

**ANDRÉ FERREIRA SANTOS**

**NUTRIÇÃO E FERTILIZAÇÃO DE ORQUÍDEAS *in vitro* E EM VASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para  
obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S231n Santos, André Ferreira, 1983-  
2014 Nutrição e fertilização de orquídeas in vitro e em vaso /  
André Ferreira Santos. – Viçosa, MG, 2014.  
ix, 125f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Victor Hugo Alvarez Venegas.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Orquídea. 2. Orquídea - Cultivo. 3. Plantas - Nutrição.  
4. Fertilização das plantas. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e  
Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 635.9344

**ANDRÉ FERREIRA SANTOS**

**NUTRIÇÃO E FERTILIZAÇÃO DE ORQUÍDEAS *in vitro* E EM VASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para  
obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 24 de abril de 2014.

---

Virginia Silva de Carvalho

---

Genelício Crusoé Rocha

---

Edgard Augusto Toledo Picoli

---

Wagner Campos Otoni  
(Coorientador)

---

Víctor Hugo Álvarez V.  
(Orientador)

*Aos meus queridos pais.*

*À minha amada esposa.*

*Às minhas maravilhosas filhas.*

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus e à Deus somente agradeço!

Pela oportunidade da realização deste curso.

Pela educação a mim dada pelos meus maravilhosos e amorosos pais Wanderley e Adélia.

Pelo imensurável amor, ajuda, e amizade de minha esposa Luiza.

Pelo companheirismo e amizade de meu irmão Guilherme.

Pelo apoio de minha avó Maria e orações de minha avó Dulce (*in memoriam*).

Pelos grandes amigos e companheiros Paulo Afonso, Karina, Dalton, Helton, Michelle Bayer, Tatiana, André Lang e, em especial, pela amiga Fernanda Schulthais.

Pela orientação e ensino (acadêmico e de vida) a mim dados pelos professores Victor Hugo e Wagner Otoni durante todo o meu doutorado.

Pelo apoio que os funcionários, técnicos e estagiários do Departamento de Solos e de Biologia Vegetal/UFV deram para que este trabalho fosse realizado.

Pelo maravilhoso grupo de convivência da Igreja Presbiteriana de Viçosa e suas orações.

Pelas sugestões e conselhos dados pelos professores Edgard, Genelício e Viginia.

Por aquela que, depois do ser humano, eu considero a mais bela e intrigante obra de sua criação, as orquídeas.

## **BIOGRAFIA**

André Ferreira Santos, filho de Wanderley Santos e Adélia Soares Ferreira Santos, nasceu em 30 de junho de 1983 no município de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em 1997, concluiu o ensino fundamental na Escola Evangélica Presbiteriana de Porangatu.

Em 2000, concluiu o ensino médio no Colégio Intercon 2000 - Objetivo

Em 2001, iniciou o curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em 2006.

Em Agosto de 2007, ingressou no programa de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em Julho de 2009.

Em Agosto de 2009, ingressou no programa de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa em Abril de 2014.

# SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA .....	3
<b>Capítulo 1: Modelo de recomendação de fertilizantes para o cultivo de orquídeas com base no balanço nutricional (Ferticalc-Orquídea) .....</b>	<b>5</b>
1. Introdução .....	7
2. Referencial Teórico.....	9
3. Estrutura do Modelo Ferticalc-Orquídea .....	28
4. Desenvolvimento do Modelo Ferticalc-Orquídea.....	30
5. Simulações de Uso do Modelo Ferticalc-Orquídea .....	49
6. Conclusões .....	69
7. Literatura Citada .....	71
<b>Capítulo 2: Proposição do método Requerimento-Suprimento-Otimização para elaboração da composição nutricional de meios de cultura e sua aplicação para o desenvolvimento de meios para as fases de semeio e recultivo <i>in vitro</i> de <i>Cattleya perrinii</i> Lindl. (Orchidaceae) .....</b>	<b>89</b>
1. Introdução .....	91
2. Material e Métodos .....	94
3. Resultados e Discussão.....	99
4. Conclusões .....	120
5. Literatura Citada .....	121
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>124</b>

## RESUMO

SANTOS, André Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2014. **Nutrição e fertilização de orquídeas *in vitro* e em vaso.** Orientador: Victor Hugo Alvarez V. Coorientador: Wagner Campos Otoni.

A nutrição das orquídeas é um dos principais fatores que influenciam a propagação e produção dessas plantas durante as fases de cultivo *in vitro* e *ex vitro*. Assim, para o presente estudo foram realizados dois trabalhos contemplando tal tema. O primeiro teve como objetivo desenvolver e acrescentar uma terceira fase ao método Requerimento-Suprimento (método ReSu) de elaboração de composição nutricional de meios de cultura, a qual, ao utilizar-se de matrizes experimentais com reduzido número de tratamentos, permite o estudo do efeito da concentração de cada nutriente e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, permitindo, assim, a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de *Cattleya perrinii* Lindl. Este método passou a ser denominado de Requerimento-Suprimento-Otimização (método ReSuOti). No segundo trabalho, o objetivo foi realizar um estudo sobre a nutrição de orquídeas do gêneros *Phalaenopsis*, *Cattleya* e *Dendrobium* e desenvolver um modelo de recomendação de fertilização de orquídeas fundamentado no balanço nutricional entre requerimento e suprimento e que, ao determinar o fertilizante e a sua dose, considere as variáveis genótipo, tipo de substrato utilizado, manejo da irrigação, fase do cultivo, nível tecnológico do sistema de produção e produtividade esperada. No primeiro trabalho, foram montados três experimentos para a fase de semeio e três para a de recultivo *in vitro*, sendo um experimento para estudar a interação  $N \times P \times S$ , outro para a interação  $K \times Ca \times Mg$ , nesses dois experimentos utilizou-se a matriz experimental Box Berard aumentada (3) modificada, e um terceiro para avaliar, isoladamente, os efeitos das concentrações de Fe, Zn e Mn. Teve-se como conclusão do primeiro trabalho que a utilização da terceira fase do método ReSuOti permitiu, com a utilização de um número reduzido de tratamentos, o estudo do efeito da concentração de cada nutriente e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, e possibilitou a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de *C. perrinii*. A composição nutricional otimizada no meio de cultura para a fase de semeio

foi 539 (N); 323 (P); 30 (S); 935 (K); 140 (Ca); 40 (Mg); 9,4 (Fe); 1,3 (Zn) e 5,1 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, o qual fora denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Semeio (meio SuOS). No meio de cultura para a fase de recultivo a composição nutricional otimizada foi 455 (N); 206 (P); 214 (S); 655 (K); 39 (Ca); 12 (Mg); 3 (Fe); 2,3 (Zn) e 3,7 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, este meio foi denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Recultivo (meio SuOR). No segundo trabalho, baseado no balanço nutricional entre requerimento e suprimento e utilizando a modelagem como ferramenta, desenvolveu-se a primeira versão de um modelo de recomendação de fertilização de orquídea, denominado Ferticalc-Orquídea, que possibilita recomendar as doses dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, B e Mo em função do grupo da orquídea cultivada, da fase do cultivo dessas plantas, do volume e do tipo de substrato utilizado, da produtividade esperada, do manejo da irrigação, da existência ou não do controle de temperatura na casa de vegetação e do objetivo com a cultura (produção de orquídea em vaso ou de flor para corte). Os grupos de orquídeas contemplados nesta primeira versão foram: grupo falenópsis (G1); grupo dendróbio nobile (G2); grupo denfal (G3); grupo catleia monofoliada (G4); grupo catleia bifoliada (G5) e grupo catleias pequenas (G6).

## ABSTRACT

SANTOS, André Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2014. **Nutrition and fertilization of orchids *in vitro* and in pot.** Advisor: Victor Hugo Alvarez V. Co-Advisor: Wagner Campos Otoni.

The mineral nutrition of orchids is one of the main factors that influence the propagation and production of these plants during the *in vitro* and *ex vitro* growing phases. Thus, for this paper, we carried out two studies on this theme. The aim of the first was to analyze the nutrition of orchids of the genera *Phalaenopsis*, *Cattleya*, and *Dendrobium* and develop a model for recommendation of orchid fertilization based on the nutritional balance between requirement and supply, and which, upon determining the fertilizer and application rate, considers the variables of genotype, type of substrate used, irrigation management, growth phase, technological level of the production system, and expected yield. The aim of the second study was to develop and add a third phase to the Requirement-Supply method (ReSu method) of preparation of the nutritional composition of growth media which, upon using experimental matrices with a smaller number of treatments, allows the effect of the concentration of each nutrient and of nutrient interactions on seed germination and orchid seedling growth to be studied. This, in turn, allows optimization of the nutritional composition of two new growth media, one for seeding and the other for regrowth *in vitro* propagation of *Cattleya perrinii* Lindl. This method came to be called the Requirement-Supply-Optimization method (ReSuOpt method). In this second study, three experiments were set up for the seeding phase and three for regrowth *in vitro*, with one experiment for studying the  $N \times P \times S$  interaction, and another for the  $K \times Ca \times Mg$  interaction – in these two experiments, the modified Box Berard increased 3 experimental matrix was used – and a third experiment to separately evaluate the effects of the Fe, Zn, and Mn concentrations. In the first study, based on the nutritional balance between requirement and supply and using modeling as a tool, the first version of a fertilizer recommendation model for orchid was developed, called the *Ferticalc-Orquídea*, which allows recommendation of application rates of the nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, B, and Mo as a function of the orchid group grown, the growth phase of these plants, the volume and the type of substrate used, the expected yield, the irrigation management, the existence or lack of temperature control in the greenhouse, and the purpose of the plants (for

orchid production in pots or flowers for cutting). The orchid groups considered in this first version were the phalaenopsis group (G1), nobile dendrobium group (G2), denphal group (G3), unifoliate cattleya group (G4), bifoliate cattleya group (G5), and small cattleya group (G6). The conclusion of the second study was that the use of the third phase of the ReSuOpt method, employing a reduced number of treatments, allowed evaluation of the effect of the concentration of each nutrient and of their interactions on seed germination and the growth of orchid seedlings, and allowed optimization of the nutritional composition of two new growth media, one for seeding and the other for regrowth *in vitro* of *C. perrinii*. The optimized nutritional composition in the growth medium for the seeding phase was 539 (N), 323 (P), 30 (S), 935 (K), 140 (Ca), 40 (Mg), 9.4 (Fe), 1.3 (Zn), and 5.1 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, which had been called the Orchid-Seeding Phase-Supply medium (OSSu medium). In the growth medium for the regrowth phase, the optimized nutritional composition was 455 (N), 206 (P), 214 (S), 655 (K), 39 (Ca), 12 (Mg), 3 (Fe), 2.3 (Zn), and 3.7 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, and this medium was called the Orchid-Regrowth Phase-Supply medium (ORSu medium).

## INTRODUÇÃO GERAL

A família Orchidaceae Juss. é uma das maiores dentre as Fanerógamas (cerca de 6 a 11 % de todas as plantas com sementes), possuindo mais de 22 000 espécies distribuídas em 880 gêneros (Cribb, 1999; Judd *et al.*, 2007; Pillon & Chase, 2007; Stevens, 2013). A família constitui aproximadamente 40 % das monocotiledôneas e ocorre em quase todas as regiões do planeta, com exceção apenas das regiões polares (Dahlgren *et al.*, 1985, Stevens, 2013). Além disso, existem milhares de híbridos inter e intra-genéricos criados pelo homem com o intuito de melhorar diversas características dessas plantas. Só no Brasil, segundo Pabst & Dungs (1975) em sua revisão das espécies brasileiras, existem de cerca de 2 350 espécies e 191 gêneros nativos.

A nutrição das orquídeas é um dos principais fatores que interferem na propagação e produção dessas plantas durante as fases de cultivo *in vitro* (Arditti & Ernst, 1992; Rodrigues, 2005; Ventura, 2007; Santos, 2009) e *ex vitro* (Chin, 1966; Paul & Thornhill, 1969; Miwa & Ozaki, 1975; Poole & Seeley, 1978; Bhattacharjee, 1981; Wang & Gregg, 1994; Wang, 2000 e 2007; Bichsel *et al.*, 2008; Rodrigues *et al.*, 2010).

As concentrações dos nutrientes no meio de cultura e a interação entre esses são fatores que exercem importante influência sobre a germinação e o crescimento de plântulas de orquídeas *in vitro* e sobre a resposta morfogênica desses materiais (Knudson, 1951; Rodrigues, 2005; Ventura, 2007; Santos, 2009), além de influenciar, também, o cultivo *in vitro* de inúmeras outras espécies (George *et al.*, 2008). Apesar de há tanto tempo tentar-se estabelecer composições nutricionais de meios de cultivo para o cultivo *in vitro* de orquídeas (Knudson, 1951; Arditti & Ernst, 1992; Ventura, 2007), ainda existe a necessidade de se criar e ajustar a composição nutricional de novos meios, pois, pela enorme variedade de espécies existentes, têm-se diferentes demandas nutricionais, e porque muitos destes meios não suprem de forma adequada os nutrientes requeridos para que haja uma produção satisfatória de plântulas de orquídeas *in vitro* (Santos, 2009). Entretanto, a elaboração de uma nova formulação nutricional de meio de cultura que considere as inúmeras interações entre os nutrientes, depende de grande gasto de tempo, mão de obra, explantes e recursos financeiros. Por exemplo, Hildebrandt *et al.* (1946) realizaram mais de 16 000 cultivos de tecidos de tabaco e couve-flor e Murashige & Skoog (1962) levaram cinco anos para elaborar o meio MS. Desta maneira, torna-se importante o desenvolvimento de métodos de elaboração de composição nutricional de meio de cultura que utilizem um número reduzido de tratamentos e que, ao mesmo tempo, considere as interações entre os nutrientes durante o processo de desenvolvimento do novo meio.

Outro fator importante para o sucesso no cultivo e produção de orquídeas é a fertilização dessas durante a fase do cultivo *ex vitro* (Chin, 1966; Paul & Thornhill, 1969; Miwa & Ozaki, 1975; Poole & Seeley, 1978; Bhattacharjee, 1981; Wang & Gregg, 1994; Wang, 2000 e 2007; Bichsel *et al.*, 2008; Rodrigues *et al.*, 2010). Atualmente, as recomendações de fertilizantes e adubos para orquídeas utilizadas no Brasil e em outras partes do mundo fundamentam-se, principalmente, na experiência de produtores, colecionadores e de fabricantes desses produtos e em alguns trabalhos de pesquisa que contemplaram tal tema. Essas recomendações, normalmente, indicam apenas a concentração que se deve utilizar do fertilizante na solução de fertirrigação, não informando a quantidade dessa que deve ser aplicada por planta, logo, não há uma recomendação explícita da dose. Além disso, não existe uma recomendação genérica de fertilização para orquídeas que leve em consideração o balanço nutricional entre o requerimento da planta por nutrientes e o suprimento dessas com nutrientes do substrato e que considere variáveis como o genótipo, tipo de substrato utilizado, manejo da irrigação, fase do cultivo, nível tecnológico do sistema de produção e produtividade esperado. Fazendo-se, assim, necessário o desenvolvimento de um modelo de recomendação de fertilização de orquídeas fundamentado no referido balanço e que contemple tais variáveis.

Assim, para o presente estudo foram realizados dois trabalhos. O primeiro teve como objetivo desenvolver e acrescentar uma terceira fase ao método Requerimento-Suprimento (método ReSu) (Santos, 2009) de elaboração de composição nutricional de meios de cultura, a qual, ao utilizar-se de matrizes experimentais com reduzido número de tratamentos, permite o estudo do efeito da concentração de cada nutriente e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, permitindo, assim, a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de *Cattleya perrinii* Lindl. No segundo, o objetivo foi realizar um estudo sobre a nutrição de orquídeas dos gêneros *Phalaenopsis*, *Dendrobium* e *Cattleya* e desenvolver um modelo de recomendação de fertilização de orquídeas fundamentado no balanço nutricional entre requerimento e suprimento e que, ao determinar a composição do fertilizante e a sua dose, considere as variáveis genótipo, tipo de substrato utilizado, manejo da irrigação, fase do cultivo, nível tecnológico do sistema de produção e produtividade esperada.

