

Capítulo XII

Calagem, adubação e estado nutricional em Pereiras

Paula Beatriz Sete¹

Marlise Nara Ciotta²

Lincon Oliveira Stefanello³

Jucinei José Comin⁴

Danilo Eduardo Rozane⁵

Auri Brackmann⁶

Fabio Rodrigo Thewes⁷

Gilberto Nava⁸

Débora Leitzke Betemps⁹

Gustavo Brunetto¹⁰

¹ Engenheira Agrônoma, Doutora em Agroecossistemas. E-mail: paulasete@gmail.com

² Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, Pesquisadora da Estação Experimental de Lages da Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Rua João José Godinho, s/nº 88502-970, Lages, SC, Brasil. E-mail: mciotta@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo, Estudante de Doutorado, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), C.P. 221, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: linconfa@hotmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural e do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rodovia Admar Gonzaga, 1346 - CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: j.comin@ufsc.br

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, Professor na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Registro - SP e no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Av. Nelson Brihi Badur, 430 - Vila Tupi - Câmpus de Registro CEP 11900-000, Registro, SP, Brasil. Bolsista PQ do CNPq (nº do processo 307586/2017-0). E-mail: danilo.rozane@unesp.br

⁶ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências Agrárias, Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), C.P. 221, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: auribrackmann@gmail.com

⁷ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Doutorando em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), C.P. 221, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: fthewes@yahoo.com.br

⁸ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Rodovia BR 392, km 78, 9º Distrito, Monte Bonito, C.P. 403, 96010-971, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: gilberto.nava@embrapa.br

⁹ Engenheira Agrônoma, Doutora em Fruticultura de Clima Temperado, Professora da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Pós doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), C.P. 221, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: debora.betemps@uffs.edu.br

¹⁰ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor do Departamento de Solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), C.P. 221, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista PQ do CNPq. E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com

Resumo: Produzir alimentos com elevado valor, que contribuam com a qualidade de vida dos consumidores, sempre com foco na saúde humana e no desenvolvimento adequado dos vegetais passa, necessariamente, pelo correto manejo da nutrição mineral. As plantas frutíferas, em particular, devem apresentar equilíbrio nutricional a fim alcançar rendimentos satisfatórios e alta qualidade dos frutos, mas, sempre considerando a utilização racional dos insumos e a preservação ambiental. A Fruticultura é uma das atividades de maior destaque do Agronegócio brasileiro, seja pela participação financeira para o País devido ao alto valor agregado de sua produção, receita com as exportações, seja pela rentabilidade por área cultivada. A adequada nutrição mineral dos vegetais é sempre um grande desafio quando o objetivo é praticar uma agricultura duradoura. A carência de parâmetros que possibilitem a diagnose nutricional, a correção do solo e o uso eficiente dos elementos minerais essenciais às plantas têm sido motivo de preocupação dos profissionais que atuam na área. É importante destacar que um grande número de decisões tomadas nas propriedades rurais leva em conta os resultados das análises de solo e folhas, especialmente na Fruticultura. A perenidade da maioria das plantas frutíferas é outro aspecto que deve ser considerado para o adequado manejo das ferramentas de avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional. Os temas abordados neste capítulo são úteis a todos empenhados em compreender os benefícios da correta nutrição das frutíferas, como produtores, empresários agrícolas, agrônomos, técnicos, estudantes de graduação e pós-graduação. Inclui uma ampla revisão e condensa de maneira didática e objetiva as mais recentes pesquisas sobre o manejo da fertilidade do solo e do estado nutricional em pomares de frutas.

Palavras-Chave: análise de solo, análise de folhas, diagnose nutricional, nutrição de plantas, manejo da fertilidade do solo.

1. Introdução

A pera é uma fruta comumente cultivada nas regiões temperadas do mundo, entretanto sua produção mundial é quatro vezes menor que a produção de maçã, o que pode indicar um futuro promissor para um nicho de mercado global (Janick, 2002; Fao, 2019). A produção nacional de pera satisfaz apenas 14% da demanda do mercado interno sendo o restante abastecido com frutas derivadas de importações de países como Argentina, Chile, Estados Unidos da América e Portugal (FAO, 2019). Em zonas de clima temperado, os principais polos produtores desta cultura encontram-se nos estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), e com destaque para os municípios de São Joaquim (SC) e Caxias do Sul (RS) (Ibge, 2019).

Em geral, os pomares de pereira são estabelecidos em relevo plano ou ondulado, em solos Cambissolos Húmicos ou Neossolos Litólicos, com médio a alto teor de matéria orgânica, ou ainda a associação entre os dois (Santos et al., 2013). Os Neossolos não apresentam horizonte B diagnóstico, pois são jovens, rasos e pedregosos. Por outro lado, os Cambissolos já apresentam um horizonte B incipiente e os que predominam na região possuem horizonte A com espessura maior que 18 cm (Dortzbach et al., 2016, Santos et al., 2013). Além disso, a maioria dos solos da Região Sul do Brasil são ácidos e possuem baixa fertilidade natural. Por isso, quando diagnosticada a necessidade, através de resultados de parâmetros como análise do solo, tecido, expectativa de produtividade, etc. deve ser realizada a calagem e a adubações.

2. Correção da acidez do solo

Nos estados do RS e SC, o corretivo da acidez deve ser aplicado em solos a serem cultivados com pereira quando o valor de pH em água é <5,5, para elevar o pH em água até 6,0. A dose de calcário é definida pelo Índice SMP (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de calcário (PRNT 100%) com base no Índice SMP para elevar o pH em água (camada de 0-20 cm) até pH 6,0.

Índice SMP	Calcário (t ha ⁻¹)	Índice SMP	Calcário (t ha ⁻¹)
≤ 4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	≥ 7,0	0,0
5,7	4,8		

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

O calcário deve ser aplicado na camada de 0-20 cm e, preferencialmente até a camada de 0-30 cm. Mas, neste caso, deve ser adicionado 1,5 vezes a dose do corretivo preconizada para a camada de 0-20 cm. A aplicação deve, preferencialmente, ser realizada sobre a superfície do solo, seguido de incorporação antes da instalação do pomar. Doses maiores que 5 Mg ha⁻¹ de calcário podem ser aplicadas em duas ou mais vezes, seguido de gradagem e nova incorporação.

