macronutrientes em especial do nitrogênio, acúmulo e mineralização da matéria orgânica e agregados do solo.

Dessa forma, o conhecimento das modificações físicas do solo proporcionadas pelo cultivo contínuo, podem fornecer subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar a produtividade das culturas de algodão, assegurando a contínua sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (Freitas et al., 2017).

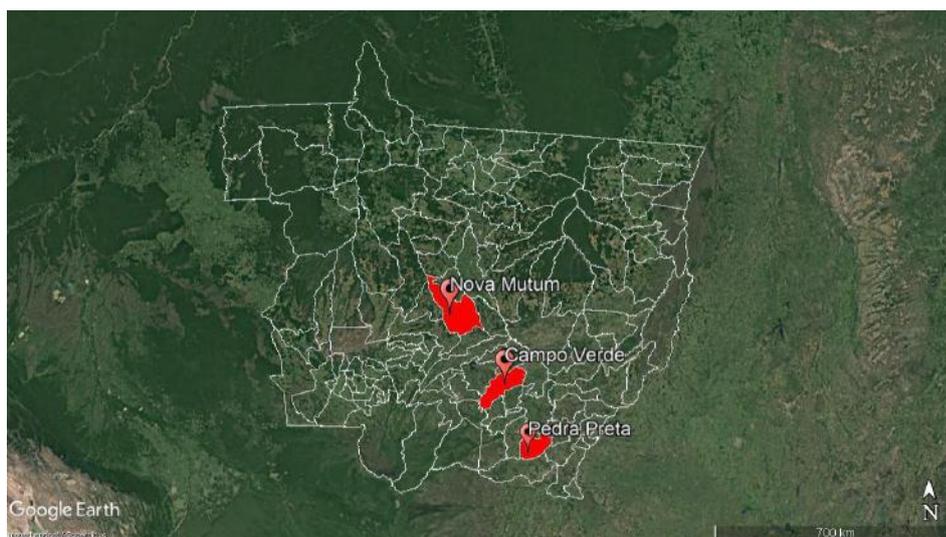
Segundo Resende (2013), assegurar que as características físicas do solo sejam mantidos são essenciais para o crescimento da planta, no sistema de cultivo mecanizado, é importante adotar padrões para que a fibra no final do processo produtivo tenha as características qualitativas desejadas, são necessários cuidados com alguns fatores que interferem no resultado, dentre os quais estão o clima, as plantas daninhas, desfolha do algodoeiro, colheita, armazenamento e transporte do algodão em caroço, beneficiamento e armazenagem. Nesse contexto, nossa pesquisa objetivou determinar análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção de algodão em caroço e de fibra.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

Amostramos 100 talhões de cultivo de algodoeiro, em Mato Grosso, nos municípios de Pedra Preta, Nova Mutum e Campo Verde, em 11 fazendas, com altitudes variando de 402 a 885 m, no ano de 2019. Cada talhão foi amostrado em local de plantas algodoeiras (Galbieri et al., 2020).

Figura 1 – Área de Estudo.



Fonte: adaptado Google Earth (2022).

2.2 Análises de solo

As análises de areia, silte e argila, macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) do solo se basearam nos métodos da Embrapa (Teixeira et al., 2017). A amostragem foi feita com auxílio do amostrador de Kopeck. Retirou-se 2 amostras, em pontos centrais da parcela, nas entrelinhas, em diferentes profundidades, 0 a 0,2 m. O volume dos anéis utilizados é de 100 cm³.

A metodologia para a determinação da densidade total (DS) e porosidade do solo seguiram conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solos da Embrapa (2017). A amostragem foi feita com auxílio do amostrador de Kopeck, em diferentes profundidades, de 5 – 10 cm e 15 – 20 cm, para cada variável a ser avaliada. O volume dos anéis utilizados é de 100 cm³. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Mato Grosso. Os anéis com as amostras, previamente pesados, foram dispostos em bandejas para serem saturados por cerca de 24 horas.

2.3 Análises de produção de algodão em caroço e da fibra

Para amostragem foi definido como 10 linhas de lavoura de algodão de 10 m de comprimento (i) uma amostra composta pelo algodão em caroço, produzido pelas 4 plantas algodoeiras mais próximas de cada uma das 5 plantas algodoeiras amostradas para análise foliar, colhido manualmente, durante o período da pré-colheita, para determinação da produção de algodão em caroço e da fibra. Foram contados os capulhos e as maçãs das 20 plantas algodoeiras. A massa por capulho de algodão foi extrapolada como massa por maçã, já que as maçãs produziram capulhos até à colheita. Em seguida, para obtenção da massa de algodão em caroço de cada amostra composta, foram somados os números de capulho e de maçã, cuja soma foi multiplicada pela massa de capulho de algodão (Kurihara et al., 2014)

2.4 Análises estatísticas

Foi utilizado o método de Regressão Linear Simples com objetivo de verificar a relação entre uma variável preditora atributos físicos do solo (AFS) e um desfecho produção de fibra e caroço e fibra(PFC). Para obtenção do modelo, verificou-se a correlação entre as duas variáveis usando a correlação de Pearson. A avaliação da normalidade dos dados foi realizada utilizando, o teste de Shapiro Wilk p, sendo que um valor de $p < 0,05$ indica rejeição da hipótese nula, isto é, os dados não possuem distribuição normal. Adotou-se limites de aceitação dos resultados para a técnica de regressão linear, sendo o intervalo de confiança de 95%. Os coeficientes estimadores foram calculados através do método dos mínimos quadrados, minimizando os resíduos do modelo de regressão linear. Por fim, obteve-se o teste F, em que a significância foi estabelecida de $p < 0,05$. Desse modo, os parâmetros de interpretação das tabelas de correlação possibilitaram avaliar quantitativamente variáveis preditora e variáveis dependentes gerando equação de regressão e validação do modelo de regressão obtido (Charnet et al., 2008). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Jamovi (Versão 0.9, 2018).

3. Resultados e Discussão

3.1 Influência de atributos físicos do solo na produção de fibra e caroço de algodão

Os dados da (PFC) é apresentada na Tabela 1, em que o valor máximo foi $12,8 \text{ g planta}^{-1}$ e valor mínimo $1,58 \text{ g planta}^{-1}$ (PFC). É possível observar que os dados estão distribuídos de forma homogênea, tendo em vista os valores encontrados para assimetria positiva 0,0901, deslocando mais para esquerda das medianas e médias e a curtose -0,237 negativa, que representa uma curva achatada. Para variável dependente PFC, o Shapiro Wilk p apresentou valor de 0,15. Portanto, o primeiro pressuposto foi atendido, na qual os dados são normais para realizar regressão linear simples.

