

Influência dos atributos químicos do solo no rendimento dos grãos de milho

Soil chemical attributes influence on corn grain yield

RESUMO

Conhecer todos os fatores que influenciam o rendimento das cultivares agrícolas é primordial para se aprimorar técnicas de manejo do solo, objetivando o aumento de produtividade. Desta maneira, buscou-se uma equação matemática, por meio de uma modelagem de dados de um experimento, que descrevesse o comportamento do rendimento dos grãos de milho como dependência dos atributos químicos investidos de um Latossolo Argiloso na região de Cascavel-PR. No software RStudio distribuíram-se os dados de acordo com suas características e realizou-se uma regressão linear múltipla pelo método Stepwise, obtendo-se os dois principais elementos que influenciam no rendimento desta cultivar, sendo assim possível a ilustração desta função por meio da plotagem de um gráfico. A equação obtida para o rendimento apresenta dependências dos elementos fósforo (P) e potássio (K), com relação muito semelhante entre estes dois macronutrientes. Conclui-se que, neste experimento, o fósforo e o potássio foram os atributos químicos que mais influenciam no rendimento de grãos do milho. Portanto, aconselha-se que sejam tomadas medidas mais pontuais, evitando gastos desnecessários, na utilização destes nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: Rentabilidade. Elementos químicos. Modelagem matemática. Método Stepwise.

ABSTRACT

Knowing all the factors that influence the yield of agricultural cultivars is essential to improve soil management techniques, aiming at increasing productivity. Thus, we sought a mathematical equation through data modeling of an experiment that described the behavior of corn grain yield depending on the chemical attributes invested in a clayey latosol in the region of Cascavel-PR. In the Rstudio software, the data were distributed according to their characteristics and a multiple linear regression was performed by the stepwise method, obtaining the two main elements that influence the yield of this cultivar, thus allowing the illustration of this function by plotting. Of a chart. The equation obtained for the yield presents dependencies of the elements phosphorus (p) and potassium (k), with similar relation to both. In this experiment, phosphorus and potassium were the chemical attributes that most influenced the yield. Therefore, it is advisable to take more timely measures, avoiding unnecessary expenses, in the use of these nutrients.

KEYWORDS: Profitability. Chemical elements. Mathematical modeling. Stepwise method.

Rodrigo Matheus Ritter

ritter.rodrigo4@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Anderson Alves Miguel

ander.alves.miguel123@outlook.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Luiz Gabriel Martins

luizgabrielmartins2014@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Araceli Ciotti de Marins

araceli@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Em uma sociedade capitalista, o fator rendimento se faz necessário uma vez que se pretende aumentar a rentabilidade dos investimentos, ou seja, a busca da maximização do lucro. No cultivo do milho não é diferente, todos os fatores que afetam de alguma maneira o seu ciclo, assim como os aspectos que impulsionam a produtividade, influenciam em seu rendimento. O milho pode ser considerado um dos principais cereais cultivados em todo mundo (BRITO et al, 2013). Na região sul do Brasil, maior produtora de milho do país, embora tenha havido um aumento de 3,94% da área cultivada com esta cultura, é estimada uma produção de 236,42 milhões de toneladas de milho para o ano de 2019, um aumento de 1,93% por hectare em relação a 2018 (CONAB, 2019). Sob este ponto de vista, é preciso que se conheça que fatores influenciam diretamente no rendimento, para que se aprimore técnicas de uso e manejo do solo.

Uma das maneiras de se avaliar a influência dos atributos químicos no rendimento de grãos é com a utilização da modelagem matemática, que segundo Silva Junior et al. (2012), tem auxiliado no planejamento agrícola quando associada ao conhecimento da variabilidade dos atributos do solo, ao mapeamento das formas do relevo e à rotação de culturas.

De acordo com Machado et al. (2007), grandes áreas agrícolas são consideradas homogêneas na agricultura brasileira, sendo aplicadas doses de fertilizantes e insumos agrícolas considerando uma quantidade média necessária. De acordo com estes autores, como consequência deste fato, há um desbalanço no uso de fertilizantes, o que pode comprometer o rendimento de grãos. Assim, justifica-se o conhecimento do comportamento do rendimento de grãos em função dos atributos químicos, uma vez que, de posse desse conhecimento, se pode tomar medidas mais regionalizadas, de modo a evitar desperdícios e gastos desnecessários.

