DOCUMENTOS
160

ISSN 1677-9274
Dezembro/2018

Guia prático para aplicação do método da diagnose da composição nutricional (CND): exemplo de uso na cultura da cana-de-açúcar

Escola Técnica Estadual de Educação Profissional e Tecnológica de Lucas do Rio Verde, MT
unesp
Embrapa

ISSN 1677-9274
Dezembro/2018

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

DOCUMENTOS 160

Guia prático para aplicação do método da diagnose da composição nutricional (CND): exemplo de uso na cultura da cana-de-açúcar

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini
Renato de Mello Prado
Glauber José Vaz
Fábio Cesar da Silva
Adauto Luiz Mancini
Gilmara Pereira da Silva
Edgard Henrique dos Santos
Paulo Guilherme Salvador Wadt

Embrapa Informática Agropecuária
Campinas, SP
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informática Agropecuária

Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária Campinas, SP, Brasil
CEP. 13083-886
Fone: (19) 3211-5700
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Stanley R. de M. Oliveira

Secretária-Executiva
Carla Cristiane Osawa

Membros
Adriana Farah Gonzalez, Carla Geovana do Nascimento Macário, Flávia B. Fiorini,Jayme Barbedo, Kleber X. Sampaio de Souza,Luiz Antonio Falaguasta Barbosa, Maria Goretti Praxedes, Paula Regina K. Falcão, Ricardo Augusto Dante e Sônia Ternes

Supervisão editorial
Kleber X. Sampaio de Souza

Revisão de texto
Adriana Farah Gonzalez

Normalização bibliográfica
Maria Goretti Praxedes

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Flávia B. Fiorini

Foto da capa
Edilaine Istéfani Franklin Traspadini

1ª edição
Versão digital (2018)

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Informática Agropecuária

Guia prático para aplicação do método da diagnose da composição nutricional (CND) : exemplo de uso na cultura da cana-de-açúcar / Edilaine Istéfani Franklin Traspadini… [et al.].- Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2018.

30 p. : il. - (Documento/ Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677-9274; 160).

1. Diagnose nutricional. 2. Cana-de-açucar. 3. nutrição vegetal. Traspadini, Edilaine Istéfani Franklin. II. Embrapa Informática Agropecuária.III. Série.

CDD 633.61

Maria Goretti Gurgel Praxedes (CRB-8/7369)

© Embrapa 2018

Autores

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini

Engenheira agrônoma, doutoranda em Ciências do Solo na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Jaboticabal, SP

Renato de Mello Prado

Engenheiro agrônomo, doutor e livre-docente em Nutrição de Plantas, professor associado da Unesp, Jaboticabal, SP

Glauber José Vaz

Bacharel e mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Fábio Cesar da Silva

Engenheiro agrônomo e engenheiro florestal, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Adauto Luiz Mancini

Cientista da computação, mestre em Ciências da Computação e Matemática Computacional, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Gilmara Pereira da Silva

Engenheira agrônoma, doutora em Agronomia - Ciência do Solo, professora colaboradora da Escola Técnica Estadual de Educação Profissional e Tecnológica de Lucas do Rio Verde, MT

Edgard Henrique dos Santos

Analista de sistemas, analista na Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

Apresentação

A agricultura hoje é uma atividade muito competitiva e exige que o produtor seja muito eficiente para maximizar a produtividade e reduzir os custos de produção a fim de alcançar melhores resultados. Há muitos fatores que afetam a produtividade, entre eles a adubação e calagem visando fornecer os nutrientes necessários à cultura para colher uma boa safra. Para otimizar a produção, o diagnóstico nutricional elaborado a partir de resultados de análise de tecido vegetal e a análise química dos solos constituem-se em instrumento importante para o diagnóstico e monitoramento de eventuais deficiências e ajuste na recomendação de fertilizantes e de calagem.

O método Diagnose de Composição Nutricional (CND) usa valores de referência calculados a partir das relações multivariadas dos nutrientes para classificar a lavoura em deficiência, equilíbrio ou excesso nutricional. Os índices obtidos pelo método e utilizados nesta classificação são facilmente interpretados, mas demandam uma série de cálculos matemáticos. Os valores de referência de uma dada cultura são obtidos estatisticamente a partir de indicadores oriundos de plantas sadias e com elevada produtividade. A interpretação do estado nutricional de uma planta pode ser estabelecida comparando-se a concentração foliar do nutriente de uma planta com seu valor de referência correspondente.

Como as equações aplicadas podem ser extensas e repetitivas, devido ao elevado número de amostras analisadas, o uso de planilhas eletrônicas ou outros tipos de software torna-se indispensável no emprego do CND. Este documento apresenta um guia prático para a aplicação do método CND com auxílio de planilha eletrônica, tendo como estudo de caso a cultura da cana-de-açúcar.

Este trabalho é resultado da cooperação entre Embrapa e UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, no Programa de Pós-graduação desta Universidade na área de Ciências Agrárias para desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais em Agronomia na área de nutrição de plantas e áreas afins. No escopo da Embrapa, está inserido no projeto “Desenvolvimento de sistemas de produção de cana-de-açúcar no Cerrado - Fase 3” para desenvolvimento da cultura de cana em solos de baixa fertilidade visando aprimoramento das práticas de fertilização e nutrição vegetal.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Chefe-geral
Embrapa Informática Agropecuária

Sumário

Introdução 9

Interpretação do estado nutricional 10

O cálculo do método CND 12

Guia para cálculo e interpretação do estado nutricional da planta 15

Considerações finais 26

Referências 27

Anexo 1: Dicas de uso dos recursos da planilha eletrônica 30

Introdução

A interpretação do estado nutricional das culturas é empregada para maximizar a produtividade e o retorno econômico do produtor, sendo importante para a agricultura estável, cujos métodos têm evoluído constantemente.

A diagnose nutricional das plantas requer uma amostragem foliar representativa da lavoura, em determinada idade e posição na planta, e uma análise química foliar confiável, permitindo uma interpretação dos teores dos nutrientes e suas interações (Prado, 2008). Portanto, a diagnose foliar baseia-se na determinação do teor dos nutrientes, da amostra foliar, que permitiria obter-se o diagnóstico do estado nutricional, com a finalidade de servir de orientação quanto ao ajuste ou redirecionamento do programa de adubação, visando corrigir desequilíbrios nutricionais (Amaral et al., 2012). Tradicionalmente, a diagnose foliar é realizada pelo nível crítico (NC) de cada elemento, que é definido como a concentração do nutriente no tecido vegetal, acima da qual nenhum aumento significativo na produtividade é esperado (Escano et al., 1981). Portanto, o teor de determinado nutriente de uma amostra deve ser comparado com o NC do respectivo nutriente.

Os NCs são obtidos por meio de ensaio de calibração. Nesse sistema, todos os fatores necessários para o pleno desenvolvimento da planta são mantidos em níveis adequados e somente o nutriente que está em análise é variado. Entretanto, para que estes valores de referência sejam eficientes, é necessário implantar experimentos de calibração que representem todos os sistemas de cultivo e as condições edafoclimáticas existentes nos cultivos comerciais do País. Isso torna o método oneroso e dispendioso. Essa dificuldade levou à escassez de valores de referências atuais obtidos a partir da calibração local (Mostashari et al., 2018). Porém, em trabalhos recentes, é comum o uso de valores de referência calibrados nas décadas de 80 e 90 na interpretação do estado nutricional de plantas (Camacho et al., 2012; Santos et al., 2013), prática não recomendada (Traspadini, 2016).

Devido essa dificuldade, métodos alternativos para obter valores de referência atuais foram desenvolvidos. Dentre eles destacam-se os NCs obtidos pela Distribuição Normal Reduzida - DNR (Maia et al., 2001), a Faixa de Suficiência (FS) obtida pela Chance Matemática - ChM (Wadt et tal., 1998), as normas bivariadas obtidas pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS (Beaufils, 1973) e as normas multivariadas obtidas pela Diagnose de Composição Nutricional, da sigla em inglês *Compositional Nutrients Diagnosis (CND)*, (Parent; Dafir, 1992). Esses métodos obtêm os valores de referência considerando, direta ou indiretamente, amostras foliares de plantas comerciais com elevado potencial produtivo.

O método DNR consiste em analisar qual a participação do nutriente na produtividade da planta e, com base nisso, obter o NC, ou seja, a concentração foliar do nutriente, que corresponde a 90% da produtividade da planta. Este método foi utilizado para obter o NC para uva (Tonin et al., 2009), cana-de-açúcar (Santos et al., 2013), dendezeiro (Matos et al., 2016) e para determinar o NC dos atributos do solo (Souza et al., 2015).

Por outro lado, o método da ChM classifica o teor foliar de cada amostra em ordem crescente e seleciona o intervalo de classe (faixa de suficiência) que tem maior chance matemática em ter alta produtividade. Assim é possível obter as faixas infraótima, ótima e supraótima de cada nutriente. Essa metodologia já foi empregada para obter FS para soja (Urano et al., 2007), algodão (Serra et al., 2010; Camacho et al., 2012), amendoim (Deus et al., 2012), cana-de-açúcar (Santos et al., 2013) e pitáia (Almeida et al., 2016).

O método DRIS consiste em obter a norma das relações bivariadas entre os nutrientes. Esse método, por ser mais antigo que a DNR e ChM, é largamente utilizado. Assim, existe uma gama de estudos realizados que obtiveram as normas de referência para diversas culturas e países no mundo, como para trigo no Egito (Abdel-Hady, 2015), para beterraba na Polônia (Grzebisz et al., 2010), para a soja na Ásia (Gaspar et al., 2015), para o dendezeiro na Índia (Behera et al., 2017), para a cana-de-açúcar no Brasil (Santos et al., 2013), dentre muitos outros.

O método CND obtém normas de referência das relações multivariadas dos nutrientes. Sua origem é baseada no método DRIS. Portanto, além de ser amplamente utilizado para definir valores de referência (Parent et al., 2013; Souza et al., 2015; Rozane et al., 2015; Barłóg, 2016; Dezordi et al., 2016; Gott et al., 2017; Kamal et al., 2018), em alguns casos, é usado como parâmetro para validar os demais métodos de interpretação (Ali, 2018; Mostashari et al., 2018).

O CND é considerado promissor pois supera algumas limitações que são atribuídas aos demais métodos de interpretação como: a) para a interpretação do estado nutricional é adotado o conceito de balanço nutricional, diferente dos métodos uni variados (NC e FS), que interpretam isoladamente cada nutriente; b) as normas multivariadas são obtidas pelo cálculo da média geométrica, que considera todos os componentes presentes na amostra, incluindo a matéria seca, como determinantes nos valores de referência, diferente do método DRIS, que é bivariado e não considera a matéria seca. Enquanto o método DRIS pressupõe que as relações bivariadas entre os teores de dois nutrientes são as melhores indicadoras do desequilíbrio nutricional (Wadt, 1996), as relações entre o teor de um nutriente e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca – inclusive aqueles não avaliados analiticamente (relações multivariáveis) – são consideradas como forma de expressão do equilíbrio nutricional, quando se emprega o método CND (Parent; Dafir, 1992).

O método CND consiste em classificar a lavoura em deficiência, equilíbrio ou excesso nutricional, tomando como base índices que podem ser negativos, zero ou positivos (Parent; Dafir, 1992; Rozane et al., 2016). Esses índices são facilmente interpretados, mas demandam uma série de cálculos matemáticos simples para serem obtidos. Contudo as equações aplicadas podem ser extensas e repetitivas, devido ao elevado número de amostras analisadas. Portanto, o uso de planilhas eletrônicas ou outros tipos de software torna-se indispensável (Mccray et al., 2016).

Esses fatores limitam o uso do método CND, principalmente quando se consideram os produtores rurais e mesmo os técnicos que têm pouco ou nenhum contato com a metodologia. Diante disto, tem-se a necessidade de elaborar um material que demonstre de forma didática e sequencial o que deve ser feito após o recebimento da análise química foliar provida pelo laboratório.

Portanto, objetiva-se, com este documento, elaborar um guia prático para a aplicação do método CND, tendo como estudo de caso a cultura da cana-de-açúcar.

Interpretação do estado nutricional

O diagnóstico nutricional elaborado a partir de resultados de análise de tecido vegetal constitui-se em um instrumento importante para auxiliar a análise química dos solos, detectando eventuais deficiências e ajustando a recomendação de fertilizantes (Prado; Caione, 2012; Mccray et al., 2016). Isto porque há forte relação entre a concentração do nutriente na planta e sua produtividade, sendo possível indicar o estado nutricional da cultura (Bataglia; Santos, 1990).

Portanto, a interpretação do estado nutricional de uma planta pode ser estabelecida comparando-se a concentração foliar do nutriente de uma planta com seu valor de referência, que é determinado pela concentração foliar do mesmo nutriente, mas oriundo de plantas sadias e com elevada produtividade (Kurihara et al., 2005). Como dito, dentre os métodos para obter valores de referência para a interpretação do estado nutricional, têm-se os métodos NC, a FS, a DNR, a ChM, o DRIS e o CND.

O NC e FS são denominados “métodos convencionais”, pois, além de serem os primeiros métodos a serem desenvolvidos para se gerar valores de referências, envolvem ensaios de calibração. Nesse sistema, todos os fatores necessários ao desenvolvimento da planta são mantidos constantes e em quantidades adequadas, exceto o nutriente em estudo. Esses métodos apresentam enorme dificuldade e onerosidade na sua implementação, o que levou à escassez de valores atuais para NC e FS obtidos a partir da calibração local (Mostashari et al., 2018). Além disso, são caracterizados como métodos uni variados, ou seja, a interpretação é isolada para cada nutriente, não levando em conta o balanço dos nutrientes na planta, fator não desejado (Mccray et al., 2016).