Neste estudo os resultados obtidos demonstraram normalidade para distribuição dos dados através do teste Shapiro Wilk $p > 0,05$, indicando para análise regressão linear, foram atendidas as importâncias necessária para prosseguir. Sequência de valores encontrados, destacaram pela de variáveis pelo grau de aproximação dos seus dados à curva de normalidade, evidenciada pelos valores da assimetria e da curtose, próximos de zero, e também pela proximidade entre as suas medianas e médias, o que coincide com dos dados encontrados neste trabalho, quando comparados com (Ronei et al., 2014) e Omar (2021), portanto obedecendo o teste de Shapiro Wilk $p > 0,05$ distribuição normal para realizar a análise de regressão linear.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados da produção de fibra e caroço.

| PRODUÇÃO FIBRA E CAROÇO | |
|---|--------|
| Desvio Padrão | 1,99 |
| Valor mínimo dos dados | 1,58 |
| Valor máximo dos dados | 12,8 |
| Assimetria | 0,0901 |
| Erro padrão da assimetria | 0,184 |
| Curtose | -0,237 |
| Erro padrão da curtose | 0,365 |
| Shapiro-Wilk W | 0,988 |
| Valor do p, calculado pelo teste | 0,155 |

Fonte: Autores (2022).

Matriz de Pearson (Tabela 2) entre a (PFC) e os (AFS) demonstrou que as variáveis Argila, Silte, Areia, (Macroporosidade (Mac), (Mic), Densidade (DS), Porosidade Total (PT) estão linearmente correlacionadas. Os resultados foram consideráveis, já que todas as variáveis do solo apresentaram porcentagens de significância $p < 0,05$ para o teste F.

Este coeficiente, normalmente representado por r assume apenas valores entre -1 e 1, entretanto não foi encontrada nenhuma correlação forte próxima de -1 ou 1, ou mesmo média, entre as características físicas do solo e a PFC. Embora os valores encontrados em nosso estudo foram significativos a correlação foram baixas para correlação de Pearson, a análise de correlação canônica conseguiu explorar satisfatoriamente a realidade dos solos de cultivo de algodão e os valores dos atributos físicos do solo apresentaram ampla variação de valores, quando comparados com os resultados de Barreiros (2020), isso foi possível por que utilizaram mais de uma variável para justificar o grau de correlação.

Efeitos de macroporosidade e silte, na matriz de Pearson, não apresentaram expressividade, todavia a microporosidade, PT, DS, argila e a areia revelaram relevante influência estatística pelo grau de correlação analisado em nossa pesquisa (Figura 3-2).

Esses atributos físicos utilizados em conjunto de instrumentos podem incrementar na PFC. A compactação é um dos principais processos de degradação física dos solos, sendo resultante da perda da estabilidade estrutural, devido ao declínio da matéria orgânica associada ao intenso uso do solo, resultando em maior densidade, diminuição da PT, Mac e aumento da resistência do solo, podendo assim ocasionar uma perda na PFC (Cunha et al., 2012).

Vimos que PFC associados com a areia e a DS, respectivamente, houve correlação negativa diminuindo a PF, diferente desses resultados a macroporosidade apresentou correlação direta, pois esse atributo do solo é condicionante do desenvolvimento radicular. Todavia, PFC se abriga na microporosidade, que lhe oferece maior proteção hidratante. A DS com a areia e se correlacionam negativamente (Tabela 3-2), temos que optar pela redução ou elevação de um desses atributos para diminuição do adensamento do solo. Então, é preferível a redução da densidade, já que promove a diminuição da PFC.

Segundo Frazão et al. (2008) solos arenosos possuem limitações para o cultivo, devido sua baixa fertilidade natural, porém quando adequadamente manejado, por meio de rotação, principalmente com culturas que possuem decomposição lenta e maior produção de resíduos vegetais, esses solos apresentam um aumento do potencial produtivo. Porém as quantidades de resíduos vegetais deixadas por essas culturas são insuficientes para proteção do solo até a safra seguinte, deixando o solo exposto às intempéries (Lamas & Chitarra, 2014).

A correlação positiva da argila em nosso estudo com a PFC, deve-se ao efeito negativo da areia presente no solo analisado, fato explicado pela redução da absorção pelo algodoeiro, exercida pela correlação negativa da DS, devido à

presença de restrição no sistema radicular.

Segundo Soares (2015) a cultura do algodão é altamente exigente em fertilidade além de muito sensível à acidez do solo, que afeta negativamente o seu desenvolvimento radicular e o crescimento, refletindo diretamente na produtividade.

Neste contexto, todos os sete AFS estudados nesta pesquisa apresentaram correlação linear para PFC, demonstrando que podem apresentar uma PFC relativamente elevado e reforçam a importância da avaliação da influência dos AFS não somente em PFC, mas em outros cultivares agrícolas.

Tabela 2. Matriz de correlação de Pearson na produção de fibra e caroço (PFC) e de atributos físicos do solo.

| | | PRODUÇÃO DE FIBRA E CAROÇO | ARGILA | SILTE | AREIA | Mac | Mic | PT | DS |
|--------|-------------|---|---------------|--------------|--------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Argila | Pearson's r | 0,330 | — | | | | | | |
| | p-valor | <,001 | — | | | | | | |
| Silte | Pearson's r | 0,218 | 0,573 | — | | | | | |
| | p-valor | 0,004 | <,001 | — | | | | | |
| Areia | Pearson's r | -0,332 | -0,997 | -0,637 | — | | | | |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | — | | | | |
| Mac | Pearson's r | 0,160 | 0,318 | 0,152 | -0,314 | — | | | |
| | p-valor | 0,035 | <,001 | 0,044 | <,001 | — | | | |
| Mic | Pearson's r | 0,317 | 0,890 | 0,553 | -0,892 | 0,016 | — | | |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | 0,833 | — | | |
| PT | Pearson's r | 0,350 | 0,909 | 0,540 | -0,908 | 0,567 | 0,833 | — | |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | — |
| DS | Pearson's r | -0,324 | -0,876 | -0,536 | 0,876 | 0,528 | 0,698 | -0,868 | — |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 |

Fonte: Autores (2022).

A verificação da qualidade do modelo de regressão foi realizada calculando-se o coeficiente de determinação R^2 (Tabela 3). Segundo Charnet *et al.* (2008), 0% demonstra que o modelo não explica a variabilidade dos resultados de resposta em relação a sua média e 100% demonstra que o modelo explica toda a variabilidade dos valores de resposta ao em relação a sua média.