Os atributos químicos do solo geralmente são levados em consideração principalmente no momento do plantio, onde são escolhidas as propriedades do adubo a ser distribuído. Assim, ter conhecimento das propriedades químicas e físicas do solo e como estes atributos influenciam no rendimento de grãos de uma cultura se torna imprescindível. Nesta perspectiva, o presente trabalho objetiva realizar uma modelagem matemática que descreva o rendimento dos grãos de milho em função dos atributos químicos presentes no solo, utilizando técnicas de análise de regressão múltipla.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados obtidos em um experimento de doutorado na região de Cascavel-PR, onde foram coletadas amostras de solo e os atributos químicos encontrados foram distribuídos em uma planilha. Sob posse destes dados, utilizou-se o software RStudio, versão 1.2, sendo distribuídos e separados os elementos de acordo com suas propriedades, realizando-se posteriormente regressão linear múltipla simples e em seguida regressão linear múltipla pelo método *Stepwise*, de eliminação de variáveis.

Utilizando este mesmo software, com os resultados obtidos, plotou-se um gráfico de modo a ilustrar o comportamento do rendimento dos grãos de milho da experiência em função dos atributos químicos presentes no solo.

Para compreender melhor as técnicas de uso e manejo do solo, foram pesquisados artigos no portal de periódicos Capes, os quais dão suporte e explicam os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao aplicar-se, portanto, regressão linear múltipla sobre os dados, obteve-se os resultados dispostos na Tabela 1, onde **P** (fósforo), **K** (potássio), **M** (matéria orgânica) e **C** (cálcio) são os elementos da amostra de solo.

Tabela 1 – Regressão linear múltipla simples

Coefficients	Estimate	Std Error	T value	Pr(> t)
(Intercept)	7,431388	2,058920	3,609	0,00134**
P	0,008065	0,004422	1,824	0,08015.
K	0,005882	0,003404	1,728	0,09631.
M	0,212758	0,491631	0,433	0,66890
C	-0,044632	0,109363	-0,408	0,68667

Nota: Signif. codes: 0 (***) 0,001(**) 0,01(*) 0,05(.) 0,1(). Residual standard error: 1,105 on 25 degrees of freedom. Multiple R²: 0,5174, Adjusted R²: 0,4402. F-statistic: 6,702 on 4 and 25 DF, p-value: 0,0008272.

Fonte: Autores.

Pela análise das informações, percebe-se que o **R²** e o **R²** ajustado são valores relativamente baixos, mostrando que o modelo obtido não descreve com precisão o comportamento dos dados, isto é, por regressão linear múltipla simples não é possível encontrar um modelo que descreva com aproximação a relação existente entre o rendimento dos grãos de milho a depender destes componentes químicos.

Além disso, analisando os códigos de significância que cada elemento apresenta, nota-se que **P** e **K** tendem a ser os elementos que exercem maior influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho.

Porém, para que seja possível a visualização deste comportamento, é necessário que haja somente duas variáveis independentes. Por conta disso, realizou-se uma regressão linear múltipla pelo método *Stepwise*, de eliminação de variáveis, o qual analisa e seleciona as variáveis com maior influência sobre os dados, como disponibilizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Regressão linear por eliminação de variáveis (Stepwise)

Coefficients	Estimate	Std Error	T value	Pr(> t)
(Intercept)	8,093651	0,490039	16,516	1,22e-15***
P	0,006916	0,003571	1,937	0,0633.
K	0,006771	0,002695	2,512	0,0183 *

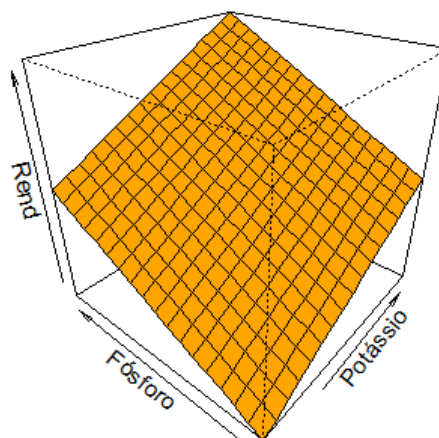
Nota: Signif. codes: 0 (***), 0,001 (**), 0,01 (*), 0,05 (.), 0,1 (). Residual standard error: 1,068 on 27 degrees of freedom. Multiple R²: 0,5127, Adjusted R²: 0,4766. F-statistic: 14,21 on 2 and 27 DF, p-value: 6,093e-05.

Fonte: Autores.

É possível notar que os códigos de significância indicam estes elementos, pois nesta nova regressão linear múltipla, **P** e **K** são os atributos químicos mais influentes. Ao trabalhar com cana-de-açúcar, Souza et al. (2010) também observaram o potássio como um dos atributos que mais influencia no rendimento. Percebe-se que os valores de **R** quadrado e **R** quadrado ajustado pouco se alteram, sendo o coeficiente de explicação até maior que o anterior, mostrando que os outros elementos, neste caso, se tornam insignificantes.