Em pomares em produção, especialmente naqueles com elevada produtividade, o que confere maior exportação de Ca e Mg pelos frutos, a aplicação de calcário deve ser realizada quando diagnosticada a necessidade de aplicação de corretivo da acidez através da análise do solo. O calcário pode ser adicionado sobre a superfície, mas o seu deslocamento no perfil do solo é lento e, por isso, deve-se esperar pequena eficiência na correção da acidez em profundidade (Brunetto et al., 2017), isso ocorre porque a migração da frente de neutralização proporcionada por seus produtos da dissolução e dissociação é muito lenta no perfil do solo (Melo et al., 2006; Kaminski, et al., 2005). Convém destacar que em pomares já instalados, a acidificação ocorre mais fortemente em regiões de aplicações de fertilizantes, como os nitrogenados, o que pode acontecer, por exemplo, na projeção da copa das plantas. A incorporação do calcário nem sempre é adequada em pomares em produção, especialmente, em regiões subtropicais, por causa dos danos físicos às raízes, o que pode aumentar a incidência de doenças radiculares, além da diminuição das reservas de nutrientes em raízes.

Com relação aos tipos de calcários, os dolomíticos são mais indicados devido ao menor custo além de fornecer a necessidade de Ca e Mg requerida pelas plantas. Convém destacar, como alertado por Ernani (2003), que mesmo em espécies exigentes em Ca, como macieira

e pereira, para evitar a incidência de distúrbios fisiológicos em frutos; não se recomenda a utilização de calcários calcíticos. Entretanto, a mistura de parte de calcário calcítico com parte de calcário dolomítico pode ser uma boa alternativa para se aumentar a relação Ca: Mg no solo.

3. Adubação de pré-plantio

Em pereiras, o que é o caso para a maioria das frutíferas, a adubação de pré-plantio consiste, normalmente e quando diagnóstico a necessidade pela análise de solo, no fornecimento de fósforo (P) e potássio (K). A necessidade de P é estabelecida considerando os seus teores extraídos pelo método de Mehlich-1 e o teor de argila (Tabela 2). As doses são definidas seguindo as classes de disponibilidade, apresentadas na Tabela 4. A necessidade de K é estabelecida de acordo com os seus teores no solo extraídos pelo método de Mehlich-1, considerando os valores de capacidade de troca de cátions (CTC à pH_{7,0}) (Tabela 3). As doses de K são preconizadas considerando as classes de disponibilidade (Tabela 4).

Tabela 2. Interpretação do teor de fósforo do solo extraído pelo método Mehlich-1 conforme o teor de argila para frutíferas.

Interpretação	Classe de solo conforme o teor de argila ^{1,2}			
	1	2	3	4
	-----mg dm ⁻³ -----			
Muito baixo	≤3,0	≤4,0	≤6,0	≤10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 12,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	>12,0	>24,0	>36,0	>60,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%. ⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $P \text{ Mehlich-1} = P \text{ Mehlich-3} / (2 - (0,02 \times \text{argila}))$. Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

As aplicações de P e K na adubação de correção devem ser realizadas antes da instalação do pomar. Preferencialmente os fertilizantes devem ser aplicados em toda a área, sobre a superfície do solo, seguido de incorporação até a camada de 0-20 cm. Caso a opção seja a aplicação em camadas mais profundas, exemplo, até 30 cm, assim como a recomendação para a calagem, a dose dos fertilizantes deve ser proporcionalmente corrigida. Convém destacar que em solos arenosos ou mesmo naqueles localizados em relevo ondulado, poderá ser analisada a possibilidade de realizar a adubação em covas ou mesmo em sulco, evitando o revolvimento do solo em área total (Brunetto et al., 2017). Porém convém destacar que preferencialmente os fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser aplicados em toda a área, especialmente, porque os teores dos nutrientes favorecerão o crescimento de raízes em maior volume de solo ao longo do crescimento e produção.

Não se recomenda a aplicação de N na adubação de correção, porque os porta-enxertos ou as mudas possuem um pequeno volume de raízes explorando o solo. Com relação aos micronutrientes, eles também podem ser incorporados ao solo por ocasião da adubação

de pré-plantio, com atenção especial ao zinco (Zn) e boro (B) (Melo, 2003; Ernani, 2003; Brunetto et al., 2017).

Tabela 3. Interpretação do teor de potássio conforme as classes de CTC do solo a pH 7,0 para frutíferas.

Interpretação	CTC _{pH 7,0} do solo ⁽¹⁾			
	≤7,5	7,6 – 15,0	15,1 – 30,0	> 30,0
	-----mg dm ⁻³ de K-----			
Muito baixo	≤20	≤30	≤40	≤45
Baixo	21 – 40	31 - 60	41 – 80	46 – 90
Médio	41 – 60	61 - 90	81 – 120	91 – 135
Alto	61 – 120	91 - 180	121 -240	136 – 270
Muito alto	>120	>180	>240	> 270

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $K \text{ Mehlich-1} = K \text{ Mehlich-3} \times 0,83$. Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 4. Quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas em função dos teores de P e K disponíveis no solo.

Teor no Solo	Fósforo kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	Potássio kg ha ⁻¹ de K ₂ O
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

4. Adubação de crescimento

A adubação de crescimento visa estimular o crescimento de raízes e da parte aérea. Ela é realizada após o estabelecimento do pomar, durante o crescimento das plantas, antes que as plantas iniciem a produção de frutos, o que dependerá da espécie, mas deve durar de 2 a 4 anos (BRUNETTO et al., 2017).

O N é o único nutriente recomendado na adubação de crescimento. Porém, se visualmente as plantas apresentarem sintomatologia de deficiência, outros nutrientes também poderão ser aplicados ao solo, mas isso muito provavelmente só ocorrerá se não for feita a adubação de correção de modo adequado. Para a pereira, a necessidade e dose de N são estabelecidas com base no teor de matéria orgânica do solo, considerando a idade das plantas (Tabela 5) (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 5. Recomendação de adubação nitrogenada na fase de crescimento vegetativo da pereira.