MacNeil (1983) revisou os métodos para a seleção objetiva de equações de predição. Segundo ele, o coeficiente de determinação (R^2) tem sido historicamente utilizado como um índice de relativa utilidade para várias equações, porém, sua utilização exclusiva em equações que utilizam muitas variáveis independentes pode não ser adequada, uma vez que a variância residual pode ser inflada. É importante destacar que estas variáveis são quantitativas e, por isso, sofrem influência do ambiente.

Recomenda, portanto, a utilização da estatística como critério de seleção do melhor modelo de regressão dentro de um único estudo.

Em nosso estudo o modelo de regressão simples consiste na realização de uma análise estatística com o intuito de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes (Peternelli, 2004).

Com base nas informações abaixo, podemos afirmar que o modelo é estatisticamente significativo (valor- $p < 0,05$), ou seja, a variação no AFS, implica em uma relação direta ou inversamente linear para PFC.

Assim, o maior percentual explicado pela reta estimada, e, por conseguinte a maior a qualidade do ajustamento foi obtida para a P T, enquanto que o menor percentual foi para a Macroporosidade. Foram considerados os valores de R² significativos, pois a técnica de regressão linear simples analisa a relação de apenas duas variáveis é explicada pelo modelo, no entanto a PFC é influenciada por uma combinação de todas as variáveis físicas do solo, na agricultura de precisão, dificilmente uma única variável conseguirá explicar, isoladamente, a variabilidade espacial da produtividade de culturas como o algodão.

Assim, embora a percentual variabilidade dos dados dos AFS é baixa possa ser influenciada por vários fatores, condições climáticas, variações nas condições do solo, fatores bióticos e abióticos que influenciam a produção da cultura (SantI et al. 2012).

Segundo Meredith Júnior (2012), o ambiente interfere diretamente nas características quantitativas do algodoeiro, o que pode justificar o fato de que características com índice quantitativo apresentaram diferença ao analisar estatisticamente.

Nossos resultados reforçam a hipótese de que os atributos avaliados isoladamente na pesquisa, justificaram a variação PFC, possivelmente e provavelmente esteja atrelada a influência de todas outras variáveis físicas do solo que afetou a produtividade.

Tabela 3. Análise da regressão linear simples fibra e caroço.

| Variável | R | R ² | R ² Ajustado | F | Modelo geral do teste | | |
|-------------------------|-------|----------------|-------------------------|------|-----------------------|-----|--------|
| | | | | | df1 | df2 | p |
| Argila | 0,330 | 0,109 | 0,104 | 21,2 | 1 | 173 | < ,001 |
| Silte | 0,218 | 0,0475 | 0,0420 | 8,63 | 1 | 173 | 0,004 |
| Areia | 0,332 | 0,110 | 0,105 | 21,4 | 1 | 173 | < ,001 |
| Macroporosidade | 0,160 | 0,0255 | 0,0198 | 4,52 | 1 | 173 | 0,035 |
| Microporosidade | 0,317 | 0,101 | 0,0955 | 19,4 | 1 | 173 | < ,001 |
| Porosidade Total | 0,350 | 0,122 | 0,117 | 24,1 | 1 | 173 | < ,001 |
| Densidade | 0,324 | 0,105 | 0,100 | 20,3 | 1 | 173 | < ,001 |

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 4 resume-se todas as equações obtidas na análise de regressão linear para os AFS e PFC, apresentou-se os coeficientes linear (α) e coeficiente angular (β), da equação de regressão que é exatamente o ponto onde a reta cruza o eixo y do gráfico, através desses valores conseguimos montar a equação da regressão linear e calcular o PFC. Os coeficientes de determinação linear e angular foram aplicados na equação de regressão $Y = \alpha + \beta \cdot x$ permitindo estimar a PFC para cada variável física do solo.

São denominados modelos de regressão linear, ou modelos lineares, os modelos que possuem relação linear nos parâmetros X (independente) e Y (dependente). Os modelos de regressão linear simples possuem apenas uma variável preditora e são descritos conforme equação.

Então:

$$\text{PFC} (\sqrt{x}) = 5,23857 + 0,00279X$$

Onde:

PFC = produção de fibra e caroço (algodão em caroço) (g planta⁻¹)

X = teor de argila (g kg⁻¹)

R² ajustado = 0,104

Na equação da regressão, resultou em efeitos significativos ($p < 0,05$) na produtividade em fibra e caroço. Para descrever a PFC da cultura do algodão obteve um modelo cujos coeficientes foram significativos. O modelo obtido, descrevem que, respectivamente, argila, silte, mac, mic, porosidade total apresentaram aumento da produtividade, porém areia e densidade

para PFC apresentaram estimativa negativa, esse resultado implica redução da produtividade. Embora os valores estimados para PFC encontrados no modelo estudado estejam, em alguns casos, baixos aos encontrados em outras pesquisas, o nível de efeitos adversos observado nas variáveis independentes, ainda está sendo debatido por (BITTENCOURT et al., 2018), fatores limitantes como restrições ambientais estiveram associadas aos baixos valores de produtividade neste experimento, em comparação à média relatada (Kawakami, 2015).

Pode-se observar que quanto maior for o valor de PT e argila, apresenta maior produtividade, o modelo encontrado e a visualização das tabelas permitem observar que a estimativa da produtividade não possui um único padrão de comportamento, sendo diferente para cada AFS, quando consideradas as variáveis independentes adotadas neste trabalho.

Embora seja efetivamente influenciado por AFS, a PFC é afetada por fatores ambientais. Porém, os resultados após estimar a produção utilizando a equação de regressão não têm sido consistentes segundo experimentos previamente conduzidos, observando-se situações específicas de aumento, redução, ou mesmo baixo efeitos significativos, sendo esta última a predominante (Chen et al., 2017).

Tabela 4. Equação da regressão linear simples fibra e caroço.

| Variáveis físicas do solo | Equação da regressão linear |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| Argila | $PFC(\sqrt{x}) = 5,23857 + 0,00279X$ |
| Silte | $PFC(\sqrt{x}) = 6,0777 + 0,0178X$ |
| Areia | $PFC(\sqrt{x}) = 7,87544 - 0,00264X$ |
| Macroporosidade | $PFC(\sqrt{x}) = 5,7111 + 0,0689X$ |
| Microporosidade | $PFC(\sqrt{x}) = 3,6898 + 0,0921X$ |
| Porosidade total | $PFC(\sqrt{x}) = 2,9392 + 0,0837X$ |
| Densidade | $PFC(\sqrt{x}) = 10,59 - 2,88X$ |

Fonte: Autores (2022).