## LITERATURA CITADA

- ARDITTI, J. & ERNST, R. Micropropagation of orchids. 1.ed. New York, Brisbane, Chinchester, Toronto, Singapora, John Wiley & Sons, Inc., 1992. 682p.
- BHATTACHARJEE, S.K. The effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on growth and flowering of *Dendrobium moschatum* Wall. Gartenbauwissenschaft, 46:178-181, 1981.
- BICHSEL, R.G.; STARMAN, T.W. & WANG, Y.T. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for optimizing growth and flowering of the noble *Dendrobium* as a potted orchid. HortScience, 43:328-332, 2008.
- CHIN, T.T. Effect of major nutrient deficiencies in *Dendrobium phalaenopsis* hybrids. Am. Orchid Soc. Bull., 35:549-554, 1966.
- CRIBB, P.J. Orchidaceae. In: PRIDGEON, A. M.; P. J. CRIBB, M. W. CHASE, AND F. N. RASMUSSEN. eds. Genera Orchidacearum. vol. 1: General introduction, Apostasioideae, Cypripedioideae. Oxford, Oxford University Press, 1999. p91-164.
- DAHLGREN, R.M.T.; CLIFFORD, H.T. & YEO, P.F. The families of the monocotyledons. Berlin, Springer Verlag, 1985. 520p.
- GEORGE, E.F.; HALL, M.A. & DE KLERK, G.J. Plant propagation by tissue culture. v.1 The Background, 3.ed. Springer, Dordrecht, 2008. 501 p.
- HILDEBRANDT, A.C.; RIKER, A.J. & DUGGAR, B.M. The influence of the composition of the medium on growth in vitro of excised tobacco and sunflower tissue cultures. Am. J. Bot., 33:591-597, 1946.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. & DONOGHUE M.J. Plant systematics: A phylogenetic approach. 3. ed. Sunderland, Sinauer Associates Inc., 2007. 565p.
- KNUDSON, L. Nutrient solutions for orchids. Bot. Gaz., 112:528-532, 1951.
- MIWA, S. & OZAKI, H. Fertilization of *Dendrobium nobile* grown in bark. I. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on plants potted in sphagnum moss and hemlock bark. Bull. Shizuoka Agric. Exp. Station, 20:108-122, 1975.
- MURASHIGE, T. & SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., 15:473-497, 1962.

- PABST, G.F.J. & DUNGS, F. Orchidaceae Brasilienses. Kurt Schmiersow, Hildesheim, 1975. 418p.
- PAUL, J.L. & THORNHILL, W.H. Effect of magnesium on rooting of *Chrysanthemum*. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 94:280-282, 1969.
- PILLON, Y. & CHASE, M.W. Taxonomic exaggeration and its effects on orchid conservation. Conserv. Biol., 21:263-265, 2007.
- POOLE, H.A. & SEELEY, J.G. Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. J. Am. Soc. Hort. Sci., 103:485-488, 1978.
- RODRIGUES, D.T. Nutrição e fertilização de orquídeas *in vitro* e em vasos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 87p. (Tese de Mestrado).
- RODRIGUES, D.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; MOREIRA-DIAS, J.M. & ALBUQUERQUE-VILLANI, E.M. Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. Rev. Bras. Ci. Solo, 34:1609-1616, 2010.
- SANTOS, A.F. Composição mineral do meio de cultura para crescimento *in vitro* de *Cattleya walkeriana*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 32p. (Tese de Mestrado).
- STEVENS, P. F. Angiosperm Phylogeny Website. Version 13, 2013. Disponível em <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/Apweb>> Acesso em 25 de Fevereiro de 2014
- VENTURA, G.M. Propagação *in vitro* de orquídeas do grupo *Cattleya*, em diferentes meios de cultura e irradiância. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 110p. (Tese de Doutorado).
- WANG, Y.T. Medium, nutrition, and flower induction in potted blooming orchids. HortTechnology, 10:433-434, 2000.
- WANG, Y.T. Potassium nutrition affects *Phalaenopsis* growth and flowering. HortScience, 42:1563-1567, 2007.
- WANG, Y.T. & GREGG, L.L. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. HortScience., 29:269-271, 1994.

## **Capítulo 1: Modelo de recomendação de fertilizantes para o cultivo de orquídeas com base no balanço nutricional (Ferticalc-Orquídea)**

**Resumo:** Um fator importante para o sucesso no cultivo de orquídeas é a sua nutrição. Atualmente, as recomendações de fertilizantes e adubos para orquídeas utilizadas no Brasil e em outras partes do mundo fundamentam-se, principalmente, na experiência de produtores, colecionadores e de fabricantes desses produtos e em alguns trabalhos de pesquisa que contemplaram tal tema. Essas recomendações, normalmente, indicam apenas a concentração que se deve utilizar do fertilizante na solução de fertirrigação, não informando a quantidade dessa que deve ser aplicada por planta, logo, não há uma recomendação explícita de dose. Além disso, não existe uma recomendação genérica de fertilização para orquídeas que leve em consideração variáveis como o genótipo, tipo de substrato utilizado, manejo da irrigação, fase do cultivo, nível tecnológico do sistema de produção e produtividade esperado. O objetivo com este trabalho foi realizar um estudo sobre a nutrição de orquídeas do gêneros *Phalaenopsis*, *Cattleya* e *Dendrobium* e desenvolver um modelo de recomendação de fertilização de orquídeas que considere essas variáveis ao se determinar a composição do fertilizante e a sua dose a ser recomendada. Recomendação que é função do balanço entre requerimento e suprimento, sendo que o requerimento depende da demanda da cultura por cada nutriente e da eficiência com que a cultura consegue recuperar o nutriente do sistema solo-planta (ou substrato-planta) e o suprimento provem do solo (substrato), dos restos culturais e de outras fontes. Baseando-se nesse balanço e utilizando a modelagem como ferramenta, desenvolveu-se a primeira versão de um modelo de recomendação de fertilização de orquídea, denominado Ferticalc-Orquídea, que possibilita recomendar as doses dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, B e Mo em função do grupo da orquídea cultivada, da fase do cultivo dessas plantas, do volume e do tipo de substrato utilizado, da produtividade esperada, do manejo da irrigação, da existência ou não do controle de temperatura na casa de vegetação e do objetivo com a cultura (produção de orquídea em vaso ou de flor para corte). Os grupos de orquídeas contemplados nesta primeira versão foram: grupo falenópsis (G1); grupo dendróbio nobile (G2); grupo denfal (G3); grupo catleia monofoliada (G4); grupo catleia bifoliada (G5) e grupo catleias pequenas (G6). Dentre esses grupos, o grupo G1, dada uma mesma condição de cultivo, se mostrou mais exigente em fertilização, pois requer maior dose semanal de nutrientes que os demais grupos. A ordem em exigência por fertilização, de acordo com os grupos, foi a

seguinte: G1>>G3>>G5≅G2≅G4>G6. O manejo da irrigação no cultivo das orquídeas exerce importante influência sobre a taxa de recuperação dos nutrientes pelas plantas e, por isso, interfere no cálculo das quantidades de nutrientes requeridas pela cultura, sendo que as condições de manejo da irrigação em que há intenso escoamento de solução dos vasos levam a recomendação de maiores doses de nutrientes quando comparado a condições em que há pouco escoamento de solução dos vasos. Os substratos utilizados no cultivo das orquídeas e contemplados nesse estudo apresentaram baixa capacidade de disponibilizar nutrientes para as orquídeas. Entretanto, o tipo de substrato utilizado influenciou a dose dos nutrientes a ser recomendada pelo Ferticalc-Orquídea porque interferem na taxa de recuperação dos nutrientes pela planta, sendo que os substratos que proporcionam menor retenção de água, como a brita, a perlita e a casca de pinus, levaram à recomendação de doses mais elevadas dos nutrientes quando comparada às doses recomendadas ao se optar pelo uso de substratos com maior retenção de água como o esfagno e a turfa.

## 1. Introdução

Dentre os principais produtos da floricultura mundial, destacam-se as orquídeas, as quais estão entre as plantas ornamentais mais apreciadas e de maior valor comercial (Silva, 1986; Griesbach, 1995; Wang, 1996; Watanabe *et al.*, 2002; American Orchid Society, 2003 e 2006; Kiyuna, 2006). Devido à beleza de suas flores, estas, extremamente variadas em tamanho, forma, cor e fragrâncias, o cultivo de orquídeas evoluiu para uma atividade economicamente importante, destacando-se os gêneros *Phalaenopsis* Blume, *Dendrobium* Swartz e *Cattleya* Lindl. (Hew & Yong, 1997).

Um fator importante para o sucesso no cultivo de orquídeas é a sua nutrição (Wang, 1996, 2000, 2007; Majerowicz & Kerbauy, 2000; Majerowicz *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2010). Atualmente, as recomendações de fertilizantes e adubos para orquídeas aplicadas no Brasil fundamentam-se, principalmente, na experiência de produtores, colecionadores e de fabricantes desses produtos, haja visto que existem poucos trabalhos de pesquisa contemplando tal tema. Há, atualmente no Brasil, produtores e colecionadores que, por motivo do desconhecimento das reais necessidades nutricionais dessas plantas, vêm utilizando formulações de fertilizantes e adubos previamente estabelecidos para outras culturas, resultando na aplicação de doses, às vezes, insuficientes ou excessivas de fertilizantes, levando a desordens nutricionais nessas plantas (Nell *et al.*, 1997; Rodrigues *et al.*, 2010). Em diferentes orquidários dos estados brasileiros de Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo, tem-se comumente observado e constatado, por meio de análise foliar, sintomas de deficiência ou excesso nutricional.

Alguns fertilizantes formulados (N-P-K) comumente recomendados e utilizados no cultivo de orquídeas no Brasil são: 30-10-10 (para a fase de "seedling" em bandeja e em vaso); 20-20-20 ou 10-10-10 (para a fase vegetativa de plantas adultas) e 10-30-20 (utilizado no período de dois a três meses que antecede a abertura da flor) (Batchelor, 1981; Paula & Silva, 2001; Watanabe *et al.*, 2002; e informação pessoal de diversos produtores e colecionadores de orquídeas). Há, também, recomendações que indicam a utilização de fertilizantes e, ou, adubos contendo Ca, Mg e micronutrientes para suprir os requerimentos desses nutrientes pelas plantas e disponibilizados nesses formulados (Rodrigues *et al.*, 2010). Entretanto, nas recomendações e nas práticas usuais de fertilização de orquídeas tem-se preocupado apenas com a concentração do

fertilizante na solução de fertirrigação (Batchelor, 1981; Paula & Silva, 2001; Watanabe *et al.*, 2002), não havendo a preocupação com o volume a ser aplicado dessa solução, logo, não há a preocupação com a dose aplicada de cada nutriente.

A recomendação das doses dos nutrientes é função do balanço entre requerimento e suprimento, sendo que o requerimento depende da demanda da cultura por cada nutriente e da eficiência com que a cultura consegue recuperar o nutriente do sistema solo-planta (ou substrato-planta) e o suprimento provem do solo (substrato), dos restos culturais e de outras fontes naturais (Merle, 1959; Stanford, 1973; Novais *et al.*, 2007). Baseando-se nesse balanço e utilizando a modelagem como ferramenta, pesquisadores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa têm proposto modelos de recomendação de corretivos e fertilizantes para diferentes culturas como o NUTRICALC (Barros *et al.*, 1995) para eucalipto, o FERTCALC (Novais & Smyth, 1999) para abacaxizeiro, algodoeiro, arroz, bananeira, cafeeiro arábica, cana de açúcar, coqueiro, milho, pastagens, soja, tomate, meloeiro (Deus, 2012) e laranjeira (Stahringer, 2013) e o FERTI-UFV Teca (Pontes, 2011) para teca.

Um sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes, que tem contemplado em seu modelo os processos envolvidos na nutrição da planta, possibilita uma utilização mais ampla e uma evolução mais segura do processo de recomendação, o que leva a um distanciamento cada vez maior do modelo regional e uma aproximação do modelo universal (Novais & Smyth, 1999). Os modelos apresentam uma síntese lógica do conhecimento sobre determinado sistema, por exemplo, um sistema de produção agrícola, e fornecem descrições quantitativas dos processos que acontecem no mesmo. A modelagem pode, desta maneira, revelar lacunas no conhecimento vigente e fornecer direções para futuras pesquisas (Rao *et al.*, 1982; Monteith, 1996; Dourado Neto *et al.*, 1998a).

Os modelos são classificados, quanto à sua complexidade, em mecânicos e empíricos (Addiscott, 1985). Nos modelos mecânicos, os processos são quantificados com base no conhecimento científico atual, sendo assim são complexos e precisam de muita informação que são muitas vezes de difícil e, ou, onerosa obtenção. Os modelos empíricos não fazem alusão aos processos responsáveis por determinada relação, constituindo-se apenas de funções que descrevem relações entre variáveis (Reynolds & Acock, 1997). Um bom modelo da estrutura de um sistema físico ou biológico deve ser resultante de uma combinação ideal entre mecanicidade (complexidade) e empirismo

(simplicidade) e deve demandar poucas informações, as quais não devem ser de difícil obtenção na prática. Sua estrutura deve ser flexível o suficiente para permitir a introdução de novas informações ou ideias, à medida que o conhecimento científico for crescendo (Boote *et al.*, 1996; Monteith, 1996; Passioura, 1996; Dourado Neto *et al.*, 1998a, b).

Dada a importância econômica do cultivo de orquídeas e a carência de informação sobre a fertilização de orquídeas, teve-se por objetivo com este trabalho desenvolver um modelo de recomendação de fertilizantes para esta cultura, por meio da modelagem do requerimento e do suprimento de nutrientes. Este modelo reúne informações de pesquisa na área de solos e nutrição de orquídeas e tem como base, para o cálculo do balanço nutricional, a demanda de nutrientes necessários para a obtenção de plantas que atendam o padrão comercial esperado para cada fase do cultivo de orquídeas dos gêneros *Phalaenopsis*, *Dendrobium* e *Cattleya*. Como consequência do desenvolvimento do sistema, procurou-se revelar lacunas do conhecimento atual sobre o tema e apresentar caminhos para futuras pesquisas.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Características gerais da cultura**

#### **2.1.1. Origem, distribuição e importância**

A família Orchidaceae Juss. possui 880 gêneros com mais de 22 000 espécies sendo uma das maiores dentre as Fanerógamas (cerca de 6 a 11 % de todas as plantas com sementes), (Cribb, 1999; Judd *et al.*, 2007; Pillon & Chase, 2007; Stevens, 2013). Essa família está presente em quase todas as regiões do planeta, com exceção apenas das regiões polares e constitui aproximadamente 40 % das espécies de monocotiledôneas (Dahlgren *et al.*, 1985, Stevens, 2013). Além disso, existem milhares de híbridos inter e intra-genéricos criados pelo homem com o intuito de melhorar diversas características dessas plantas. Em sua revisão das espécies de orquídeas brasileiras, Pabst & Dungs (1975) afirmaram que existem cerca de 2 350 espécies e de 191 gêneros nativos.

A pronunciada e desenfreada devastação de seus habitats e a extração predatória aumentam o risco de espécies de orquídeas serem extintas de seu estado silvestre e, em alguns casos, até mesmo sem serem estudadas ou conhecidas. Por exemplo, no Brasil as últimas estimativas publicadas na Lista Oficial de Espécies da

Flora Brasileira Ameaçada de Extinção (2008), divulgada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA, indicam 34 espécies de orquídeas ameaçadas de extinção, sendo 17 do gênero *Cattleya*. Junto a esse fato, a existência de inúmeras coleções particulares de espécies de orquídeas em diversos países, assim como de instituições e jardins botânicos com coleções e programas de propagação e conservação das espécies dessa família (p. ex.: Jardim Botânico do Rio de Janeiro - Brasil; National Orchid Garden in Singapore Botanic Gardens - Singapura; American Orchid Society junto com o Fairchild Tropical Botanic Garden - USA; Orchid Society of the Royal Botanical Gardens - Canadá; Royal Botanic Gardens - Inglaterra; entre outros), revela a importância ambiental e conservacionista do cultivo de orquídeas.

O comércio de orquídeas, como planta de vaso ou flor de corte, é bastante significativo, sendo que nos EUA, no ano de 2002, foi a segunda planta ornamental de vaso mais vendida, com 12 700 000 unidades (106 M\$USA), ficando atrás apenas de bico-de-papagaio (*Poinsettia*) (247 M\$USA) e acima dos *Crisanthemum* (77 M\$USA) (American Orchid Society, 2003) e esse mercado cresceu significativamente, chegando em 2005 à 144 M\$USA (American Orchid Society, 2006). Atualmente, as orquídeas têm sido o principal produto, em termos de valor comercializado, da Cooperativa Veiling Holambra no Brasil, pela qual estima-se ser comercializado mais de 35 % dos produtos da floricultura brasileira (Ibraflor, 2013a, b, c e d e 2014)

As orquídeas estão entre as plantas ornamentais mais apreciadas e de maior valor comercial. Os gêneros *Phalaenopsis*, *Dendrobium* e *Cattleya* são alguns dos que mais se destacam dentre aqueles cultivados pelos colecionadores e produzidos comercialmente (Silva, 1986; Griesbach, 1995; Wang, 1996; Watanabe *et al.*, 2002, 2007; American Orchid Society, 2003 e 2006; Kiyuna, 2006, Ibraflor, 2013a, b, c e d e 2014).

#### **2.1.1.1. *Phalaenopsis***

A maioria das espécies do gênero *Phalaenopsis* são nativas do Norte da Austrália e de alguns outros países da Oceania e da Ásia (Índia, Filipinas, Nova Guiné, etc.) são conhecidas popularmente como orquídea borboleta, pois a forma de sua flor lembra uma mariposa de asas abertas (Gordon, 1990; Tuskes & Tuskes, 2002).