O método CND supera as limitações apresentadas pelos métodos convencionais (Ali, 2018), dispensando a calibração local, sendo que seus valores de referência são obtidos das lavouras de alta produtividade advindas de amplo banco de dados, formado pela amostragem e análise foliar de lavouras comerciais. O método CND também supera os métodos DNR e ChM. Estes, apesar de dispensarem a calibração local e obterem seus valores de referência a partir de lavouras comerciais, são métodos univariados, assim como os convencionais.

Portanto, o principal diferencial do método CND é adotar o conceito de balanço nutricional, relacionando cada nutriente com os componentes totais da planta. Assim o diagnóstico considera a relação entre os nutrientes, fator que permite detectar problemas nem sempre identificados quando se baseia no comportamento isolado de um nutriente (Mccray et al., 2016). O CND ainda apresenta a vantagem de não ser tão sensível ao estágio de crescimento, à posição da folha e à cultivar, quando comparado aos métodos convencionais (Gopalasundaram et al., 2012; Mccray et al., 2016). Além disso, o método CND permite classificar os nutrientes em relação à sua ordem de limitação, desde o nutriente menos limitante até o mais excessivo (Reis Júnior; Monnerat, 2002; Gott et al., 2017; Píperas et al., 2009; Serra et al., 2010; Ali, 2018).

O método CND é uma variação do método DRIS (Beaufils, 1973), fator que faz deles métodos muito semelhantes, desde a formação de dados a partir de lavouras comerciais até a similaridade no desempenho da avaliação do estado nutricional de planta (Politi et al., 2013; Partelli et al., 2014; Gott et al., 2017).

Entretanto o método CND apresenta como vantagens, em relação ao método DRIS:

a) maior facilidade de calcular os índices nutricionais.

b) considera a matéria seca como componente do tecido foliar para obter as normas multivariadas (Parent; Dafir, 1992).

c) possibilita atribuir às carências e aos excessos o mesmo peso no desbalanço, o que pode ser feito com o emprego da Distância de Mahalanobis, que detecta os desequilíbrios na amostra e define a contribuição de cada nutriente na composição da matéria seca (Parent et al., 2009; Rozane et al., 2016).

d) fornece uma abordagem genérica para apoiar o diagnóstico nutricional local, usando um pequeno banco de dados (Ali, 2018).

Diante dessas vantagens, nos últimos anos, o método CND tem sido amplamente utilizado para determinar valores de referência e para a avaliação do estado nutricional de várias culturas comerciais, como arroz (Guindani et al., 2009), algodão (Serra et al., 2010, 2012), milho-grão (Modesto et al., 2014), cenoura (Dezordi et al., 2016), beterraba (Barłóg, 2016), cebola (Yousuf et al., 2013), alho (Cunha et al., 2016), soja (Urano et al., 2007), goiaba (Souza et al., 2015), manga (Parent et al., 2013), café (Wairegi; Asten, 2012), laranja (Camacho et al., 2012; Rozane et al., 2015), cana-de-açúcar (Santos et al., 2013) e tantas outras.

O cálculo do método CND

O método de CND foi desenvolvido por Parent e Dafir (1992), porém sua ideia surgiu a partir da análise de outros estudos, como algumas premissas do método DRIS (Beaufils, 1973), dos estudos sobre a análise de componentes (Aitchison, 1982 e 1966), da indicação de se utilizar análise multivariada (Holland, 1966) e da transformação logarítmica dos dados (Beverly, 1987) como instrumento para melhorar a diagnose do estado nutricional das plantas.

Assim, com a introdução desses processos, o método passou a ser único em alguns aspectos, como as relações multivariadas dos nutrientes e a consideração de todos os componentes da amostra, mesmo aqueles não avaliados.

Para se realizar o diagnóstico nutricional, é necessário efetuar vários cálculos a partir dos teores dos nutrientes quantificados. Estes cálculos normalmente envolvem os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, mas podem também utilizar conjuntos distintos, quando o produtor escolhe analisar somente os macronutrientes ou quando o laboratório não realiza as análises de todos os micronutrientes.

Os cálculos são apresentados a seguir, conforme o fluxograma (Figura 1), de maneira mais genérica e usando exemplos com os onze nutrientes considerados com maior frequência.

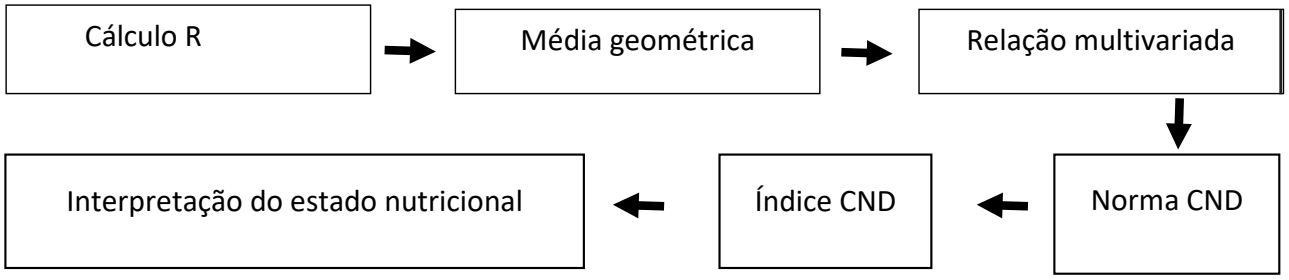


Figura 1. Fluxograma das etapas necessárias para a obtenção das normas CND e interpretação do estado nutricional das amostras.

Componente R

O tecido foliar é considerado um sistema fechado, formado por componentes quantificados (nutrientes) e por componentes não quantificados ou não determinados. Estes últimos são representados por um termo denominado R (Equação 1) (Parent; Dafir, 1992). É necessário utilizar a mesma unidade de medida entre os componentes analisados para não haver erros de desproporção entre os nutrientes e sua representatividade no conteúdo total.

$$R = 1000 - \sum_{j=1}^{n} vNutr_j \,, \qquad [1]$$

em que *n* é a quantidade de nutrientes considerados e $vNutr_j$ é o teor de cada nutriente $Nutr_j$ (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) em g kg^{-1}. No caso em que são analisados os onze nutrientes, esta equação torna-se equivalente à Equação 2.

$$R = 1.000 - (vN+vP+vK+vCa+vMg+vS+vB+vCu+vFe+vMn+vZn). \qquad [2]$$

Nestas equações, R representa todos os componentes não quantificados na matéria seca e o número 1000 representa a quantidade total de matéria seca em gramas. Este elemento é necessário porque o teor de cada nutriente deve estar na unidade g kg^{-1} (Parent; Dafir, 1992).

Média geométrica

A média geométrica é definida pela raiz de ordem n do produto dos teores nutricionais e do valor R, em que n é o número de componentes avaliados, incluindo R (Equação 3). A equação garante que todos os componentes sejam contabilizados na análise de uma amostra, relacionando cada componente com todos os demais componentes de uma amostra (Parent; Dafir,1992).

$$mGeo = \left(\prod_{j=1}^{n} vNutr_j * R \right)^{1/(n+1)}, \qquad [3]$$

em que *n* é a quantidade de nutrientes considerados e $vNutr_j$ é o teor de cada nutriente em g kg^{-1}. No caso em que são considerados os 11 nutrientes N, P, … Zn, a Equação 3 equivale à Equação 4. Neste exemplo, para j=1, $Nutr_j$ = N e $vNutr_j$ = vN, para j=2, $Nutr_j$ = P e $vNutr_j$ = vP, e para j=n=11, $Nutr_j$ = Zn e $vNutr_j$ = vZn.

$$mGeo = (vN \times vP \times vK \times vCa \times vMg \times vS \times vB \times vCuvFex\, vMn \times vZn \times R)^{(1/12)} \qquad [4]$$

Esta equação revela que há dependência entre os dados relativos da composição, pois qualquer variação, em qualquer uma das partes de um todo, deve afetar os valores relativos de outras partes do conjunto (Aitchison, 1986).

Relação multivariada

A relação multivariada entre os nutrientes é obtida pelo logaritmo natural do quociente entre os teores de cada nutriente e a média geométrica da composição nutricional na amostragem foliar. Este processo é chamado de log-transformação da linha centralizada (Equação 5).

$$zNutri_j = \ln(vNutr_j / mGeo) \quad \text{para } j = 1 \,..\, n \qquad [5]$$

em que $zNutri_j$ é o logaritmo natural do quociente entre os teores de cada nutriente e a média geométrica da composição nutricional da amostra foliar, $vNutr_j$ é o teor do nutriente j e mGeo é a média geométrica dos nutrientes na amostra foliar (Parent; Dafir, 1992).

Emprega-se, nessa etapa, a transformação logarítmica desses valores para corrigir a dispersão dos dados e reduzir as correlações não verdadeiras entre os componentes do tecido vegetal. De acordo com Beverly (1987), a transformação logarítmica dos dados tende a gerar melhor distribuição desses dados. Semelhantemente, Holland (1966) observou que o uso da transformação logarítmica para linearizar as funções de dados originais pode melhorar a compreensão da composição da folha, em comparação com as ferramentas de diagnóstico uni e bivariado.

Norma CND

Os valores de referência, ou norma CND, são formados pela média e pelo desvio-padrão das relações multivariadas dos nutrientes advindos das lavouras consideradas de referência. Devem ser calculados a partir dos dados de lavouras que apresentem produtividade acima da média do conjunto de dados (Beaufils, 1973). Utilizar esse critério é interessante, pois utilizar a média de uma população como referência garante representatividade da população, aumentando as chances de acertar na diagnose e recomendação nutricional.

Índice CND

As normas de referência são relacionadas com a relação multivariada de determinado nutriente de uma amostra, originando assim, os índices CND referentes aos nutrientes (Equação 6).

$$I_Nutri_j = (zNutri_j - mNutri_j)/sNutri_j \quad \text{para } j=1 .. n \qquad [6]$$

em que I_Nutr_j é o índice CND do nutriente $Nutr_j$, $zNutr_j$ é a relação multivariada para o nutriente, e $mNutr_j$ e $sNutr_j$ são, respectivamente, a média e o desvio-padrão das relações multivariadas do nutriente $Nutr_j$ (Parent; Dafir, 1992).

O índice pode ser negativo, zero ou positivo, quando a relação multivariada estiver, respectivamente, abaixo, igual ou acima do valor de referência (média das lavouras de alta produtividade). Portanto, os índices nutricionais são uma pré-indicação do estado nutricional das lavouras. Quando negativos ou positivos, indicam que as lavouras podem estar deficientes ou em excesso nutricional, respectivamente. Índices iguais a zero apontam para um equilíbrio nutricional.

Contudo, de acordo com Wadt (2005), apenas tomar os índices como parâmetro para determinar o estado nutricional de uma amostra não é suficiente e pode resultar na extrapolação de casos de desequilíbrio nutricional, pois é raro encontrar casos de índices com valores exatamente iguais a zero, havendo poucos casos de equilíbrio nutricional. Mediante isto, o autor desenvolveu o método denominado Potencial de Resposta da planta a Adubação (PRA).

Potencial de Resposta da planta a Adubação (PRA)

Na diagnose nutricional, segundo o método PRA, o Balanço Nutricional Médio (IBNm) fornece uma medida adequada do grau de desequilíbrio nutricional. Este índice consiste na média dos valores absolutos dos índices nutricionais de todos os nutrientes analisados (Equação 7).

$$IBNm = \sum_{j=1}^{n} |I_Nutr_j| / n \qquad [7]$$

em que I_Nutr_j é o índice do nutriente $Nutr_j$ e n é a quantidade de elementos analisados.

O PRA apresenta três classes de interpretação: equilibrado, deficiente e em excesso (Wadt, 2005):

- O nutriente está em equilíbrio quando o índice CND, em módulo, é menor ou igual ao IBNm;
- O nutriente é considerado deficiente quando seu índice CND é negativo e, em módulo, é maior que o IBNm;
- O nutriente está em excesso quando seu índice CND é positivo e, em módulo, é maior que o IBNm

Guia para cálculo e interpretação do estado nutricional da planta

Para que os cálculos e a interpretação sejam demonstrados em detalhes, são utilizados exemplos de uso em planilha eletrônica. A ferramenta Microsoft Excel foi utilizada para ilustrar este trabalho e, em primeiro lugar, organizam-se na planilha os dados coletados no campo para estabelecer e descrever a metodologia de cálculo do CND aplicada à cultura de cana-de-açúcar. O Anexo 1 apresenta algumas dicas de uso do software.

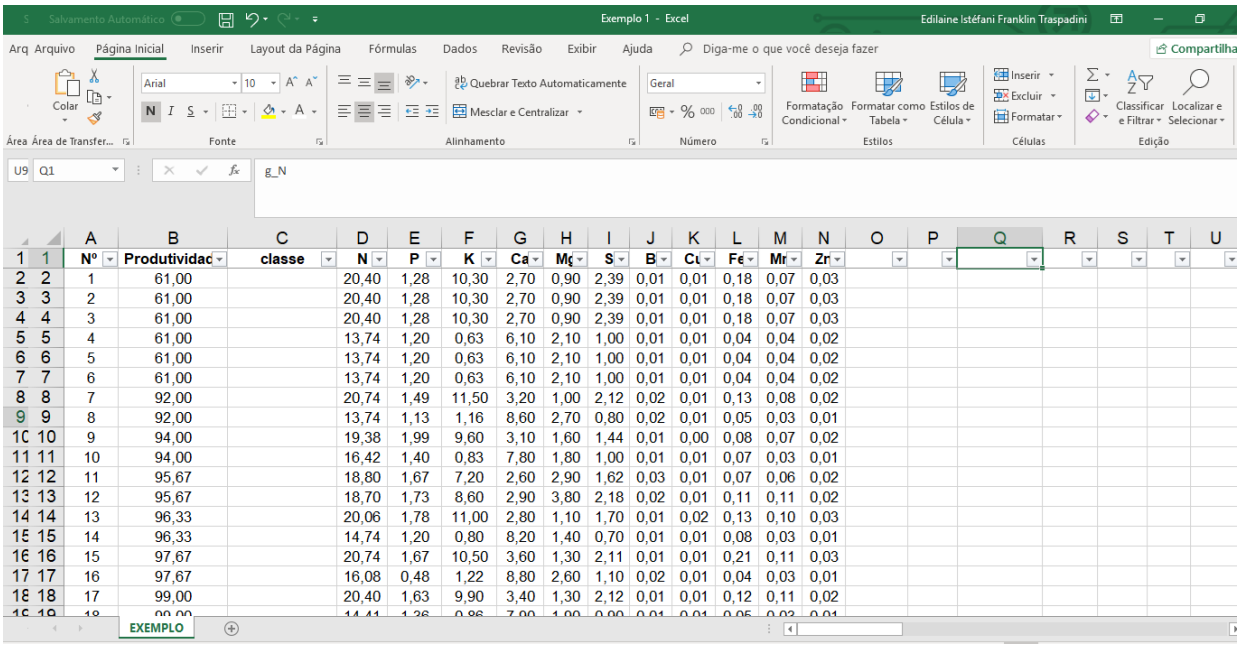
Para uma melhor compreensão das operações explicadas neste documento, são usadas notações com colchetes e parênteses. Os primeiros são usados para indicar endereço de destino na planilha e os outros para representar conteúdo. Por exemplo, “[B11] = {=MÉDIA(B1:10)}” significa que a célula B11 recebe a média dos valores que estão na coluna B entre as linhas 1 e 10.