O modelo ajustado tivera as suas pressuposições testadas: normalidade, homogeneidade de variância e independência dos resíduos. Para o teste de normalidade, todas as variáveis estudadas neste modelo linear apresentaram valores de $p > 0,05$, ou seja, os dados possuem distribuição normal com intervalo de confiança de 95% (Tabela 5), corroborando para a validação da homocedasticidade da Regressão (Tabela 6). Todos os atributos estudados, apresentaram distribuição de frequência do tipo normal, sendo significativos a 5% pelo teste da normalidade de Shapiro e Wilk (1965), é uma das premissas para a aplicação da análise de variância pelo teste F de Snedcor, uma vez que a variação da probabilidade esteve compreendida entre 0,160 e 0,612. Assim, os valores médios representarão as medidas de tendência central.

Os resultados obtidos em nossa pesquisa foram adequados ao pressuposto obtendo valores estatísticos que melhor definiu a forma funcional do modelo e para a determinação dos intervalos de confiança para previsão iguais segundo (Fávero; Belfiore, 2017). Conclui-se que o teste de normalidade depende das condições experimentais, em nossa pesquisa nossos pontos se concentrarem em torno da reta, então temos distribuição normal.

Tabela 5. Teste de normalidade na produção de fibra e caroço shapiro-wilk p (Valor do p, calculado pelo teste).

| Variáveis físicas do solo | Estatística | p |
|---------------------------|-------------|-------|
| Argila | 0,992 | 0,443 |
| Silte | 0,991 | 0,349 |
| Areia | 0,992 | 0,457 |
| Macroporosidade | 0,993 | 0,612 |
| Microporosidade | 0,988 | 0,160 |
| Porosidade total | 0,991 | 0,336 |
| Densidade | 0,991 | 0,336 |

Fonte: Autores (2022).

Os testes de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), foram previamente realizados para avaliações de normalidade e homocedasticidade dos dados, assim como foram descritos em nosso trabalho, corroborando com o estudo de pressuposições da análise de variância (McDonald, 2014).

Para cada modelo ajustado são apresentados os valores, em que o primeiro avalia a homogeneidade de variâncias e a independência dos resíduos. Portanto foram avaliados todos AFS, para observar se os resíduos se distribuem normalmente. A homogeneidade de variâncias e a independência dos resíduos também foram avaliadas passo a passo. Por fim, visualizou-se há valores influentes no conjunto de dados. Conclui-se pela visualização que as pressuposições dos modelos ajustados foram atendidas.

O Teste de homocedasticidade na Tabela 6, avaliou a normalidade dos dados, o teste de Shapiro Wilk p foi realizado, sendo que um valor de $p < 0,05$ indica rejeição da hipótese nula, isto é, os dados não possuem distribuição normal. Os nossos dados apresentaram distribuição normal, positiva, presença homogeneidade de variância dos resíduos para todos os AFS para validação da regressão linear.

Tabela 6 Teste de homocedasticidade dos resíduos fibra e caroço.

| Variáveis físicas do solo | Teste de homocedasticidade |
|---------------------------|----------------------------|
| Argila | positivo |
| Silte | positivo |
| Areia | positivo |
| Macroporosidade | positivo |
| Microporosidade | positivo |
| Porosidade total | positivo |
| Densidade | positivo |

Fonte: Autores (2022).

3.2 Influência de atributos físicos do solo na produção de fibra

A Tabela 7 de estatística descritiva os nossos dados da produção de fibra (PF), apresentaram, valor máximo de 8,36 g planta⁻¹ e valor mínimo 1,03 g planta⁻¹ (PF). Demonstrou-se valores da assimetria positiva 0,127, deslocando mais para esquerda entre as suas medianas e médias e a curtose -0,237 negativa, que obedece uma curva achatada para nossos valores. Após a análise dos dados, notou-se que os valores de média e mediana foram próximos, o que significa dizer que o conjunto de dados não mostrou valores extremamente grandes ou pequenos. Para variável dependente PF, o Shapiro Wilk p apresentou valor de 0,139, demonstraram normalidade para distribuição dos dados através do teste, indicando para análise regressão linear, foram atendidas as importâncias necessária para prosseguir. Média e mediana são duas medidas diferentes de tendência central, mas Reis e Reis (2002) enfatizam que a mediana é novamente mais intuitiva. Ele representa com precisão o centro do conjunto de dados e não é afetado por valores extremos, como a média. As amostras foram selecionadas para representar várias variações nas características de interesse. O desvio padrão analisado determina o quão grande é a variação dos dados em

relação à média (Ferreira, 2005) e, com o valor de 1,27, aproximadamente, pode-se entender que existe variação dentro da amostra de dados de (PF). Portanto, a mediana dos dados analisados, representam a diferença entre os valores limites com os valores máximos e mínimos dos dados descrito em estudo (Valladares neto et al., 2017).

Figura 7. Estatística descritiva dos dados da produção de fibra.

| Variáveis físicas do solo | Teste de homocedasticidade |
|---------------------------|----------------------------|
| Silte | positivo |
| Macroporosidade | positivo |
| Microporosidade | positivo |

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 8, matriz de Pearson na (PF) e (AFS), só é possível avaliar a correlação quando os valores apresentam significância $p < 0,05$ para o teste F. Em nossa pesquisa demonstrou que as variáveis preditoras independentes, Argila, Silte, Areia, (Mac), (Mic), Densidade (DS), (PT), apresentam linearmente correlacionadas. A correlação entre as variáveis (PF).

Assim, as correlações possuem coeficientes adimensionais que variam de 1 à -1, sendo que o valor zero evidencia a falta de relação linear entre duas variáveis e não a ausência de correlação. Além disso, valores negativos indicam que as características são inversamente correlacionadas e, quando seus valores são positivos, os caracteres se correlacionam no mesmo sentido. Logo, nossos valores não aproximaram do extremo entre 1 e -1, indicam associação forte entre ambas (Nogueira, 2011; Sousa, 2013).

Na correlação de Pearson as variáveis preditoras, influenciaram diretamente proporcional: Argila, Silte, Mac, Mic, PT e Areia e Densidade respectivamente indiretamente proporcional e explicaram que 53,7% apresentam correlação linear para PF (dependente), quando analisadas separadamente podemos dizer que os esses valores são significativamente baixo, porém existem outras variáveis que podem explicar melhor (PF).

O grau de associação linear dos atributos de argila e silte, obtêm-se classe textural do solo quando relacionados com a produtividade do algodão influenciada diretamente Jalota et al (2006). Verifica-se que o algodão é cultivado majoritariamente em solos muito argilosos e poucas vezes são cultivados em solos arenosos evidenciando a escolha dos melhores solos pelos agricultores para cultura de algodoeira.

O solo do cerrado apresenta boas propriedades físicas, que são os agregados presentes na fração argila podem se estabilizar pela presença de óxidos de Fe e Al e/ou pela matéria orgânica no solo (Motta et al., 2016). Porém apresentam deficiência natural de nutrientes necessário para produtividade de PF, evidenciando que solos com maior teor de argila apresentam melhor retenção de água, sofrendo menor influência quando houver déficit hídrico na plantação.

