



Proposição de níveis críticos de nutrientes através da metodologia CND em folhas de pessegueiros

Gustavo Brunetto⁽¹⁾; Débora Leitzke Betemps⁽²⁾; Betania Vahl de Paula⁽³⁾; Leon Etienne Parent⁽⁴⁾; George Wellington B. Melo⁽⁵⁾; Newton A. Mayer⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, Av. Roraima n.1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com ; ⁽²⁾ Professora, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, RS; ⁽³⁾ Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo (UFSM); ⁽⁴⁾ Professor Visitante do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo (UFSM); ⁽⁵⁾ Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS; ⁽⁶⁾ Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado

INTRODUÇÃO

Nos Estados da região Sul do Brasil são produzidos 72% dos pêssegos do país (AGRIANUAL, 2018). O Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor nacional da fruta, seguido por São Paulo (SP), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR). Entretanto, a produção média de pêssegos nos pomares brasileiros é considerada baixa (14,5 Mg ha⁻¹) (FAOSTAT, 2019), comparativamente, as obtidas em pomares americanos e europeus. Isso pode ser atribuído, em parte, a dificuldade em estimar valores e critérios técnicos adequados para estimar o estado nutricional das plantas, como níveis críticos (NC) ou faixas de suficiência (FS) de nutrientes. Isso pode ajudar na definição da real necessidade da aplicação de nutrientes em pomares de pessegueiros, contribuindo para o uso racional dos fertilizantes, aumento de produtividade e melhoria da qualidade de frutos.

O Diagnóstico da Composição Nutricional (CND) também permite a estimativa de NC e FS de nutrientes. O conceito CND expressa a composição mineral dos tecidos vegetais na forma de teores de nutrientes ou valores relativos, que é a informação numérica básica para estabelecer o diagnóstico do estado nutricional das plantas. O método emprega a análise composicional e a análise de componentes principais dos dados, tendo, pois, potencial mais elevado para melhorar

a sensibilidade do diagnóstico nutricional da cultura. O CND vem sendo utilizado para avaliação do estado nutricional em várias culturas comerciais, em diferentes regiões do país (POLITI et al., 2013; DIAS et al., 2013; PARTELLI et al., 2014). Acredita-se que o CND possa ser usado com maior sucesso em frutíferas, pois são plantas que possuem grande sistema radicular, comparativamente, às culturas anuais; acumulam nutrientes em órgãos de reservas, que podem ser redistribuídos (BRUNETTO et al., 2016) e, por tudo isso, além de outros fatores, o diagnóstico de valores de critérios de referência em folhas, pode ser adequado para estimar o estado nutricional das frutíferas. O estudo objetivou estabelecer os NC e FS de nutrientes em folhas de pessegueiro, através do CND.

MATERIAL E MÉTODOS

A sistematização de um banco de dados robusto foi realizada com produtores e pesquisadores da área persícola, nas principais regiões produtoras do RS. Os pomares foram instalados nos municípios de Pelotas, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Os pomares foram compostos por árvores adultas e em plena produção, representados por onze cultivares de *Prunus persica*. Os dados foram obtidos nas safras 2009 até 2014. O banco de dados foi composto

por 420 amostras, compostas por teores de nutrientes e produção de frutos.

Folhas completas (limbo + pecíolo) foram coletadas na parte média dos ramos do ano, nos diferentes lados das plantas, entre a 13^a e a 15^a semanas após a plena floração. As folhas foram secas, moídas e submetidas a digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). Em seguida, foram determinados os valores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), Zinco (Zn), manganês (Mn) e Ferro (Fe). Todos os frutos por plantas foram coletados e pesados. Em seguida, estimou-se a produtividade.

