

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

ALBERTO K. NAGAOKA<sup>1</sup>, FERNANDO C. BAUER<sup>2</sup>, GUNTHER H. GRUDTNER<sup>3</sup>, STEFANO G. KRETZER<sup>4</sup>, RENAN TRAMONTIN<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engº Agrícola, Prof. Associado, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, Florianópolis – SC, Fone: (048)37215440, alberto.nagaoka@ufsc.br

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, CCA/UFSC, Florianópolis – SC.

<sup>3</sup>Graduando em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCA/UFSC, Florianópolis – SC.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, mestrando na Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2015- Maceió – AL, Brasil

**RESUMO:** A cultura do milho (*Zea mays L.*) é a mais importante economicamente, sendo utilizada na alimentação animal e humana. O desenvolvimento da sua cadeia produtiva necessita de tecnologias de produção para contribuir na redução de gastos com insumos e aumentar a produtividade. A agricultura de precisão (AP) é uma das tecnologias empregadas na produção do milho, e vem apresentando resultados positivos em estudos científicos. Este trabalho teve como objetivo comparar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo com a produtividade do milho, utilizando as ferramentas da agricultura de precisão. O experimento foi realizado em uma área de 0,6 hectares pertencente à Fazenda Experimental da Ressacada (CCA - UFSC). O método utilizado foi baseado em uma malha de amostragem contendo 18 pontos distribuídos uniformemente. A avaliação foi realizada com auxílio de mapas comparativos, gerados a partir de resultados de análises químicas (potássio, fósforo, nitrogênio), nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm e do mapa representativo da produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). Concluiu-se que além dos teores de nutrientes presentes no solo, outros fatores podem ter interferir na produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variabilidade do solo, *Zea mays*, mecanização

### SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AND ITS EFFECTS ON PRODUCTIVITY OF MAIZE

**ABSTRACT:** The culture of maize (*Zea mays L.*) is the most important economically, being used in feed and food. The development of its productive chain, requires production technologies to contribute to the reduction of spending on inputs and increase productivity. The precision agriculture (AP) is one of the technologies employed in the production of corn, and has been showing positive results in scientific studies. This work aimed to compare the spatial variability of chemical soil attributes with the productivity of corn, using the tools of precision agriculture. The experiment was conducted in an area of 0.6 hectares belonging to the Experimental Farm of the Ressacada (CCA-UFSC). The method used was based on a sampling mesh containing 18 points distributed evenly. The evaluation was carried out with the aid of comparative maps, generated from chemical analysis results (potassium, phosphorus, nitrogen), in the depths of 0-10 cm and 10-20 cm and representative productivity map (kg h<sup>-1</sup>It

is concluded that in addition to the levels of nutrients present in the soil, more factors that were not evaluated interfered with productivity.

**KEYWORDS:** Soil variability, Zea mays, mechanization

**INTRODUÇÃO:** O milho representa grande importância econômica por ser utilizado em larga escala na alimentação animal e humana e na produção de etanol. Segundo Duarte (2015), o Brasil apresenta progressos nos sistemas de produção, investindo em tecnologias como a agricultura de precisão (AP), que contribui com os avanços na produtividade. Esta tecnologia entende a propriedade como uma área totalmente heterogênea, tratando cada parte conforme sua necessidade, seja esta de água ou de insumos agrícolas, possibilitando o conhecimento detalhado de cada metro quadrado da área, aplicando insumos em quantidades necessárias, aumentando a produtividade e reduzindo os gastos. No trabalho de Dellamea (2008), comparando a agricultura convencional (AC) com a agricultura de precisão (AP), verificou-se redução acima de 30% no uso de fertilizantes e acréscimo de produtividade de grãos superior a 10% nas áreas com uso da AP, elevando a eficiência no uso de fertilizantes em mais de 45%. Silva et al., (2003) avaliando a variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produtividade do milho, concluiu que todas as características avaliadas interferiram na produtividade da cultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do milho utilizando tecnologias da agricultura de precisão, relacionando-a com a variabilidade espacial de atributos químicos do solo.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Ressacada (CCA/UFSC), em Florianópolis, SC, sob sistema de plantio direto. O solo foi classificado como Neosolo Quartzarênico Hidromórfico Típico. A área do experimento possui 0,6 ha e foi dividida em uma grade amostral composta por 18 pontos georreferenciados, distribuídos em distâncias iguais. O plantio foi realizado na primeira semana de dezembro de 2015. A adubação foi dividida em 3 áreas de 0,2 ha com diferentes dosagens, baseada no mapa de prescrição e na recomendação proposta pelo Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLLAS, 2004). A colheita foi realizada na terceira semana de abril de 2016, juntamente com a coleta do solo nos 18 pontos amostrais, nas profundidades 0–10 cm e 10-20 cm, com objetivo de realizar as análises químicas (nitrogênio, fósforo e potássio). Para a realização destas análises, utilizou-se a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Para estimar a produtividade, a colheita do milho foi realizada em uma área de 1,6 m<sup>2</sup> ao redor de cada ponto amostral. Foi utilizado o programa FalkerMap Plus para a interpolação dos dados e elaboração dos mapas de fertilidade e produtividade. Os dados foram analisados de forma comparativa, onde, correlacionou-se áreas de maior ou menor produtividade com os teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A partir dos resultados obtidos pelas análises químicas, foram gerados os mapas dos teores de nitrogênio (%), fósforo (mg kg<sup>-1</sup>) e potássio (mg kg<sup>-1</sup>), para identificar onde haveria maior e menor potencial produtivo da área, já que o desenvolvimento das culturas, está intimamente ligado a disponibilidade destes macro nutrientes. Apesar de o fósforo ser o macro nutriente menos exigido pelas culturas, ele é utilizado em larga escala na adubação mineral no Brasil, já que tem grande importância na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. Oliveira et al. (2009) analisando a resposta da cultura do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo, encontrou resultados significativos no crescimento das plantas e no total de matéria seca. Os mapas dos teores de Fósforo (P) estão mostrados na Figura 1. O primeiro mapa representa a camada de 0 a 10 cm, mostrando certa homogeneidade da área, sendo que