Os resultados demonstram a eficácia na utilização do teste de Pearson para classificação de áreas de alta e baixa produtividade no cultivo de algodão. Esta abordagem pode ser útil para a seleção dos atributos que mais impactam na produtividade e na definição de estratégias de manejo, como adubação, seleção de área com menores concentrações de areia, maior precipitação dentre outros, visando o aumento da PF.

A correlação estabelecida a macroporosidade, as variações observadas para PT podem estar associadas à densidade do solo Souza Neto et al. (2008) contribuem no entendimento desse fenômeno ao afirmarem que a DS é um atributo que pode indicar condições restritivas ao desenvolvimento radicular, a qual constituiu correlação linear inversa com a PF em cargo da umidade do solo, da resistência à penetração e do espaço poroso do solo.

Nossos resultados foram parecidos com Solda (2012), que identificou uma relação as maiores concentrações densidade que alteram a estrutura do solo afetam, o arranjo e o volume dos poros provocam a diminuição da disponibilidade de água para as plantas e aumentam a resistência do solo à penetração, portanto os valores DS, contribuíram para diminuição da PF, apresentaram correlação inversamente proporcional.

Tabela 1. Matriz de correlação de Pearson na produção de fibra (PF) e de atributos físicos do solo.

| | | PRODUÇÃO DE FIBRA | ARGILA | SILTE | AREIA | Mac | Mic | PT | DS |
|---------------|-------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Argila | Pearson's r | 0,318 | — | | | | | | |
| | p-valor | <,001 | — | | | | | | |
| Silte | Pearson's r | 0,212 | 0,573 | — | | | | | |
| | p-valor | 0,005 | <,001 | — | | | | | |
| Areia | Pearson's r | -0,320 | -0,997 | -0,637 | — | | | | |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | — | | | | |
| Mac | Pearson's r | 0,157 | 0,318 | 0,152 | -0,314 | — | | | |
| | p-valor | 0,038 | <,001 | 0,044 | <,001 | — | | | |
| Mic | Pearson's r | 0,302 | 0,890 | 0,553 | -0,892 | 0,016 | — | | |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | 0,833 | — | | |
| PT | Pearson's r | 0,336 | 0,909 | 0,540 | -0,908 | 0,567 | 0,833 | — | |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | — | |
| DS | Pearson's r | -0,312 | -0,876 | -0,536 | 0,876 | -0,528 | -0,698 | -0,868 | — |
| | p-valor | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | <,001 | — |

Fonte: Autores (2022).

A avaliação da qualidade do modelo de regressão foi realizada calculando-se o coeficiente de determinação R^2 é a porcentagem da alteração da variável resposta que é explicada por um modelo linear (Tabela 3-9). Charnet *et al.* (2008), 0% demonstra que o modelo não explica a variabilidade dos valores de resposta em relação a sua média e 100% demonstra que o modelo explica toda a variabilidade dos valores de resposta ao em relação a sua média.

Os resultados expressaram o maior percentual explicado pela reta estimada, e, por conseguinte a maior eficiência do ajustamento foi obtida para a PT, enquanto que o menor percentual foi para a Mac. Além disso, se seu valor de R^2 for baixo, mas se você tiver preditores estatisticamente significativos, poderá tirar conclusões importantes sobre como as alterações nos valores das variáveis predictoras estão associadas a alterações no valor da variável resposta. A Tabela 3- 9, verifica-se, na validação, valores de R^2 entre a faixa de 0,06 e 0,8, sendo considerado um bom modelo de predição (SAEYS *et al.*, 2005), a argila apresentou-se inferior a 2,00, o que caracteriza um modelo de predição razoável (CHANG *et al.*, 2001). Esta observação ressalta a importância de se utilizar mais de uma figura de mérito para avaliação de modelagens quantitativas, uma vez que alguns indicadores de qualidade podem ser mascarados.

Por fim, quanto mais variância for explicada pelo modelo de regressão, mais próximos os pontos de dados estarão em relação à linha de regressão ajustada.

Ao se analisar a validação do modelo de regressão proposto nos dados coletados pelo presente trabalho, verifica-se que este se validou, uma vez que os seus valores de R^2 foram 0% demonstra que o modelo não explica. Ben Dor *et al.* (2015) afirmam que, para gerar modelos de predição replicáveis utilizando dados de atributos físicos, é importante não só a escolha correta do atributo, mas também o controle dos efeitos que possam influenciar a intensidade das variáveis. O autor ainda comenta que o sucesso da replicação de modelos, só será possível se houver análises que visem minimizar efeitos de fatores aleatórios.

Tabela 2. Análise da regressão linear simples fibra.

| Variável | R | R ² | R ² Ajustado | F | Modelo geral do teste | | |
|-------------------------|-------|----------------|-------------------------|------|-----------------------|-----|-------|
| | | | | | df1 | df2 | p |
| Argila | 0,318 | 0,101 | 0,0962 | 19,5 | 1 | 173 | <,001 |
| Silte | 0,212 | 0,0448 | 0,0393 | 8,12 | 1 | 173 | 0,005 |
| Areia | 0,320 | 0,103 | 0,0974 | 19,8 | 1 | 173 | <,001 |
| Macroporosidade | 0,157 | 0,0247 | 0,0190 | 4,37 | 1 | 173 | 0,038 |
| Microporosidade | 0,302 | 0,0913 | 0,0860 | 17,4 | 1 | 173 | <,001 |
| Porosidade Total | 0,336 | 0,113 | 0,108 | 22,0 | 1 | 173 | <,001 |
| Densidade | 0,312 | 0,0974 | 0,0922 | 18,7 | 1 | 173 | <,001 |

Fonte: Autores (2022)

Para construção da equação de regressão linear simples tabela 3-10, foi necessário estabelecer uma equação que representa o fenômeno em estudo para verificar como se comportam os valores da variável dependente (Y) a cargo da variável independente (X). Portanto na tabela 3-10 resume-se todas as equações obtidas na regressão linear para os AFS e PFC, apresentou-se os coeficientes linear (α) e coeficiente angular (β), da equação de regressão que é exatamente o ponto onde a reta cruza o eixo y do gráfico, através desses valores conseguimos montar a equação da regressão linear e calcular o PFC.

Então:

$$PF(\sqrt{x}) = 3,35672 + 0,00171X$$

Onde:

PFC = produção de fibra (algodão em caroço) (g planta⁻¹)

X = teor de argila (g kg⁻¹)

R² ajustado = 0,104

Os resultados obtidos em nossa pesquisa foram capazes de prever os valores futuros da PF o método de regressão utilizado para estimar a produtividade relacionando com os AFS demonstraram que argila, silte, Mac, Mic e PT, apresentaram relação direta no aumento de PF. Entretanto para avaliar a equação de regressão a variável preditora expressou o valor de $p_{0,001} < 0,05$ para o coeficiente angular.