Organização dos dados

Os dados considerados neste documento foram coletados em cinco áreas experimentais cultivadas com cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta, na safra de 2013, localizadas em três municípios do estado de São Paulo, sendo duas áreas localizadas em Catanduva (21º05’07’’S, 48º54’22’’O), duas em Santa Adélia (21º16’49’’S, 48º49’38’’O) e uma em Santa Albertina (20º02’44’’S, 50º37’55’’O) (Caione et al., 2015; Moda et al., 2015).

Deve ser ressaltado que o primeiro passo para construção de sistema informatizado para diagnose foliar em cultura é se apresentar uma especificação clara e objetiva dessa metodologia de cálculo, o que se faz no presente documento.

Para cada registro de amostra, são armazenados o número da amostra (Nº), a produtividade e a classe produtiva (Classe), sendo que esta última é calculada a partir dos dados, conforme seção adiante. Também são anotados os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme mostra a Figura 2. É importante salientar que os teores de macronutrientes e micronutrientes devem ser registrados com a mesma unidade de medida, neste caso g kg^{-1}, para não haver erros de desproporção entre os nutrientes e sua representatividade do conteúdo total.



Nº	Produtividad	classe	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	61,00		20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03
2	61,00		20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03
3	61,00		20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03
4	61,00		13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02
5	61,00		13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02
6	61,00		13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02
7	92,00		20,74	1,49	11,50	3,20	1,00	2,12	0,02	0,01	0,13	0,08	0,02
8	92,00		13,74	1,13	1,16	8,60	2,70	0,80	0,02	0,01	0,05	0,03	0,01
9	94,00		19,38	1,99	9,60	3,10	1,60	1,44	0,01	0,00	0,08	0,07	0,02
10	94,00		16,42	1,40	0,83	7,80	1,80	1,00	0,01	0,01	0,07	0,03	0,01
11	95,67		18,80	1,67	7,20	2,60	2,90	1,62	0,03	0,01	0,07	0,06	0,02
12	95,67		18,70	1,73	8,60	2,90	3,80	2,18	0,02	0,01	0,11	0,11	0,02
13	96,33		20,06	1,78	11,00	2,80	1,10	1,70	0,01	0,02	0,13	0,10	0,03
14	96,33		14,74	1,20	0,80	8,20	1,40	0,70	0,01	0,01	0,08	0,03	0,01
15	97,67		20,74	1,67	10,50	3,60	1,30	2,11	0,01	0,01	0,21	0,11	0,03
16	97,67		16,08	0,48	1,22	8,80	2,60	1,10	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01
17	99,00		20,40	1,63	9,90	3,40	1,30	2,12	0,01	0,01	0,12	0,11	0,02

Figura 2. Informações de uma amostra.

Para se obter uma visualização do conjunto de dados de acordo com a produtividade das amostras, os registros podem ser ordenados de acordo com este campo. Normalmente, esta operação é muito simples em planilhas eletrônicas. Em algumas ferramentas, basta clicar no cabeçalho do campo cujos valores devem ser ordenados.

A Figura 3 mostra como fazer isso em Excel. Para exibir os registros em ordem crescente de produtividade, todas as células devem ser selecionadas. Caso contrário, apenas os dados selecionados seriam ordenados independentemente das outras colunas, o que comprometeria completamente a consistência dos dados. Deve-se inserir o filtro (dados > filtro), clicar na seta do filtro para a produtividade e selecionar a opção “Classificar do Menor para o Maior”.

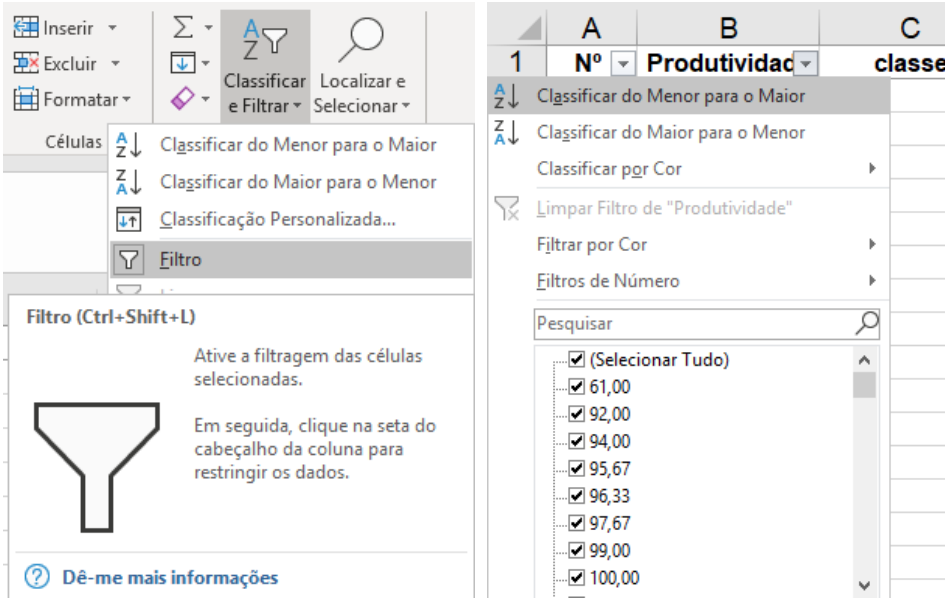


Figura 3. Seleção do filtro e organização dos dados em ordem crescente de produtividade.

Média da produtividade e classe produtiva

A primeira etapa dos cálculos é classificar as lavouras em baixa e alta produtividade. Pertencem a este segundo grupo as amostras que, conforme critério estabelecido, apresentaram produtividade acima da produtividade média das lavouras consideradas.

Portanto, primeiramente, é necessário obter a média de produtividade das lavouras contidas no conjunto de dados. A Figura 4 ilustra o cálculo desta média utilizando os valores de produtividade de 720 amostras. A equação 8 representa o cálculo desta média na célula B724, cujo valor no exemplo é 172,048.

[B724] = {=MÉDIA(B2:B721)} [8]

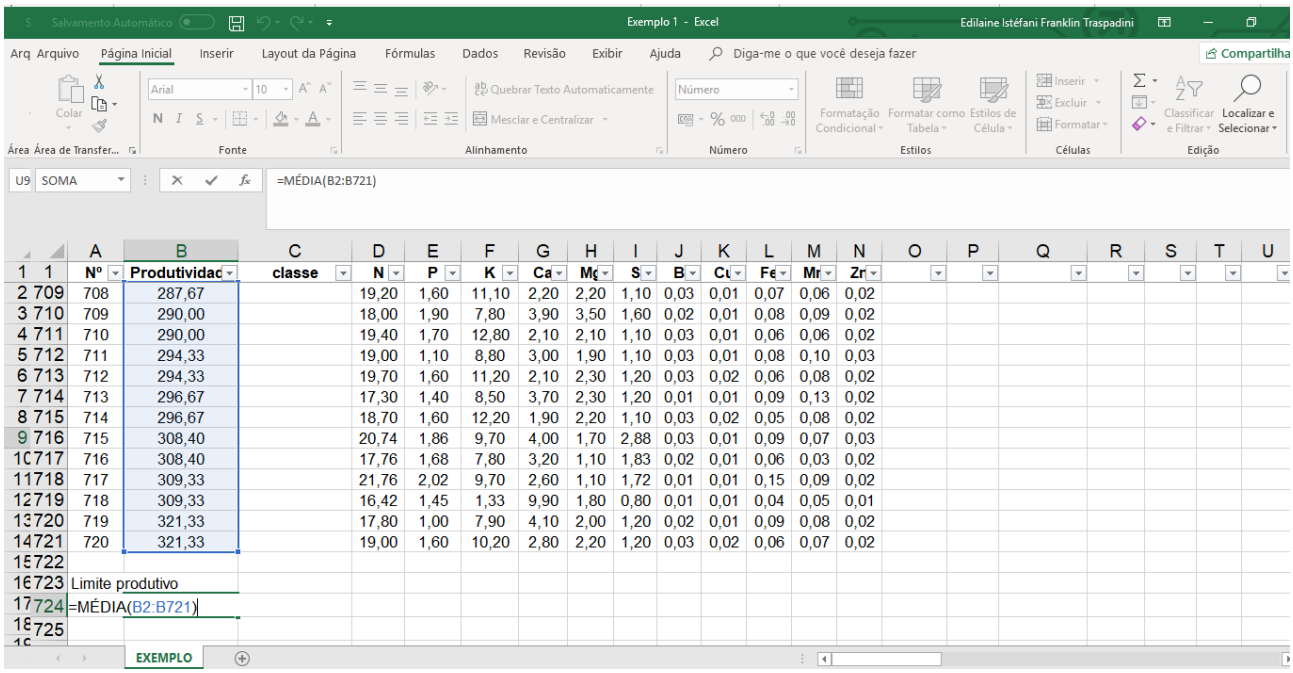


Figura 4. Cálculo da média da produtividade.

A média da produtividade é utilizada para determinar a classe produtiva de cada lavoura amostrada. A equação 9 exibe o cálculo da classe produtiva, em que “A” e “B” são os valores atribuídos respectivamente às amostras de alta e de baixa produtividade. A Figura 5 mostra a célula C721 recebendo o valor “A” ou “B” de acordo com sua produtividade comparada à média, presente em B724.

[C721]={=SE(B721<B$724;”B”;”A”)} [9]

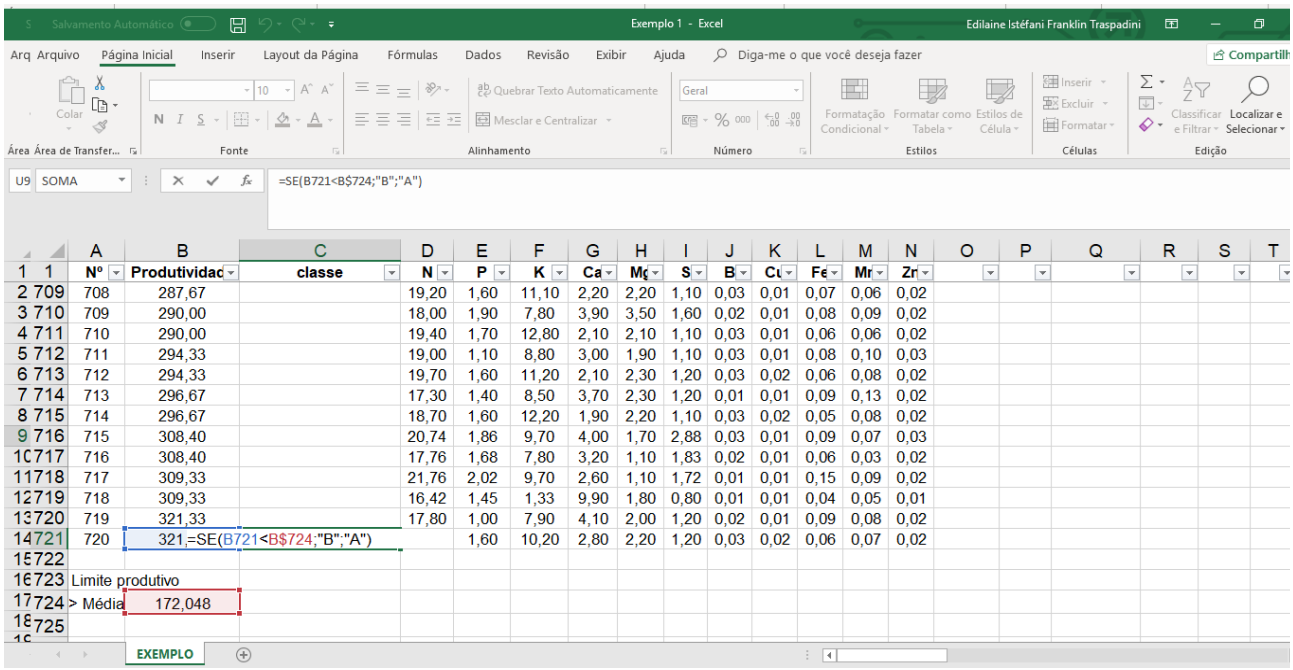
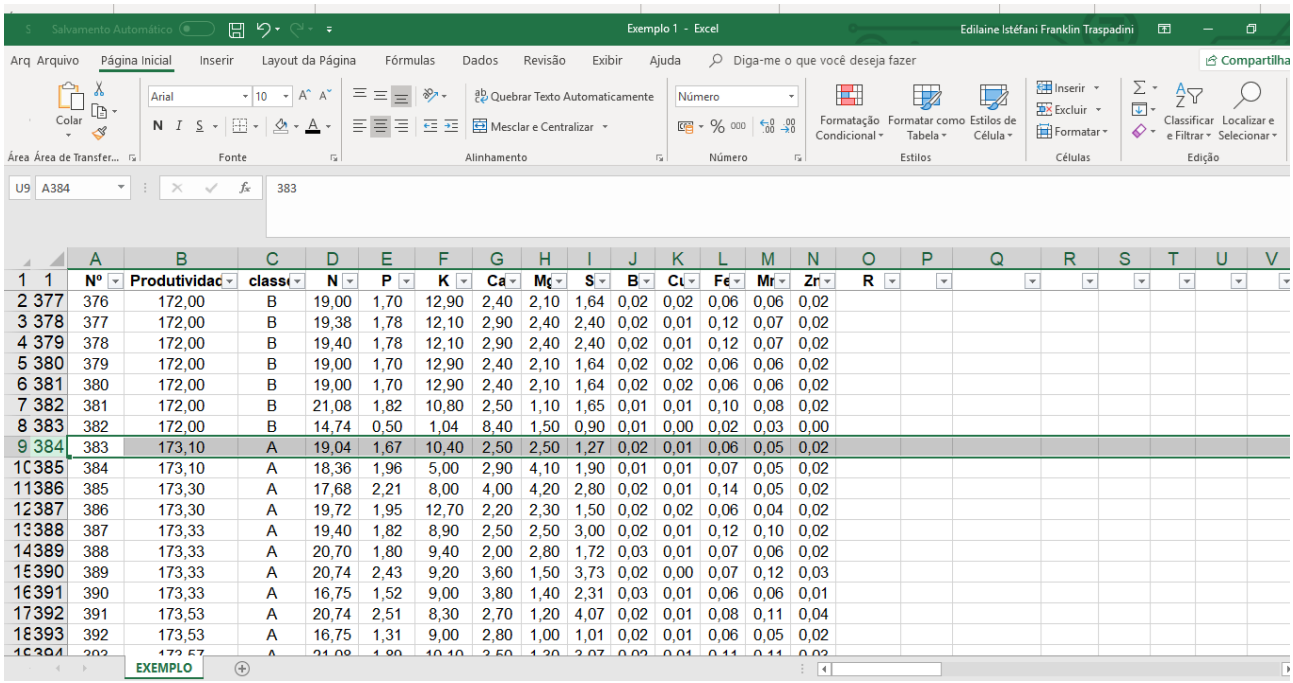