Teor de matéria orgânica do solo	Anos após o plantio		
	1°	2°	3°
%		kg ha ⁻¹ de N	
≤ 2,5	40	50	60
2,6 a 5,0	30	40	50
> 5,0	20	30	40

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Pode-se usar fertilizantes minerais e, ou, orgânicos, que devem ser aplicados na linha ou na projeção da copa das plantas, sobre a superfície do solo e sem incorporação, para evitar danos físicos às raízes das frutíferas ou, antes da capina, se for mecânica. Fontes de N mineral, como a ureia, devem ter sua aplicação parcelada em duas ou mais vezes, a fim de aumentar o seu aproveitamento e minimizar as perdas. Quando possível, recomenda-se o uso de fertilizantes orgânicos na adubação de crescimento, pois espera-se que a sua mineralização seja mais gradual, comparativamente aos fertilizantes minerais, resultando em maior sincronismo entre a liberação do nutriente e sua absorção pela frutífera (Brunetto et al., 2017).

5. Adubação de produção

A adubação na fase de produção tem o objetivo de manter a fertilidade do solo, devolvendo ao ambiente os nutrientes exportados através dos frutos por razão da colheita. Deve ser manejada após o início da produção dos frutos e os elementos químicos em que se deve dar mais atenção são o P, K, N e outros elementos como Ca, Mg, Zn e B.

A definição da necessidade e doses de fertilizantes na adubação de manutenção é estabelecida pelos sistemas de recomendação regionais ou estaduais, de acordo com a espécie de plantas e/ou com o resultado da análise de solo ou de planta. Para a cultura da pereira a recomendação oficial no RS e SC preconiza adicionar quantidades de N e K com base na quantidade de frutos a ser colhida, não sendo recomendada a aplicação de P, quando o nutriente foi adicionado na adubação de pré-plantio (CQFS-RS/SC, 2016). Entretanto, sempre que possível, sugere-se monitorar o estado nutricional das plantas pela análise foliar. Convém destacar que a predição da adubação apenas com base na exportação de nutrientes pelos frutos da safra anterior, baseada na expectativa de produtividade não é aconselhada, pois a prática desconsidera reações químicas dos solos que afetam a disponibilidade de nutrientes (Ernani, 2003) nos primeiros anos de produção.

A análise do solo também é necessária durante a fase produtiva das plantas, anualmente ou até em intervalos de 3 a 5 anos, desde que o pomar apresente oscilações de produtividade, para monitorar os teores de nutrientes e corrigir possíveis desordens. No entanto, intervalos de coleta de solo e análise dependerá das recomendações estaduais ou regionais estabelecidas (CQFS-RS/SC, 2016).

A interpretação conjunta da análise foliar das plantas e a análise do solo podem fornecer subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar associada a expectativa de produtividade ou produção do ano anterior e alguns parâmetros de crescimento, como por exemplo o comprimento de ramos. Nas tabelas 6 e 7 são apre-

sentadas as classes de valores para avaliação química dos nutrientes nas folhas de pereiras asiáticas e europeias respectivamente (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 6. Classe de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da pereira asiática.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 2,00	<0,10	<0,80	<1,00	<0,25
Normal	2,30 – 2,70	0,13 – 0,20	1,20 – 1,60	2,00 – 2,50	0,30 – 0,50
Excessivo	> 3,00	> 0,25	> 2,00	-	-
Classe	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 30	-	< 15	< 20	-
Normal	60 - 80	10 - 100	50 - 90	60 - 200	30 -90
Excessivo	-	-	-	> 300	-

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, para as condições da Região Sul do Brasil, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compor a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas representativas. Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 7. Classe de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da pereira europeia.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,70	<0,10	<0,80	<0,80	<0,20
Normal	2,10 – 2,50	0,15 – 0,30	1,30 – 1,50	1,20 – 1,70	0,25 – 0,45
Excessivo	> 3,00	-	> 2,00	-	-
Classe	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	-	< 3,0	< 15	< 20	< 20
Normal	50 - 250	5 - 30	20 - 100	30 - 130	30 -50
Excessivo	-	>50	-	> 200	>140

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, para as condições da Região Sul do Brasil, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compor a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas representativas. Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Os limites entre deficiência e excesso de nutrientes são muito estreitos e, especialmente em pomáceas, como as pereiras, impactam diretamente sobre a qualidade dos frutos e desordens fisiológicas. Na literatura, diversos são os sintomas relatados de deficiência e excesso de nutrientes em frutos de pera (Tabela 8). Um dos elementos que merece destaque no manejo da adubação de produção é o Ca, pois desempenha papel fundamental na qualidade pós-colheita dos frutos. Isso ocorre, pois, o Ca além de participar de inúmeras funções celulares, preserva a integridade e a estabilidade da membrana citoplasmática, conferindo resistência à parede celular pela ação dos pectatos de Ca da lamela média (Brunetto et al., 2015a). O Ca apresenta baixa mobilidade vascular, conseqüentemente, sua absorção e partição para os frutos é mais consistente no primeiro estágio do desenvolvimento. Por esse motivo, é essencial promover a absorção de Ca no início da estação, aproximadamente nos primeiros 40 a 50 dias após o florescimento (Shear e Faust, 1971; Schlegel e Schoenherr, 2002). A importância da relação

entre os concentrações e relações entre os nutrientes presentes nos frutos foi investigada por Saquet et al. (2019), em frutos de pera 'Rocha' provenientes de diferentes pomares localizados em Portugal. Este estudo aferiu a distribuição das concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Mn, Zn, Cu, Fe e B) em frutos, para determinar possíveis relações desses minerais com a ocorrência de distúrbios de armazenamento.

Tabela 8. Principais sintomas de deficiência e excessos de nutrientes em frutos de pera.

Nutriente	Deficiência	Excesso	Fonte
N	Frutos com tamanho pequeno, alta firmeza de polpa, antecipação de maturação, diminuição do sabor	Distúrbios de maturação tardia (bitter pit), decadência pré e pós-colheita dos frutos	Sugar et al. (1992)
P	Alta suculência, baixo tamanho e acidez do suco.	Maturação tardia, menor aroma e doçura dos frutos	Faust (1989)
K	Baixo tamanho	Baixa capacidade de armazenamento, distúrbios fisiológicos (bitter pit)	Curtis et al. (1990)
Ca	Surgimento de bitter pit, escurecimento interno, alta respiração, pingo de mel, antecipação da maturação e cascas amareladas	Atraso na evolução do etileno	Curtis et al. (1990) Gorini (1988) Meheriuk et al. (1982) Tomala e Trzak (1994)
Zn	Frutos pequenos e deformados, colheita precoce com frutos, sabor amargo	-	Wójcik and Popińska (2009)
B	Baixo tamanho dos frutos, deformações, polpa farinácea, bitter pit, extremidades pretas	Precocidade na maturação, baixa aptidão para armazenamento.	Wójcik and Wojcik (2009)

Fonte: Adaptado de Brunetto et al. (2015a).