A produção de plantas de falenópsis teve um crescimento extraordinário nos últimos anos devido à disponibilidade de técnicas de cultivo, ao seu rápido crescimento

e a grande riqueza de cultivares, os quais produzem hastes florais com flores das mais diversas cores, formas e tamanhos, e que permanecem por vários meses na planta. Constitui-se no grupo favorito entre os produtores e tem se tornado mundialmente popular, alcançando alto valor comercial (Gordon,1990; Wang, 2000; Su *et al.*, 2001; Chone & Oliveira, 2005; Pridgeon, 2006).

O sistema de produção comercial de falenópsis é dividido em quatro fases. A primeira fase é a de propagação, a qual é realizada em laboratórios utilizando-se técnicas de propagação *in vitro* (propagação seminífera ou clonal); as outras três fase são realizadas em condições de casa de vegetação e são compreendidas pelas fases vegetativa, de indução floral e de florescimento. A fase vegetativa pode ser, ainda, subdividida nas fases de cultivo em bandeja e de cultivo em vaso, também conhecida como fase de produção de planta pré-adulta.

Para obter-se florescimento uniforme entre as plantas e inflorescências com padrão de alta qualidade comercial [11 ou mais flores (Cooperativa Veiling Holambra, 2014c)], as plantas, da maioria dos híbridos e clones de falenópsis, precisam ter ao menos cinco a sete folhas completamente desenvolvidas, sendo que a última folha desenvolvida deve alcançar, pelo menos, 25 cm de comprimento (Blanchard *et al.*, 2007). Quando a planta atinge esse estágio de desenvolvimento e crescimento faz-se a fase de indução floral que, geralmente, é feita por tratamento térmico (Blanchard *et al.*, 2007). No cultivo de falenópsis no Brasil, possivelmente por causa do clima e do cultivo, normalmente, em casa de vegetação sem controle de temperatura, as plantas podem emitir inflorescência, com maior ou menor frequência, durante toda a fase denominada vegetativa. Para que isso não interfira no crescimento da planta, é realizada a prática de eliminação dessas inflorescências quando estão, ainda, menores que 5 cm.

Durante a fase vegetativa, as plantas apresentam maior crescimento quando cultivadas em ambientes com temperatura média de 25 a 30 °C e com temperatura diurna variando de 28 a 32 °C, o que contribui, também, para inibir a floração, já que é a temperatura durante o dia que determina a indução a floral (Blanchard & Runkle, 2006; Blanchard *et al.*, 2007). Quando cultivadas sob essas condições de temperatura, a fase de cultivo em bandeja dura entre 20 e 25 semanas e a fase de cultivo em vaso dura entre 22 e 27 semanas (Blanchard *et al.*, 2007), entretanto, o cultivo, em condições de temperatura não controlada, pode aumentar o intervalo dessas fases para 25 a 35 e 25 a 40 semanas de cultivo em bandeja e em vaso, respectivamente (valores observados em

diferentes condições de cultivo de vários orquidários no Brasil entre 2008 e 2014). A indução floral acontece com temperaturas entre 17 e 25 °C durante o dia sendo necessário de quatro a seis semanas para que isso ocorra (Blanchard & Runkle, 2006; Lopes *et al.*, 2007). A fase de florescimento, também conhecida por fase de terminação, inicia-se após a indução floral e vai até a abertura das primeiras flores, a duração dessa fase é muito influenciada pela temperatura (Robinson, 2002; Blanchard *et al.*, 2007), por exemplo, Blanchard *et al.* (2007) demonstrou para diferentes híbridos de falenópsis que o tempo médio entre o aparecimento da inflorescência e a abertura do primeiro botão floral foi de 217, 140, 97, 71 e 54 d quando as plantas foram cultivadas sob temperaturas médias de 14, 17, 20, 23 e 26 °C, respectivamente.

A intensidade luminosa tida como ótima para o crescimento e desenvolvimento de plantas de falenópsis é de 100 a 300  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de fótons fotossinteticamente ativos (FFA) para a fase de vegetativa de cultivo em bandeja e de 200 a 300  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de FFA para as demais fases (Wang, 1997; Lee, 2000; Lopes & Runkle, 2005; Blanchard *et al.*, 2007).

#### **2.1.1.2. *Dendrobium***

O gênero *Dendrobium* pertence à tribo Dendrobieae e é um dos três maiores gêneros da família Orchidaceae contendo de 800 a 1 500 espécies (Cribb e Govaerts, 2005; Wood, 2006, Zhu *et al.*, 2009; Xiang *et al.*, 2013). As espécies desse gênero estão distribuídas, principalmente, na Ásia tropical e Oceania, mas, algumas poucas espécies, podem ser encontradas nas regiões temperadas da Ásia e Nova Zelândia (Wood, 2006; Xiang *et al.*, 2013). Lavarack *et al.* (2006) estimaram que mais de 8 000 novas cultivares e híbridos do gênero *Dendrobium* foram produzidos, desde o século XVIII, com o intuito de incorporar novas opções de cores e formas para as plantas ornamentais, o que demonstra a importância desse gênero no cultivo de flores.

Os dendróbios, nome comum dado às espécies e híbridos desse gênero, são de crescimento simpodial e possuem pseudobulbos que podem chegar a mais de 1 m de comprimento. A(s) inflorescência(s) surge(m) ao longo do pseudobulbo a partir das gemas axilares na base de suas folhas, essas podem variar de poucos cm a até 1 m de comprimento e conter de uma a cem flores (Lavarack *et al.*, 2006; Wood, 2006).

Apesar de haver grande variação morfológica entre os dendróbios, dois grupos, com características morfológicas específicas, se destacam entre os mais produzidos e

comercializados, são eles: o grupo nobile, que é composto por cultivares da espécie *Dendrobium nobile* Lindl. e muitos outros híbridos que possuem o *D. nobile* em sua linhagem progenitora, esse grupo é caracterizado por produzir inflorescências, com uma a três flores, distribuídas ao longo dos pseudobolbos. Segundo os critérios de classificação de *Dendrobium* em vaso, as plantas desse grupo devem possuir entre 40 a 80 cm de altura, variável em função da cultivar, maturação uniforme e uma quantidade mínima de 10 flores por pseudobulbo, mas, preferencialmente, devem ter entre 20 e 30 flores, além disso, o número de pseudobolbos floridos também está ligado à valorização do produto (Cooperativa Veiling Holambra, 2014a); e o grupo denfal ou denfale, que é composto por híbridos produzidos a partir de diferentes espécies do gênero *Dendrobium*, em especial o *D. phalaenopsis* Fitzg e o *D. bigibbum* Lindl., esse grupo diferencia-se do anterior, entre outras características, por produzir apenas uma ou duas inflorescências multiflorais na porção terminal dos pseudobolbos, as quais podem chegar a ter mais de vinte flores. O nome Denfal é uma alusão à semelhança, em forma e cor, das flores desse grupo às flores dos híbridos comerciais de *Falenópsis* (Lavarak *et al.*, 2006; Wood, 2006; Cardoso, 2012).

A temperatura exerce efeito sobre o crescimento e o florescimento dos dendróbios (Yamamoto, 1970; Neptune, 1984; Sinoda *et al.*, 1988; Wood, 2006), de maneira que, para as plantas do grupo nobile, temperaturas mais elevadas, entre 24 e 30 °C, favorecem o crescimento das plantas e reduzem o intervalo de tempo entre o término da indução floral e a abertura floral, e intervalos de 12 a 16 h d<sup>-1</sup> com temperaturas noturnas mais baixas, entre 10 e 15 °C, durante 30 a 40 d, favoreceram a indução floral e a produção de flores de alta qualidade. Sendo assim, tem-se recomendado que, durante as fases juvenil e vegetativa, os dendróbios sejam cultivados em ambiente mais quente ou durante o período mais quente do ano e que, durante a fase reprodutiva, eles sejam cultivados em ambientes mais frios ou durante o período mais frio do ano (Neptune, 1984; Sinoda *et al.*, 1988; Wood, 2006). Já para o grupo Denfal, o crescimento das plantas e a produção de flor são favorecidos quando as temperaturas noturna ficam acima de 18 °C e as temperaturas diurnas entre 24 e 30 °C (Leonhardt & Sewake, 1999; Wood, 2006).

### **2.1.1.3. *Cattleya***

As espécies de catleias, como são chamadas as orquídeas do gênero *Cattleya*, junto com os inúmeros híbridos intra e intergenéricos, estão amplamente disponíveis no

comércio e são muito apreciados por colecionadores de todo o mundo. Essas plantas possuem flores grandes (p. ex.: as flores de *Cattleya warneri* T. Moore podem chegar até 25 cm de diâmetro) e vistosas, o que exerce enorme apelo visual, além disso, elas adaptam-se bem a maioria das condições de cultivo de produtores e colecionadores de orquídeas (Eigeldinger & Murphy, 1972; Black, 1973; Kumairia & Tandon, 2001; Watanabe *et al.*, 2002, 2007; Takane *et al.*, 2010).

De acordo com a nova classificação de espécies, proposta por Van den Berg (2008), o gênero *Cattleya* passou a ser composto por 114 espécies (Stevens, 2013), pois incorporou as espécies do gênero *Sophranitis* Lindl. e várias espécies do gênero *Laelia* Lindl. como, por exemplo, o *Sophranitis coccinae* (Lindl.) Rchb.f. e a *Laelia purpurata* Lindl. & Paxton. As espécies desse gênero são epífitas e, em menor quantidade, rupícolas e são nativas das regiões tropicais e subtropicais das Américas, estando distribuída desde o México até a Argentina (Stevens, 2013) e podendo ser encontradas desde o nível do mar até 2 000 m de altitude.

O gênero *Cattleya* é dividido em grupos que agregam características morfológicas e agronômicas comuns, sendo, os cinco principais grupos os seguintes: **catleia** (*strictu senso*) - é composto pelas espécies restritas ao gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação em 2008 (Van den Berg, 2008), e está subdividido em outros quatro subgrupos; **brasilaelia** - constituído por nove espécies de plantas com pseudobulbos fusiformes lateralmente comprimidos com uma folha oblonga em seu ápice, inflorescência com duas ou mais flores grandes, essas características são semelhantes às plantas do subgrupo *Cattleya* monofoliada (veja descrição a seguir), entretanto elas se diferenciam das desse subgrupo pelo fato de terem oito políneas em cada flor [p. ex.: *C. purpurata* (Lindl. & Paxton) Van den Berg]; **hadrolaelia** - formado por seis espécies de plantas pequenas de pseudobulbos sem espata, fusiformes, lateralmente comprimidos e com uma folha oblonga em seu ápice, inflorescência com duas ou mais flores com oito políneas [p. ex.: *C. jongheana* Rchb.f. e *C. praestans* (Rchb.f.) Van den Berg]; **sophranitis** - constituído por nove pequenas espécies epífitas (também podem ser encontradas crescendo como rupícolas), as plantas têm pseudobulbos ovais eretos e alongados [*C. coccinae* (Rchb.f. ex Lindl) Van den Berg], ou achatados [*C. cernua* (Lindl.) Van den Berg], com uma única folha carnuda, côncava, as vezes achatada sobre a planta (*C. cernua*). A inflorescência surge da gema apical do bulbo ao mesmo tempo que uma nova brotação é emitida, sendo que a nova folha funciona como se fosse uma

espata (p. ex.: *C. coccinea* Lindl.); e **hoffmannseggella** - Cerca de quarenta espécies rupícolas compõe esse grupo, São plantas de tamanhos variados, com pseudobulbos aglomerados cônicos, piriformes ou ovoides, algumas vezes bastante alongados, unifoliados, folhas coriáceas lanceoladas. inflorescência racemosa e, normalmente, multiflora [p. ex.: *Cattleya cinnabarina* (Bateman ex Lindl.) Van den Berg] (Chiron & Castro, 2002; Watanabe *et al.*, 2002; Van den Berg, 2008; Takane *et al.*, 2010).

O grupo *catleia* tem sido subdividido em quatro subgrupos, a saber: **catleia bifoliada** - formado por espécies geralmente altas com pseudobulbos estreitos e duas ou mais folhas na extremidade e, normalmente, com mais flores que os outros grupos (p. ex.: *C. amethystoglossa* Linden & Rchb.f. ex R.Warner, *C. bicolor* Lindl. e *C. guttata* Lindl.); **catleia monofoliada** - possuem pseudobulbos fusiformes que são mais curtos e mais espessos do que os do grupo anterior e têm uma só folha em seu ápice, além disso, suas flores são maiores e em menor quantidade (p. ex.: *C. labiata* Lindl., *C. lueddemanniana* Rchb.f. e *C. warneri*); **catleia monofoliadas de flores pequenas** - grupo composto por apenas três espécies (*C. iricolor* Rchb.f, *C. luteola* Lindl e *C. mooreana* Withner, Allison & Guenard); e **catleia com inflorescência lateral** - esse grupo é composto por apenas duas espécies (*C. nobilior* Rchb.f. e *C. walkeriana* Gardner) que apresentam pseudobulbos curtos e ovoides com uma ou duas folhas e, normalmente, emitem sua inflorescência a partir de uma gema axilar na base do pseudobulbo (Watanabe *et al.*, 2002; Takane *et al.*, 2010).

Para fins de produção e comercialização, os híbridos de *Cattleya* são divididos em três grupos segundo suas características morfológicas e agrônômicas, as quais se assemelham às de alguns grupos acima citados. O primeiro grupo, denominado híbridos monofoliados de *catleia*, é formado por plantas monofoliadas com características semelhantes às do subgrupo *catleia monofoliada* e do grupo *brasilaelia*, isso ocorre devido a utilização de espécies desses grupos nos cruzamentos que deram origem a esses híbridos; O grupo denominado híbridos bifoliados de *catleia*, é formado por plantas bifoliadas com características semelhantes às do subgrupo *catleia bifoliada*; por último, o grupo das mini *catleias* ou mini-catts, como são popularmente conhecidas, agrega plantas compactas com altura, geralmente, inferior a 15 cm e que, normalmente, florescem mais de uma vez por ano. As mini-catts agregam características morfológicas das espécies dos grupos *hadrolaelia*, *sophronitis* e *hoffmannseggella* e do subgrupo *catleia com inflorescência lateral*, esses híbridos são geralmente marcados pela presença

da *C. coccinea* no processo de melhoramento desses (Watanabe *et al.*, 2002; Takane *et al.*, 2010; Robertson Orchids, 2007; Cooperativa Veiling Olambra, 2014b; e informação pessoal de produtores e colecionadores de orquídeas).

### **2.1.2. Substratos para orquídeas**

Para o cultivo de orquídeas, principalmente as epífitas e rupícolas, faz-se necessário o uso de substratos, pois o uso de solo pode ocasionar problemas fitossanitários e promover condições de arejamento e umidade desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento dessas plantas (Eigeldinger & Murphy, 1972; Black, 1973). Substrato é descrito como o meio onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo, esse fornece sustentação para as plantas, regulando a disponibilidade de nutrientes e água para as raízes (Kämpf, 2000).

No cultivo de orquídeas, o substrato desempenha, principalmente, a função de suporte para o sistema radicular das plantas. Além dessa função, o substrato selecionado deve promover boa aeração das raízes e ter capacidade de reter água, sem encharcar, e reter nutrientes, propiciando, assim, condições satisfatórias ao crescimento e florescimento das plantas (Silva e Silva, 1997; Kämpf, 2000). Gonçalves (1992) menciona que as seguintes características, também, são desejadas para um bom substrato: disponibilidade e baixo custo, isenção de propágulos de plantas daninhas e microrganismos nocivos, ausência de substâncias tóxicas, acidez próxima da neutralidade, propriedades físicas e químicas estáveis quando submetido a tratamentos que visem esterilizá-lo, ser inodoro e não alterar suas propriedades quando submetido a armazenamento por tempo prolongado.

Por apresentar características desejáveis a um bom substrato e promover condições favoráveis para o crescimento das orquídeas, o xaxim foi, por muitos anos, um dos principais substratos utilizados no cultivo de orquídeas no Brasil (Eigeldinger & Murphy, 1972; Black, 1973; Silva, 1986; Watanabe, 2002). As plantas fornecedoras de xaxim são originárias da América do Sul e encontram-se em processo de extinção, devido ao extrativismo desenfreado. Essas plantas levam de 15 a 18 anos para atingirem o estágio ideal para a extração e não existe produção em escala comercial (Lorenzi e Souza, 1996). Devido ao seu uso indiscriminado, hoje, no Brasil, o xaxim é protegido por lei, sob a Resolução nº. 278, de 24 de maio de 2001, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 2001), por meio da qual sua extração e comercialização estão proibidas.