Figura 5. Classificação das lavouras em alta ou baixa produtividade.

Na equação, os termos A e B devem estar entre aspas para indicar que são caracteres e não endereços de células da planilha, por exemplo. Também é importante fixar a média em B724 para seu valor ser utilizado em todas as linhas. Por isso, há o símbolo '$' em "B$724" na equação 9. Ao copiar a equação para todas as linhas que contêm amostras, ao longo da segunda coluna, os valores de produtividades são variados nas colunas B de acordo com a linha, mas a média utilizada permanece a mesma. No exemplo utilizado, as lavouras até a linha 383 são de baixa produtividade e as outras de alta produtividade (Figura 6).



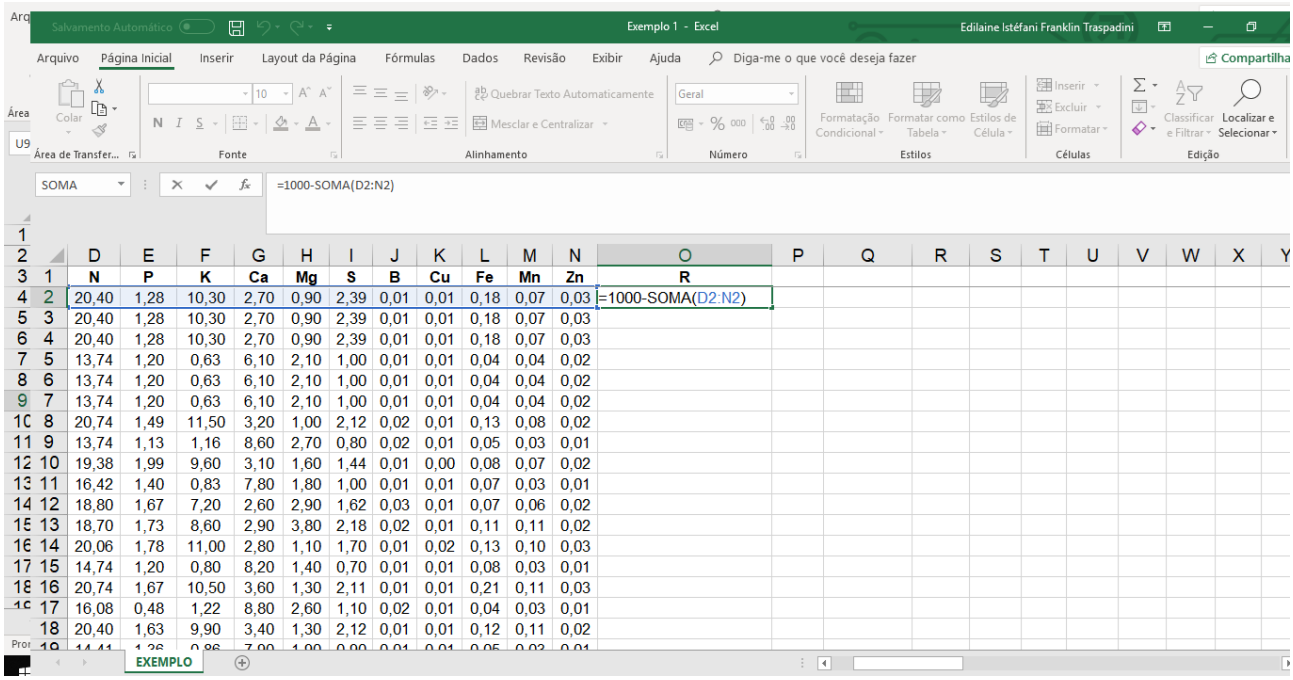
	Nº	Produtividad	classi	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	R
2	377	172,00	B	19,00	1,70	12,90	2,40	2,10	1,64	0,02	0,02	0,06	0,06	0,02	
3	378	172,00	B	19,38	1,78	12,10	2,90	2,40	2,40	0,02	0,01	0,12	0,07	0,02	
4	379	172,00	B	19,40	1,78	12,10	2,90	2,40	2,40	0,02	0,01	0,12	0,07	0,02	
5	380	172,00	B	19,00	1,70	12,90	2,40	2,10	1,64	0,02	0,02	0,06	0,06	0,02	
6	381	172,00	B	19,00	1,70	12,90	2,40	2,10	1,64	0,02	0,02	0,06	0,06	0,02	
7	382	172,00	B	21,08	1,82	10,80	2,50	1,10	1,65	0,01	0,01	0,10	0,08	0,02	
8	383	172,00	B	14,74	0,50	1,04	8,40	1,50	0,90	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	
9	384	173,10	A	19,04	1,67	10,40	2,50	2,50	1,27	0,02	0,01	0,06	0,05	0,02	
10	385	173,10	A	18,36	1,96	5,00	2,90	4,10	1,90	0,01	0,01	0,07	0,05	0,02	
11	386	173,30	A	17,68	2,21	8,00	4,00	4,20	2,80	0,02	0,01	0,14	0,05	0,02	
12	387	173,30	A	19,72	1,95	12,70	2,20	2,30	1,50	0,02	0,02	0,06	0,04	0,02	
13	388	173,33	A	19,40	1,82	8,90	2,50	2,50	3,00	0,02	0,01	0,12	0,10	0,02	
14	389	173,33	A	20,70	1,80	9,40	2,00	2,80	1,72	0,03	0,01	0,07	0,06	0,02	
15	390	173,33	A	20,74	2,43	9,20	3,60	1,50	3,73	0,02	0,00	0,07	0,12	0,03	
16	391	173,33	A	16,75	1,52	9,00	3,80	1,40	2,31	0,03	0,01	0,06	0,06	0,01	
17	392	173,53	A	20,74	2,51	8,30	2,70	1,20	4,07	0,02	0,01	0,08	0,11	0,04	
18	393	173,53	A	16,75	1,31	9,00	2,80	1,00	1,01	0,02	0,01	0,06	0,05	0,02	

Figura 6. Limite entre as lavouras de baixa e de alta produtividade.

Cálculo do componente R

O cálculo do R, como descrito anteriormente, consiste em subtrair de 1000 g a soma dos teores nutricionais, já que a unidade dos macronutrientes e micronutrientes estão em g kg^{-1}. A equação 10 mostra este cálculo na planilha, armazenando em O2 o resultado da soma das colunas de D até N, referentes aos teores dos nutrientes. Arrastando esta equação para as demais linhas será calculado o R para as demais lavouras (Figura 7).

[O2]={=1000-SOMA(D2:N2)} [10]



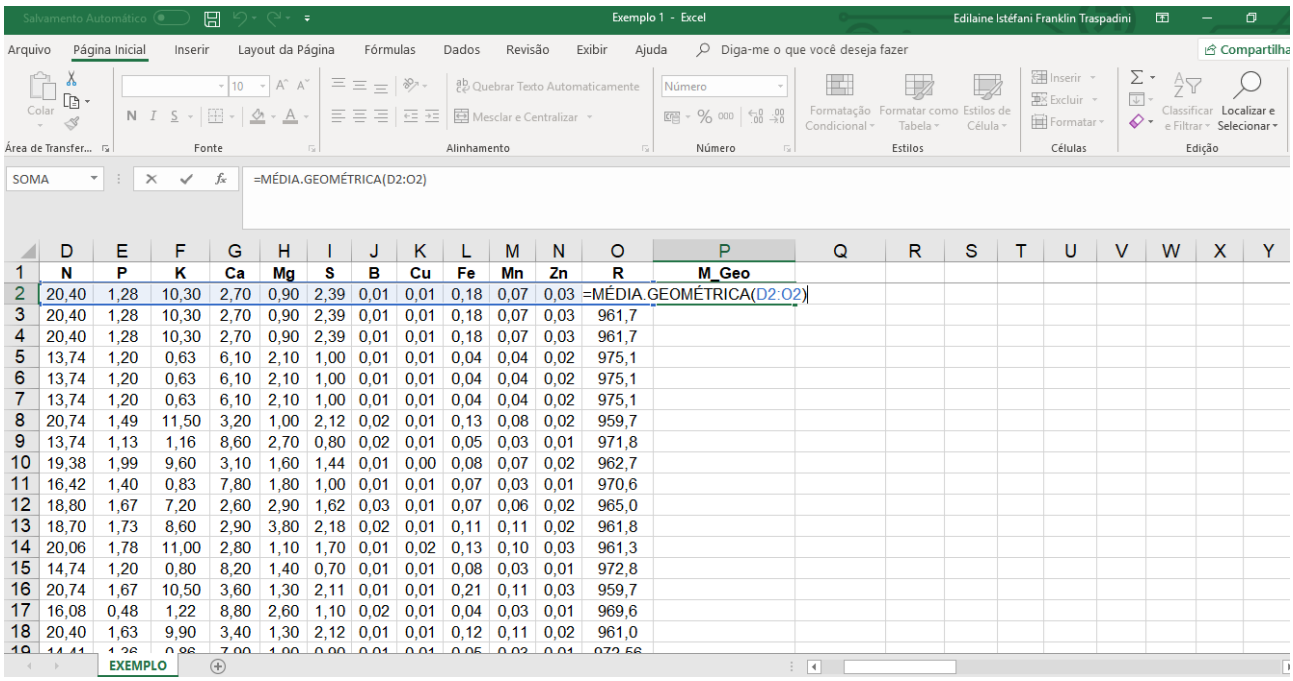
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	R
2	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	=1000-SOMA(D2:N2)
3	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	
4	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	
5	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	
6	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	
7	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	
8	20,74	1,49	11,50	3,20	1,00	2,12	0,02	0,01	0,13	0,08	0,02	
9	13,74	1,13	1,16	8,60	2,70	0,80	0,02	0,01	0,05	0,03	0,01	
10	19,38	1,99	9,60	3,10	1,60	1,44	0,01	0,00	0,08	0,07	0,02	
11	16,42	1,40	0,83	7,80	1,80	1,00	0,01	0,01	0,07	0,03	0,01	
12	18,80	1,67	7,20	2,60	2,90	1,62	0,03	0,01	0,07	0,06	0,02	
13	18,70	1,73	8,60	2,90	3,80	2,18	0,02	0,01	0,11	0,11	0,02	
14	20,06	1,78	11,00	2,80	1,10	1,70	0,01	0,02	0,13	0,10	0,03	
15	14,74	1,20	0,80	8,20	1,40	0,70	0,01	0,01	0,08	0,03	0,01	
16	20,74	1,67	10,50	3,60	1,30	2,11	0,01	0,01	0,21	0,11	0,03	
17	16,08	0,48	1,22	8,80	2,60	1,10	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	
18	20,40	1,63	9,90	3,40	1,30	2,12	0,01	0,01	0,12	0,11	0,02	

Figura 7. Cálculos para obter o R na primeira amostra.

Média geométrica

A média geométrica é obtida pela raiz enésima do produto dos componentes da amostra foliar, em que *n* é o número de componentes da amostra. Em Excel, esse cálculo pode ser feito com a função MÉDIA.GEOMÉTRICA, conforme Equação 11. A Figura 8 mostra esta nova coluna com o cálculo da média geométrica na linha 2. O mesmo procedimento deve ser realizado para as demais amostras.