O estudo demonstrou que as menores concentrações de Ca e Mg ocorreram nas camadas internas da polpa do fruto do que na casca, enquanto as concentrações de P e K foram maiores no interior do fruto do que na casca. As concentrações de S foram as mesmas tanto na casca quanto na polpa dos frutos. As concentrações de todos os micronutrientes foram maiores nos tecidos da pele. Os frutos desenvolveram distúrbios no final do armazenamento apresentaram menores concentrações de Ca e maiores proporções de K/Ca. As razões (K + Mg)/Ca foram maiores nos frutos com desordens internas de todos os pomares avaliados. Os frutos de dois pomares que desenvolveram distúrbios de armazenamento apresentaram menores concentrações de B na região da polpa, onde foram detectados distúrbios, reafirmando a importância do manejo e correção destes nutrientes.

Em plantas cuja a análise apontar insuficiência nos valores de Ca, podem ser realizadas de três a cinco pulverizações foliares quinzenais com a solução de CaCl_2 0,4 a 0,5% em plantas de produção. As plantas que apresentarem valores insuficientes de N na análise foliar podem ser submetidas a aplicação de nitrato de cálcio a 0,6% (CQFS-RS/SC, 2016).

5.1 Aplicação dos fertilizantes

Os fertilizantes na adubação de produção devem ser aplicados na superfície do solo da projeção da copa das plantas, na linha de plantio ou em toda a área do pomar, sem incorporação, para evitar danos às raízes. O local da aplicação (projeção, linha de plantio ou área total) é dependente da idade das plantas. Plantas mais jovens e em início da produção possuem raízes mais localizadas na projeção da copa ou próximas a linha de plantio e, por isso, se espera maior eficiência de absorção de nutrientes quando os fertilizantes forem adicionados nestes dois locais. Por outro lado, plantas adultas, em produção, possuem raízes distribuídas nas linhas e entrelinhas de plantio. Assim, os condicionadores de solo na retenção da umidade, no aumento da porosidade e fornecedores de energia para atividades microbiológicas dos solos (Brunetto et al., 2016).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados, em adubações de manutenção, deve ser realizada todos os anos, com a recomendação de aplicar 2,0 kg/ha/ano de N por tonelada estimada de frutos a ser colhido, sendo a dose parcelada em até três vezes. As três aplicações podem ser realizadas na primavera ou pode-se optar por aplicar duas na primavera e uma após a colheita dos frutos. Em anos de baixa produção e plantas com excessivo vigor poderá ser dispensada a aplicação de N após a colheita (CQFS-RS/SC, 2016).

6. CND

6.1. Valores de referência de teores de nutrientes foliares pelo método CND

Foi realizado um estudo com pereiras no município de São Joaquim-SC com 68 resultados de áreas comerciais com as cultivares Packans, Rocha e Santa Maria, onde, observou-se variações de produtividade entre 28 a 2 t ha⁻¹, com média de 10 t ha⁻¹ e desvio padrão de 5,9 t ha⁻¹.

A amostragem foliar seguiu a indicação da CQFS-RS/SC (2016), a qual recomenda amostrar em cada talhão, folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro, quando os pomares se encontram em pleno desenvolvimento vegetativo.

O CND-r², como índice de desequilíbrio nutricional, pôde separar as amostras cujo fator nutricional foi relevante, como observado na Figura 1. Tais resultados, para o presente banco de dados, não corroboram com as afirmações apresentadas por Wadt et al. (2016), de que a correlação entre os índices CND-clr e a produtividade (o mesmo vale para os índices DRIS) não pode servir para a validação do modelo, bem como das normas.

O emprego da relação entre o índice de desequilíbrio nutricional (CND-r²) e a distância de Mahalanobis (D²) da população de referência, observada na Figura 2, evidencia que quanto maior a distância (D²) maior é o desequilíbrio nutricional (CND-r²). Resultados inferiores aos obtidos neste trabalho (R² = 0,73), porém significativos, foram relatados por Khiari et al. (2001) em batata, em pesquisa realizada no Canadá, na qual os autores obtiveram R² = 0,34 e, em videiras (*Vitis vinifera*) no Rio Grande do Sul, por Rozane et al. (2016a), em que os autores observaram R² = 0,42.

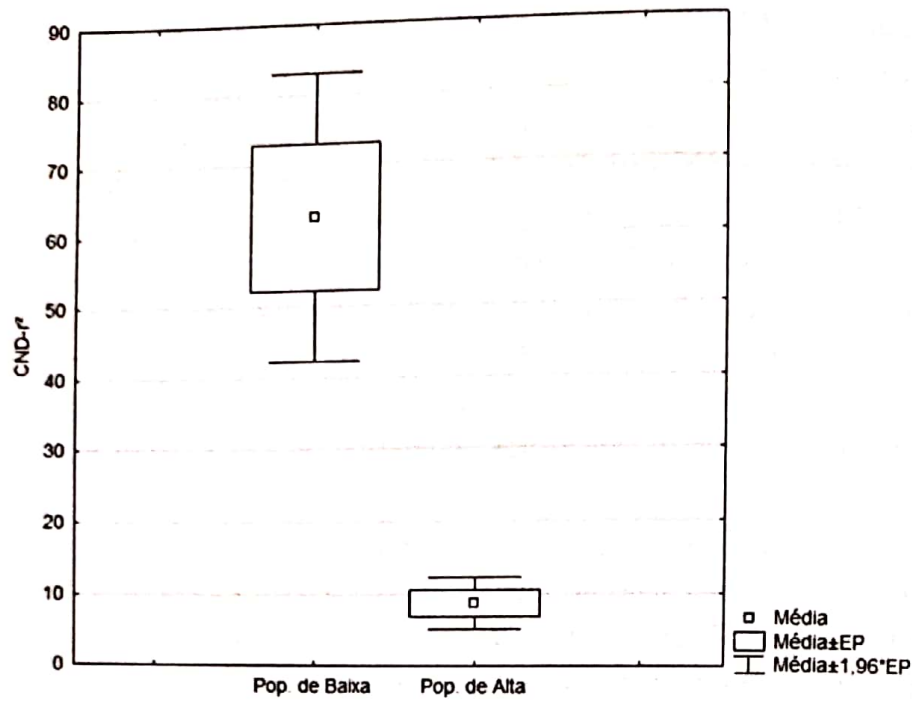


Figura 1. Boxplot (média, média \pm erro-padrão - EP e a média \pm 1,96*EP) para o índice de desequilíbrio nutricional CND-r², em relação aos grupos das populações de baixa e alta produtividade.