No decorrer das últimas três décadas, com o objetivo de substituir o xaxim e, ou, reduzir o custo da produção dessas plantas, muitos estudos buscaram avaliar e recomendar o uso de diferentes tipos de substratos que promovessem condições satisfatórias para o crescimento das orquídeas e sua produção de flores (Griesbach, 1985; Sakane *et al.*, 1993; Wang & Gregg, 1994; Wang, 1995a, 1998; Demattê & Demattê, 1996; Demattê & Vitti, 1997; Demattê & Graziano, 2000; Kämpf, 2000; Rego *et al.*, 2000; Faria *et al.*, 2001; Xun & Ichihashi, 2001; Moraes *et al.*, 2002; Wang & Konow, 2002; Souza, 2003; Meneguice *et al.*, 2004; Assis *et al.*, 2005; Colombo *et al.*, 2005; Yamakami *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2007; Sorace, 2009). Os substratos recomendados, por esses autores, para o cultivo de orquídeas podem ser de origem orgânica, como o esfagno, turfa, cascas de diferentes árvores, fibra e chips de coco, caroço de açaí, carvão vegetal e casca do fruto macadâmia; de origem mineral, como o seixo rolado, pedra brita, argila expandida (cinasita), perlita, vermiculita e cacos de telha ou de tijolos; e de origem sintética, como poliestireno expansível (isopor), espuma fenólica e lã de rocha.

Além dos substratos citados a cima, produtores de orquídeas têm utilizado (experiência do autor) e muitos autores de trabalhos de pesquisa têm recomendado a utilização de um substrato composto pela mistura desses, a qual contem pelo menos um substrato grosseiro (alta granulometria - > 4 mm - e alta porosidade) e pelo menos um substrato com alta capacidade de retenção de água, como o esfagno e a turfa (Konow, 1998) (Sakane *et al.*, 1993; Wang & Gregg, 1994; Wang, 1995a, 1998; Demattê & Demattê, 1996; Demattê & Vitti, 1997; Demattê & Graziano, 2000; Rego *et al.*, 2000; Faria *et al.*, 2001; Wang & Konow, 2002; Meneguice *et al.*, 2004; Yamakami *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2007). Os bons resultados que essas misturas têm proporcionado no cultivo de orquídeas, podem ser explicados porque essas passam a agregar as características de bom arejamento e de retenção de umidade para as raízes ao mesmo tempo. Dessa forma, o ambiente radicular fica livre de condições de encharcamento e com melhor arejamento do que quando se utiliza apenas substratos com alta capacidade de retenção de água e, ao mesmo tempo, mantém por mais tempo as condições de umidade favoráveis à absorção de água e nutrientes pelas raízes do que quando se utiliza apenas substratos grosseiros.

## **2.2. Aspectos nutricionais da cultura**

### **2.2.1. Composição nutricional**

Os nutrientes exercem função essencial e específica no metabolismo das plantas, desempenhando função estrutural, osmótica, como constituintes de enzimas e como ativadores ou cofatores de reações enzimáticas (Marschner, 2012).

Segundo os critérios de essencialidade, os nutrientes são igualmente importantes para o crescimento e desenvolvimento da planta, entretanto, existe uma classificação, baseada na proporção em que são exigidos e se acumulam nos tecidos das plantas, em que os nutrientes são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Ni e Mo), sendo o primeiro grupo exigido em maior quantidade pela planta quando comparado ao segundo (Marschner, 2012). A ausência ou deficiência dos nutrientes durante o desenvolvimento da orquídea resulta em injúria, alterações morfológicas, redução do crescimento ou morte da planta (Novais & Rodrigues, 2004; Wang, 2007; Wang *et al.*, 2007).

No quadro 1, apresenta-se as faixa de teores de nutrientes em folhas de orquídeas considerada adequada para plantas dos gêneros *Cattleya* e *Phalaenopsis* e para plantas de denfal. Observa-se que os teores foliares de macronutrientes tidos como normais são maiores em falenópsis quando comparados aos teores normais para catleia e denfal e que o Ca, nutriente que os produtores e colecionadores de orquídeas tem dado pouca atenção no processo de fertilização dessas plantas (Watanabe *et al.*, 2002; Allikas, 2010; Rodrigues *et al.*, 2010; Zaslowski, 2011), é o terceiro principal nutrientes em termos de teor na folha ( $N > K > Ca$ ). Quanto aos micronutrientes, observa-se que, para Mn, os falenópsis apresentam maiores teores foliares em relação às catleias e às plantas de denfal e que o Fe e Mn são os micronutrientes com maiores teores nos tecidos foliares.

### **2.2.2. Nutrição no cultivo de orquídea**

Vários autores têm reportado a importância da nutrição no cultivo de orquídeas (Chin, 1966; Paul & Thornhill, 1969; Miwa & Ozaki, 1975; Poole & Seeley, 1978; Bhattacharjee, 1981; Wang & Gregg, 1994; Wang, 2000a; Novais & Rodrigues, 2004; Ventura, 2007; Wang, 2007; Bichsel *et al.*, 2008; Santos, 2009; Rodrigues *et al.*, 2010; Santos, 2014 - resultados de trabalhos prévios; entre outros). Entretanto, em alguns trabalhos com nutrição de orquídeas foi verificado haver pouco ou nenhum efeito da fertilização sobre variáveis de crescimento e produção de orquídeas (Batchelor, 1983;

Nash, 1983, Wang, 1996). Wang (1996), por exemplo, para determinada condição experimental, verificou haver pouco ou nenhum efeito do tipo da formulação N-P-K e das doses dos nutrientes por ele utilizadas sobre o crescimento e a produção floral de um híbrido de falenópsis, contudo, nesse trabalho não foram testadas doses baixas ou a ausência dos nutrientes N, P e K e, ainda, utilizou-se um substrato com 30 % de turfa, a qual pode ter também contribuído para suprir parte da demanda desses nutrientes pelas plantas reduzindo, assim, o efeito das doses dos nutrientes.

**Quadro 1.** Faixas de teores de nutrientes em folhas de orquídeas consideradas adequadas para plantas dos gêneros *Cattleya* e *Phalaenopsis* e para plantas de denfal<sup>(1)</sup>

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
<i>Cattleya</i>	15-25	1-2	20-30	4-10	3-6	-	50-100	25-75	40-80	10-30	25-50
<i>Phalaenopsis</i>	20-35	2-3	40-60	15-25	4-8	-	80-150	20-60	100-200	10-25	25-50
Denfal	15-19	1,5-2,2	18-24	6-10	4-8	1,5-5	50-150	50-150	30-100	8-15	-

<sup>(1)</sup>Híbridos comerciais de orquídeas que têm em sua progênie as espécies de *Dendrobium phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins.

Fonte: Poole & Sheehan, 1982; Leonhardt & Sewake, 1999

O N talvez seja o nutriente mais importante para a fertilização das orquídeas, haja visto que, quando comparado aos outros nutrientes, existe um grande número de trabalhos demonstrando seu efeito sobre a germinação, o crescimento em condições *in vitro* e em casa de vegetação e a produção de flores de orquídeas (Poole, & Seeley, 1978; Miwa & Ozaki, 1975; Wang & Gregg, 1994; Wang, 1996, 2000a; Novais & Rodrigues, 2004; Ventura, 2007; Santos, 2009; Rodrigues *et al.*, 2010; Santos, 2014 - resultados de trabalhos prévios). Santos (2014) (resultado de trabalhos prévios) demonstrou a maior importância do N em relação a outros nutrientes no cultivo *in vitro* de *C. perrinii* Lindl., já que a dose de N foi responsável por explicar 99,7; 86,3 e 92,1 % dos modelos de crescimento de parte aérea, raiz e total, respectivamente, de plântulas de *C. perrinii* Lindl. em função das doses de N, P e S e suas interações, e porque ao relativizar as doses de todos os nutrientes estudados, em que 0 e 100 foram as doses que promoveram o menor e maior crescimento das plântulas, respectivamente, para a curva de cada nutriente, esse autor observou que, quando comparado aos nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn e Mn, o N foi o nutriente que proporcionou o maior crescimento (dados não publicados).

No cultivo de orquídeas o N, assim como o P e o K, influenciam o número, tamanho e produção de matéria seca de folhas, pseudobulbos, raízes e flores, a área foliar, o intervalo de duração da fase vegetativa e a durabilidade das flores após a colheita (Poole & Sheehan, 1970; 1978; Bhattacharjee, 1981; Wang & Gregg, 1994; Bichsel, 2006; Wang, 2007).

O Ca, Mg e S são importantes no cultivo de orquídeas, entretanto, poucos foram os trabalhos que contemplaram o estudo do efeito desses nutrientes na nutrição de orquídeas, contudo, sabe-se que plantas de orquídeas cultivadas em ambiente com deficiência desses nutrientes tem seu crescimento reduzido e podem apresentar morte dos brotos novos (deficiência de Ca), folhas velhas encarquilhadas e esbranquiçadas (deficiência de Mg) e folhas novas e velha amareladas concomitantemente (deficiência de S) (Paul & Thornhill, 1969; Poole & Sheehan, 1970, 1973; Novais & Rodrigues, 2004; Santos, 2014 - trabalho prévio).

Os micronutrientes estão envolvidos em diversos processo metabólicos das plantas (Marschner, 2012) e a sua nutrição tem apresentado efeito sobre o crescimento de orquídeas (Rodrigues *et al.*, 2010; Jiménez-Peña *et al.*, 2013; e resultados de trabalhos prévios - dados não publicados). Entretanto, tem-se dado pouca atenção ao uso desses nutrientes no cultivo de orquídeas, possivelmente, isso ocorre porque a maioria dos fertilizantes utilizados em seu cultivo possuem esses nutrientes em sua fórmula (Wang *et al.*, 2007) e porque os substratos utilizados para cultivar orquídeas podem contribuir para o suprimento desses nutrientes (Demattê, 1992; Rodrigues *et al.* 2010; Santos, 2014 - trabalho prévio; Fontes<sup>1</sup>, 2014 - dados não publicados).

### **2.2.3. Adaptações e suas influências sobre a nutrição de orquídeas**

Em seu habitat, a maioria das orquídeas, principalmente as de clima tropical, crescem como epífitas aderidas aos troncos e galhos das árvores [atualmente, estima-se que 70 % das espécies de orquídeas sejam epífitas (Zotz, 2013)]. Esse ambiente específico em que vivem, mesmo sendo em regiões com alto índice pluviométrico, proporciona uma condição de elevado estresse hídrico, devido à exposição direta de suas raízes aos efeitos do vento e por não existir um componente, como o solo, que funcione como reservatório de água, o qual pudesse suprir de água as raízes durante os períodos de estiagem. Para conseguir crescer nessas condições ambientais, as orquídeas desenvolveram algumas adaptações morfológicas que as tornaram eficientes na

---

<sup>1</sup> Fontes é pesquisadora do NPCO-UFV e da B&G Flores Nutrição Vegetal LTDA. Informação pessoal

captação de recursos hídricos e nutricionais, como o velame em suas raízes (Went, 1940; Zotz & Winkler, 2013).

O velame é um tecido esponjoso formado por células mortas. Ele compreende a faixa de célula entre a epiderme e a exoderme da raiz (porção mais externa da raiz), essa faixa pode ser unisseriada (contendo uma única camada de células) ou multisseriada (duas até 15 camadas de células) (Barthlott & Capesius, 1975; Benzing *et al.*, 1982; Pridgeon, 1987; Waisel, 2002). Esse tecido, além da característica de retenção de água, possui a capacidade de reter cátions e ânions na estrutura das paredes celulares de suas células mortas (apresentam CTC e CTA elevada) (Hájek & Adamec; 2008; Zotz & Winkler, 2013). Quando ocorre uma chuva, no habitat, ou quando se faz uma fertirrigação, em ambiente de cultivo, o velame é preenchido por uma solução contendo os nutrientes, então, uma parte desses será absorvida durante a chuva ou fertirrigação, outra parte ficará retida no complexo de troca catiônico e aniônico e a outra parte, que não conseguir ficar retida nesse complexo, será perdida. Após a chuva ou fertirrigação, essas raízes continuam úmidas por um determinado período de tempo, fornecendo condições para que continue o fluxo de nutrientes do velame até o cilindro vascular, passando pela exoderme, córtex e endoderme. Na medida em que a raiz seca ocorre uma redução da água livre no velame, com isso, há uma diminuição na difusão dos íons e no fluxo desses, via apoplasto, até a endoderme. A reidratação do velame, por meio da elevação da umidade relativa noturna e, ou, do orvalho que ocorre durante a madrugada nos ambientes naturais em que essas plantas vivem, ou por uma simples rega, criará novamente condições de umidade favorável à difusão dos nutrientes, reestabelecendo o influxo e absorção desses pelas plantas (Went, 1940; Zotz & Winkler, 2013). Dessa forma, o velame acaba funcionando como uma espécie de substrato, o qual armazena água e nutriente para a própria orquídea.

Além do velame, outro aspecto importante para a nutrição dessas plantas em seu habitat é a associação que elas fazem com fungos micorrízicos [principalmente, com os rizoctonioides (Boldrini, *et al.*, 2010)], os quais conseguem explorar um maior volume de substrato que aquele explorado apenas pelas raízes das orquídeas, esses conseguem, também, absorver nutrientes e carregá-los, célula a célula, até o córtex das raízes das orquídeas em condições de umidade do substrato nas quais as raízes, sem a associação, não conseguiriam absorver os nutrientes (Smith & Read 1997; Trudell *et al.*, 2003; Cameron, 2007; Dearnaley, 2007). Além do mais, esses fungos conseguem

assimilar formas orgânicas de N (formas amínicas advindas da decomposição de folhas, por exemplo) e, posteriormente, transferi-las para a orquídea (Rasmussen, 2002; Trudell *et al.*, 2003; Rasmussen & Rasmussen, 2007). Atualmente, a prática de inocular fungos micorrízicos em orquídeas tem sido especialmente aplicada em trabalhos de conservação e reintrodução de orquídeas em seus ambientes naturais, enquanto que a nível comercial pouco se tem explorado essa prática (Otero *et al.*, 2013).

### **2.3. Histórico sobre a recomendação de fertilização de orquídeas**

Até o início da década de 1990, mesmo com alguns trabalhos já mostrando a importância da fertilização no cultivo de orquídeas (p. ex.: Poole & Seeley, 1978), muitos produtores, colecionadores e técnicos especialistas nesse cultivo consideravam que o cultivo de orquídea requeria pouco uso de fertilizantes e adubos. Essa consideração baseava-se na observação do crescimento dessas plantas na natureza, o qual era tido como muito lento, já que emitiam apenas uma brotação por ano e que algumas plantas levavam até mais de dez anos entre a germinação e a floração. Além disso, supunha-se que o xaxim, substrato muito utilizado até o fim do séc. XX, a poeira assentada sobre o substrato, a água de irrigação e a associação que as orquídeas fazem com fungos micorrízicos fossem capazes de suprir por completo o requerimento das plantas por nutrientes (Davidson, 1961; Eigeldinger & Murphy, 1972; Black, 1973; Batchelor, 1983; Nash, 1983; Informação pessoal de produtores, colecionadores e técnicos em cultivo de orquídeas).

Com a necessidade de tornar mais eficiente o sistema de produção de orquídeas, a fim de atender seu crescente mercado mundial (Goh & Kavaljian, 1989; Kamemoto *et al.*, 1999; Leonhardt & Sewake, 1999; Griesbach, 2000), buscou-se reduzir o intervalo entre a chegada dos "seedlings" na casa de vegetação e a saída de plantas floridas em ponto de comércio; para que isso acontecesse foram realizados muitos trabalhos de melhoramento genético para diferentes grupos de orquídeas em diversos países, os quais, além de buscar o melhoramento das características florais, levaram a criação de plantas mais vigorosas e de rápido crescimento (Goh & Kavaljian, 1989; Leonhardt & Sewake, 1999; Blanchard *et al.*, 2007; Cardoso, 2012; Faria *et al.*, 2013). Além disso, a implantação de sistemas de cultivo capazes de manter a temperatura e luminosidade dentro da faixa considerada como ótima para o cultivo dessas plantas, também, favoreceu o crescimento dessas plantas, tornado ainda mais rápido seu ciclo de produção (p. ex.: algumas espécies de *Dendrobium* e de

*Phalaenopsis* demoravam mais de 60 meses de cultivo em casa de vegetação até atingir o padrão comercial, hoje, alguns de seus híbridos ou cultivares, gastam apenas 18 meses) (Wang, 1997; Leonhardt & Sewake, 1999; Lopes & Runkle, 2005; Blanchard & Runkle, 2006; Blanchard *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2007). Dessa maneira, essas novas plantas, inseridas num sistema de produção intensivo, passaram a demandar maior quantidade de nutrientes. Aliada a esse aumento da demanda por nutrientes, a substituição do xaxim, o qual era capaz de suprir, em parte, a demanda nutricional dessas plantas, por substratos que, possivelmente, pouco contribuem para suprir tal demanda (p. ex.: brita, carvão, cinasita, perlita, esfagno, e cascas de árvores), fez com que os produtores, logo, percebessem a importância de fertilizar as orquídeas para obterem sucesso no cultivo.