81,59% da área se enquadra na classe abaixo de 6 mg kg<sup>-1</sup> e 12,32% na classe de 6 a 8 mg kg<sup>-1</sup>. No segundo mapa observa-se a camada de 10 a 20 cm, onde 49,94% da área se enquadra na classe de 6 a 8 mg kg<sup>-1</sup>, 31,51% na classe de 8 a 10 mg kg<sup>-1</sup>, na região leste temos 6,6% na classe de 10 a 11 mg kg<sup>-1</sup> e 5,99% na classe acima de 11 mg kg<sup>-1</sup>. Desta forma nota-se o predomínio dos teores de fósforo na classe de fertilidade, abaixo de 6 até 8 mg Kg<sup>-1</sup> em ambas as camadas.



Figura 1: Teor de fósforo nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas, e frequentemente é o que mais limita a produção de grãos. A absorção deste nutriente ocorre durante todo o ciclo vegetativo, desta forma a disponibilidade adequada de nitrogênio torna-se crucial para obter-se uma boa produção. Farinelli e Lemos (2012) avaliando a resposta da adubação nitrogenada, encontraram resultados significativos no crescimento da cultura do milho e na produtividade de grãos. Na Figura 2, observa-se os mapas dos teores de nitrogênio encontrados nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. No primeiro mapa, as regiões leste e oeste, 44,24% se enquadraram na classe abaixo de 0,22% de nitrogênio, nas regiões norte e sul, 36,13% ficou na classe de 0,22 a 0,24 % e 10,75% da área ficou na classe de 0,24 a 0,25 %. No segundo mapa 74,06% da área ficou na classe abaixo de 0,22 % e 17,35% na região sudeste se enquadrou na classe 0,22 a 0,24%.

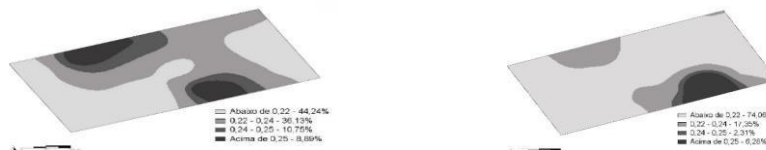


Figura 1: Teor de nitrogênio nas camadas de 0 a 10cm e 10 a 20cm.

O potássio é o cátion mais abundante no citoplasma, também ocorrendo em alta concentração no cloroplasto, sendo necessário para neutralizar ânions orgânicos e inorgânicos e para estabilizar o pH da planta entre beneficiando as reações enzimáticas. Gonçalves et, al (2006) avaliou a produtividade do milho em resposta a adubação com NPK e encontrou resultados positivos na quantidade de grãos por espiga e peso dos grãos. A Figura 3 apresenta os mapas dos teores de potássio, nas faixas de 0 a 10cm e 10 a 20cm nas respectivas ordens. Na região sul do primeiro mapa 48,74% se enquadrou na classe de 25 a 46 mg kg<sup>-1</sup> e 11,26% na classe de 46 a 50mg kg<sup>-1</sup>. Na região norte, 34,49% se enquadrou na classe de 11 a 25 mg kg<sup>-1</sup> e 1,01%, abaixo de 11 mg kg<sup>-1</sup>. No segundo mapa apenas 5,29% ficou na classe acima de 50 mg kg<sup>-1</sup> na região central do mapa, 59,03% observa-se na classe de 11 a 25 mg kg<sup>-1</sup> e apenas 13,67% ficou na classe abaixo de 11 mg kg<sup>-1</sup>.