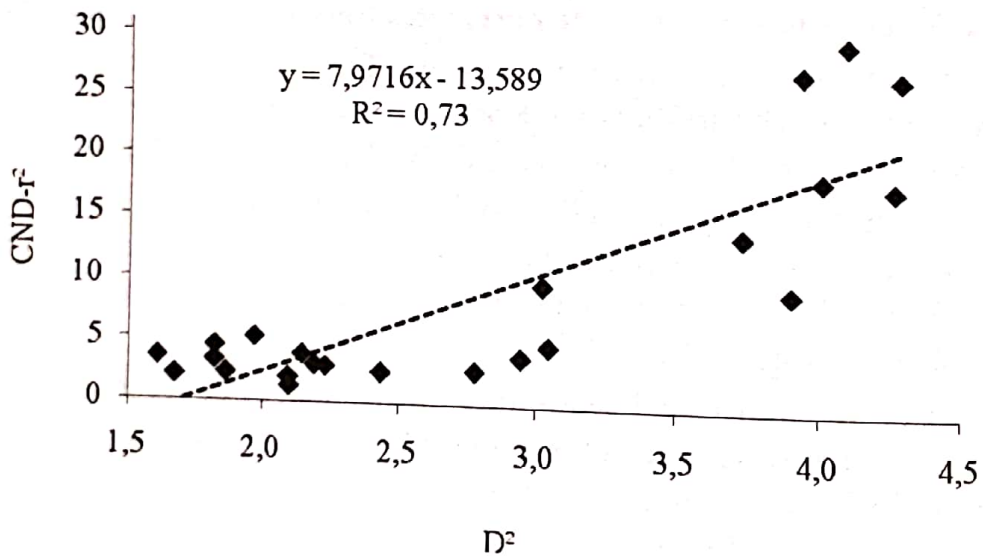


Figura 2. Índice de desequilíbrio nutricional (CND-r²) e distância de Mahalanobis (D²) na população de referência (n=23) de pereiras.

As normas CND-r² para a metodologia CND-clr para a cultura da Pera foi elaborada de acordo com Parent et al. (2005; 2009) resultando, para a população de referência, nas normas apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9. Normas da diagnose da composição nutricional (CND) da pereira na população de referência (n=23).

Parâmetros	IN	IP	IK	ICa	IMg	IB	IFe	IMn	IZn	CND-r ²
LMa	2,88	1,52	1,15	0,74	1,05	1,94	2,66	2,49	2,06	29,00
LMi	-1,52	-2,64	-3,30	-2,16	-2,31	-2,42	-1,93	-0,95	-0,86	1,24
Dv_m	0,77	0,75	0,59	0,82	0,76	0,78	0,74	0,71	0,80	7,09
D	0,99	-0,92	-2,46	-1,35	-1,29	-0,23	0,90	1,53	1,44	1,37
V	11,5	11,1	8,8	12,2	11,3	11,6	11,0	10,6	11,9	100

LMa = Limite Máximo; LMi = Limite Mínimo; DV_m = Desvio Padrão médio; D = Distorção; V = Variação percentual média dos índices nutricionais que compõem a variação média do CND-r² = 8,6.

A diagnose da composição nutricional (CND-r²) faz-se de maior integralidade e relevância que o diagnóstico isolado para a cultura da pereira, como também já evidenciado por Geraldson et al. (1973); Marschner (1986) e Rozane et al. (2016b).

Com a possibilidade de indicar, a partir do presente banco de dados, a Faixa de Suficiência (FS) que poderá ser utilizada enquanto o *Software* CND-Pera não está disponível, em <<https://www.registro.unesp.br/#!/sites/cnd/>> bem como sugestão de aproximação aos teores considerados adequados à região de estudo buscou-se, a partir da população nutricional equilibrada de pereiras (n = 23), determinar a FS, com intervalo de confiança (p ≤ 0,01), como indicado por Parent et al. (2013) e, apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. Indicação da faixa de suficiência considerada adequada para nutrientes em folhas completas de pereiras, amostradas como indicado em CQFS-RS/SC (2016).

N	P	K	Ca	Mg
15 – 16	2,4 – 2,5	9 – 10	51 – 66	13,5 – 16,2
B	Fe	Mn	Zn	
24 – 27	34 – 45	274 – 371	35 – 65	

Obs: g kg⁻¹ ÷ 10 = %.

Assim, uma alternativa aos experimentos de calibração seria o aproveitamento de informações de monitoramento nutricional, como no presente estudo, obtidos em talhões comerciais. Como maneira dinâmica de atualizar a Faixa de Suficiência, esses dados agregam informações oriundas de ampla variação ambiental e, portanto, não podem ser utilizados para a determinação de curvas de resposta, como aquelas obtidas nos experimentos de calibração para o estabelecimento do NC ou da FS.

7. Resultados de Pesquisas com adubação em pereiras “Rocha”

7.1 Nitrogênio

A dose mais econômica para adubação de N foi inferida em um experimento de longa duração realizado no Planalto Serrano de SC em pereiras da cv. Rocha. Os autores avaliaram a dose, os teores mais adequados no solo, bem como os teores em folhas, além da verificação do impacto destes nutrientes na qualidade de frutos (Sete et al., 2019).

As doses de N aplicadas em pereiras cv. Rocha, cultivadas em solo Cambissolo Húmico não afetam teor de N e de outros nutrientes em folhas e nos parâmetros de produção e produtividade. A aplicação de doses de N aumenta a taxa respiratória e diminuiu a firmeza da polpa em peras após 7 dias de armazenamento em condições ambiente, o que não é desejável, porque diminui a vida dos frutos em prateleira. A aplicação de doses elevadas de N no solo por longos períodos resulta em efeito negativo aos parâmetros de teor de N nas folhas, número e massa de frutos e produção por planta em pereiras. A dose intermediária de 40 kg N ha⁻¹ manteve os parâmetros nutricionais de pereiras por longos períodos (Sete et al., 2019).