Por fim, realizando-se um balanço dos dados para obter uma média de previsão mais próxima dos dados reais, previsão estatística mesmo com bons indicadores na escolha do modelo, os quais tiveram valores de erros aceitáveis, muito próximos de 1,0. A equação de regressão descreveu que os impactos dos sete AFS apresentaram efeito isolado influenciou positivamente e negativamente na PF, verificou-se um acréscimo PF pouco expressivo estatisticamente Carvalho et al. (2009). Em trabalhos que as influências dos AFS foram diretas apresentaram respostas de produtividade de algodão (Borin et al., 2017; Cope, 1984; Gerik et al., 1994). De modo geral as variáveis físicas do solo apresentaram expressividade para PF, a equação da regressão linear estimou os valores para produtividade levando em consideração os coeficientes linear e angular.

Tabela 3. Equação da regressão linear simples fibra.

| Variáveis físicas do solo | Equação da regressão linear |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Argila | $PF(\sqrt{x}) = 3,35672 + 0,00171X$ |
| Silte | $PF(\sqrt{x}) = 3,8710 + 0,0110X$ |
| Areia | $PF(\sqrt{x}) = 4,97957 - 0,00162X$ |
| Macroporosidade | $PF(\sqrt{x}) = 3,6372 + 0,0432X$ |
| Microporosidade | $PF(\sqrt{x}) = 2,4271 + 0,0559X$ |
| Porosidade total | $PF(\sqrt{x}) = 1,9527 + 0,0512X$ |
| Densidade | $PF(\sqrt{x}) = 6,64 - 1,77X$ |

Fonte: Autores (2022).

Para cada variável efetuou-se teste de Shapiro-wilk- p na tabela 3-11, tem como objetivo avaliar se uma distribuição apresenta distribuição normal, na nossa pesquisa todos as variáveis apresentaram valores de $p > 0,05$, ou seja, os dados possuem distribuição normal com intervalo de confiança de 95%.

O teste de normalidade para as variáveis: argila, silte, areia, Mac, Mic, PT e DS, apresentaram normalidade para todos preditores analisados no modelo de regressão avaliados neste trabalho. Nossos resultados apresentaram distribuição normal para o teste, em concordância com a literatura que recomenda o teste Shapiro-Wilk como o mais adequado para o teste de normalidade na maioria das situações, devido as suas boas propriedades revelando melhores resultados em comparação com outros testes (Oztuna et al., 2006; Yap & Sim, 2011; Ghasemi & Zahediasl, 2012; Baghban et al., 2013). Por fim, a regressão linear simples verificou se a variável preditora (independente) tem relação ou influência com a variável dependente (PF), através do modelo linear atendendo as importâncias para validação do modelo linear.

Tabela 4. Teste de normalidade na produção de fibra shapiro-wilk p (Valor do p, calculado pelo teste).

| Variáveis físicas do solo | Estatística | p |
|---------------------------|-------------|-------|
| Argila | 0,991 | 0,344 |
| Silte | 0,990 | 0,287 |
| Areia | 0,991 | 0,356 |
| Macroporosidade | 0,993 | 0,519 |
| Microporosidade | 0,987 | 0,101 |
| Porosidade total | 0,991 | 0,304 |
| Densidade | 0,991 | 0,311 |

Fonte: Autores (2022).

A Tabela 12 representa a maneira como os resíduos estão atuando em relação as variáveis ajustadas. O resíduo é atingido pela diferença entre o valor observado e o valor ajustado, os modelos bem ajustados apresentam pequenos resíduos. Segundo Oliveira (2013) os pressupostos de normalidade e homocedasticidade residual poderão ser satisfeitos uma vez seus valores absolutos padronizados, homocedasticidade é o termo para designar variância constante dos resíduos, para interpretação dos nossos dados foi realizado o teste de Shapiro Wilk p, sendo que um valor de $p < 0,05$ indica rejeição da hipótese nula, isto é, os dados não possuem distribuição normal, todos os valores obtidos em nossa pesquisa apresentaram homocedasticidade, portanto apresentaram homogeneidade dos resíduos.

Os resultados para homocedasticidade descreveu a perturbação aleatória na relação das variáveis independentes e a variável dependente são os mesmos valores para as variáveis independentes. Ademais, o teste Shapiro-Wilk foi realizado nos resíduos e este apresentou normalidade, ou seja, ($P > 0,05$).

Tabela 5. Teste de homocedasticidade dos resíduos fibra.

| Variáveis físicas do solo | Teste de homocedasticidade |
|---------------------------|----------------------------|
| Argila | positivo |
| Silte | positivo |
| Areia | positivo |
| Macroporosidade | positivo |
| Microporosidade | positivo |
| Porosidade total | positivo |
| Densidade | positivo |

Fonte: Autores (2022).

4. Conclusão

Nossos resultados demonstram uma lacuna teórica a respeito de estudos que investigam os efeitos dos AFS na produção do algodão, evidenciando a importância de estudos de modelos de regressão linear simples na agricultura, tendo em vista que o emprego dos AFS na agropecuária ocorre a nível de todas culturas e muitos dos efeitos na produção, ainda não são conhecidos pelos produtores.

Outro fator importante, é a manutenção dos solos, que precisam de estudos para que ocorra um melhor manejo dos cultivos, que ajudem a agricultura e os produtores na tomada de decisões, em relação à utilização desenfreada de solos causando deficiência, na busca por uma solução efetiva para as consequências agroambientais, que podem acarretar.

Neste sentido, é de suma importância construção de trabalhos, que tratem do impacto de AFS na agricultura, demonstrando que se precisa voltar olhares para esta problemática de nível global. Isto fica mais evidente, quando se atenta para o Brasil, país que possui uma das maiores produções de algodão, e que podem vir a sofrer serias consequências, caso nenhuma providência seja tomada, frente aos rumos e à velocidade com que, a agricultura vem avançando o país.

As análises esclarecem que o estudo, obteve-se um modelo de regressão linear simples para todos AFS, concluindo-se que a pesquisa foi satisfatória. O modelo de regressão foi validado através dos pressupostos importantes da regressão. Para variáveis preditoras: Argila, Silte, Mac, Mic e PT, influenciaram diretamente proporcional e Areia 10,5, Densidade indiretamente proporcional e explicaram que 58,2% apresentam correlação linear para PFC (dependente).