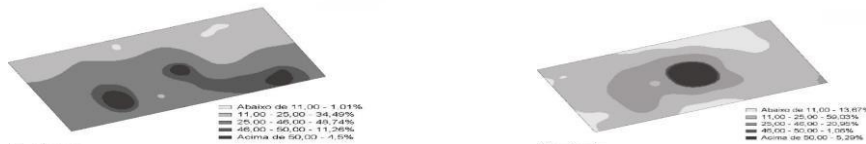


Figura 2: Teor de Potássio nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm.

Na Figura 4 observa-se o mapa com a produtividade da área amostral. Nota-se a ocorrência de maiores valores de produtividade nas regiões sul e leste da área, onde 40,99% da área foi obtido

uma produtividade de 4.700,00 a 5.550,00 Kg/ha<sup>-1</sup> e 27,11% com produtividade de 5.550,00 a 6.400,00 kg/ha<sup>-1</sup>. A produtividade diminuiu gradativamente quando se aproxima dos pontos ao norte do mapa, onde 1,3% da área ficou na classe 3.000,00 a 3.850,00 Kg/ha<sup>-1</sup>. Verifica-se que os maiores teores de potássio, na camada de 0-10 cm se localizaram na mesma área em que a produtividade foi maior. Para os teores de nitrogênio na camada 0-10 cm, nota-se que apenas na região sul, onde se encontrava maior concentração do elemento, ocorreu também maior produtividade, porém para os teores de fósforo, de forma geral, não se nota a relação da maior quantidade de nutriente presente no solo com as áreas de maior produtividade, assim como para os demais nutrientes na camada 10-20 cm. Propõe-se realizar um estudo mais detalhado sobre outros fatores que interferiram na produtividade.

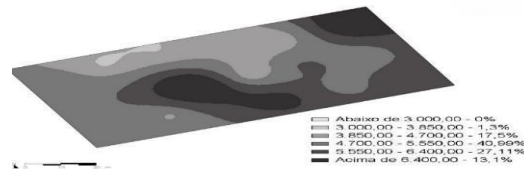


Figura 4: representa a produtividade do milho da safra 2015/2016 em Kg/ha<sup>-1</sup>.

**CONCLUSÃO:** De acordo com o experimento realizado e com base nos resultados obtidos, concluiu-se que além dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio presentes no solo, a produtividade foi influenciada por outros fatores que não foram avaliados. Para inferir quais outros fatores que afetam a produtividade, deve-se realizar experimentos, adotando a avaliação de outros nutrientes.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Laboratório de Instrumentação Agrícola (Depto. de Engenharia Rural/ UFSC e ao Laboratório de Solo, Água e Tecidos Vegetais do Centro de Ciências Agrárias da UFSC) que possibilitaram a realização deste trabalho.

**REFERÊNCIAS:** COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS) - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. ed., Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 400 p.

-DELLAMEA, R. B. C. **Eficiência da adubação a taxa variável em áreas manejadas com agricultura de precisão no Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. 162p.

-DUARTE, A.P; KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil, **Informações agronômicas.** Disponível em <<http://www.zeamays.com.br/wp-content/uploads/2012/11/2015-P.2Informa%C3%A7%C3%B5es-Agron%C3%B4micas-IPNI-Sistemas-de-Cultivo-de-Milho.pdf>> Acesso em: 11/05/2016.

-FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.. NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO EM PREPARO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO CONSOLIDADOS. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p.63- 70, mar. 2012.

-GONÇALVES JÚNIOR, AFFONSO C. et al. Produtividade do milho em resposta a adubação com npk e zn em argissolo vermelho-amarelo eutrófico e latossolo vermelho eutrófico. **Revista Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 31, n. 4, p.1231-1236, ago. 2006.

-Oliveira, Francisco A. de; Cavalcante, Lourival F.; Silva, Ivandro de F. da; Pereira, Walter E.; Oliveira, Juliana C. de; Filho, José F. da C. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Vol. 4, Núm. 3, julho-septiembre, 2009, pp. 238- 244 Universidade Federal Rural de Pernambuco Brasil

-SILVA, V. R. et al. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 27, n. 6, p.1013-1020, dez. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832003000600005>.

-TEDESCO, M. J.; et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Ufrgs, 1995.p. 20-61.