O cálculo da dose mais econômica para adubação nitrogenada foi determinado para as cinco safras avaliadas, utilizando equações de regressão estabelecidas por Natale et al. (1996), nas safras 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16 de realização do experimento, a relação entre o incremento das doses de N e a produção de frutos foi linear, não permitindo o cálculo da dose mais econômica. A primeira safra avaliada de 2011/12 a curva de resposta do adubo nitrogenado foi quadrática, e a dose mais econômica de fertilizante para as pereiras foi de 107,62 kg N ha⁻¹ (Figura 3).

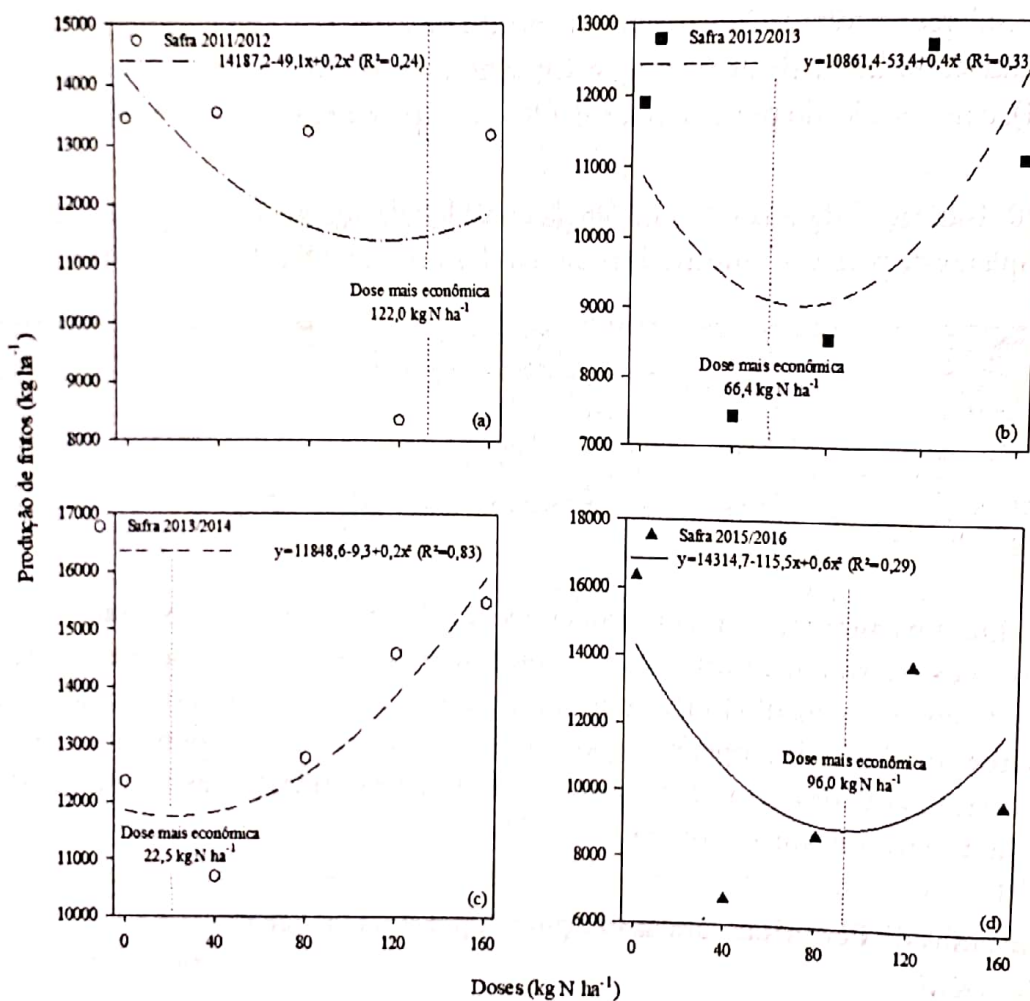


Figura 3. Relação entre doses de ureia (N) e produção de frutos por hectare nas safras (a) safra 2011/2012; (b) safra 2012/2013; (c) safra 2013/2014 e (d) 2015/2016, estabelecendo a dose mais econômica. Fonte: Sete et al. (2019)

7.2 Fósforo e Potássio

Dando continuidade aos estudos de Brunetto et al. (2015b), a produção de frutos, a dose mais econômica e níveis críticos de P no solo e tecido das folhas foram avaliados por Sete (2019) em pereiras cv. Rocha cultivadas em solo de altitude na região Sul do Brasil em quatro safras (2013/2014; 2014/2015; 2015/2016 e 2016/2017). Os autores concluíram que as aplicações de P no solo cultivado com pereiras incrementou o seu teor em camadas do solo e aumentou as suas reservas no interior das plantas, diagnosticada pelo incremento de P em folhas, se refletindo em aumento da produtividade. As doses mais econômicas, estabelecidas segundo metodologia de Natale et al. (1996), foram próximas às maiores doses de P de 120 e 160 kg de P_2O_5 ha^{-1} (Figura 4).