Os dados foram checados quanto a sua coerência e as unidades foram padronizadas. A análise dos dados constou na transformação isométrica da razão logarítmica, base dos conceitos do CND, de acordo com a metodologia descrita por Parent e colaboradores (2020). A análise de aprendizado de máquina (ML- Machine learning) foi executada usando o software livre Orange 3.24 na separação das categorias (alta/baixa produção), utilizando um ponto de corte de 16 Mg ha⁻¹. A análise exploratória foi realizada utilizando o algoritmo de classificação e o visualizador. O Random Forest (RF) foi selecionado como modelo de classificação de ML. O conjunto de dados da pesquisa foi dividido em conjuntos de treinamento (70%) e teste (30%), para testar a precisão e em todo o conjunto de dados por validação cruzada para selecionar um subconjunto de amostras balanceadas. As métricas de precisão foram precisão (proporção de instâncias previstas como verdadeiro negativo ou verdadeiro positivo) e área sob curva (AUC) (PARENT et al., 2013). Uma precisão mínima foi estabelecida do modelo de 80% (PARENT et al., 2019) e AUC de 70-90% (DELACOUR et al., 2005) no teste. A significância da partição na matriz de confusão para o conjunto de dados de teste foi avaliada como um teste de homogeneidade χ^2 com correção de Yates. A previsão de classificação e a análise de risco para amostras independentes foram fornecidas pelo módulo de previsão da Orange 3.24, usando os mesmos recursos do conjunto de treinamento. As estatísticas descritivas foram computadas no Excel Microsoft 365 e os resultados apresentados em formatos de tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área sob a curva (AUC) do modelo de Random Forest variou entre 0,834 e 0,844 no teste e 0,894-0,901 na validação cruzada (Tabela 1). A faixa de 0,7-0,9 é considerada aceitável por Delacour et al. (2005), para fins de diagnóstico. A precisão da classificação foi próxima de 80%, conforme alcançado pela maioria das culturas de frutas (PARENT et al., 2019).

Tabela 1. Comparação entre os valores para composições de nutrientes (dados brutos e modificados) em folhas de pessegueiros usando o modelo de floresta aleatório.

	Teste (30% dos dados)		Validação (100% dos dados)	
	Área sob a curva	Acurácia	Área sob a curva	Acurácia
Dados brutos	0,844	0,801	0,894	0,826
Razão log centrado	0,834	0,794	0,901	0,835
Razão de log isométrico	0,844	0,794	0,901	0,836

Fonte: Os autores

A matriz de confusão mostrou 142 amostras verdadeiros negativos (pessegueiros com alta produtividade e bem equilibradas nutricionalmente), produzindo mais de 16 Mg ha⁻¹; fornecendo uma diversidade de combinações de fatores, levando ao alto desempenho de pomares de pêssego. Havia 254 verdadeiros positivos (baixa produtividade e nutricionalmente desequilibrado), 39 falsos negativos (baixa produtividade e bem equilibrados, indicando que outros fatores limitadores da produtividade além de nutrientes) e 37 falsos positivos (alta produtividade, desequilibrados provavelmente devido ao consumo de luxo de nutrientes). A partição foi significativa em $p = 0,01$, de acordo

com o teste de homogeneidade χ^2 com a correção de Yates.

Através dos valores das amostras verdadeiros negativos foram calculados os índices do CND no qual foi possível estipular valores de NC e FS para os nutrientes avaliados (Tabela 02). Nós destacamos que os valores nas FS de nutrientes em folhas, proposto pelo CND são mais estreitos, que os valores propostos pela CQFS-RS/SC (2016), concordando com observações de Paula et al. (2020). Além disso, foi possível definir os NC de nutrientes em folhas de pessegueiros. Com isso, as tomadas de decisão sobre a necessidade ou não de aplicação poderão ser mais acertivas pelos técnicos e produtores.

Tabela 2. Níveis críticos (NC) e intervalo de confiança da faixa de suficiência (FS) do CND para nutrientes em folhas de pessegueiros no Rio Grande do Sul.