No modelo de regressão as variáveis preditoras: Argila, Silte, Mac, Mic e PT, influenciaram diretamente proporcional e Areia e Densidade indiretamente proporcional e explicaram que 53,7% apresentam correlação linear para PF (dependente),

Por fim, os AFS (7) estudados neste trabalho, se mostraram valiosos, quando utilizados como monitoramento do solo, através da equação de regressão foi possível calcular os valores para estimar a PFC e PF.

A análise regressão linear simples explicou a influência dos atributos físicos do solo (argila, silte, areia, Mac, Mic, PT e DS) na PFC (capulho, forma colhida) e PF, o que permitiu identificar o maior percentual explicado pela reta estimada, e, por conseguinte a maior a qualidade do ajustamento foi obtida para a PT, enquanto que o menor percentual foi para a Mac, para a aplicação do modelo com o intuito da definição das zonas de manejo para produção do algodão.

Vale ressaltar que mesmo conhecendo-se mais sobre os atributos físicos do solo na agricultura, não se pode assegurar que os danos causados sejam desprezíveis, pois é praticamente impossível acompanhar toda a dinâmica do solo original, e dos

diferentes tipos de plantios, bem como os seus efeitos físicos nas mais diversificadas situações agrônômicas. Portanto, os resultados encontrados sugerem que o impacto nas produções de algodão persistentes em solo alterado seja reflexo do uso intensivo para o cultivo de algodão. Com base nos resultados encontrados nesta pesquisa é importante que novas análises de regressão multivariada sejam realizadas, com vista ao monitoramento dos AFS que influenciam na produtividade do algodão.

Referências

- Ahmad, Z., Anjum, S., Iqbal, M. A & Saeed-ur-Rehman, H. (2018). Foliar applied potassium enhances fibre quality, water relations and yield of cotton. *J Agric. Res.*
- Ajmal, F., Akram, M., Iqbal, R. M., Hussain, M., Hassan, M. W., & Abdullah, M. (2018). Effect of exogenous application of micronutrients on growth and productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) crop. *Bioscience Journal*,
- Ali, L., Akram, M., Din, M., & Rehman, U., Zafar, M., Ghafoor, A. (2018). Improving the productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) by integrated use of macro and micronutrients under agro-climatic conditions of Bahawalnagar. *Pakistan. Int. J. Adv. Multidiscip. Res.*
- Amado, T. J. C., Pes, L. Z., Lemainski, C. L., & Schenato, R. B. (2009). Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.
- Aquino, L. A. De., Berger, P. G., Oliveira, R. A., Neves, J. C. L., Batista, C. H. (2021). Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5), 463–470, Aquino <https://doi.org/10.1590/s1415-43662011000500005>.
- Barbosa, G. R. M., & Asmus, G. (2019). Densidade populacional do nematode das lesões radiculares em cana-de-açúcar em função de cultivares, manejo do palhicho e escarificação do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS.
- Barreiros. Instituto Federal de Pernambuco. *Propriedades Físicas do Solo*. (2020) Barreiros https://www.academia.edu/12161590/Propriedades_F%C3%ADsicas_do_Solo.
- Ben dor, E., Ong, C., Lau, I.C. (2015.) Reflectance measurements of soils in the laboratory: Standards and protocols. *Geoderma*.
- Bittencourt, Flávio et al. (2018.). Determinação de funções de produtividade de algodão e soja em cultivo sequeiro no extremo oeste da Bahia. *Revista Agroambiental*, v. 10, n. 1,
- Cabi. (2020). *Invasive Species Compendium. Helicotylenchus dihystera (common spiral nematode)*. Cabi <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/26824#toPictures>>.
- Calonego, J. C., Raphael, J. P., Rigon, J. P., De Oliveira Neto, L., & Rosolem, C. A. (2017). Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. *European Journal of Agronomy*, 85, 31-37.
- Carvalho et al. (2009). Adubação do algodoeiro com NPK em sistema plantio direto no Cerrado. (EMBRAPA ALGODÃO), CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais... Campina grande: *Embrapa Algodão* 2136-2142.
- Cerri, D. G. P., Magalhães, P. S. G. (2012). Correlation of physical and chemical attributes of soil with sugarcane yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.4, p.613-620
- Chang, C. W., Laird, D. A., Mausbach, M. J., & Huburgh, C. R. (2001). Near-infrared reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties. *Soil Science Society of American Journal*, v. 65, p. 480 - 900,
- Chen, B. L., Yang, H. K., Ma, Y. N., Liu, J. R., LV, J. R., Chen, J., Meng, Y. L., & Wang, Y. H. (2017). Effect of shading on yield, fiber quality and physiological characteristics of cotton subtending leaves on different fruiting positions. *Photosynthetica*, Praha, v.55, p. 240-250,
- Coolen, W.A., D'herde, C. J. (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. *State Agricultural Research Centre*, Ghent, 77 p..
- Fávero, L. P., Belfiore, P. (2017). Manual de análise de dados. *Elsevier*.
- Ferreira, P. L. (2019). Estatística descritiva e inferencial. FEUC, 2005. < <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/9961/1/AP200501.pdf>>.
- Fidalski, J., Tormena, C.A., & Scapim, C.A. (2007). Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(2), 9-19.
- Frazão, L. A., Piccolo, M. C., Feigl, B. J., Cerri, C.C., & Cerri, C. E. P. (2008). Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 43(5), 641-648.
- Fuzatto, M. G., Carvalho, L. H., Cia, E., Silva, N. M., Chiavegato, E. J., Luders, R. R. Algodão., & (Ed.) Aguiar, A. T. E., Gonçalves, C., Paternian, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S., Castro, C. E. F. (2014). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. nº 200, (7a ed.), *Instituto Agrônomo*, 11-14., (Boletim IAC, nº 200).
- Galbieri, R., Silva, J. F. V., Asmus, G. L., Vaz, C. M. P., Lamas, F. M., Crestana, S., Torres, E. D., Farias, A., Faleiro, V. de O., Chitarra, L. G., Rodrigues, S. M. M., STaut, L. A., Matos, E. S., Spera, S. T., Druck, S., Magalhães, C. A. S., Oliveira, A. A. E. de, Tachinardi, R., Fanan, S., Ribeiro, N. R., & Santos, T. F. S. (2014). Áreas de produção de algodão em Mato Grosso: nematodes, murcha do Fusarium, sistemas de cultivo, fertilidade e física do solo. Primavera do

Leste: *Instituto mato-grossense de algodão*. 15 p. (Circular técnica, 8).

Galbieri, R., CIA, E., Belot, J.L., Boldt, A.S., Nakayama, F. T., & Vilela, P. M. C.A. (2020). Reação de cultivares de algodoeiro a doenças e nematoides, safra 2019/20. Circular Técnica nº 45, *Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt*,

Goulart, A.M.C. (2009). *Coleta de amostras para análise de nematoides: recomendações gerais*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.