A partir do novo modelo matemático encontrado, utilizando o mesmo software, foi possível a plotagem do gráfico que ilustra a relação desejada, Figura 3. Partindo do intercepto 8,093651 do eixo de rendimento, pode-se observar que ambos os atributos, **P** e **K**, contribuem de maneira similar para impulsionar o rendimento dos grãos.

Figura 3 – Gráfico de rendimento de grãos do milho em função do Fósforo e Potássio



Fonte: Autores.

Portanto, conforme os dados da Tabela 2, obteve-se a Eq. (1), que origina o gráfico da Figura 3.

$$\text{Rend} = 0,006916P + 0,006771K + 8,093651 \quad (1)$$

Para que se aproxime do maior rendimento possível, é preciso que sejam aprimoradas técnicas de manejo do solo, de modo a minimizar a perda dos atributos químicos e, conseqüentemente, dos investimentos.

Estudos realizados por Andrade et al. (2012) revelam como os sistemas de cultivo, por rotação e sucessão de culturas, plantio direto e convencional, influenciam nos teores dos elementos químicos presentes no solo. Isto é, cada

cultura absorve certa quantidade de nutrientes e posteriormente deixa outra quantidade de nutrientes. Segundo eles, o solo preparado sob semeadura direta tem maior concentração de Ca, **P** e **K** do que o solo sob plantio convencional, sem efeito significativo da sequência de cultivos utilizada.

Em contrapartida, Souza et al. (2008) relacionam as propriedades físicas do solo, tanto com os teores dos atributos químicos, quanto aos índices médios de umidade, sendo tais propriedades a compactação, a porosidade e a declividade, onde estas propriedades físicas interferem no aproveitamento dos nutrientes pela planta. Contudo, solos compactos, com baixa porosidade limitam a infiltração das águas da chuva além de, quando com declive, à riscos de que se tenham processos erosivos e enxurradas, carregando estes nutrientes (atributos) para um único ponto ou até mesmo para fora da lavoura.

Porém, estudos realizados por Vieira (2012) constataram que os níveis de compactação do solo apresentam diferentes resultados para cada tipo de cultura. Neste sentido, faz-se necessário estudar estes aspectos sobre os diversos tipos de culturas.

Em consonância com Andrade et al. (2012) o manejo adequado do solo é uma das bases para a sustentabilidade da agricultura. Neste sentido, entender como os atributos químicos influenciam no rendimento de grãos dos cultivos agrícolas é importante para determinar como o solo deve ser manejado.

O rendimento de grãos das culturas está diretamente ligado à fertilidade do solo, que pode ser verificada pelos atributos químicos do mesmo. Como comprovado, há influência individual da maioria dos atributos químicos do solo no rendimento de grãos, encontrando-se quais atributos químicos mais influenciam conjuntamente no rendimento de grãos desta cultura, considerando a modelagem matemática.

Portanto, para que haja maior aproveitamento possível dos atributos químicos presentes no solo, além de entender como eles influenciam no rendimento, o estudo das características físicas e químicas do solo se torna indispensável para quem almeja um aumento no rendimento das culturas.

CONCLUSÕES

Infere-se que aprimorar as técnicas de uso e manejo do solo é primordial para o aumento da produtividade, independentemente da cultura, dentre estes conhecimentos estão sistemas de plantio, propriedades químicas e propriedades físicas.

Para a cultura do milho na região de estudo constatou-se que o fósforo (**P**) e o potássio (**K**) são os atributos químicos que mais exercem influência sobre o rendimento de grãos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ pelo auxílio com o transporte, tornando possível a presença no evento, à UTFPR Toledo pela oportunidade, à orientadora pela

contribuição e paciência e à nossos familiares pela compreensão e apoio à nossa trajetória acadêmica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, et al. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 814-821, mai. 2012.

BRITO, et al. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 05, p. 1244-1254, set./out. 2013.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. SAFRA 2018/2019. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-evolucao-dashboard>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

MACHADO et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob Sistema Plantio Convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, p. 591-599, 2007.

JUNIOR, J. F. S. et al. Classificação numérica e modelo digital de elevação na caracterização espacial de atributos dos solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16, n. 4, p. 415-424, 2012.

SOUZA, et al. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvore de decisão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p.840-847, abr. 2010.

SOUZA, et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argiloso sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 598-896, out. 2008. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5322>>. Acesso em 17 out. 2018.

VIEIRA, Maycon Daniel. **Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos de um Latossolo Argiloso correlacionados ao rendimento de grãos da cultura do crambe (*Crambe abyssinica Hochst*)**. 2012. 31 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Cascavel, 2012.