

Previsão da produtividade do tomate industrial correlacionado com os atributos físico-químicos do solo utilizando redes neurais artificiais

Marcos Paulo de Oliveira Martins¹, Francisco Ramos de Melo², Elton Fialho dos Reis³

¹Mestrando em Engenharia Agrícola (EPG)*, Universidade Estadual de Goiás, Campos de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Anápolis (GO), marcospmartins.92@gmail.com,

²Docente Sistema de Informação (PQ), Universidade Estadual de Goiás, Campos de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Anápolis (GO),

³Docente Engenharia Agrícola (PQ), Universidade Estadual de Goiás, Campos de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Anápolis (GO),

Resumo: Este trabalho tem como objetivo uma pesquisa exploratoria para realizar a previsão da produtividade do tomate industrial correlacionando com os atributos físico-químicos do solo utilizando redes neurais artificiais. Para isso foi criado uma malha amostral após definição do ponto central no pivô, os pontos foram localizados por meio de um receptor global positioning system (GPS). A malha amostral construída foi dividida em 122 pares de pontos espaçados de 90 x 90 m em área de 110 ha. A cultivar utilizada será Debora, que vai ser transplantada em linhas simples de plantio com uma densidade populacional de 35000 plantas por ha⁻¹, em área irrigada por pivô central. Foram mensurados os atributos físico-químicos do solo: Umidade do solo, densidade do solo, resistência à penetração, granulometria do solo, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, fósforo, potássio e saturação por base. Serão criados modelos matematicos utilizando as RNA do tipo Multilayer Perceptron (MLP) para estimar a produtividade do tomate industrial.

Palavras-chave: variabilidade espacial, zona de manejo, RNAs, back-propagation,).

Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais consumidas pelos brasileiros. Por conter teor de vitamina C variando de 11,2 a 21,6 mg/100 g de frutos e vitaminas A, B₁, B₂, P e K é recomendada pelos nutricionistas para alimentação humana (CARVALHO et al., 2003). Cultivado nas mais diferentes latitudes geográficas do planeta sendo a hortaliça mais produzida no mundo, ficando atrás apenas da batata (BENETT et al., 2014).

No Brasil a produção de tomates tem se destacado nos últimos anos em função do elevado nível de tecnologia adotado pelos produtores (HOTT et al., 2014). Destaca-se o estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia, por serem responsáveis por 77% da produção anual de tomate (FREITAS et al., 2011).

O estado de Goiás se destaca por ser o maior produtor de tomate industrial detendo 86 % da produção nacional, na safra de 2016 obteve uma produção de 1,5 milhões de toneladas IBGE (2017). A produção de tomate agrega grande importância na economia brasileira, considerando o volume e valor de produção sobre a cultura. Um dos fatores que impulsiona o crescente consumo da polpa do tomate industrial é a demanda por produtos processados em forma de molhos pronto para o consumo, como os catchups, sendo muito utilizados em redes de fast food CARVALHO e PAGLIUCA, (2007).

O tomate é uma cultura exigente em tratamentos culturais, dentre os quais a irrigação exerce forte influência na produção e qualidade dos frutos, uma vez que é considerada sensível ao déficit hídrico (SANTANA et al. 2010). No Brasil, a produção de tomate para processamento industrial é realizada durante a estação de seca, sendo necessário utilizar técnicas de irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura (MAROUELLI et al., 2012). Nas áreas de produção de tomate para processamento industrial 90% usam irrigação por aspersão, tendo grande predominância a irrigação via pivô central devido a grandes áreas cultivadas com tomate (MAROUELLI et al., 2012). A lâmina de água aplicada, seja em déficit ou excesso, pode influenciar significativamente a produção e qualidade de frutos do tomateiro (KOETZ et al., 2010).