[P2]={=MÉDIA.GEOMÉTRICA(D2:O2)} [11]



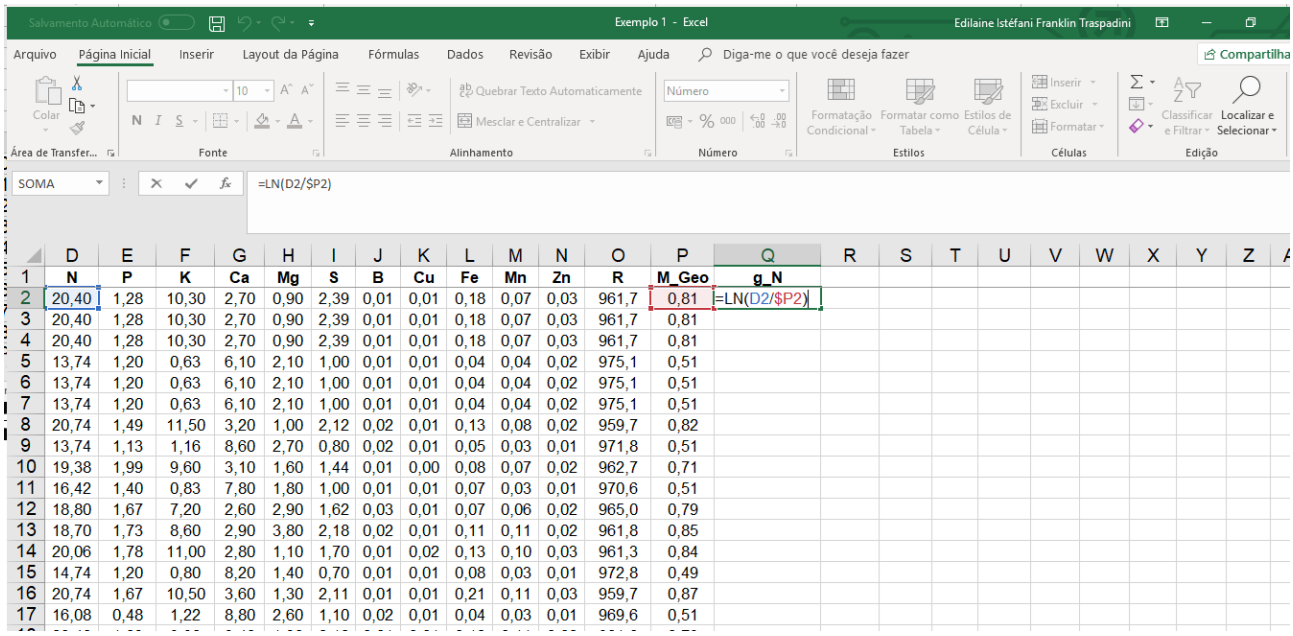
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	R	M_Geo
2	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	=MÉDIA.GEOMÉTRICA(D2:O2)	
3	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	961,7	
4	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	961,7	
5	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	975,1	
6	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	975,1	
7	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	975,1	
8	20,74	1,49	11,50	3,20	1,00	2,12	0,02	0,01	0,13	0,08	0,02	959,7	
9	13,74	1,13	1,16	8,60	2,70	0,80	0,02	0,01	0,05	0,03	0,01	971,8	
10	19,38	1,99	9,60	3,10	1,60	1,44	0,01	0,00	0,08	0,07	0,02	962,7	
11	16,42	1,40	0,83	7,80	1,80	1,00	0,01	0,01	0,07	0,03	0,01	970,6	
12	18,80	1,67	7,20	2,60	2,90	1,62	0,03	0,01	0,07	0,06	0,02	965,0	
13	18,70	1,73	8,60	2,90	3,80	2,18	0,02	0,01	0,11	0,11	0,02	961,8	
14	20,06	1,78	11,00	2,80	1,10	1,70	0,01	0,02	0,13	0,10	0,03	961,3	
15	14,74	1,20	0,80	8,20	1,40	0,70	0,01	0,01	0,08	0,03	0,01	972,8	
16	20,74	1,67	10,50	3,60	1,30	2,11	0,01	0,01	0,21	0,11	0,03	959,7	
17	16,08	0,48	1,22	8,80	2,60	1,10	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	969,6	
18	20,40	1,63	9,90	3,40	1,30	2,12	0,01	0,01	0,12	0,11	0,02	961,0	

Figura 8. Cálculo da média geométrica para a primeira amostra.

Relação multivariada dos nutrientes

A relação multivariada consiste em relacionar cada nutriente com a média geométrica da amostra. Assim, é necessário realizar esta etapa para cada nutriente. A equação 12 mostra o cálculo para o nutriente nitrogênio (N) (Figura 9). Para os demais nutrientes, seriam utilizados, por exemplo, as colunas R e E para o fósforo (P), colunas S e F para o potássio (K), e assim por diante. O valor da coluna P, no entanto, seria usado em todos esses cálculos, uma vez que contém a média geométrica dos componentes da amostra. Para congelar a coluna, o cifrão é posicionado antes da letra que define a coluna ($P2).

[Q2] = {=LN(D2/$P2)} [12]



	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	R	M_Geo	g_N
2	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	961,7	0,81	=LN(D2/$P2)
3	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	961,7	0,81	
4	20,40	1,28	10,30	2,70	0,90	2,39	0,01	0,01	0,18	0,07	0,03	961,7	0,81	
5	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	975,1	0,51	
6	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	975,1	0,51	
7	13,74	1,20	0,63	6,10	2,10	1,00	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	975,1	0,51	
8	20,74	1,49	11,50	3,20	1,00	2,12	0,02	0,01	0,13	0,08	0,02	959,7	0,82	
9	13,74	1,13	1,16	8,60	2,70	0,80	0,02	0,01	0,05	0,03	0,01	971,8	0,51	
10	19,38	1,99	9,60	3,10	1,60	1,44	0,01	0,00	0,08	0,07	0,02	962,7	0,71	
11	16,42	1,40	0,83	7,80	1,80	1,00	0,01	0,01	0,07	0,03	0,01	970,6	0,51	
12	18,80	1,67	7,20	2,60	2,90	1,62	0,03	0,01	0,07	0,06	0,02	965,0	0,79	
13	18,70	1,73	8,60	2,90	3,80	2,18	0,02	0,01	0,11	0,11	0,02	961,8	0,85	
14	20,06	1,78	11,00	2,80	1,10	1,70	0,01	0,02	0,13	0,10	0,03	961,3	0,84	
15	14,74	1,20	0,80	8,20	1,40	0,70	0,01	0,01	0,08	0,03	0,01	972,8	0,49	
16	20,74	1,67	10,50	3,60	1,30	2,11	0,01	0,01	0,21	0,11	0,03	959,7	0,87	
17	16,08	0,48	1,22	8,80	2,60	1,10	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	969,6	0,51	

Figura 9. Cálculo da relação multivariada de Nitrogênio com a média geométrica dos componentes da amostra.

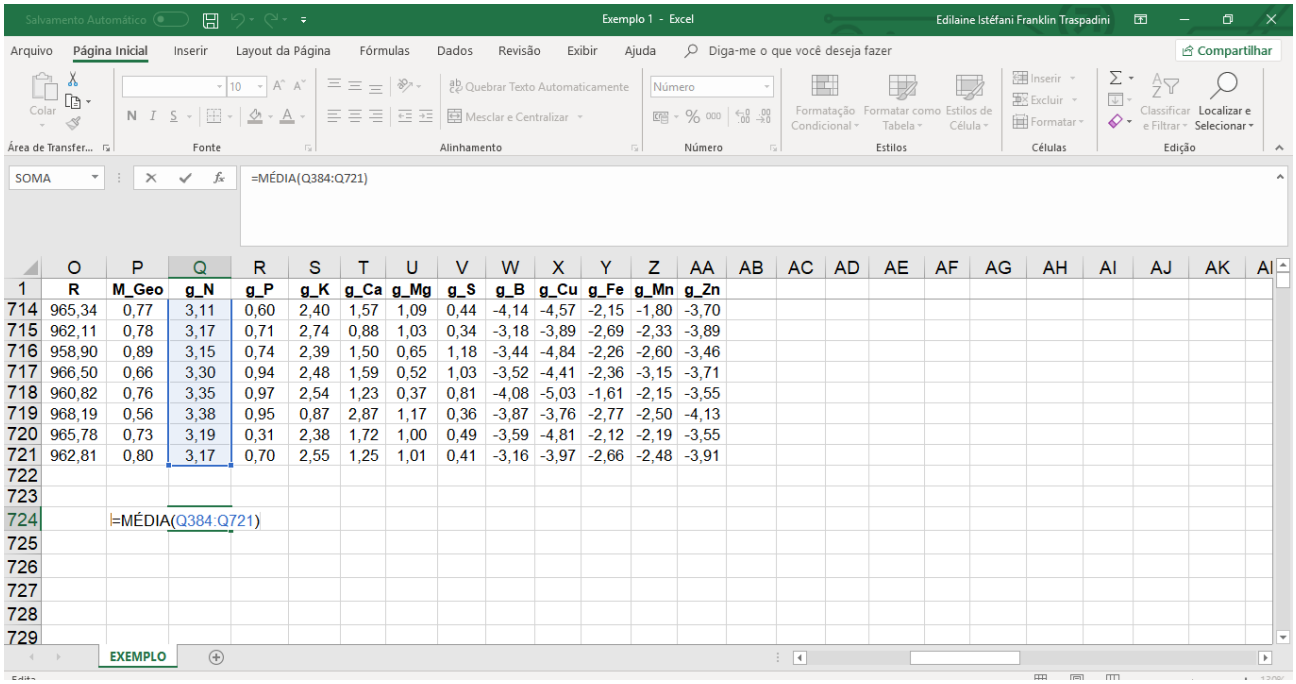
Norma CND

A norma CND consiste na média e no desvio-padrão das relações multivariadas dos nutrientes das lavouras de alta produtividade. As equações 13 e 14 mostram o cálculo da norma CND para o nitrogênio. Neste caso, as amostras consideradas de alta produtividade estão registradas nas linhas de 384 a 721.

[Q724] ={=MÉDIA(Q384:Q721)} [13]

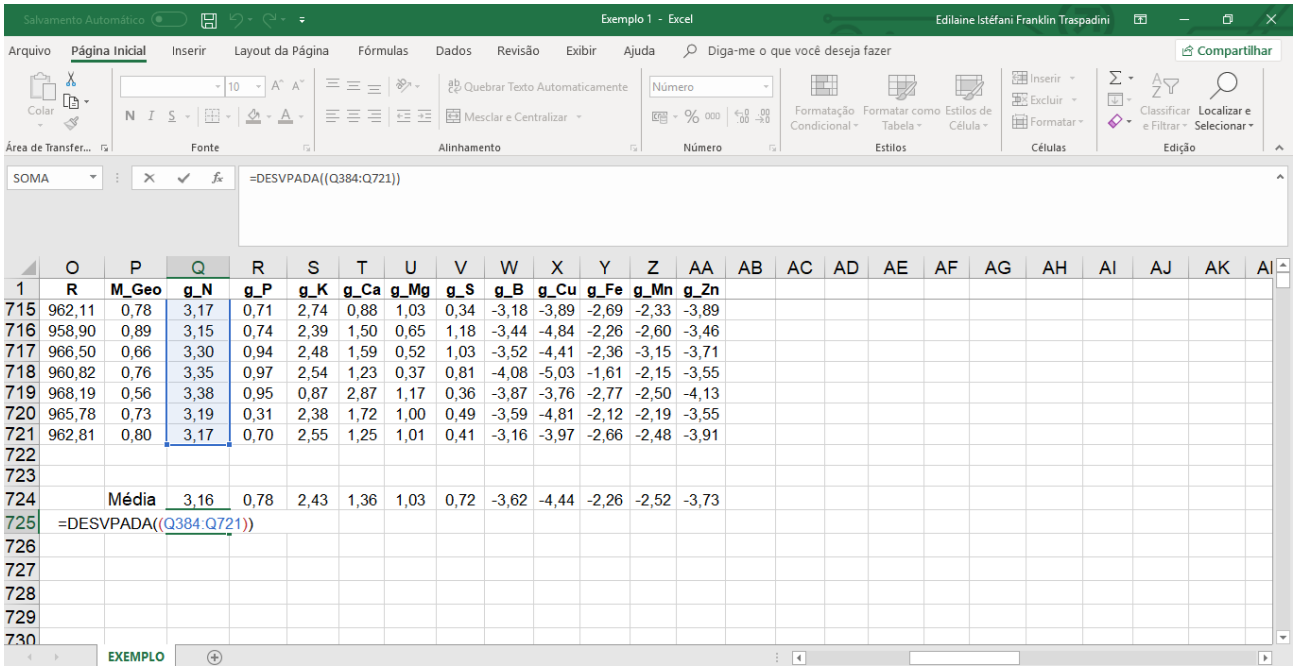
[Q725] ={=DESVPADA((Q384:Q721))} [14]

Amostras registradas nas outras linhas não são consideradas para o cálculo da norma. Por isso, é importante a ordenação das amostras conforme sua produtividade, de acordo como foi apresentado previamente. A Figuras 10 e 11 mostram a aplicação destas equações na planilha eletrônica. Este cálculo também deve ser realizado para os demais nutrientes. A Figura 12 mostra a norma CND calculada para todos os nutrientes.