Na década de 1990 e 2000 foram realizados, por pesquisadores de diferentes países, trabalhos que demonstravam claramente o efeito da nutrição sobre o crescimento, florescimento e redução no tempo de produção de orquídeas (Chin, 1966; Paul, J.L. and W.H. Thornhill, 1969; Poole, & Seeley. 1978; Bhattacharjee, 1981; Wang & Gregg, 1994; Wang, 2000a; Novais & Rodrigues, 2004; Bichsel, 2006; Ventura, 2007; Wang, 2007; Bichsel *et al.*, 2008; Rodrigues *et al.*, 2010; entre outros). Entretanto, os autores desses trabalhos não propuseram uma recomendação clara da dose de cada nutriente ou da dose de uma formulação específica para cada grupo de orquídea em cada fase e em cada sistema de cultivo.

Atualmente, poucos são os produtores e colecionadores que se baseiam nas informações geradas pelos trabalhos acima citados para definir o programa de adubação e fertilização a ser utilizado em seu orquidário. As recomendações de fertilizantes e adubos para orquídeas utilizadas no Brasil e em outros países, fundamentam-se, principalmente, na experiência de produtores, colecionadores e de fabricantes desses produtos. No Brasil, produtores e colecionadores que, por motivo do desconhecimento das reais necessidades nutricionais dessas plantas, vêm utilizando formulações de fertilizantes e adubos previamente estabelecidos para outras culturas, resultando na aplicação de doses, às vezes, insuficientes ou excessivas de fertilizantes, levando à desordens nutricionais nessas plantas (Nell *et al.*, 1997; Rodrigues *et al.*, 2010). Em diferentes orquidários dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santos, tem-se comumente observado e constatado, por meio de análise foliar, sintomas de deficiência ou excesso nutricional.

Alguns exemplos de fertilizantes formulados (N-P-K) constantemente recomendados em livros e textos técnicos e utilizados no cultivo de orquídeas no Brasil e em outros países são: 30-10-10 (para a fase de "seedling" em bandeja e em vaso ou para plantas adultas cultivadas em cascas de árvores); 20-20-20, 18-18-18 ou 10-10-10 (para a fase vegetativa de plantas adultas) e 10-30-20 (utilizado no período de dois a três meses que antecede a abertura da flor) (Batchelor, 1981; Baker & Baker, 1996; Paula & Silva, 2001; Watanabe *et al.*, 2002; Baker & Baker, 2006; Allikas, 2010; Zaslowski, 2011; Neves, 2014; entre tantos outros; e informação pessoal de diversos produtores e colecionadores de orquídeas). Há, também, recomendações que indicam a utilização de fertilizantes e, ou, adubos contendo Ca, Mg e micronutrientes para suprir a carência desses nutrientes (Watanabe *et al.*, 2002; Allikas, 2010; Rodrigues *et al.*, 2010; Zaslowski, 2011) e, mais recentemente, tem-se recomendado formulações específicas dependendo do substrato (Wang, 2000; Allikas, 2010). Entretanto, nas recomendações atuais e nas práticas usuais de fertilização de orquídeas tem-se preocupado apenas com a concentração do fertilizante na solução de fertirrigação e com a frequência da fertilização de acordo com o grupo de orquídea (Baker & Baker, 1996; Watanabe *et al.*, 2002 e 2007; Baker & Baker, 2006; Allikas, 2010), não havendo a preocupação com o volume a ser aplicado dessa solução por vaso ou por área de cultivo, logo, não há a preocupação com a dose necessária de cada nutriente para fechar o balanço entre o requerimento da planta e o que o substrato é capaz de suprir.

Após extensa revisão literária, concluiu-se não haver, ainda, um modelo bem definido de recomendação de fertilizantes para orquídeas que englobe aspectos como produtividade esperada, tempo de cultivo, demanda nutricional da planta de acordo com cada grupo de orquídeas e capacidade do substrato em suprir nutrientes para essas plantas. Assim, destaca-se a importância de desenvolver um modelo de recomendação que considere essas variáveis no cálculo da dose de cada nutriente a ser aplicada.

#### **2.4. Modelo Fertcalc**

A elaboração de modelos tem sido utilizada em distintas áreas do conhecimento para tentar organizar as ideias a respeito de diferentes sistemas, específicos a cada uma dessas áreas, e compreender a interação entre as diferentes variáveis envolvidas nesses sistemas. Do ponto de vista científico, modelo é um conjunto de hipóteses sobre a estrutura ou o comportamento de um sistema físico ou biológico, por meio do qual se procura explicar ou prever propriedades do sistema e

simular respostas a estímulos externos e internos (Kneller, 1979; Landsberg, 1986, citados por Santos, 2003).

As principais vantagens da modelagem consistem na organização do conhecimento disponível sobre o sistema, identificação de lacunas de informações sobre o assunto modelado, melhor tratamento dos dados existentes, além do direcionamento de futuros trabalhos (Passioura, 1996). Como desvantagens, destacam-se os riscos de se considerar as estimativas dos modelos como totalmente verdadeiras, em razão do conhecimento insuficiente do assunto modelado, bem como as dificuldades encontradas durante seu desenvolvimento (Reynolds & Acock, 1997; Dourado Neto *et al.*, 1998 b).

Para fins de recomendação de adubação, Oliveira (2002) destacou que a simplificação de algumas pressuposições e a incorporação destas aos modelos mecanísticos diminuiria a quantidade de informações requeridas para alimentar o modelo, tornando seu entendimento mais simples e sua utilização mais abrangente, sem, contudo, comprometer a qualidade das recomendações.

O Modelo Fertcalc de recomendação de calagem e fertilizantes tem estrutura desenvolvida com base na Lei da Restituição, a qual considera o balanço nutricional entre as perdas e os ganhos de nutrientes no sistema solo-planta, e com base nos princípios de fertilização de culturas agrícolas proposto, inicialmente, por Merle (1959) e adaptado por outros autores (Stanford, 1973; Barros *et al.*, 1995; Novais & Smyth, 1999; Novais *et al.*, 2007), os quais dizem que a recomendação das doses dos nutrientes é função do balanço entre requerimento e suprimento, sendo que o requerimento depende da demanda da cultura por cada nutriente e da eficiência com que a cultura consegue recuperar o nutriente do sistema solo-planta (ou substrato-planta) e o suprimento provem do solo (substrato), dos restos culturais e de outras fontes naturais.

Tendo como base os princípios acima citados, vários Modelos Fertcalc foram desenvolvidos e estão em aprimoramento no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, a saber: arroz (Raffaeli, 2000); milho (Carvalho, 2000); tomate (Mello, 2000); café (Prezotti, 2001); cana-de-açúcar (Freire, 2001); soja (Santos, 2002); algodão (Possamai, 2003); teca (Oliveira, 2003); pastagens (Santos, 2003); banana (Oliveira, 2005); abacaxi (Silva, 2009); coco (Rosa, 2011); melão (Deus, 2012); e laranja (Stahring, 2013).

O Modelo Fertcalc, em termos gerais, computa as doses dos nutrientes a serem aplicadas via fertilizantes por meio da diferença entre as quantidades requeridas pelas plantas, necessárias para se alcançar uma produtividade pré-estabelecida, e o que pode ser fornecido pelo solo (substrato), restos culturais e outras fontes naturais, acrescentando-se os conceitos de sustentabilidade e aproveitamento pela planta dos nutrientes aplicados via fertilizantes (Tomé Jr, 2004; Stahringer, 2013). Se essa diferença for positiva (requerimento maior do que suprimento), recomenda-se a aplicação de fertilizantes; se for negativa ou nula (requerimento menor ou igual ao suprimento), não se recomenda a aplicação de fertilizantes.

Genericamente, a estrutura do modelo Fertcalc pode ser representada pelo fluxograma apresentado na figura 1 ou, de forma simplificada, descrita pela equação seguinte:

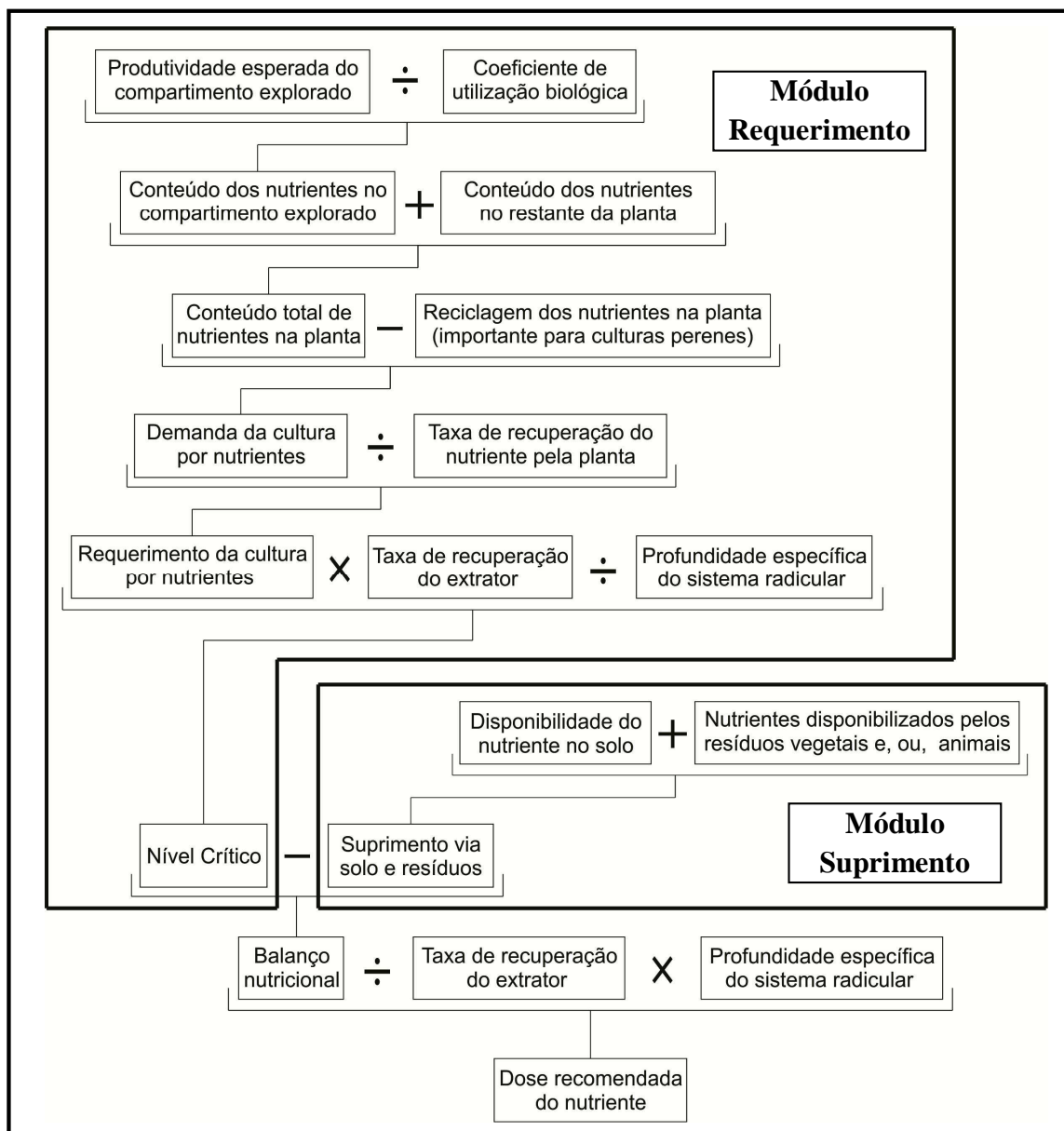
$$drNu_i = ((dNu_i\text{-Total} - sNu_i\text{-Solo} - sNu_i\text{-Res}) + sustNu_i) / efNu_i\text{-Fert} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que  $drNu_i$  é a dose recomendada do nutriente  $i$  a ser aplicada via fertilizantes;  $dNu_i\text{-Total}$  é a demanda da cultura pelo nutriente  $i$ ;  $sNu_i\text{-Solo}$  é a quantidade do nutriente  $i$  suprida pelo solo;  $sNu_i\text{-Res}$  é a quantidade do nutriente  $i$  suprida, durante o ciclo da cultura, pelo restos culturais de culturas antecessora, resíduos da própria cultura (específico para culturas perenes), resíduos de origem animal (específico para culturas perenes sob pastejo) e outras fontes naturais;  $sustNu_i$  é a quantidade do nutriente  $i$  necessária para manter a sustentabilidade da exploração agrícola; e  $efNu_i\text{-Fert}$  é a eficiência de absorção, pela cultura, do nutriente  $i$  aplicado via fertilizante.

Conforme a estrutura de cálculos apresentada na figura 1, para obter-se a demanda nutricional da planta, faz-se necessário obter em campo e, ou, na bibliografia existente variáveis importantes, como a produtividade esperada e o coeficiente de utilização biológica do nutriente  $i$  no compartimento  $j$  da planta que é explorado no cultivo ( $cubNu_{ij}$ ) (p. ex.: grão para a cultura da soja e frutos para a cultura de citros), o qual nada mais é que o inverso do teor do nutriente nesse órgão. Dessa forma, plantas com elevados valores de  $cubNu_{ij}$  são mais eficientes na produção de matéria seca de fruto por unidade de nutriente acumulada nesse órgão. Então, dividindo-se a produtividade esperada pelos respectivos  $cubNu_{ij}$  de cada nutriente se chega à demanda dos nutrientes para a produção do compartimento desejado ( $dNu_{ij}$ ). Somando a essa a

demanda de nutrientes para a formação do restante da planta, obtém-se a demanda da planta pelos nutrientes ( $dNu_i$ -Total) (Stahinger, 2013).

Para se chegar ao requerimento de cada nutriente pela planta, há a necessidade de se considerar a taxa de recuperação pela planta do nutriente aplicado ao solo via fertilizante ( $trNu_i$ -Pl), pois a planta não absorve 100 % do nutriente aplicado, devido a perdas, competição da planta com o solo, etc. (Santos *et al.*, 2008).



**Figura 1.** Estrutura genérica do Modelo Fertcalc de recomendação de corretivos e fertilizantes. Fluxograma do cálculo para recomendar a dose dos nutrientes

Fonte: Adaptado de Freire (2001) e Stahinger (2013).

A  $trNu_i$ -Pl varia dependendo do nutriente, da eficiência da planta na absorção do nutriente, da dose e forma de aplicação do fertilizante, da idade da planta; da fonte do nutriente e da relação do nutriente com a fase sólida do solo (Novais, *et al.*, 2007).

No caso do P, S e Zn, a  $trNu_i-Pl$  é afetada também pelo poder tampão do solo, razão pela qual, para esses nutrientes torna-se necessário conhecer alguma variável, como o teor de argila ou o P-rem, que forneça uma noção do poder tampão do solo (Novais, *et al.*, 2007). A  $trNu_i-Pl$ , pode ser definida como a quantidade de nutriente absorvida por unidade de nutriente aplicado (Eq. 2).

$$trNu_i-Pl = 100 \times ((cNu_i-PlFer1 - cNu_i-PlFer0) / qNu_i-Fer1) \quad (\text{Eq. 2})$$

em que  $trNu_i-Pl$  é a taxa de recuperação pela planta do nutriente  $i$  aplicado via fertilizante, em %;  $cNu_i-PlFer1$  é o conteúdo do nutriente  $i$  acumulado na cultura fertilizada, em kg/ha;  $cNu_i-PlFer0$  é o conteúdo do nutriente  $i$  acumulado na cultura não fertilizada, em kg/ha;  $qNu_i-Fer1$  é a quantidade do nutriente  $i$  aplicado via fertilizante, em kg/ha.

O requerimento pela planta é obtido ao dividir a demanda da planta de cada nutriente pela  $trNu_i-Pl$  do respectivo nutriente. Logo, para levar o requerimento à escala de teor no solo (no caso de macronutrientes, por exemplo, passar de kg/ha a  $mg/dm^3$ ), para realizar o balanço de nutrientes, deve-se multiplicar o requerimento de cada nutriente pela taxa de recuperação pelo extrator ( $trNu_i-Ex$ ) e, como se considera unicamente o volume de solo explorado pela cultura, dividir pela profundidade efetiva das raízes (*per*) da cultura, assim, chega-se ao valor do nível crítico do nutriente no solo. Fazendo o balanço entre o nível crítico de cada nutriente e sua disponibilidade no solo se determina a necessidade, ou não, de recomendar corretivos e fertilizantes. Cabe destacar, que ao citar a disponibilidade do nutriente no solo, se faz referência ao valor obtido na análise do solo para cada nutriente, que se expressa em  $mg\ dm^{-3}$  (Stahringer, 2013).

Por último, para levar novamente à escala de dose (kg/ha, no caso de macronutrientes), o resultado do balanço de cada nutriente se divide pela  $trNu_i-Ex$  do nutriente e multiplica pela *per* para obter a dose recomendada (Stahringer, 2013).