A variação dos atributos físicos-químicos do solo e a topografia da área são fatores que podem influenciar diretamente na variação da produtividade dos frutos do tomate (HOFFER et al., 2015). Os atributos físicos do solo são bons indicadores de qualidade e permitem o monitoramento de áreas que sofreram algum tipo de interferência (AQUINO et al., 2014). A densidade e a resistência mecânica à penetração do solo, que é uma forma indireta de se obter indícios do seu estado de compactação, onde pode vir a influenciar na produção final, na medida em que afeta diretamente o desenvolvimento radicular e a disponibilidade de água para as plantas (HOFFER et al., 2015). Um dos parâmetros mais utilizados para avaliar a intensidade da compactação do solo é a resistência do solo à penetração (RSP), tem sido um importante indicador de qualidade física do solo, por ser diretamente relacionado ao crescimento das plantas (CAMPOS et al., 2015).

O uso do solo, com o passar do tempo, leva ao aumento na sua heterogeneidade, com o preparo do solo, rotações de cultura, localização de aplicação de fertilizantes, pois, como estes são aplicados em faixas ou em linhas,

isto faz com que o sistema de amostragem varie consideravelmente (CAVALCANTE et al., 2007). O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo torna-se fundamental para aperfeiçoar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, reduzindo a degradação ambiental provocada pelo excesso destes, melhorando o controle do sistema de produção das culturas (SILVA et al., 2007).

A agricultura de precisão (AP), permite identificar a variabilidade existente na área e a partir disso investigar fatores limitantes (físicos, químicos e biológicos), propondo alternativas de manejo diferenciados de acordo com área, para assim, estabelecer relações espaciais entre os atributos do solo com a produtividade da cultura (NASCIMENTO et al., 2014). A agricultura de precisão oferece um conjunto de ferramentas que permitem ao produtor acompanhar a produção e gerenciar o manejo do solo e das culturas (CIRANI e MORAIS, 2010). Entre as ferramentas da AP, a amostragem georreferenciada de solo por meio de malhas regulares, para caracterizar a variabilidade dos atributos do solo, é uma das mais importantes e tradicionalmente utilizadas na agricultura brasileira (CHERUBIN et al., 2015).

A geoestatística vem esclarecer a relação existente entre os atributos da planta e do solo, é uma ferramenta que vem sendo muito utilizada nesses tipos de estudos, a fim de identificar as variáveis dependentes que apresentam variabilidade espacial e que influenciariam na tomada de decisão quanto às práticas de manejo do solo e da cultura, evidenciando melhores resultados no incremento de produtividade e mantendo ou melhorando a qualidade do solo (BASSO et al., 2011).

Vendo a importância comercial que o tomate industrial carrega, e as variações que a produtividade pode ter decorrente a variabilidade espacial dos atributos físico-químicos do solo e dos tratamentos culturais, dificultam as previsões ao longo do prazo para a produtividade do tomate industrial. Além da agricultura de precisão e geoestatística ser uma ferramenta que oferece ao produtor parâmetros para tomada de decisões, outra ferramenta computacional que pode ser empregada no intuito de auxiliar nas decisões tomadas pelo produtor.

A nova técnica empregada é a utilização das RNAs, por possuir um alto poder computacional, torna-se uma ótima ferramenta, capaz de determinar com precisão superior à da geoestatística a correlação entre os atributos físico-químicos com a produtividade da cultura, conseguindo realizar previsões da variabilidade da produção da cultura (SOUZA et al., 2014).

A uso das RNAs busca o desenvolvimento de algoritmos computacionais de alto desempenho baseados nos conceitos da inteligência ao ser humano, com a finalidade de se obter sistemas computacionais inteligentes capazes de resolver problemas simples e complexos (RUSSEL e NORVIG, 2010). As RNAs, permitem a modelagem de sistemas complexos nos quais apresentam propriedades como: capacidade de aproximação de funções universais, tolerância a dados com ruídos (*outliers*) ou incompletos, suporte a múltiplas variáveis não-lineares com interações desconhecidas e boa capacidade de generalização (HAGAN, et al., 2014). Com estas características levam a utilização das RNAs em vários campos da ciência.

O objetivo deste trabalho é utilizar as RNAs, em particular, para previsão da produtividade do tomate industrial correlacionando com os atributos físico-químico e definir a variabilidade da produtividade do tomate industrial.