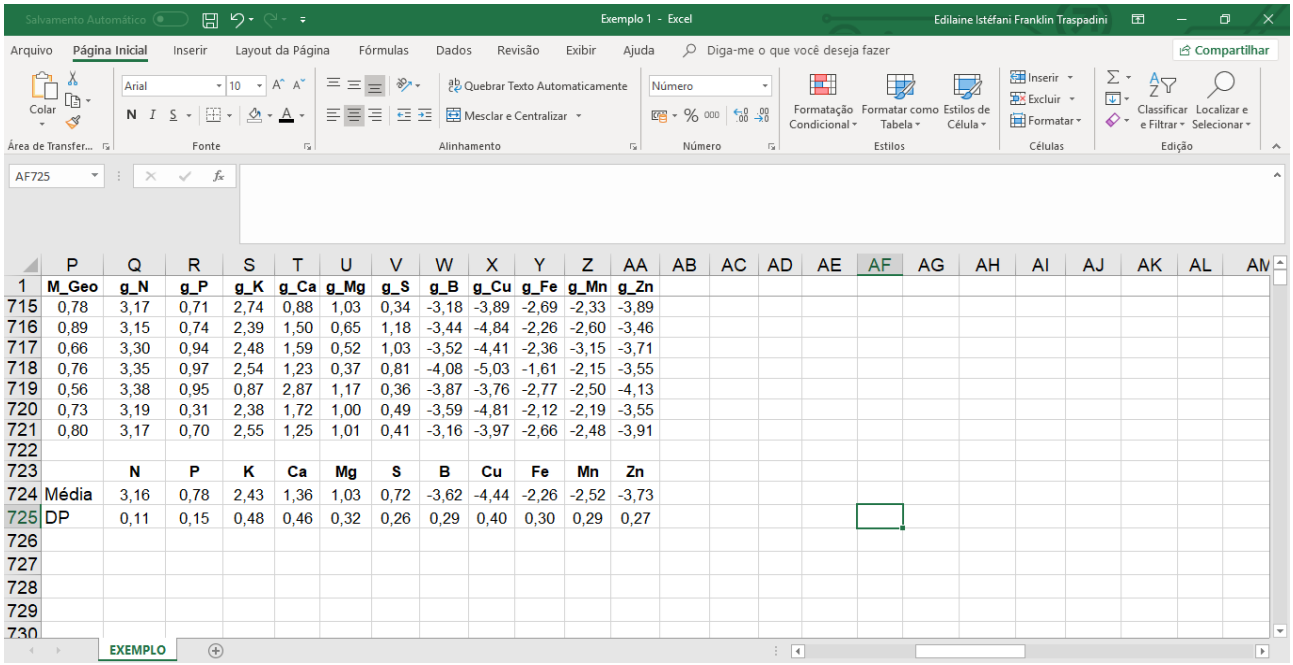
	R	M_Geo	g_N	g_P	g_K	g_Ca	g_Mg	g_S	g_B	g_Cu	g_Fe	g_Mn	g_Zn
714	965,34	0,77	3,11	0,60	2,40	1,57	1,09	0,44	-4,14	-4,57	-2,15	-1,80	-3,70
715	962,11	0,78	3,17	0,71	2,74	0,88	1,03	0,34	-3,18	-3,89	-2,69	-2,33	-3,89
716	958,90	0,89	3,15	0,74	2,39	1,50	0,65	1,18	-3,44	-4,84	-2,26	-2,60	-3,46
717	966,50	0,66	3,30	0,94	2,48	1,59	0,52	1,03	-3,52	-4,41	-2,36	-3,15	-3,71
718	960,82	0,76	3,35	0,97	2,54	1,23	0,37	0,81	-4,08	-5,03	-1,61	-2,15	-3,55
719	968,19	0,56	3,38	0,95	0,87	2,87	1,17	0,36	-3,87	-3,76	-2,77	-2,50	-4,13
720	965,78	0,73	3,19	0,31	2,38	1,72	1,00	0,49	-3,59	-4,81	-2,12	-2,19	-3,55
721	962,81	0,80	3,17	0,70	2,55	1,25	1,01	0,41	-3,16	-3,97	-2,66	-2,48	-3,91

Figura 10. Cálculo da média das relações multivariadas das lavouras de alta produtividade..



	R	M_Geo	g_N	g_P	g_K	g_Ca	g_Mg	g_S	g_B	g_Cu	g_Fe	g_Mn	g_Zn
715	962,11	0,78	3,17	0,71	2,74	0,88	1,03	0,34	-3,18	-3,89	-2,69	-2,33	-3,89
716	958,90	0,89	3,15	0,74	2,39	1,50	0,65	1,18	-3,44	-4,84	-2,26	-2,60	-3,46
717	966,50	0,66	3,30	0,94	2,48	1,59	0,52	1,03	-3,52	-4,41	-2,36	-3,15	-3,71
718	960,82	0,76	3,35	0,97	2,54	1,23	0,37	0,81	-4,08	-5,03	-1,61	-2,15	-3,55
719	968,19	0,56	3,38	0,95	0,87	2,87	1,17	0,36	-3,87	-3,76	-2,77	-2,50	-4,13
720	965,78	0,73	3,19	0,31	2,38	1,72	1,00	0,49	-3,59	-4,81	-2,12	-2,19	-3,55
721	962,81	0,80	3,17	0,70	2,55	1,25	1,01	0,41	-3,16	-3,97	-2,66	-2,48	-3,91
724		Média	3,16	0,78	2,43	1,36	1,03	0,72	-3,62	-4,44	-2,26	-2,52	-3,73

Figura 11. Cálculo do desvio-padrão das relações multivariadas das lavouras de alta produtividade..



	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	M_Geo	g_N	g_P	g_K	g_Ca	g_Mg	g_S	g_B	g_Cu	g_Fe	g_Mn	g_Zn
715	0,78	3,17	0,71	2,74	0,88	1,03	0,34	-3,18	-3,89	-2,69	-2,33	-3,89
716	0,89	3,15	0,74	2,39	1,50	0,65	1,18	-3,44	-4,84	-2,26	-2,60	-3,46
717	0,66	3,30	0,94	2,48	1,59	0,52	1,03	-3,52	-4,41	-2,36	-3,15	-3,71
718	0,76	3,35	0,97	2,54	1,23	0,37	0,81	-4,08	-5,03	-1,61	-2,15	-3,55
719	0,56	3,38	0,95	0,87	2,87	1,17	0,36	-3,87	-3,76	-2,77	-2,50	-4,13
720	0,73	3,19	0,31	2,38	1,72	1,00	0,49	-3,59	-4,81	-2,12	-2,19	-3,55
721	0,80	3,17	0,70	2,55	1,25	1,01	0,41	-3,16	-3,97	-2,66	-2,48	-3,91
722												
723		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
724	Média	3,16	0,78	2,43	1,36	1,03	0,72	-3,62	-4,44	-2,26	-2,52	-3,73
725	DP	0,11	0,15	0,48	0,46	0,32	0,26	0,29	0,40	0,30	0,29	0,27

Figura 12. Norma CND de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

As normas CND são publicadas para serem usadas como referência para a diagnose nutricional das lavouras comerciais. Contudo, muitos produtores e profissionais têm pouco contato com o método e enfrentam dificuldades no momento de utilizar e interpretar esses valores. Portanto, a seguir é demonstrado como a interpretação pode ser feita uma vez obtidas essas normas.

Interpretação do Estado Nutricional

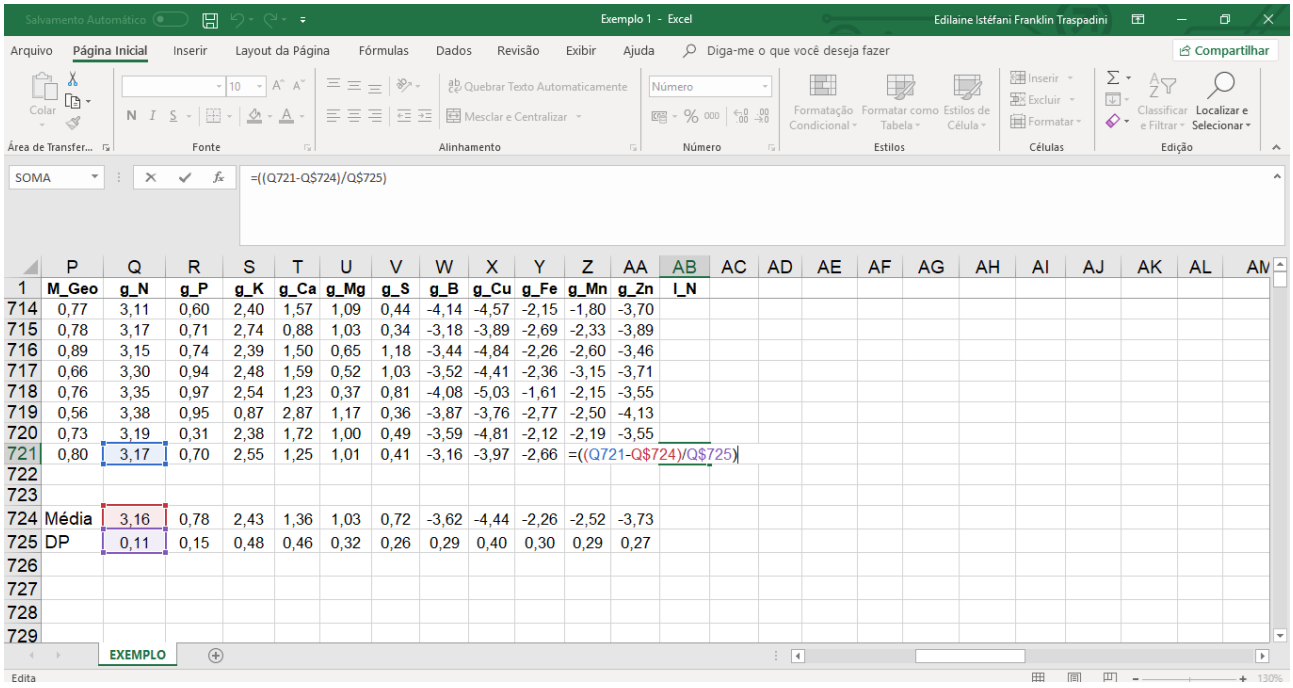
A diagnose nutricional, neste documento, é feita de acordo com o método PRA. Primeiramente, é necessário o cálculo dos índices CND e do IBNm.

Índice CND

O índice CND é obtido a partir da relação multivariada de uma amostra e das normas de referência.

A equação 15 armazena na célula AB721 o índice CND para o nitrogênio (Figura 13). Neste exemplo, Q724 e Q725 contêm, respectivamente, os valores da média e do desvio-padrão para nitrogênio. Este cálculo também é feito para os outros nutrientes.

[AB721] = { =((Q721-Q$724)/Q$725)} [15]



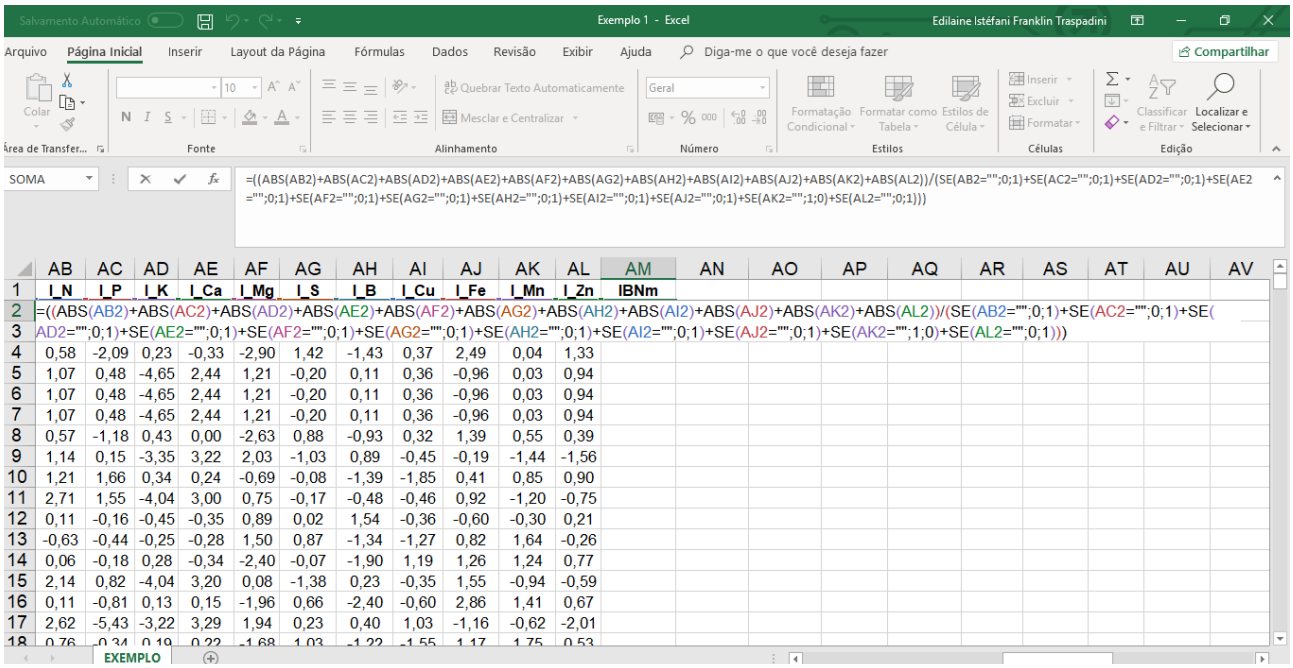
	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	M_Geo	g_N	g_P	g_K	g_Ca	g_Mg	g_S	g_B	g_Cu	g_Fe	g_Mn	g_Zn
714	0,77	3,11	0,60	2,40	1,57	1,09	0,44	-4,14	-4,57	-2,15	-1,80	-3,70
715	0,78	3,17	0,71	2,74	0,88	1,03	0,34	-3,18	-3,89	-2,69	-2,33	-3,89
716	0,89	3,15	0,74	2,39	1,50	0,65	1,18	-3,44	-4,84	-2,26	-2,60	-3,46
717	0,66	3,30	0,94	2,48	1,59	0,52	1,03	-3,52	-4,41	-2,36	-3,15	-3,71
718	0,76	3,35	0,97	2,54	1,23	0,37	0,81	-4,08	-5,03	-1,61	-2,15	-3,55
719	0,56	3,38	0,95	0,87	2,87	1,17	0,36	-3,87	-3,76	-2,77	-2,50	-4,13
720	0,73	3,19	0,31	2,38	1,72	1,00	0,49	-3,59	-4,81	-2,12	-2,19	-3,55
721	0,80	3,17	0,70	2,55	1,25	1,01	0,41	-3,16	-3,97	-2,66	=((Q721-Q$724)/Q$725)	
722												
723												
724	Média	3,16	0,78	2,43	1,36	1,03	0,72	-3,62	-4,44	-2,26	-2,52	-3,73
725	DP	0,11	0,15	0,48	0,46	0,32	0,26	0,29	0,40	0,30	0,29	0,27

Figura 13. Cálculo do Índice CND para nitrogênio na amostra da linha 721.