### **3. Estrutura do Modelo Ferticalc-Orquídea**

Ao modelar o sistema de fertilização para orquídeas, o Ferticalc-Orquídea, procurou-se estabelecer, de acordo com Reynolds & Acock (1997), uma estrutura modular considerando os componentes: planta e substrato (solo). Esses componentes foram modelados em módulos independentes (módulos requerimento e suprimento, para

os componentes planta e substrato, respectivamente), mas esses se inter-relacionam por meio de variáveis de entrada e saída. Segundo Reynolds & Acock (1997) esse tipo de estrutura facilita futuros aperfeiçoamentos dos módulos, sem que haja a necessidade de se refazer todo o modelo. Assim, o Modelo foi estruturado de modo a permitir sua constante atualização à medida que novas informações e dados forem apresentados na literatura, ou gerados pelos próprios usuários.

No Fertcalc-Orquídea, o balanço nutricional, ou a dose do nutriente, foi obtido pela diferença entre o requerimento do nutriente pela cultura (determinado pelo módulo requerimento) e o suprimento desse pelo substrato (determinado pelo módulo suprimento). Nesse modelo não foi contemplada a variável referente a sustentabilidade da fertilidade do solo, ou, nesse caso, do substrato, haja visto que os substratos mais utilizados no cultivo de orquídeas, com exceção para turfa, esfagno, xaxim e derivados do coco (McLelland & Rock, 1988, Demattê e Demattê, 1996), são de granulometria grosseira com baixa superfície específica, logo, possuem baixa retenção de umidade e de nutrientes e por que eles são utilizados, basicamente, com fim de sustentação da planta e fornecimento de condições favoráveis de umidade e arejamento à cultura (Abad & Nogueira, 1998; Watanabe, 2002; Wang *et al.*, 2007). Outra variável que não foi contemplada nesse modelo é a referente ao suprimento por meio dos resíduos vegetais, pois no cultivo de orquídeas a produção desses resíduos é praticamente ausente e, quando acontece, logo é retirado do ambiente de cultivo a fim de se evitar problemas fitossanitários (Watanabe, 2002).

A proposto da estrutura do modelo Fertcalc-Orquídea está apresentado, na forma de fluxograma, na figura 2 e sintetizado no seguinte sistema de equações:

$$drNu_{iklmn} = rNu_{iklmn} - sNu_{im} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$rNu_{iklmn} = (dsmNu_{ikl} / trNu_{imn}) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$dsmNu_{ikl} = dNu_{ikl} / tF_1 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$dNu_{ikl} = cNu_{ikl}\text{-Vaso} \times ((100 - recNu_{il}) / 100) \quad (\text{Eq. 6})$$

$$cNu_{ikl}\text{-Vaso} = (\Sigma (teNu_{ijk} \times mMS_{jkl})) \times nFr / f, \text{ sendo } \Sigma = f(n) \quad (\text{Eq. 7})$$

em que  $drNu_{iklmn}$  é a dose do nutriente  $i$  a ser aplicada via fertilizantes para o grupo  $k$  de espécies e híbridos de orquídeas durante a fase  $l$  de cultivo (mg/vaso/semana) ao utilizar o substrato  $m$  e o manejo de irrigação  $n$ ;  $rNu_{iklmn}$  é a quantidade do nutriente  $i$  requerida

para suprir a demanda das plantas do grupo  $k$  durante a fase I (mg/vaso/semana);  $sNu_{im}$  é a quantidade do nutriente  $i$  que é suprida pelo substrato  $m$  (mg/vaso);  $dsmNu_{ikl}$  é a demanda semanal média da planta do grupo  $k$  pelo nutriente  $i$  durante a fase I (mg/vaso/semana);  $trNu_{imn}$  é a taxa de recuperação do nutriente  $i$  pela planta quando cultivada no substrato  $m$  sob a condição de irrigação  $n$  (%);  $tF_1$  é o número de semanas que dura a fase I de cultivo;  $dNu_{ikl}$  é a demanda da planta do grupo  $k$  pelo nutriente  $i$  durante a fase I (mg/vaso);  $recNu_{il}$  é a quantidade do nutriente  $i$  que é reciclada dos tecidos velhos para os tecidos formados durante a fase I de cultivo (%);  $cNu_{ikl}$ -Vaso é o conteúdo do nutriente  $i$  presente na porção da planta que foi formada durante a fase I de cultivo para o grupo  $k$  (mg/vaso);  $teNu_{ijk}$  é o teor total do nutriente  $i$  no compartimento  $j$  para plantas do grupo  $k$  ( $g\ kg^{-1}$  e  $mg\ kg^{-1}$  para macro e micronutrientes, respectivamente);  $mMS_{jkl}$  é a massa da matéria seca acumulada no compartimento  $j$  da planta do grupo  $k$  durante a fase I de cultivo (g/vaso);  $nFr$  é o número de frentes de crescimento por vaso; e  $f$  é o fator de correção (1 e 1000 para macro e micronutrientes, respectivamente).

No decorrer do desenvolvimento do modelo será discutido, mais detalhadamente, a determinação das variáveis  $drNu_{iklmn}$ ,  $rNu_{iklmn}$ ,  $dsmNu_{ikl}$ ,  $dNu_{ikl}$  e  $cNu_{ikl}$ -Vaso e as considerações feitas ao estimar as variáveis  $sNu_{im}$ ,  $trNu_{imn}$ ,  $recNu_{il}$ ,  $teNu_{ijk}$ ,  $mMS_{jkl}$ ,  $tF_1$  e  $nFr$ .

#### **4. Desenvolvimento do Modelo Ferticalc-Orquídea**

Para desenvolver o modelo Ferticalc-Orquídea, utilizou-se informações disponíveis na literatura científica e técnica sobre crescimento, desenvolvimento, produção, acúmulo e partição de matéria seca e de nutrientes nos diversos compartimentos da planta de orquídea, taxa de recuperação e quantidade de nutrientes passível de ser suprida pelos diferentes substratos utilizados no cultivo desse planta, priorizando, sempre que possível, a categorização das informações e dos dados por grupo de orquídea. Além disso, utilizou-se informações obtidas com produtores especialistas no cultivo de orquídeas, com pesquisadores do grupo de pesquisa do NPCO-UFV (dados não publicados) e em experimentação prévia (dados não publicados).

#### 4.1. Módulo Requerimento

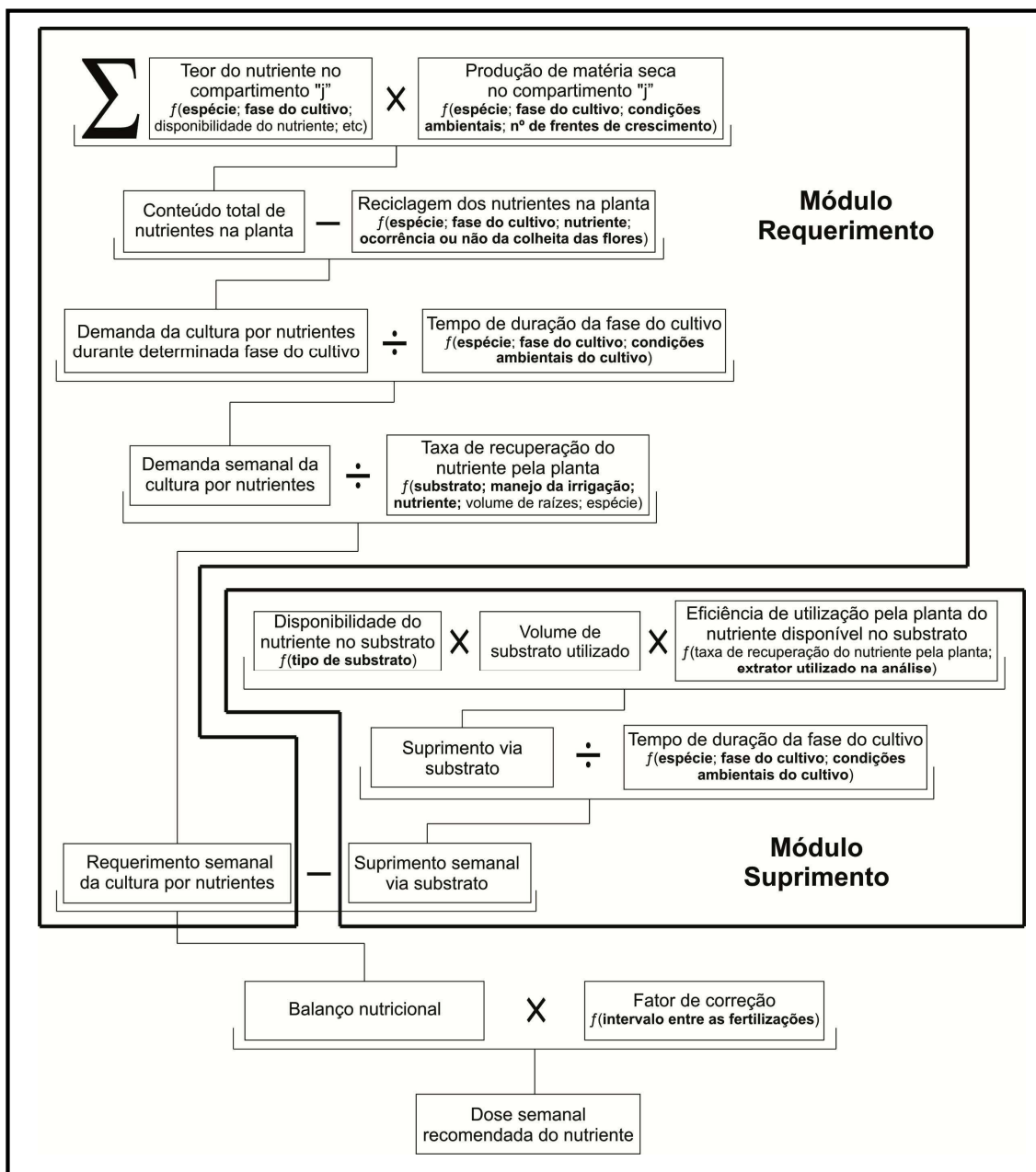
Nesse módulo buscou-se computar, de acordo com a característica morfológica e do cultivo da orquídea, seu requerimento por nutrientes ( $rNu_{iklmn}$ ), que é composto, basicamente, pela demanda nutricional da cultura ( $dNu_{ikl}$ ), necessária para atingir uma dada produção, ajustada pela taxa de recuperação ( $trNu_{imn}$ ) de cada nutriente pela planta. O  $rNu_{iklmn}$  foi determinado utilizando-se a eq. 4. Para tanto, é necessário determinar o conteúdo dos nutrientes acumulados nos tecidos da planta formados durante determinada fase de cultivo ( $cNu_{ikl}$ -Vaso) e a  $dNu_{ikl}$  e é preciso conhecer, ou estimar, as  $trNu_{imn}$ ; a quantidade de cada nutriente que é reciclada dos tecidos velhos para os tecidos novos ( $recNu_{il}$ ); o acúmulo de matéria seca em cada órgão da planta produzido durante cada fase de cultivo ( $mMS_{jkl}$ ); o teor do nutriente em cada órgão da planta ( $teNu_{ijk}$ ); o número de frentes de crescimento por vaso ( $nFr$ ) e o tempo de duração de cada uma dessas fases ( $tF_l$ ) (Eq. 5 e 6).

Para realizar os cálculos do requerimento nutricional, o usuário poderá utilizar os valores para as variáveis  $trNu_{imn}$ ;  $recNu_{il}$ ;  $teNu_{ijk}$ ;  $mMS_{jkl}$  e  $tF_l$  definidos pelo modelo Ferticalc-Orquídea de acordo com as variáveis de entrada ou, ainda, utilizar valores específicos de acordo com a espécie ou híbrido cultivado e com o sistema de cultivo utilizado a medida que essas informações forem geradas.

Nesse módulo, o usuário deverá especificar as seguintes variáveis de entrada: grupo de orquídea que pertence a espécie ou híbrido que será cultivado (G1; G2; G3; G4; G5 ou G6); a fase de cultivo (F1; F2; F3 ou F4); o tipo do sistema de produção (com ou sem controle do ambiente); objetivo do cultivo (produção de flor para corte ou em vaso); a condição de irrigação (irrigação bem manejada; irrigação moderada; irrigação intensa); número de frentes de crescimento por vaso ( $nFr$ ); e o substrato que será utilizado. A utilização e a importância dessas variáveis são esclarecidas a seguir.

##### 4.1.1. Demanda de nutrientes pela planta - $dNu_i$

No modelo Ferticalc-Orquídea, a  $dNu_{ikl}$  é compreendida pelo conteúdo de nutrientes acumulado nos tecidos ( $cNu_{ikl}$ -Vaso) que se desenvolveram durante determinada fase do cultivo, descontada a quantidade disponibilizada a esses tecidos pela translocação ( $recNu_{il}$ ) dos nutrientes antes contidos nos tecidos velhos da planta (desenvolvidos em fases anteriores do cultivo) (Eq. 5).



**Figura 2.** Estrutura do Modelo de recomendação de fertilizantes Fertilcalc-Orquídea. Fluxograma indicando os passos para definir as doses dos nutrientes e as variáveis consideradas nesse modelo.

No desenvolvimento do Fertilcalc-Orquídea considerou-se a demanda dos nutrientes durante a fase do cultivo, para isso foram consideradas quatro fases no cultivo de orquídea, as quais foram assim denominadas e caracterizadas: cultivo de "seedling" em bandeja ou em vaso coletivo (F1) - compreende a fase em que, após o cultivo *in vitro*, o "seedling" é cultivado em bandeja ou vaso coletivo; cultivo de planta jovem em vaso individual (F2) - essa fase inicia-se logo após o transplante do "seedling" para um vaso individual, nessa fase se cultivam plantas jovens de orquídeas que ainda não estão aptas a florescer ou, devido ao seu tamanho, a produzir inflorescências com padrão comercial; cultivo de planta adulta (F3) - compreende a fase em que se cultiva planta

adulta apta a florescer e produzir inflorescência com padrão comercial e que já está plantada no vaso em que ocorrerá a floração; e cultivo de planta adulta após a primeira floração (F4) - essa fase compreende o ciclo anual da planta adulta após a primeira floração, sendo importante para colecionadores e produtores de flor para corte.

A duração das fases do cultivo de orquídea, com exceção da F4, depende do comportamento de crescimento de cada espécie ou híbrido cultivado e do ambiente de cultivo. Sistemas de cultivo em que há o controle da intensidade luminosa e da temperatura, de maneira que essas são mantidas dentro da faixa considerada ótima para o cultivo da espécie ou híbrido, levam ao aumento da produção da parte vegetativa e de flores e acelera o crescimento e desenvolvimento da planta, encurtando, assim, a duração da fase (Lopez & Runkle, 2005; Blanchard *et al.*, 2007). Desta maneira, o tipo do sistema de produção (com ou sem controle do ambiente) foi considerado na estimativa das variáveis  $mMS_{jkl}$  e  $tF_i$ , necessárias para se determinar o  $cNu_{ikl}$ -Vaso, que por sua vez se faz necessário para a determinação da  $dNu_{ikl}$ .

O grande número de espécies e híbridos dos três gêneros contemplados nesta primeira versão do Ferticalc-Orquídea, inviabilizaria o cálculo da  $dNu_{ikl}$  específica para cada um deles, deste modo, optou-se por agrupá-los segundo suas similaridades morfológicas e de cultivo, sendo formado os seguintes grupos k cujo as  $dNu_{ikl}$  foram determinadas: híbridos comerciais de falenópsis (grupo falenópsis - G1); *D. nobile*, espécies afins e seus híbridos (grupo dendróbio nobile - G2); *D. phalaenopsis*, *D. bigibbum*, espécies afins e seus híbridos (grupo denfal - G3); espécies do gênero *Cattleya* restritas ao grupo brasiliaelia e subgrupo catleia monofoliada e híbridos monofoliados de catleia (grupo catleia monofoliada - G4); espécies do gênero *Cattleya* restritas ao subgrupo catleia bifoliada e híbridos bifoliados de catleia (grupo catleia bifoliada - G5); e espécies do gênero *Cattleya* restritas ao grupos hadrolaelia e sophronitis, subgrupos catleia com inflorescência lateral e catleia monofoliadas de flores pequenas e os híbridos mini-catts (grupo catleias pequenas - G6).

#### **4.1.1.1. Reciclagem dos nutrientes na planta - $recNu_i$**

Assim como outras plantas, as orquídeas podem translocar nutrientes de órgãos mais velhos na planta para as regiões que estão em crescimento (Arditti, 1992; Novais, 2004), de uma forma geral, isso ocorre nas plantas quando há a deficiência no

suprimento do nutriente, ou quando um órgão, naturalmente, entra em senescência (Taiz & Zeiger, 2010).