Material e Métodos

A pesquisa deve ser classificada como exploratória descritiva, pois, procura-se, através de dados de produtividade e de atributos físico-químicos do solo e observar o fenômeno, procurando descrevê-los e interpretá-los, ao mesmo tempo em que procurou explorar, os problemas de variações da produtividade, a correlação existente entre os atributos físico-químicos do solo e a variabilidade desses atributos.

Os dados serão coletados na Fazenda comercial, em área de 110 hectares (ha) irrigada por pivô central, localizada no município de Anápolis – GO, longitude 48° 50' 29,61" O e latitude 16° 25' 57,62" S, com altura média de 995m. Na área experimental será transplantado a cultivar de tomate industrial Debora, em linhas simples de plantio com densidade populacional de 35000 plantas ha⁻¹. Utilizando um *receptor global positioning system* (GPS), da marca Garmin modelo Etrex Legend RoHs, será construída uma malha amostral regular de 90 x 90m, totalizando 122 pontos georreferenciados e distribuídos em 110 ha. Serão coletados os atributos físico do solo, como: resistência do solo a penetração nas profundidades de 0,0 0,20 m; 0,20 – 0,40 m e de 0,40 – 0,60 m, será coletada amostra de solo indeformada para determinar a densidade e umidade do solo, também serão coletadas amostras de solo para análise dos nutrientes químicos, as amostras serão coletadas em cada um dos 122 pontos da malha amostral. A produtividade será realizada durante o período de colheita, demarcando-se uma área de 2m², entre duas linhas de plantio,

delimitando a área útil, a produtividade será determinada coletando todos os frutos do tomate industrial, posteriormente os tomates serão pesados em balança de mão com 0,01g com capacidade máxima de 40 kg, em cada ponto georreferenciado da malha amostral (CARVALHO, 2010).

Utilizou-se, nesta pesquisa, o modelo de RNAs (MLP) para a previsão de preços de hortaliças, frutas e verduras ao longo do tempo rede esta treinada com o algoritmo de aprendizagem com retropropagação dos erros. Redes MLP apresentam uma poder computacional muito maior do que aquele apresentado pelas redes sem camadas intermediárias, ao contrário destas, redes MLPs podem tratar com dados que não são linearmente separáveis (RAUBER, 2012). As funções de saídas dessas redes precisam ser diferenciáveis para que o gradiente possa ser calculado, direcionando o ajuste dos pesos. O objetivo do algoritmo de treinamento é minimizar o erro quadrático médio (MSE) entre a saída de rede e a saída desejada. A função de ativação mais utilizada é a sigmoidal logística cuja orientação é determinada pela direção do vetor de pesos.

$$\vec{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T.$$

O valor do termo de polarização corresponde ao peso w_0 , que determina a localização da função sigmoidal, ou seja, define a posição da função sigmoidal com relação ao eixo das ordenadas.

O algoritmo back-propagation foi um dos principais responsáveis pelo ressurgimento do interesse por RNAs. É um algoritmo supervisionado que utiliza pares (entradas, saída desejada) para, por meio de um mecanismo de correção de erros, ajustar os pesos da rede. O treinamento ocorre em duas fases, em que cada fase percorre a rede em um sentido. Estas duas fases são chamadas de fase forward e fase backward. A fase forward é utilizada para definir a saída da rede para um dado padrão de entradas, ao mesmo tempo em que, atualiza os pesos de suas conexões. O treinamento pode ser dividido em passos da seguinte forma (ABELÉM, 1994): 1- Selecionar o próximo par do conjunto de treinamento e aplicar o vetor de entrada à rede; 2. Calcular a saída da rede; 3 Calcular o erro entre a saída da rede e a saída-alvo; 4- Ajustar os pesos da rede de maneira a minimizar o erro; e 5- Repetir o passo 1 até o passo 4 para cada vetor do conjunto de treinamento, até o erro se tornar aceitavelmente baixo para o conjunto inteiro. Pode-se observar que os passos 1 e 2 constituem a etapa de propagação para frente, em que o sinal de entrada é

transmitido através da rede da entrada até a saída. Os passos 3 e 4, por sua vez, constituem-se na etapa de retropropagação, na qual o erro calculado é propagado de volta através da rede para ajustar os pesos.