Índice do Balanço Nutricional médio - IBNm

O IBNm consiste na média dos valores absolutos dos índices CND dos nutrientes. A Equação 16 executa o cálculo desta média considerando os onze nutrientes e a armazena na célula AM2. Para índices inexistentes de nutrientes, utiliza-se o valor zero. A Figura 14 mostra a aplicação deste cálculo na planilha.

[AM2] = {= ((ABS(AB2) + ABS(AC2) + ABS(AD2) + ABS(AE2) + ABS(AF2) + ABS(AG2) + ABS(AH2) + ABS(AI2) + ABS(AJ2) + ABS(AK2) + ABS(AL2))/(SE(AB2="";0;1) + SE(AC2="";0;1) + SE(AD2="";0;1) + SE(AE2="";0;1) + SE(AF2="";0;1) + SE(AG2="";0;1) + SE(AH2="";0;1) + SE(AI2="";0;1) + SE(AJ2="";0;1) + SE(AK2="";1;0) + SE(AL2="";0;1))) [16]



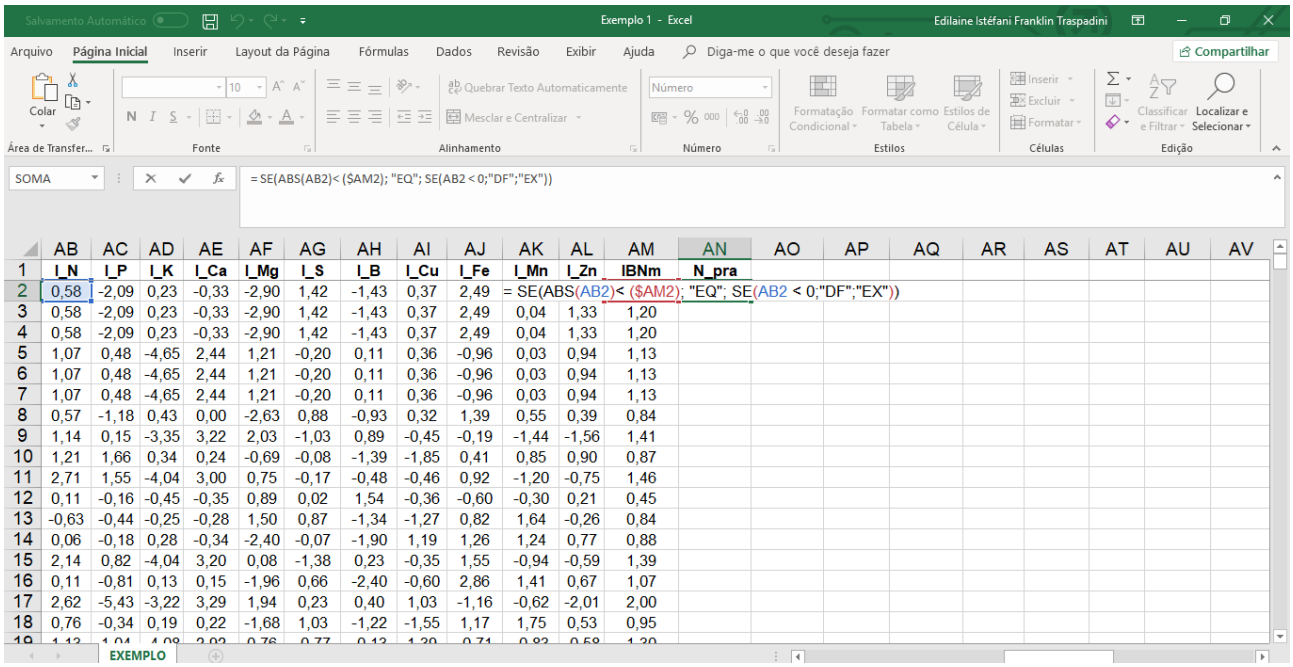
	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
1	I_N	I_P	I_K	I_Ca	I_Mg	I_S	I_B	I_Cu	I_Fe	I_Mn	I_Zn	IBNm
2	=((ABS(AB2)+ABS(AC2)+ABS(AD2)+ABS(AE2)+ABS(AF2)+ABS(AG2)+ABS(AH2)+ABS(AI2)+ABS(AJ2)+ABS(AK2)+ABS(AL2))/(SE(AB2="";0;1)+SE(AC2="";0;1)+SE(											
3	AD2="";0;1)+SE(AE2="";0;1)+SE(AF2="";0;1)+SE(AG2="";0;1)+SE(AH2="";0;1)+SE(AI2="";0;1)+SE(AJ2="";0;1)+SE(AK2="";1;0)+SE(AL2="";0;1)))											
4	0,58	-2,09	0,23	-0,33	-2,90	1,42	-1,43	0,37	2,49	0,04	1,33	
5	1,07	0,48	-4,65	2,44	1,21	-0,20	0,11	0,36	-0,96	0,03	0,94	
6	1,07	0,48	-4,65	2,44	1,21	-0,20	0,11	0,36	-0,96	0,03	0,94	
7	1,07	0,48	-4,65	2,44	1,21	-0,20	0,11	0,36	-0,96	0,03	0,94	
8	0,57	-1,18	0,43	0,00	-2,63	0,88	-0,93	0,32	1,39	0,55	0,39	
9	1,14	0,15	-3,35	3,22	2,03	-1,03	0,89	-0,45	-0,19	-1,44	-1,56	
10	1,21	1,66	0,34	0,24	-0,69	-0,08	-1,39	-1,85	0,41	0,85	0,90	
11	2,71	1,55	-4,04	3,00	0,75	-0,17	-0,48	-0,46	0,92	-1,20	-0,75	
12	0,11	-0,16	-0,45	-0,35	0,89	0,02	1,54	-0,36	-0,60	-0,30	0,21	
13	-0,63	-0,44	-0,25	-0,28	1,50	0,87	-1,34	-1,27	0,82	1,64	-0,26	
14	0,06	-0,18	0,28	-0,34	-2,40	-0,07	-1,90	1,19	1,26	1,24	0,77	
15	2,14	0,82	-4,04	3,20	0,08	-1,38	0,23	-0,35	1,55	-0,94	-0,59	
16	0,11	-0,81	0,13	0,15	-1,96	0,66	-2,40	-0,60	2,86	1,41	0,67	
17	2,62	-5,43	-3,22	3,29	1,94	0,23	0,40	1,03	-1,16	-0,62	-2,01	
18	0,76	-0,34	0,19	0,22	-1,68	1,03	-1,22	-1,55	1,17	1,75	0,53	

Figura 14. Cálculo do IBNm para nitrogênio na primeira amostra.

Interpretação conforme o método PRA

A diagnose nutricional fica mais simples com o uso das estruturas condicionais da planilha. A Equação 17 e a Figura 15 exibem o conteúdo da célula com o diagnóstico de nitrogênio para a primeira amostra, cujo índice está na célula AB2. Primeiramente, se este valor estiver vazio, não é gerado diagnóstico. Se seu valor absoluto é menor do que o IBNm, é considerado em equilíbrio (“EQ”). Se não, o teor está em excesso (“EX”) quando o valor do índice é positivo, ou em deficiência (“DF”), quando o índice é negativo.

[AN2] = {= SE(ABS(AB2)<($AM2); “EQ”; SE(AB2 < 0;”DF”;”EX”)))} [17]



	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
1	I_N	I_P	I_K	I_Ca	I_Mg	I_S	I_B	I_Cu	I_Fe	I_Mn	I_Zn	IBNm	N_pra
2	0,58	-2,09	0,23	-0,33	-2,90	1,42	-1,43	0,37	2,49	= SE(ABS(AB2)< ($AM2); "EQ"; SE(AB2 < 0;"DF";"EX"))			
3	0,58	-2,09	0,23	-0,33	-2,90	1,42	-1,43	0,37	2,49	0,04	1,33	1,20	
4	0,58	-2,09	0,23	-0,33	-2,90	1,42	-1,43	0,37	2,49	0,04	1,33	1,20	
5	1,07	0,48	-4,65	2,44	1,21	-0,20	0,11	0,36	-0,96	0,03	0,94	1,13	
6	1,07	0,48	-4,65	2,44	1,21	-0,20	0,11	0,36	-0,96	0,03	0,94	1,13	
7	1,07	0,48	-4,65	2,44	1,21	-0,20	0,11	0,36	-0,96	0,03	0,94	1,13	
8	0,57	-1,18	0,43	0,00	-2,63	0,88	-0,93	0,32	1,39	0,55	0,39	0,84	
9	1,14	0,15	-3,35	3,22	2,03	-1,03	0,89	-0,45	-0,19	-1,44	-1,56	1,41	
10	1,21	1,66	0,34	0,24	-0,69	-0,08	-1,39	-1,85	0,41	0,85	0,90	0,87	
11	2,71	1,55	-4,04	3,00	0,75	-0,17	-0,48	-0,46	0,92	-1,20	-0,75	1,46	
12	0,11	-0,16	-0,45	-0,35	0,89	0,02	1,54	-0,36	-0,60	-0,30	0,21	0,45	
13	-0,63	-0,44	-0,25	-0,28	1,50	0,87	-1,34	-1,27	0,82	1,64	-0,26	0,84	
14	0,06	-0,18	0,28	-0,34	-2,40	-0,07	-1,90	1,19	1,26	1,24	0,77	0,88	
15	2,14	0,82	-4,04	3,20	0,08	-1,38	0,23	-0,35	1,55	-0,94	-0,59	1,39	
16	0,11	-0,81	0,13	0,15	-1,96	0,66	-2,40	-0,60	2,86	1,41	0,67	1,07	
17	2,62	-5,43	-3,22	3,29	1,94	0,23	0,40	1,03	-1,16	-0,62	-2,01	2,00	
18	0,76	-0,34	0,19	0,22	-1,68	1,03	-1,22	-1,55	1,17	1,75	0,53	0,95	

Figura 15. Interpretação do estado nutricional do nitrogênio para a primeira amostra.

Aplicando o símbolo ‘$’ adequadamente na célula AM2 para fixar o valor de IBNm, basta arrastar o conteúdo da célula AN2 para as demais que o diagnóstico é gerado para todos os nutrientes de todas as amostras.

Exemplo de Interpretação do Estado Nutricional

Nesta seção, é demonstrada a realização da diagnose nutricional de uma determinada cultura a partir de resultados de análise química das folhas (Tabela 1). Para isso, são utilizados como valores de referência as normas CND obtidas anteriormente.

Tabela 1. Teores foliares dos macronutrientes e dos micronutrientes em três talhões.

Talhão[1]	N	P	K	Ca	Mg	S
1	20,4	1,3	10,3	2,7	0,9	2,4
72	19,0	1,4	9,5	2,8	1,1	1,9
510	22,1	2,1	13,8	11,6	1,7	2,4

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	14,2	11,0	178,0	66,0	28,0
72	11,9	6,0	95,0	81,0	24,0
510	10,0	7,0	128,0	150,0	20,0

(1) Teores foliares obtidos da linha 1, 72 e 510 do conjunto de dados utilizados neste documento.

Em um primeiro instante, os teores de micronutrientes devem ser representados na mesma unidade de medida dos teores de macronutrientes, para, em seguida, o valor R ser calculado. A Equação 18 exibe este cálculo para o talhão número 1. É importante notar que os valores em mg kg^{-1} foram expressos em g kg^{-1} e sofreram arredondamentos.

$$R= [1000 - (20,40+1,28+10,30+2,70+0,90+2,39+0,01+0,01+0,18+0,07+0,03)] = 961,7 \quad [18]$$

O próximo passo é obter a média geométrica, conforme Equação 19.

$$mGeo=[(20,40x1,28x10,30x2,70x0,90x2,39x0,01x0,01x0,18x0,07x0,03x961,7)^{1/12}]=0,82 \quad [19]$$

A Equação 20 exibe o cálculo para a relação multivariada do nitrogênio (N) e a Tabela 2 exibe o valor desta relação para todos os nutrientes considerados.

$$z_N = LN(20,40/0,82) = 3,23 \quad [20]$$

Tabela 2. Relação multivariada dos nutrientes.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
3,23	0,46	2,55	1,21	0,11	1,08	-4,04	-4,30	-1,51	-2,50	-3,36

O próximo passo é comparar essas relações multivariadas com as normas obtidas previamente, o que resulta nos índices CND. A Tabela 3 mostra as normas CND obtidas com dados de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. A Equação 21 exibe o cálculo do índice de nitrogênio para a amostra utilizando os valores de média e desvio-padrão de nitrogênio da Tabela 3 e o valor da relação multivariada, obtido da Tabela 2. O mesmo cálculo, realizado para todos os nutrientes, gera os resultados da Tabela 4, com os índices CND da amostra para todos os nutrientes.

Tabela 3. Normas CND para cana-de-açúcar em São Paulo.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Média	3,16	0,79	2,45	1,28	1,03	0,71	-3,62	-4,45	-2,27	-2,52	-3,74
DP	0,34	0,19	0,47	0,42	0,35	0,27	0,49	0,52	0,38	0,38	0,58

$$I_N = (3,23 – 3,16) / 0,34 = 0,19 \quad [21]$$

Tabela 4. Índice CND de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn da amostra do primeiro talhão.

I_N	I_P	I_K	I_Ca	I_Mg	I_S	I_B	I_Cu	I_Fe	I_Mn	I_Zn
0,19	-1,66	0,21	-0,18	-2,64	1,40	-0,85	0,28	1,97	0,03	0,65

A partir destes índices, obtém-se o valor de IBNm conforme Equação 22.