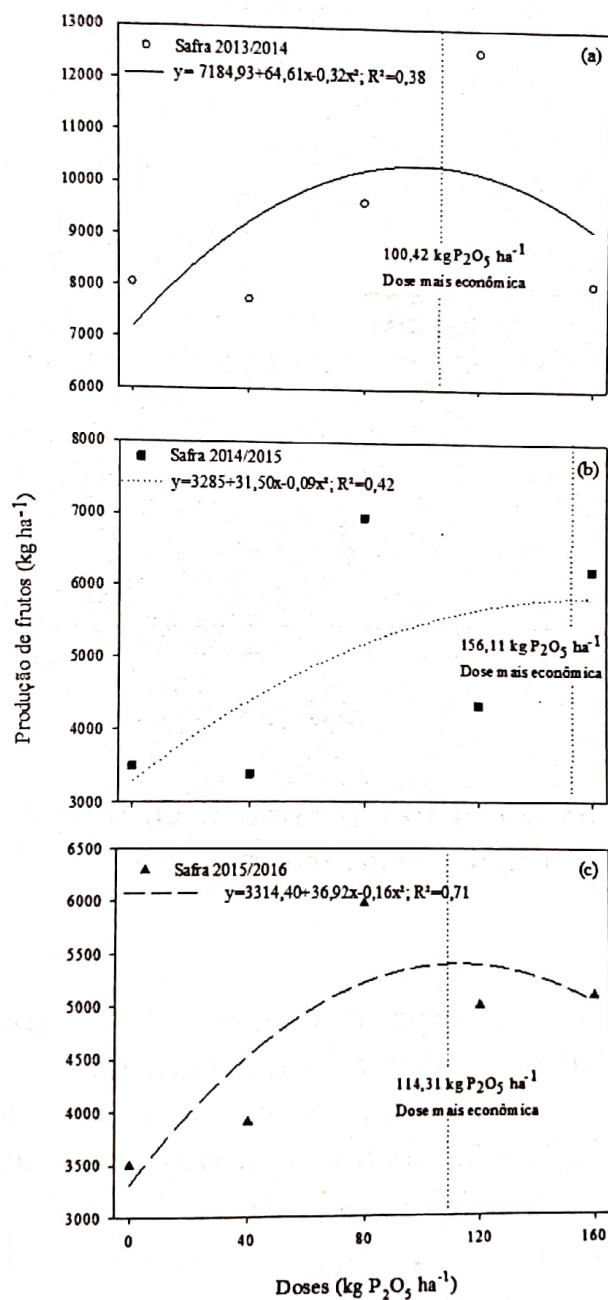


Figura 4. Relação entre as doses de superfosfato triplo (P_2O_5) e produção de frutos por hectare nas safras (a) 2013/2014; (b) 2014/2015 e (c) 2015/2016, estabelecendo a doses mais econômicas. Fonte: Sete et al. (2019).

A adubação potássica em pomares de pereira da cultivar Rocha, aumentou o conteúdo de K trocável no solo favorecendo o incremento de teores de K em até 0,20 m de profundidade. No entanto, o aumento da concentração de K nas folhas e a produtividade nem sempre estavam associadas ao incremento de K no solo. A dose mais econômica para aplicação de K no solo foi de 42,4 kg K₂O ha⁻¹ na safra 2016/17 (Figura 5), sendo esse valor muito próximo a menor dose aplicada na mesma safra (40 kg K₂O ha⁻¹). Entretanto, não foi possível estimar os níveis críticos de K no solo e nas folhas de pereiras em produção. Os frutos de pereiras submetidas a aplicação de doses de K no solo apresentaram menores valores de produção de etileno e respiração, aumentando o período de armazenamento dos frutos em câmara fria e em prateleira (Sete et al., 2019).

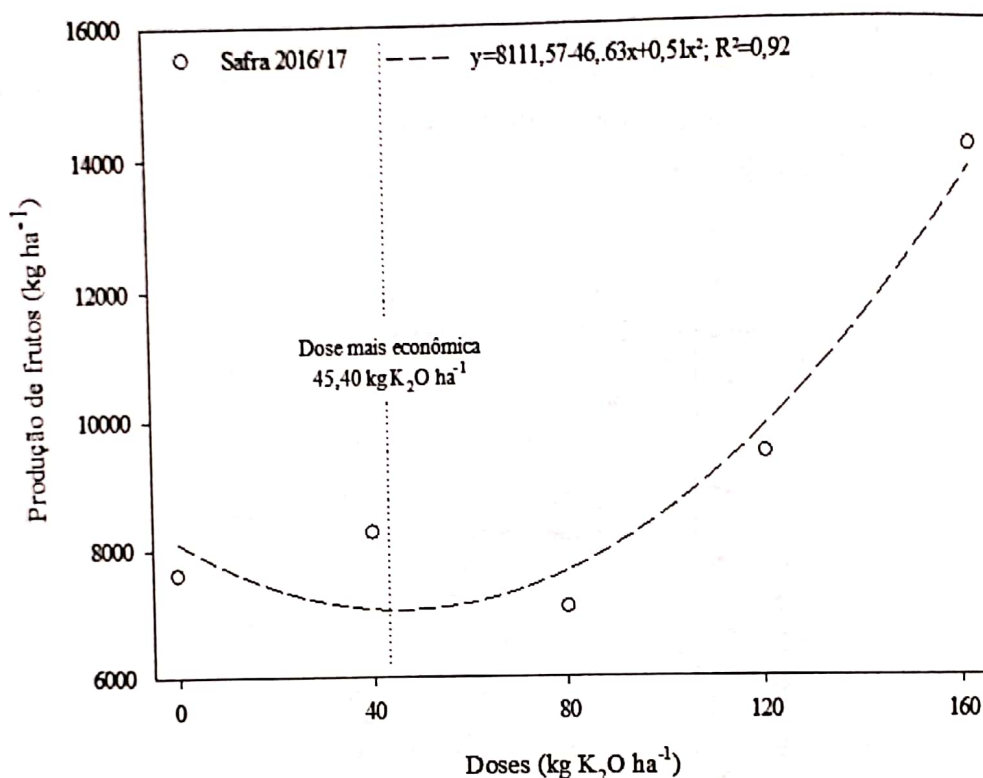


Figura 5. Relação entre a dose de cloreto de potássio (K₂O) e a produção de frutos de pereira cv. Rocha durante a safra 2016/2017. Fonte: Sete et al., 2019.

8. Considerações finais

A calagem e adubação em pomares de pereira deve ser realizada para que a fruteira expresse todo o seu potencial produtivo. As adubações de manutenção com N, P e K ao longo das safras pouco incrementa teores em folhas e no solo, mas compreende-se que adubações de manutenção entre 40 e 80 kg N, P e K por hectare auxiliam na manutenção da produtividade que é muito semelhante com as cultivares Rocha cultivadas em Portugal.

A utilização de outras técnicas para diagnóstico como o CND somado ao monitoramento do solo atuam complementarmente para facilitar a diagnose e adubação das pereiras. Recomenda-se para controle, conhecimento e adequação pontual de cada talhão, que anualmente sejam realizadas e arquivadas as análises de solo e planta, bem como a mensuração da produtividade.

Considerando as particularidades dos balanços de nutrientes e a restrição da universalidade das normas nutricionais, sugere-se que as indicações apresentadas aos balanços CND devem ser empregadas regionalmente ou por cultivos com as mesmas características das normas estabelecidas, buscando diagnósticos mais confiáveis.