Resultados Esperados

Disponibilizar tecnologia aos produtores e técnicos para estimativa de produtividade do tomate industrial;

Construções de redes neurais para realizar a estimativa de produtividade com os valores dos atributos físico-químicos do solo. Possibilitando nível de significância superior a 70%.

Considerações Finais

Como as redes neurais artificiais vêm ganhando cada vez mais adeptos, com novas pesquisas, se tornando uma tecnologia promissora para o desenvolvimento de aplicações utilizando inteligência artificial.

Agradecimentos

A CAPES, pela concessão da bolsa e a Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade de realizar o trabalho.

Referências

- ABELÉM, A. J. G. **Redes Neurais Artificiais na previsão de séries temporais**. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Mestrado em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, Rio de Janeiro. 1994.
- AQUINO, R.E.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, I.A.; MARQUES JUNIOR, J.; SILVA, D.M.P.; SILVA, D.A.P. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, AM. **Jornal Bioscience**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 988-997, 2014.
- CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, I.V.; SANTOS, L.A.C.; AQUINO, R.E.; SOARES, M.D.R. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade em áreas cultivadas com mandioca na região de Humaitá, AM. **Revista Agro ambiente**, vol.6, n.1, p. 09-16, 2012.

CARVALHO, J.O.M.; LUZ, J.M.Q.; JULIATTI, F.C.; MELO, L.C.; TEODORO, R.E.F.; LIMA, L.M.L. Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.525-533, julho-setembro 2003.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1329-1339, 2007.

CARVALHO, J.L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil – CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP**, n.6, p.6-14, 2007.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L.; EITELWEIN, M.T.; AMADO, T.J. C.; SIMON, D.H.; DAMIAN, J.M. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.2, p.168-177, 2015.

CIRANI, C.B.S.; MORAES, M.A.D.D.E. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Rev. Economia Sociologia Rural**, v.48, n.4, p.543-565, 2010.

HAGAN, M.T.; DEMUTH, H.B.; BEALE, M.H. **Neural network desing**. [S.1.]: Martin Hagan, 2014.

HOFFER, H.; DEBASTIANI, A.B.; NETO, R.P.M.; MENEGATTI, D.; NETO, S.L.R. Variabilidade Espacial do estado de compactação do solo em um sítio experimental de Mimosa Scabrella Benth. **Enciclopédia Bioesfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.11, n.21, p.1903, 2015.

KOETZ, M.; CHURATA MASCA, M.G.C.; CARNEIRO, L.C.; RAGAGNIN, V.A.; SENA JUNIOR, D.G. de; GOMES FILHO, R.R. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v.4, n.1, p.14-22, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>. Acessado em 27 de junho de 2016.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; SILVA, W.L. de C. e. Irrigação do tomateiro para processamento. **Circular Técnica 102**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, EMBRAPA, Brasília, mar. 2012. 22 p.

NASCIMENTO, P.S.; SILVA, J.A.; COSTA, B.R.S.; BASSOI, L.H. zonas homogêneas de atributos do solo para o Manejo de irrigação em pomar de videira. **Revista Brasileira de ciências do solo**, v. 38, p. 1101-1113, 2014.

RAUBER, T. W. Redes Neurais Artificiais. Departamento de Informática UFES. Disponível em: <http://www.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/dcc/materiais>. Acesso em 9 maio de 2012.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Artificial intelligence**: A modern Approach. New Jersey: Pearson Educations, INC., 2010.

SANTANA, M.J.; VIEIRA, T.A.; BARRETO, A.C.; CRUZ, O.C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, v.15, n.4, p.443- 454, 2010.

SILVA, F.M. Variabilidade espacial de atributos químicos e da produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, n.37, p.401-407, 2007.

SOUZA, C.C.; NETO REIS, J.F.; ARAUJO, O.L.; NUNES, H.S.; CONCEIÇÃO, L.R. Utilização de redes neurais artificiais para previsão de preços de frutas e hortaliças. **Revista Desenvolvimento e Gestão**. V.17, n.3, p.259-272, 2014.