As orquídeas são plantas perenes e podem viver por mais de 30 anos e formar touceiras que possuem pseudobulbos e folhas com mais de 10 anos de idade (Eigeldinger & Murphy, 1972; Black, 1973; Arditti, 1992; e experiência do autor), isso indica que estes órgãos estão ativos e produzindo fotoassimilados, o que pode contribuir para aumentar a produção de brotos, levar à produção de pseudobulbo e, ou, folhas maiores e aumentar a produção de flores, já que a produção de flores é influenciada pela quantidade e tamanho das folhas e dos pseudobulbos (Wilcock, 1973; Lee, 1991; Wang & Gregg, 1994; Bichsel *et al.*, 2008; Cardoso, 2012; Faria *et al.*, 2013). Desta forma, percebe-se que nas fases F1, F2 e F3 do cultivo de orquídea a translocação dos nutrientes, contidos nas folhas e pseudobulbos desenvolvidos em uma fase anterior, para os tecidos desenvolvidos durante a fase em questão, possui pouca importância, pois as folhas e pseudobulbos não entraram em senescência, permanecendo ativos, por isso, desconsiderou-se a reciclagem dos nutrientes contidos nesses órgãos na determinação da  $dNu_{ikl}$  para as fases F1, F2 e F3. Entretanto, para a fase F4 essa reciclagem pode ser importante para o acúmulo de nutriente nos tecidos novos da planta (Arditti, 1992).

As flores ou inflorescência são exemplos de órgãos que, naturalmente, entram em senescência (Taiz & Zeiger, 2010) e que podem contribuir no processo de reciclagem de nutrientes dentro da planta (Taiz & Zeiger, 2010), o que, possivelmente, ocorra também com as orquídeas já que, em plantas de *C. walkeriana* e em híbridos de falenópsis, os teores dos nutrientes N, P e K encontrados em flores recém abertas foram maiores do que os encontrados em flores colhidas após sua senescência (pesquisa prévia - dados não publicados). Essa reciclagem influencia nos cálculos da  $dNu_{ikl}$  apenas após a primeira floração (fase F4 - planta adulta após a primeira floração), entretanto, se o objetivo com o cultivo de orquídea for a produção de flor para corte, o conteúdo dos nutrientes na inflorescência será totalmente exportado após a colheita, não havendo o reaproveitamento desses pela planta, portanto, nesse caso desconsiderou-se a reciclagem dos nutrientes contidos na inflorescência.

Diante do exposto sobre a reciclagem de nutrientes em orquídeas, considerou-se, apenas para a fase F4, que o  $recNu_i$  contribui com as seguintes proporções para o acúmulo de nutrientes nos tecidos formados durante seu ciclo anual de crescimento: 20 % para os nutrientes considerados de alta mobilidade na planta (N, P, K e Mg); 10 %

para S e 5 % para os demais nutrientes quando o cultivo tiver por objetivo a produção de flor em vaso e 10 % para os nutrientes considerados de alta mobilidade na planta (N, P, K e Mg); 5 % para S e 2,5 % para os demais nutrientes quando o cultivo tiver por objetivo a produção de flor para corte.

#### **4.1.1.2. Conteúdo Nutricional da planta - $cNu_i$**

O número de brotações em uma planta de orquídea pode aumentar a medida em que se aumenta a dose de nutrientes aplicada no cultivo de orquídeas (Wang, 2007; Rodrigues, 2010), havendo, assim, um aumento concomitante na demanda da planta por nutrientes. Além disso, outros fatores como luminosidade, temperatura e genética, por exemplo, podem afetar o número de brotações que serão emitidas pela planta durante cada fase do cultivo, ou ainda, dependendo do objetivo com a cultura, pode-se plantar mais de uma planta por vaso ou permitir a formação de touceira com várias frentes de crescimento. Sendo assim, optou-se em fazer os cálculos do conteúdo nutricional por frente de crescimento da planta ( $cNu_{i|kl}$ -Frente), havendo, assim, a necessidade de se estimar a quantidade média de frentes por vaso para a determinação posterior do  $cNu_{i|kl}$ -Vaso. Para isso, sugere-se escolher 20 plantas, aleatoriamente, dentro do lote de plantas que se pretende fertilizar e fazer a contagem direta e a estimativa da média do número de frentes de crescimento por planta.

O  $cNu_{i|kl}$ -Vaso foi determinado para cada fase do cultivo da orquídea considerando-se o incremento de massa nos órgãos vegetativos da planta, necessário para se atingir a produção esperada, mais a produção de flores durante a fase de cultivo (a produção de flores foi considerada apenas para as fases F3 e F4), os teores de cada nutriente em cada órgão da planta ( $teNu_{ijk}$ ), o tempo de duração de cada fase ( $tF_l$ ) e a quantidade de frentes de crescimento por vaso ( $nFr$ ) (Eq. 6).

Os valores considerados para as variáveis  $mMS_{jkl}$  e  $teNu_{ijk}$  em cada compartimento das plantas de orquídeas produzidos durante cada fase de cultivo e o tempo médio de duração de cada uma dessas fases (variável  $tF_l$ ) são apresentados nos quadros 2 a 10. Além disso, apresentou-se o padrão de desenvolvimento dessas orquídeas considerado para cada uma dessas fases (Figura 3). Essas considerações foram feitas sobre a base de dados de diversos trabalhos conduzidos em diversas partes do mundo (Poole & Seeley, 1978; Poole & Sheehan, 1982; Nash, 1983a, 1983b; Imamura *et al.*, 1986; Carlucci *et al.*, 1989; Jones Jr *et al.*, 1991; Kamemoto, 1991, 1999; Arditti,

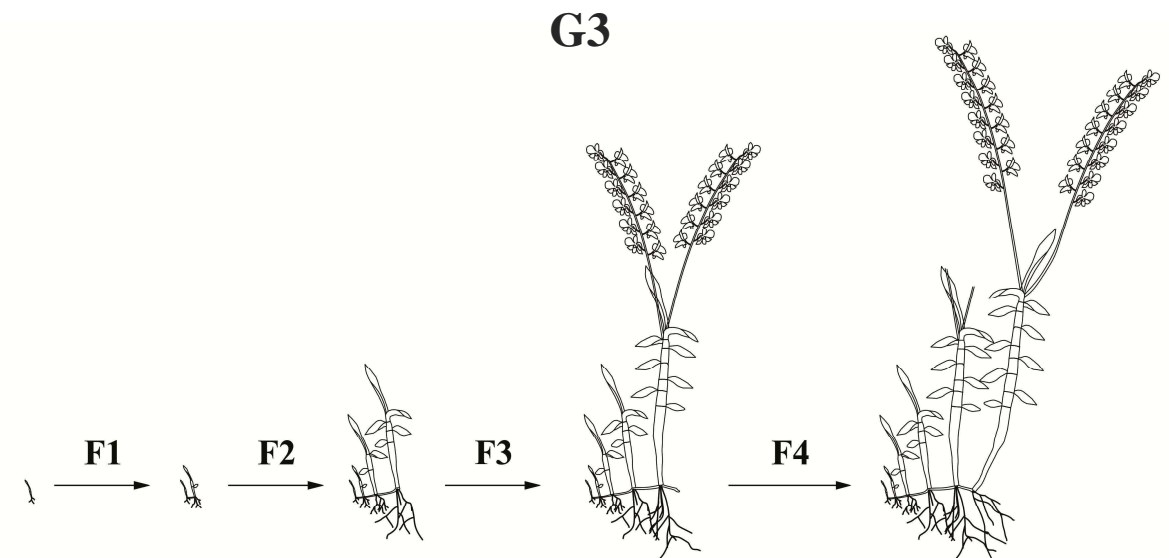
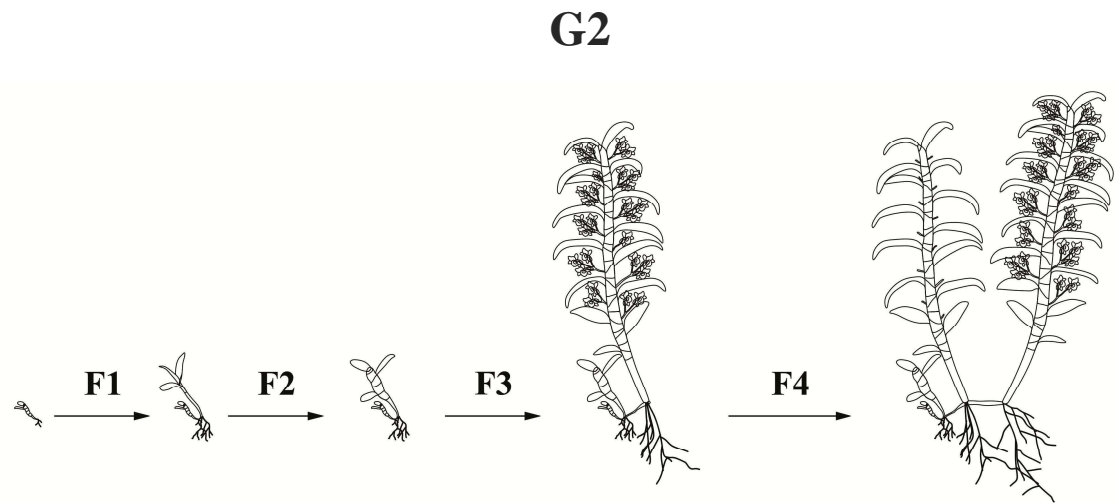
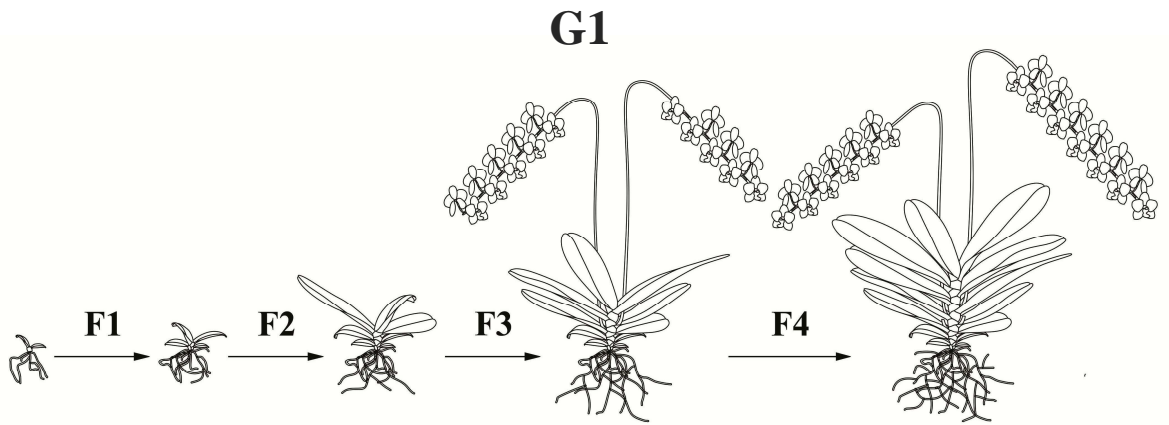
1992; Wang & Gregg, 1994; Wang, 1995a, 1995b, 1998, 2000, 2007; Leonhardt & Sewake, 1999; Wang & Konow, 2002; Bernadi *et al.*, 2004; Kuehnle *et al.*, 2003; Lopes & Runkle, 2005; Bichsel, 2006; Amaral, 2007; Koch, 2007; Bichsel *et al.*, 2008; Sorace, 2008; Yen *et al.*, 2008; Sorace *et al.*, 2009; Cardoso, 2010, 2012; Rodrigues *et al.*, 2010; Faria *et al.*, 2013; American Orchid Society, 2014; Yamamoto Dendrobiums, 2014a, 2014b) e dados gerados por meio da amostragem de plantas em plantéis comerciais ou de colecionadores no Brasil, a qual foi realizada segundo o método Requerimento-Suprimento de recomendação de fertilização para plantas ornamentais (Alvarez V. *et al.*, 2014) proposto pelo pesquisador do NPCO-UFV e do Dep. de Solos da UFV, Alvarez V. e sua equipe de trabalho (Santos, 2009; Santos, 2011; Matta, 2012; Santos, 2014 - Capítulo 1 desta tese). Além disso, buscou-se informações a respeito do tempo médio de duração de cada uma das fases do cultivo de orquídeas com produtores brasileiros especialistas no cultivo dessas plantas.

Considerou-se como norma para  $mMS_{jk}$  os valores encontrados para as espécies e híbridos de maior crescimento dentro de cada um dos seis grupos de orquídeas estudados. Fez-se essa consideração para evitar a subestimação da  $dNu_{ik}$  e, logo, da  $drNu_{ik}$  para as plantas de maior crescimento, entretanto, houve superestimação dessas variáveis para as plantas de menor crescimento. Todavia, existem dois aspectos ligados às orquídeas e seu cultivo que permitem realizar essa consideração, a qual leva à superestimação da  $drNu_{ikl}$  para as plantas de menor crescimento, sem que haja problemas para o cultivo dessas. O primeiro aspecto está relacionado a um trato cultural que é comumente realizado no cultivo de orquídeas, a "lavagem" do substrato, a qual é, comumente, realizada a cada quatro a oito semanas ou a cada três a cinco fertilizações (Wang, 1996; Wantanabe, 2002; Wang, 2007; Informação coletada com diversos produtores de orquídeas no Brasil) e leva à lixiviação dos nutrientes que não foram absorvidos pelas orquídeas durante determinado tempo de cultivo e que se acumularam no substrato, o que poderia levar a problemas como morte das pontas das raízes e redução no crescimento das plantas (Wang, 1996; Wantanabe, 2002; Novais & Rodrigues, 2004; Wang, 2007; Lima, 2012). O segundo aspecto está relacionado à plasticidade que as orquídeas possuem de crescerem sob uma ampla faixa de dose de nutrientes que se inicia com a dose que proporciona 90 % do crescimento máximo e vai até 2 a 4 vezes essa dose sem que haja redução significativa no crescimento dessas plantas (Wang, 2007; Bichsel *et al.*, 2008; Santos, 2009; Lima, 2012; Rodrigues, 2012;

Fontes, 2014), inclusive para micronutrientes (Fontes, 2014), ou de crescerem em ambiente com soluções de irrigação com elevada condutividade elétrica (até 3,8 dS m<sup>-1</sup>) (de Kreji & Van den Berg, 1990; Wang & Gregg, 1994; Wang, 1996, 1998, 2007).

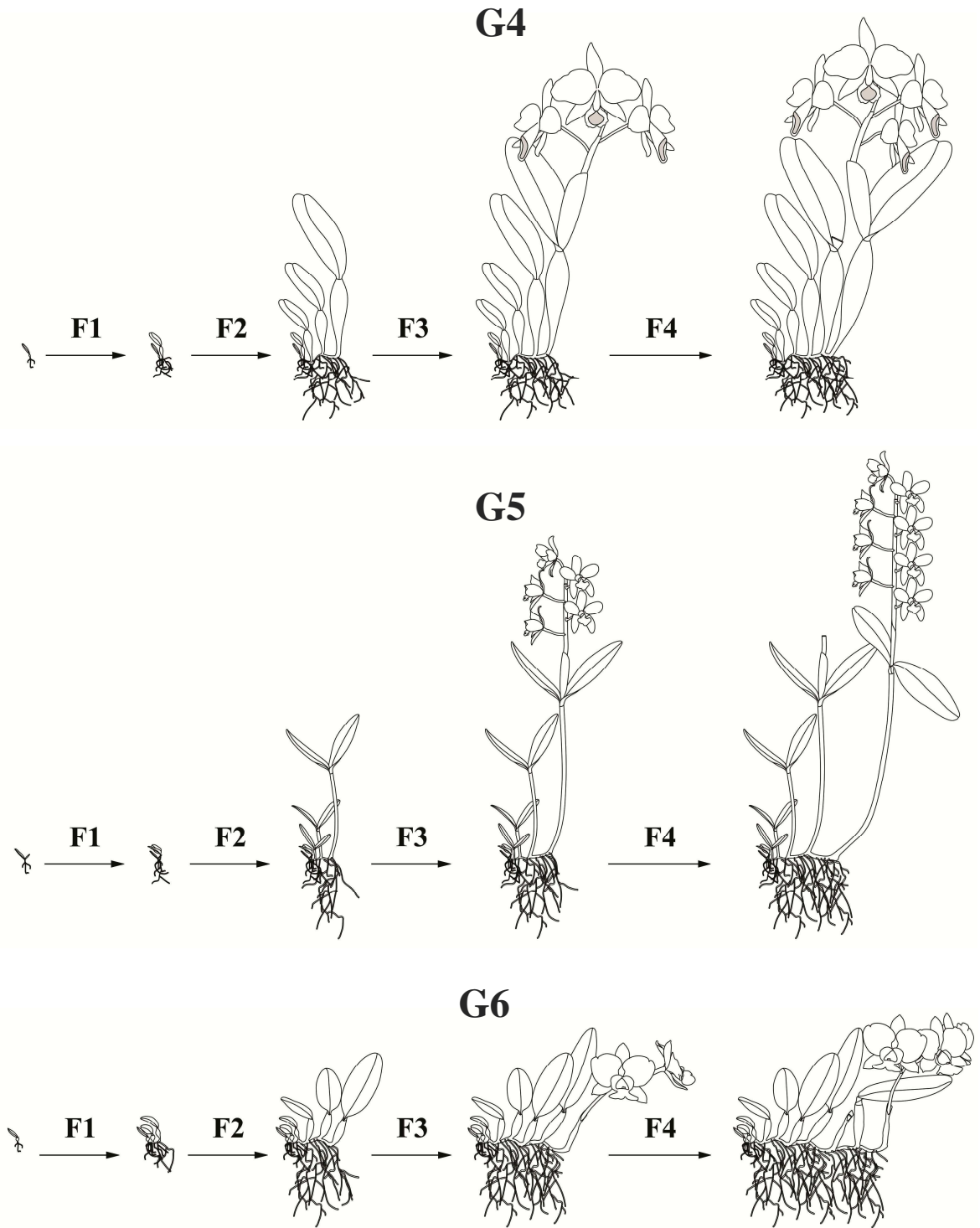
De acordo com o disposto no parágrafo a cima, recomenda-se, principalmente em orquidários com grande diversidade de espécies de orquídeas, que a cada 40 d seja realizada uma irrigação abundante de forma a ocasionar a lixiviação dos sais que, por ventura, tenha acumulado no substrato, evitando, assim, o acúmulo excessivo de sais no substrato. Deve-se resaltar que esse trato cultural leva à redução da  $trNu_{ikl-Pl}$  e, conseqüentemente, ao desperdício de fertilizantes, para se evitar esse desperdício o usuário do Fertcalc-Orquídea pode inserir, na secção *Customer*, as normas específicas para cada espécie, ou híbrido, ou tipo de orquídea que ele cultiva à medida que essas informações forem produzidas por trabalhos de pesquisa realizado por outros pesquisadores ou pelo próprio usuário. Para isso, sugere-se a utilização da primeira tentativa do método Requerimento-Suprimento para estimar as normas de  $teNu_{ijk}$ ,  $mMS_{jkl}$  e  $tF_1$ , pois é um método simples e de baixo custo (Santos, 2009; Santos, 2011; Matta, 2012; Alvarez V. *et al.*, 2014). Desta maneira, percebe-se que o modelo Fertcalc-Orquídea permite o ajuste fino das normas e recomendações de fertilização específico para cada genótipo.