9. Referências bibliográficas

- BRUNETTO, G.; CIOTTA, M. N.; SETE, P. B.; COMIN, J. J.; NAVA, G.; SALUME, J. A.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; ROZANE, D. E.; TIECHER, T.; GATIBONI, L. C.; PASA, M. S.; STEFANELLO, L.; DE PAULA, B. V.; Respostas de pereiras à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. In: CIOTTA, M. N.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.; PASA, M. S.; SETE, P. B. (Orgs.). **I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras**. Florianópolis, SC: Epagri, 120p. (Documentos 276) 69-86. 2017.
- BRUNETTO, G.; ROZANE, D. E.; MELO, G. W. B.; 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. **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.
- BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B.; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI, M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(4): 1089-1104, 2015a.
- BRUNETTO, G.; NAVA, G.; AMBROSINI, V. G.; COMIN, J. J.; KAMINSKI, J. The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(2): 507-516, 2015b.
- CQFS-RS/SC 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**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p. 2016.
- CURTIS, D.; RIGHETTI, T. L.; MIELKE, E.; FACTEAU, T. Mineral analysis from corkspotted and normal Anjou pear fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, 115: 969-974, 1990.
- DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; VIANNA, L. F. N.; GONZALEZ, A. P. Horizontes diagnósticos superficiais de Cambisolos e uso de ^{13}C como atributo complementar na classificação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51: 1339-1348, 2016.
- ERNANI, P. R. **Adubação e calagem para frutíferas de clima temperado**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.
- FAO. FAOSTAT: **Production crops pears 1961 - 2017**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em: 20 de Abril de 2019.
- FAUST, M. **Physiology of temperate zone fruit trees**. New York: J. Wiley. 1989. 338p.
- GERALDSON, C. M.; KLACAN, G. R.; LORENZ, O. A. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Eds.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: **Soil Science Society of America**, 365-379, 1973.
- GORINI, F. Influenza delle tecniche colturali e della conservabilità sulla qualità delle pomacee. **Agricoltura e Ricerca**, Napoli, 12: 39-42, 1988.

- IBGE. Produção Agrícola 2018. **Levantamento sistemático da produção agrícola 2018**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201612.pdf>. Acesso em: 17 de Outubro de 2019.
- JANICK, J. The Pear in History, Literature, Popular Culture, and Art. **Acta Horticulturae**, 596: 41-52, 2002.
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29(4): 573-580, 2005.
- KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. The Phosphorus Compositional Nutrient Diagnosis Range for Potato. **Agronomy Journal Abstract - Production Agriculture**, 93(4): 815-819, 2001.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. Academic Press, London, p.674. 1986.
- MELO, G. W. B. **Correção de deficiência de boro em videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003 (Instrução Técnica).
- MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G.; NACHTIGALL, G. R.; KAMINSKI, J.; FURLANETTO, V. **Modificação de atributos do solo pela calagem incorporada em um solo argiloso cultivado com macieira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006 (Comunicado técnico 68).
- NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. Dose mais econômica de adubo nitrogenado para goiabeira em formação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 14(2): 196-198, 1996.
- PARENT, S. E.; PARENT, L. E.; EGOZCUE, J. J.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HEBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; JUNIOR MATTOS, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, 4: 1-10, 2013a.
- PARENT, L. E.; KHIARI, L.; PETTIGREW, A. Nitrogen diagnosis of Christmas tree needle greenness. **Canadian Journal of Plant Science**, 85: 939-947, 2005.
- 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**, 89: 383-390, 2009.
- ROZANE, D. E.; NATALE, W.; BRUNETTO, G.; CIOTTA, M. N.; NOWAKI, R. H. D.; MELO, G. W. B. Diagnose da composição nutricional (CND) como critério de predição do estado nutricional de pereiras. In: CIOTTO, M. N.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.; PASA, M. S.; SETE, P. B.. (Org.). **I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras**. Ied. Florianópolis - SC: Epagri, 1: 103-120, 2017.
- ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B.; NATALE, W.; PARENT, S. E.; SANTOS, E. M. H. dos; ZALAMENA, J.; PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional-CND. In: MELO, G. W. B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. (Org.). **Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional-CND**. 100ed. Bento Gonçalves: Embrapa - Uva e Vinho, 2016a, 45-45.
- ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, 44: 102-112, 2016b
- SANTOS, H. G. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Solos, 353p. 2013.
- SAQUET, A., STREIF, J., ALMEIDA, D. Mineral Composition and distribution within 'Rocha' pear in relation to internal storage disorders. **Postharvest Biology and Technology**, 158, 2019.

- SETE, P. B.; COMIN, J. J.; CIOTTA, M. N.; SALUME, J. A.; THEWES, F.; BRACKMANN, A.; TOSELLI, M.; NAVA, G.; ROZANE, D. E.; LOSS, A.; LOURENZI, C. R.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Nitrogen fertilization affects yield and fruits quality in pear. **Scientia Horticulturae**, 258: 1-7, 2019.
- SETE, P. B. **Estratégias para aumentar o aproveitamento de nutrientes por pereiras (*Pyrus communis* L.) cultivadas no Sul do Brasil**. 2019. 151p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciência Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2019.
- SCHLEGEL, T. K. E.; SCHOENHERR, J. Penetration of calcium chloride into apple fruits as affected by stage of fruit development. **Acta Horticulturae**, 594: 527-533, 2002.
- SHEAR, C. B. E.; FAUST, M. Nutritional factors influencing the mineral content of apple leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 96: 234-240, 1971.
- SUGAR, D.; RIGHETTI, T. L.; SANCHEZ, E. E.; KHEMIRA, H. Management of nitrogen and calcium in pear trees for enhancement of fruit resistance to postharvest decay. **HortTechnology**, 2(3): 382-387, 1992.
- TOMALA, K.; TRZAK, M. Occurrence of cork spot (pit) in Alexander Lucas pears depends on fruit mineral element content. **Acta Horticulturae**, 68: 570-577, 1994.
- WADT, P. G. S.; TRASPADINI, E. I. F.; MARTINS, R. A.; MELO, F. B.; OLIVEIRA, I. J.; WELCH, R. M. Importance of seed mineral nutrient reserves in crop growth and development. In: RENGEL, Z. Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanisms and implications. **Food Products Press**, New York, 205-226. 1999.
- WÓJCIK, P.; WÓJCIK, M. Effects of boron fertilization on 'Conference' pear tree vigor, nutrition and fruit yield and storability. **Plant and Soil**, Dordrecht, 256: 413-421, 2004.