Hair JR., J. F., Black, W. C., Babin, B.J., Anderson, R. E. & Tatham, R.L. *Análise multivariada de dados*. (6a ed.), Bookman, 2009. 688 p.

Hakansson, I., & Lipiec, J. (2000). A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Res.*, 53, 71-85,

Inomoto, M. M. (2010). Avanço preocupante. *Revista Cultivar*, 11(127), 12-15

Kawakami, E. M. (2022). *Cultivares de algodão TMG*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, Foz do Iguaçu. Brasília: ABRAPA, 2015. Palestra. <<http://congressodoalgodao.com.br/2015/livro-deresumos2015/palestrantes.htm>>.

Kurt, F., & Temiz, M. G. (2016). The response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to soil applied elemental sulphur under boron toxicity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12), 5511-5515.

Lama S, F. M. & ChitarrA, L. G. (2014) .Diagnóstico dos sistemas de produção de algodão em Mato Grosso (Documentos, N ° 123, 249), Embrapa Agropecuária Oeste e Algodão.

Lopes, C. M. L. (2015). *Populações de nematoides fitoparasitas em áreas de cultivo de soja, algodão, café e de vegetação nativa do Cerrado na região oeste da Bahia*. Brasília: Universidade de Brasília. 70 f. (Dissertação de Mestrado).

Mcdonald, J. H. (2014). Data transformations. In: Mcdonald, J. H. *Handbook of biological statistics*. (3a ed.), Baltimore: Sparky House Publishing., 141-145.

Machado, A. C. Z. I., Amaro, P. M., & Silva, S. A. (2019). Two novel potential pathogens for soybean. *PLoS one*, 14(8), e0221416.

Macneil, M.D. (1983). Choice of a prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. *Journal of Animal Science*, 57, 1329-1336.

Meredith Junior, W. R., Boykin, D. L., Bourland, F. M., Caldwell, W. D., Campbell, B. T., Gannaway, J. R., Glass, K., Jones, A. P., May, L. M., Smith, C. W., & Zhang, J. (2012). Genotype X environment interactions over seven years for yield, yield 31 components, fiber quality, and gossypol traits in the regional high quality tests. *Journal of Cotton Science*, Bossier City, v. 16, n. 3, p. 160-169, July/Sept.

Modesto, J. M. S., & Alve S, R. N. B. (2016). Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília: *EMBRAPA*, 20 p.

Moore, S.R., & Lawrence, K.S. (2013). The Effect of Soil Texture and Irrigation on *Rotylenchulus reniformis* and Cotton. *J Nematol.*, 45(2), 99-105.

Montezano, Z. F., Corazza, E. J., & Muraoka, T. (2006). Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 30, 839-847,.

Neto, L.J. T. (2019). *Correlação espacial da resistência do solo à penetração e densidade populacional de nematoides na cultura da soja*. Urutaí: Instituto Federal Goiano, 47 p. (Dissertação de Mestrado).

Nogueira, A. P. O. (2011). *Correlações, análise de trilha e diversidade fenotípica e molecular em soja*. Tese (Doutorado), pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

Oliveira S. (2013). Inferência e análise de resíduos e de diagnósticos em modelos lineares generalizados. [Monografia]. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora.

Oztuna D, Elhan AH, Tuccar E. (2006). Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions. *Turk J Med Sci*, 36:171-176.

Peternelli, Luiz Alexandre. (2021). Capítulo 9 - *Regressão linear e correlação*. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~peternelli/inf162.www.16032004/materiais/CAPITULO9.pdf>.

Reis, E. A., & Reis, I. A. (2019). *Análise Descritiva de Dados*. Belo Horizonte: Departamento de Estatística UFMG, 2002. Disponível.

Sana. R. S., Ibanez R. A., Zlany N. B & Marques L. J. H. (2014). Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 18(10), 994-1002.

SAYes, W., Mouazen, A.M., & Ramon, H. (2005). Potential for on site and online analysis of pig manure using visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Biosystems Engineering*, 91, 393-402.

Silveira, O. R. Da. (2021). *Relação de atributos do solo sobre a densidade populacional de fitonematoides e o estado nutricional do algodoeiro na produção e qualidade da fibra*. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 153 p. (Tese de Doutorado).

Santi, L. S., Amado, T. J. C., Cherubin, M. R., Martin, T. N., Pires, J. L., Flora, L. P. D., & Basso, C. J. (2012). Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(9), 1346-1357.

Seçer, M., Elmaci, Ö.L., & Ceylan, Ş. (2016). The Effects of Organic Wastes on Soil and Cotton Quality with respect to the Risk of Boron and Heavy Metal Pollution. *International Journal of Agronomy*, v.

- Shah, J.A., Sial, M.A., & Abbas, M. (2017). Disparity in growth, yield and fiber quality of cotton genotypes grown under deficient and adequate levels of boron. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 33(2), 163-176.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality: complete samples. *Biometrika*, Oxford, 52(3-4), 591-611.
- Silva, R.A., Santos, J.L., Oliveira, L.S., Soares, M.R.S., & Santos, S.M.S. (2016). Biostimulants on mineral nutrition and fiber quality of cotton crop. *Rev. Brasil. Engenharia Agricol. Ambiental*, 20, 1062-1066.
- Soares, L. C. S. (2015). Efeito da temperatura e chuva sobre a qualidade da fibra e produtividade do algodoeiro no estado do Mato Grosso. 2015. 117 f. Tese (Doutorado em fitotecnia). Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2015.
- Soares, C. M. S. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: Freire, C. E. et al. *Algodão no Cerrado do Brasil*. 3 ed. p.485-532.
- Starr, J. L. Cotton. In: Barker, K. R., Pederson, G. A., & Windham, G. L. (Eds.). (1998). Plant and nematode interactions. Madison USA: *American Society of Agronomy*, 359-380.
- Stolf, R., Thurler, Á.D.M., Bacchi, O.O.S., & Reichardt, K. (2011). Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 447-459.
- Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., & Teixeira, W.G. (2017). Manual de métodos de análise de solo. (3a ed.), *Embrapa*.
- Tiwari, S.P. (2017). Nematodes and Soil Health Indicators. *International Journal of Phytopathology*, 6(1), 17-25.
- Valladares Neto, José et al. (2017). Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. *Revista Odontológica do Brasil-central, Goiânia*, 76(26), 1-6.
- Win, T. Z., Myint, A. K., Ngwe, K., Thein, S. S., & Khaing, T. T. (2017) Effects of nitrogen and potassium application on plant growth, yield and fiber quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Agricultural Research*, 4(1), 47-55.