Nutrientes	Amostras verdadeiros negativos		
	NC (CND)	Faixa suficiência (CND)	CQFS-RS/SC (2016)
	g kg ⁻¹		
N	24,39	16,5 - 39	33 - 45
P	2,35	1,2 - 3,4	1,5 - 3,0
K	16,39	11,5 - 35	14 - 20
Mg	4,55	2,1 - 8,3	5,0 - 8,0
Ca	23,59	11,2 - 35	17 - 26
	mg kg ⁻¹		
Cu	2,0	2-18	6 - 30
Fe	53,0	53-148	100 - 230
Zn	4,0	4,0 - 84	24-37
Mn	38,0	38- 422	30-160
B	-	-	-

Fonte: Os autores

CONCLUSÕES

O CND permitiu a estimativa de níveis NC de nutrientes em folhas de pessegueiros cultivados no RS. Além disso, FS de nutrientes em folhas propostas pelo CND foram mais estreitas, em relação as apresentadas em outros recomendações.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), FAPERGS (Fundação de Amparo a Pesquisa no Rio Grande do Sul) e Conselho de Pesquisa de Engenharia do Canadá (NSERC-2254), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira: FNP. Pêssego. FNP Consultoria & Comércio; São Paulo, Brazil, 2018
- BRUNETTO, G.; ROZANE, D. E.; MELO, G.W.B.D.; ZALAMENA, J.; GIROTTO, E.; LOURENZI, C.; COUTO, R.R.; TIECHER, T.; KAMINSKI, J. Manejo da fertilidade de solos em pomares de frutíferas de clima temperado (capítulo); **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água** (recurso eletrônico)/Org. Tales Tiecher – Porto Alegre: UFRGS-2016.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo,RS/SC- Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Eds. (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo—Núcleo Regional Sul): , Silva, L.S., Gatiboni, L.C., Anghinoni, I., Sousa, R.O., Emani, P.R., Santa Maria, Brazil, 2016; pp. 189–233.
- DELACOUR, H.; SERVONNET, A.; PERROT, A.; VIGEZZI, J.F.; RAMIREZ, J.M. La courbe ROC (receiver operating characteristic): Principes et principales applications in biologie clinique. **Ann. Biol. Clin.** 2005, 63, 145–154
- DIAS, J. R. M.; TUCI, C. A. F.; WADT, P. G. S.; PARTELLI, F. L.; PEREZ, D. V.; ESPINDULA, M. C.; TOMIO, D. B. Antecipação do período de diagnose foliar em laranja 'pera' no Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 757- 764, 2013

FAOSTAT. Production Quantities of Peaches and Nectarines by Country. 2019. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (accessed on 22 June 2020).

FREIRE, C.J. da; MAGNANI, M. Adubação e correção do solo. In: RASEIRA, M. do C.B.; PEREIRA, J.F.M.; CARVALHO, F.L.C. **Pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 2014. p.259-281

PARENT, S.É. Why We Should Use Balances and Machine Learning to Diagnose Ionomes. Authorea, January 20, 2020

PARENT, S.É.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant Ionome Diagnosis Using Sound Balances: Case Study with Mango (*Mangifera Indica*). **Front. Plant Sci.** 2013

PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; DEUS, J.A.L.; NATALE, W. Composition in Fruit Crops: Latest Developments. In Fruit Crops. Diagnosis and Management of Nutrient Constraints; Srivastava, A., Hue, C., Eds.; Chapter 12; Elsevier: New York, NY, USA, 2019

PARTELLI, F. L.; DIAS, J. F. M.; VIEIRA, H. D.; WADT, P. G. S.; JUNIOR, E. P. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, p. 858-866, 2014

PAULA, B.V.D.; NAVA, G.; ROZANE, D.E.; BARRETO, C.F.; BENATI, J. A.; BETEMPS, D.L.; MELO, G.W.B.D.; BRUNETTO, G. Calagem, adubação e estado nutricional em pessegueiro – **Atualização sobre Calagem e Adubação em Frutíferas**, Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do solo /org.Gustavo Brunetto e outros, Porto Alegre, 278p. 2020, ISBN;978-65-990472-6-8

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S. da; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. da C.; PRADO, R. de M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 11 -18, 2013