IBNm= (|0,19| + |-1,66| + |0,21| + |-0,18| + |-2,64| + |1,40| + |-0,85| + |0,28| + |1,97| + |0,03| + |0,65|)/11 = 0,92 [22]

Com os índices CND e o IBNm, é possível realizar a diagnose nutricional da amostra. Os estados nutricionais podem ser deficientes, suficientes ou em excesso. Neste exemplo, os resultados são os seguintes:

Deficientes: O fósforo e o magnésio estão em deficiência, pois, seus índices são negativos e têm valores absolutos acima de 0,92.

Em excesso: O enxofre e o ferro estão em excesso, pois seus índices são positivos e maiores do que o IBNm.

Em equilíbrio: Os demais nutrientes estão em estado de equilíbrio, pois apresentam índices, em módulo, menores que 0,92.

Realizou-se a interpretação do diagnóstico da amostra para todos os nutrientes (Tabela 5).

Tabela 5. Interpretação do estado nutricional da amostra utilizada como exemplo.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
EQ	DF	EQ	EQ	DF	EX	EQ	EQ	EX	EQ	EQ

Considerações finais

Este guia para a obtenção das normas CND e para a diagnose nutricional das plantas facilita a adoção desta metodologia, mesmo para os iniciantes no uso do método de diagnóstico ou de planilhas eletrônicas.

O presente documento visa popularizar o emprego do CND junto aos técnicos para melhorar a interpretação da análise foliar de culturas, de forma que seu estado nutricional seja conhecido e possibilite a tomada de decisão mais precisa para a adubação e o aumento da produtividade.

Cabe ao técnico montar um conjunto de dados com os teores foliares e a respectiva produtividade para obter normas CND adequadas à sua realidade. Esse banco de dados pode ser aumentado a cada safra para melhorar a eficácia dos diagnósticos. Associado a isto, é pertinente que o técnico acompanhe os resultados dos diagnósticos para aferir sua precisão a cada safra. O alto índice de acerto do diagnóstico deve ser perseguido e superado ao longo dos cultivos para que a ferramenta tenha utilidade nos programas de fertilização dos cultivos.

A metodologia CND, apesar de ser altamente empregada em estudos que abordem a interpretação do estado nutricional das culturas, apresenta algumas desvantagens, como a limitada informação quando a norma for analisada isoladamente e a obrigatoriedade de se considerar todos os nutrientes da amostra nos cálculos. Caso contrário, seria necessário ter uma norma de referência para cada possibilidade, como por exemplo, quando há dados faltantes de um ou mais nutrientes.

Referências

ABDEL-HADY, A. M. A. Evaluation of N, P and K status of wheat using the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and the physiological diagnosis chart. **Egyptian Journal of Soil Science**, v. 55, n. 3, p. 231-250, Summer, 2015.

AITCHISON, J. **Statistical analysis of compositional data**. New York: Chapman and Hall, 1986. 402 p.

AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series B (Methodological) v. 44, n. 2, p. 139-177, 1982.

ALI, A. M. Nutrient sufficiency ranges in mango using Boundary-Line approach and compositional nutrient diagnosis norms in El-Salhiya, Egypt. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 2, p.188–201, 2018. DOI: https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421651.

ALMEIDA, E. I. B.; DEUS, J. A. L. de; CORRÊA, M. C. de M.; CRISOSTOMO, L. A.; NEVES, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitáia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p.744, 2016.

AMARAL, J. F. T. do; PREZOTTI, L. C.; TOMAZ, M. A.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; JESUS JUNIOR, W. C. de Fertilização do cafeeiro visando o desenvolvimento sustentável. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. (Org.). **Inovação, difusão e integração**: bases para a sustentabilidade da cafeicultura. Alegre, ES: Caufes, 2012. p. 89- 106.

BARŁÓG, P. Diagnosis of sugar beet (Beta vulgaris L.) Nutrient imbalance by DRIS and CND-clr methods at two stages during early growt. **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, n. 1, p.1-16, 2016. DOI:10.1080/01904167.2014.964366.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. dos. Efeito de procedimentos de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 339-344, 1990.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system** (DRIS). Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEHERA, S. K.; SURESH, K.; RAO, B. N.; RAMACHANDRUDU, K.; MANORAMA, K.; HARINARAYANA, P. Soil fertility and yield-limiting nutrients in oil palm plantations of north-eastern state Mizoram of India. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 8, p.1165-1171, 2017. DOI:10.1080/01904167.2016.1264592.

BEVERLY, R. B. Fertilizer use efficiency: modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of plant Nutrition**, v. 10, n. 9-16, p.1. 401-1.408, 1987.

CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, M. V. da; CAMARGO, R. A.; NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 36, p.193-200, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n1/v36n1a20.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018.

CUNHA, M. L. P.; AQUINO, L. A.; NOVAIS, R. F.; CLEMENTE, J. M.; AQUINO, P. M. de; OLIVEIRA, T. F. Diagnosis of the nutritional status of garlic crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016. DOI: 10.1590/18069657rbcs20140771.

DEUS, J. A. L. de; BARRETO, J. H. B.; SOARES, I.; SOUZA, N. C. dos S.; SALES, J. A. F. OLIVEIRA FILHO, J. S. de. Chance matemática na determinação do estado nutricional do amendoim. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 351-357, 2012.

DEZORDI, L. R; AQUINO, L. A. de; AQUINO, R. F. B. de A.; CLEMENTE, J. M.; ASSUNÇÃO, N S. Diagnostic methods to assess the nutritional status of the carrot crop. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 40, p. 1-16, 2016.

ESCANO, C. R.; JONES, C. A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn grown on hidric dystrandepts: I. Optimum tissue nutriente concentrations. **Soil Science Society America Journal**, v. 45, n. 6, p.1135-1143, 1981. DOI: 10.2136/sssaj1981.03615995004500060025x.

GASPAR, G. G.; TAKAHASHI, H. W.; CANTERI, M. G.; ALMEIDA, J. C. V. de; FIORETTO, R. A.; ANDRADE, B. L. G.; FANTIN, L. H. Balance among calcium, magnesium and potassium levels affecting Asian Soybean Rust severity. **Agronomy Scince and Biotechnology,** v. 1, p. 39-44, 2015.

GOPALASUNDARAM, P.; BHASKARAN, A.; RAKKIYAPPAN, P. Integrated nutrient management in sugarcane. **Sugar Tech**, v. 14, n. 1, p. 3-20, 2012.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CLEMENTE, J. M.; SANTOS, L. P. D. D.; CARVALHO, A. M. X.; XAVIER, F. O. Foliar diagnosis indexes for corn by the methods diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and nutritional composition (CND). **Communications in soil science and plant analysis**, v. 48, n. 1, p. 11-19, 2017.

GUINDANI, R. H. P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G. R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p.109-118, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/12.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science**, v. 41, n. 4, p.311-329, 1966.

JONES, C. A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981.

KAMAL, M. Z. U.; ISLAM, M. D.; MIAH, M. Y.; ALAM, M. S. Yields gap evaluation of wheat grown in Piedmont plain and Floodplain soils of Bangladesh through compositional nutrient diagnosis (CND) norm. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 3, n. 5, Sept./Oct. 2018.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ V, V. H. I**nterpretação de resultados de análise foliar**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 43 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos 74). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38088/1/DOC200574.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R.; OLIVEIRA, M. D. Nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida: uma nova proposta para interpretação de análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 235-238, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v5n2/v5n2a10.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

MATOS, G. S. B. de.; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S. MATOS, G. S. B. de; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S. Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes derivados de métodos de avaliação do Estado nutricional da palma-de-óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.9 , p.1557-1567, set. 2016. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150817/1/Niveis-criticos-e-faixas.pdf. Acesso em 13 dez. 2014.

MCCRAY, J. M.; RICE, R. W.; EZENWA, I. V.; LANG, T. A.; BAUCUM, L. Sugarcane plant nutrient diagnosis. In: FLORIDA sugarcane Handbook. Florida: University Florida, 2016. 10 p. (Series of the Agronomy Department, UF, SS-AGR-12). Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/SC/SC07500.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

MODA, L. R.; PRADO, R. de M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S.; SILVA, E. C. da; FLORES, R. A. Effectof sources and rates of phosphorus associated with filter cakeon sugar cane nutrition and yield. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 6, p. 477, 2015. Disponível em: <http://www.cropj.com/moda_9_6_2015_477_485.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

MODESTO, V. C.; PARENT, S.-E.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Foliar nutriente balance standards for maize (Zea mays L.) at high-yield level. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 497-507. Feb. 2014. DOI: 10.4236/ajps.2014.54064.

MOSTASHARI, M.; KHOSRAVINEJAD, A.; GOLMOHAMMADI, M. Comparative study of DOP and CND methods for leaf nutritional diagnosis of vitis vinifera in Iran. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 5, p. 576-584, 2018. DOI:10.1080/00103624.2018.1432633.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A Theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 117, n. 2, p. 239-242, 1992.

PARENT, L. E.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the mahalanobis distance as nutrient imbalance index. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, p. 383-390, 2009.

PARENT, S. E.; PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (Mangifera Indica). **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 449, p.1-12, 2013.

PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; VIEIRA, H. D.; WADT, P. G. S.; PAIVA JUNIOR, E. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, p. 858-866, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v38n3/17.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

PÍPERAS, G. V.; CRESTE, J. E.; ECHER, F. E. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 56, p. 818-825, nov./dez. 2009.

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. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n1/v17n01a02.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora Unesp. 2008. 300 p.

PRADO, R. de M.; CAIONE, G. Plant analysis. In: ISSAKA, R. N. (Ed.). **Soil Fertility**. Japan: InTech Open Science , 2012. p.115-134. DOI: http://dx.doi.org/10.5772/53388.

REIS JÚNIOR, R. dos A.; MONNERAT, P. H. Sugarcane nutritional diagnosis with dris norms established in Brazil, South Africa, and the United States. **Journal Of Plant Nutrition**, v. 25, n.12, p. 2831–2851, 2002. DOI: 10.1081/PLN-120015542.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Cientifica**, v. 44, n.1, p.102-112, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112.

ROZANE, D. E.; MATTOS JUNIOR, D.; PARENT, S.-E.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Meta-analysis in the selection of groups in varieties of citrus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, p. 1.948-1.959, 2015. DOI: 10.1080/00103624.2015.1069307.

SANTOS, E. F. D.; DONHA, R. M. A.; ARAÚJO, C. M. M.; LAVRES JUNIOR, J.; CAMACHO, M. A. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos chM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida. Revista **Brasileira Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1651-1658, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n6/21.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C.T.; NOVELINO, J. O.; CAMACHO, M. A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p.105-113, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n1/a10v34n1.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

SOUZA, H. A.; ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A.; DIAS, M. J. T; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Assessment of nutritional status of guava seedlings using preliminar DRIS norms and sufficiency ranges. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, n. 10, p. 1.611-1.618, 2015. DOI:10.1080/01904167.2015.1017050.

TONIN, T. A.; MUNIZ, A. S.; SCAPIM, C. A.; SILVA, M. A. G. da; ALBRECHT, L. P.; CONRADO, T. V. Avaliação do estado nutricional das cultivares de uva itália e rubi no município de Marialva, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n.1, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i1.3698.

TRASPADINI, E. I. F. **Qualidade dos prognósticos do estado nutricional de boro na cultura da soja.** 2016. 60 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance Matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e Diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 63-72, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/07.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

WADT, P. G. S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. 1986. 123 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 227 234, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n2/24159.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H., V.; FONSECA, S.; BARROS, N. F.; DIAS, L. E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 22, n. 4, p. 661-666, 1998. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000400011.

WAIREGI, L. W. I.; ASTEN, P. J. A. van. Norms for multivariate diagnosis of nutriente imbalance in arabica and rosusta coffee in the East African highlands. **Experimental Agriculture**, v. 48, n. 3, p. 448–460, 2012. DOI: 10.1017/S0014479712000142.

YOUSUF, M. N.; AKTER, S.; HAQUE, M. I.; MOHAMMAD, N.; ZAMAN, M. S. Compositional nutrient diagnosis (CND) of onion (Allium cepa L.). **Bangladesh Journal Agrilcultural Research**, v. 38, n. 2, p. 271-287, 2013. Disponível em: <https://www.banglajol.info/index.php/BJAR/article/view/15890>. Acesso em: 17 dez. 2018.

Anexo 1: Dicas de uso dos recursos da planilha eletrônica

Algumas das funcionalidades de planilhas eletrônicas utilizadas neste trabalho são apresentadas a seguir:

- Aspas duplas (“”): indicam que o conteúdo é um texto. Se nenhuma informação está entre aspas, considera-se texto vazio.

- Estruturas condicionais: O uso de condicional (“SE”) possibilita a execução de testes lógicos com duas possibilidades de resposta, uma para a condição verdadeira e outra para falsa. O padrão para escrita é:

{= se (lógico1; valor verdadeiro; valor falso)}

Além disso, é possível a utilização de várias condicionais simultâneas. Ao invés de uma resposta provável, o resultado pode ser uma nova estrutura condicional, como, por exemplo, em:

Condicional {= se (lógico1; valor verdadeiro; se (lógico2; valor verdadeiro; se (lógico3; valor verdadeiro; se (lógico4; valor verdadeiro; se (lógico5; valor verdadeiro; se (lógico6; valor verdadeiro; valor falso))))))}

O operador “e” e outros podem ser utililizados para compor testes lógicos mais complexos, como, por exemplo, em:

Condicional {= se (e (lógico1; lógico2; valor verdadeiro; valor falso)}

- Cifrão ($): Com este operador, é possível deixar constante uma coluna, uma linha ou mesmo uma célula, colocando o $ antes da letra ($B723), antes do número (B$723) ou em ambos ($B$723), respectivamente. Isso permite copiar e colar a equação para realizar o mesmo cálculo para os demais nutrientes e lavouras contidos nas suas respectivas colunas e linhas.

Embrapa

Informática Agropecuária

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CGPE 14986