Os valores de  $teNu_{ijk}$  (Quadros 2 a 7) considerados para os cálculos da  $drNu_{ikl}$  ficaram dentro da faixa de valores observados nos diversos trabalhos consultados, entretanto optou-se por valores mais próximo do limite inferior dessa faixa. Além disso, considerou-se que os  $teNu_{ijk}$  tidos como normais em plantas adultas, fossem iguais aos de planta jovens.



Continua...

Continuação



**Figura 3.** Esquema do padrão de desenvolvimento das plantas de diferentes grupos de orquídeas durante as fases F1; F2; F3 e F4 de seu cultivo. G1) grupo falenópsis; G2) grupo dendróbio nobile; G3) grupo denfal; G4) grupo catleia monofoliada; G5) grupo catleia bifoliada; G6) grupo catleias pequenas; F1) cultivo de "seedling" em bandeja ou em vaso coletivo; F2) cultivo de "seedling" transplantado em vaso individual; F3) cultivo de planta adulta, compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial e F4) essa fase compreende o ciclo anual da planta adulta após a primeira floração.

**Quadro 2.** Teores de nutrientes em diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo falenópsis<sup>(1)</sup> considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Compartimento	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>						
Flor	20,0	3,5	45,0	6,5	2,5	1,5	50	40	55	3,5	65	0,3
Haste Floral	10,0	1,9	13,0	3,5	0,8	1,2	30	26	24	1,2	22	0,2
Folha	20,0	4,0	40,0	20,0	4,5	1,5	80	50	120	8,2	45	0,6
Caule	10,0	2,1	6,0	8,5	1,1	2,1	110	50	11	6,2	18	0,2
Raízes	20,0	3,5	15,0	7,0	3,5	2,0	120	140	15	3,0	28	0,1

<sup>(1)</sup> Grupo composto por híbridos comerciais de falenópsis (grupo G1).

**Quadro 3.** Teores de nutrientes em diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo dendróbio nobile<sup>(1)</sup> considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Compartimento	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>						
Inflorescência	8,0	3,0	30,0	8,0	3,3	3,4	200	25	70	10,0	61	0,3
Folha	15,0	2,5	20,0	10,0	3,5	0,8	150	80	150	6,0	50	1,0
Pseudobulbo	10,0	3,0	18,0	10,0	3,5	0,8	100	120	55	4,0	30	0,3
Raízes	10,0	2,5	7,0	3,5	1,5	0,5	150	110	30	10,0	30	0,3

<sup>(1)</sup> Grupo composto pela espécie *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos (grupo G2).

**Quadro 4.** Teores de nutrientes em diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo denfal<sup>(1)</sup> considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Compartimento	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>						
Flor	10,0	1,5	20,0	2,5	2,7	0,7	55	25	40	4,5	25	0,3
Haste Floral	8,0	1,2	25,0	1,8	1,0	0,6	50	15	60	5,0	15	0,2
Folha	15,0	1,8	20,0	10,0	6,0	1,0	70	50	70	4,5	25	1,0
Pseudobulbo	6,0	1,1	12,0	3,5	0,8	0,6	55	25	20	4,0	15	0,3
Raízes	8,0	1,3	8,0	1,4	0,8	1,2	100	80	15	8,0	20	0,3

<sup>(1)</sup> Grupo composto pelas espécies *Dendrobium phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos (grupo G3).

**Quadro 5.** Teores de nutrientes em diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo catleia monofoliada<sup>(1)</sup> considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Compartimento	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>					
Flor	15,0	2,1	18,0	6,0	1,8	0,9	60	20	80	5,0	60	0,2
Haste Floral	8,0	1,0	8,0	3,5	0,8	0,8	30	20	30	1,2	22	0,2
Folha	15,0	1,5	20,0	15,0	3,0	1,3	80	60	100	7,0	60	1,5
Pseudobulbo	8,0	1,8	12,0	7,0	2,0	1,5	70	50	50	9,0	40	0,5
Raízes	8,0	1,1	7,0	4,0	1,4	1,2	200	150	30	2,0	40	0,5

<sup>(1)</sup> Grupo composto pelas espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008), com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as do ex-gênero *Brasilelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de catleia (grupo G4).

**Quadro 6.** Teores de nutrientes em diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo catleia bifoliada<sup>(1)</sup> considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Compartimento	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>					
Flor	15,0	2,1	18,0	6,0	1,8	0,9	60	20	80	5,0	60	0,2
Haste Floral	8,0	1,0	8,0	3,5	0,8	0,8	30	20	30	1,2	22	0,2
Folha	15,0	1,2	18,0	15,0	3,0	1,1	80	60	100	7,0	60	1,5
Pseudobulbo	8,0	1,4	10,0	5,0	1,5	1,2	70	50	50	9,0	40	0,5
Raízes	8,0	1,1	7,0	4,0	1,4	1,2	200	150	30	2,0	40	0,5

<sup>(1)</sup> Grupo composto pelas espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008) e híbridos bifoliados de catleia (grupo G5).

**Quadro 7.** Teores de nutrientes em diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo catleia bifoliada<sup>(1)</sup> considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Compartimento	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>					
Flor	15,0	2,1	18,0	6,0	1,8	0,9	60	20	80	5,0	60	0,20
Haste Floral	8,0	1,0	8,0	3,5	0,8	0,8	30	20	30	1,2	22	0,20
Folha	10,0	1,8	25,0	18,0	5,0	1,1	70	40	100	7,0	50	1,50
Pseudobulbo	8,0	2,2	15,0	7,0	2,0	1,2	60	40	50	9,0	30	0,50
Raízes	8,0	1,1	7,0	4,0	1,4	1,2	200	150	30	2,0	40	0,50

<sup>(1)</sup> Grupo composto pelas espécies *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophranitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts (Robertson Orchids, 2007) (grupo G6).

**Quadro 8.** Massa da matéria seca acumulada em compartimentos de plantas de diferentes grupos de orquídeas em função da fase do cultivo consideradas como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Grupo <sup>(1)</sup>	Compartimento	F1 <sup>(2)</sup>	F2	F3	F4
		g/frente			
G1	Flor			2,80	3,42
	Haste Floral			2,40	2,50
	Folha	0,50	3,00	5,10	7,90
	Caule	0,08	0,45	0,77	1,19
	Raízes	0,43	2,10	3,57	5,53
G2	Inflorescência			2,75	3,52
	Folha	0,20	0,40	1,50	1,80
	Pseudobulbo	0,25	0,50	2,50	3,00
	Raízes	0,25	0,50	1,50	1,80
G3	Flor			3,60	6,00
	Haste Floral			1,00	1,65
	Folha	0,20	2,50	3,50	6,00
	Pseudobulbo	0,50	4,00	6,00	11,25
	Raízes	0,25	1,00	1,70	3,15
G4	Flor			1,95	2,60
	Haste Floral			0,50	0,65
	Folha	0,25	3,40	2,20	2,50
	Pseudobulbo	0,15	2,80	1,80	2,00
	Raízes	0,24	3,10	2,00	2,25
G5	Flor			1,75	3,15
	Haste Floral			0,90	1,10
	Folha	0,30	3,80	2,60	3,00
	Pseudobulbo	0,10	2,40	2,20	2,50
	Raízes	0,24	3,10	2,40	2,75
G6	Flor			0,80	1,30
	Haste Floral			0,30	0,40
	Folha	0,50	1,80	1,10	1,30
	Pseudobulbo	0,32	1,70	1,20	1,40
	Raízes	0,49	1,75	1,15	1,35

<sup>(1)</sup> G1 - híbridos comerciais de falenópsis; G2 - *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos; G3 - *Dendrobium phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos; G4 - espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008), com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as do ex-gênero *Brasilelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de *Cattleya*; G5 - espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reestruturação em 2008 por Van den Berg e híbridos bifoliados de *Cattleya*; G6 - *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as espécies dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophronitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts. <sup>(2)</sup> Fases de cultivo F1 - cultivo de "seedling" em bandeja ou em vaso coletivo; F2 - cultivo de "seedling" transplantada em vaso individual; F3 - cultivo de planta adulta, compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial e F4 - essa fase compreende o ciclo anual da planta adulta após a primeira floração.

**Quadro 9.** Duração de cada uma das fase do cultivo de plantas de diferentes grupos de orquídeas em função da existência ou não do controle de temperatura. Valores considerados como norma no modelo de recomendação de fertilização Ferticalc-Orquídea

Grupo <sup>(1)</sup>	Controle de temperatura	F1 <sup>(2)</sup>	meses			
			F2	F3	F4	
G1	Sem	6	12	14	12	
	Com	5	8	11	12	
G2	Sem	6	8	20	12	
	Com	6	6	12	12	
G3	Sem	8	24	9	12	
	Com	6	18	7	12	
G4	Sem	12	30	12	12	
	Com	8	24	10	12	
G5	Sem	12	30	12	12	
	Com	8	24	10	12	
G6	Sem	14	28	12	12	
	Com	12	21	9	12	

<sup>(1)</sup> G1 - híbridos comerciais de falenópsis; G2 - *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos; G3 - *Dendrobium phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos; G4 - espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reestruturação em 2008 por Van den Berg, com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as espécies do ex-gênero *Brasilelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de catleia; G5 - espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008) e híbridos bifoliados de catleia; G6 - *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as espécies dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophranitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts. <sup>(2)</sup> Fases de cultivo F1 - cultivo de "seedling" em bandeja ou em vaso coletivo; F2 - cultivo de "seedling" transplantado em vaso individual; F3 - cultivo de planta adulta, compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial e F4 - essa fase compreende o ciclo anual da planta adulta após a primeira floração.

#### 4.1.2. Taxa de recuperação de nutrientes pela planta - $trNu_i-PI$

A  $trNu_i-PI$  varia de acordo com o nutriente e a dose aplicada desse, a cultura, seu estágio de desenvolvimento e as condições edafoclimáticas em que são cultivadas como, por exemplo, a textura e a composição do solo (substrato) e precipitação pluvial (Novais *et al.*, 2007). No Ferticalc-Orquídea, considerou-se apenas o efeito do substrato e da irrigação sobre as  $trNu_i-PI$  ( $trNu_{imm}-PI$ ). Para isso, primeiramente, determinou-se, para alguns dos substratos mais utilizados no cultivo de orquídeas, as taxas de recuperação dos nutrientes pela planta em condições de irrigação com ausência de lixiviação ( $trNu_{im-s}/lix-PI$ ), para tanto, aplicou-se à eq. 2, valores relativos as variáveis  $cNu_i-PIFer1$ ,  $cNu_i-PIFer0$  e  $qNu_i-Fer1$  obtidos a partir de dados da literatura (Ichinose, 2008; Rodrigues, 2010) e de experimentos realizados pelo grupo de pesquisa do NPCO-

UFV (Fontes<sup>1</sup>, 2014 - informação pessoal) (dados não publicados) que avaliaram o crescimento e o acúmulo de nutrientes em plantas de orquídeas cultivadas em diferentes substratos. Nos trabalhos em que não havia o tratamento testemunha (ausência do nutriente), considerou-se os valores de  $cNu_i$ -PIFer0 como sendo 10 % dos valores de  $cNu_i$ -PIFer1. As  $trNu_{im-s}/lix-PI$  consideradas para os cálculos de requerimento nutricional são apresentadas no quadro 10.

**Quadro 10.** Taxa de recuperação de nutrientes pelas orquídeas em condição de ausência de lixiviação e em função do substrato utilizado em seu cultivo. Valores considerados nos cálculos de recomendação de fertilização no Ferticalc-Orquídea

Substrato	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	%											
Brita	40	32	60	40	40	25	30	25	60	40	20	15
Seixo rolado	40	32	60	40	40	25	30	25	60	40	20	15
Cinasita	40	32	50	40	70	25	35	25	50	30	25	15
Perlita	40	32	50	40	70	25	35	25	50	30	25	15
Esfagno	50	40	70	50	70	32	40	30	70	45	30	20
Turfa	50	40	70	50	70	32	40	30	70	45	30	20
Casca de pinus	40	32	55	40	55	25	33	25	55	35	23	15
Chips de coco	40	35	80	20	40	20	10	15	20	10	50	10
Fibra de coco	40	35	80	20	40	20	10	15	20	10	50	10
Xaxim	40	35	60	15	25	25	15	30	40	5	30	10
Mistura de substratos <sup>(1)</sup>	45	36	60	45	70	29	38	28	60	38	27	17

<sup>(1)</sup> Mistura de substratos grosseiros (brita, seixo, cinasita, perlita e casca de pinus) com turfa e, ou, esfagno. Considerou-se, para cada nutriente, a média entre a taxa de recuperação média dos substratos grosseiros e a taxa de recuperação média dos substratos esfagno e turfa .

Alguns trabalhos têm demonstrado que, sobre as mesmas condições de cultivo e aplicando-se o mesmo volume de soluções nutritivas com a mesma concentração dos nutrientes, a utilização de substratos grosseiros (p. ex.: blocos de casca de pinus) misturados com substratos que possuem alta capacidade de retenção de água (p. ex.: esfagno ou turfa) (Konow, 1998) promove maior crescimento das plantas de orquídeas e maior produção de flores quando comparada a utilização apenas do substrato grosseiro (Wang, 1995a, 1998; Wang & Konow, 2002). Possivelmente, isso ocorra porque a presença de substratos como a turfa e o esfagno aumente a capacidade de reter os nutrientes dentro do vaso, pois reduzem a lixiviação dos nutrientes durante a irrigação, devido o aumento da retenção de solução pelo substrato, e por que apresentam maior capacidade de troca catiônica (CTC) quando comparados com substratos grosseiros com baixa superfície específica como blocos de casca de pinus (Wang & Konow, 2002).

<sup>1</sup> Fontes é pesquisadora do NPCO-UFV e da B&G Flores Nutrição Vegetal LTDA

Então, após determinadas as  $trNu_{im-s}/lix-Pl$ , corrigiu-se as  $trNu_{imn-Pl}$  em função da intensidade da irrigação utilizando-se a seguinte equação:

$$trNu_{imn-Pl} = trNu_{im-s}/lix-Pl \times fIrr_{nm} \quad \text{Eq. 8}$$

em que,  $trNu_{imn-Pl}$  é a taxa de recuperação do nutriente  $i$  pela planta cultivada no substrato  $m$  e sob o manejo de irrigação  $n$  (%);  $trNu_{im-s}/lix-Pl$  é a taxa de recuperação do nutriente  $i$  pela planta em condições de ausência de lixiviação (%) (Quadro 10); e  $fIrr_{nm}$  é o fator de correção devido ao manejo  $n$  da irrigação e ao substrato  $m$ . Considerou-se os seguintes fatores de correção ( $fIrr_{nm}$ ) e condições de irrigação: fatores de 0,8 ou 0,9 para substratos que retêm pouca ou muita umidade, respectivamente, quando a irrigação estiver bem manejada - sistema de irrigação por aspersão que promova pouca lixiviação dos nutrientes; fatores de 0,6 ou 0,8 para substratos que retêm pouca ou muita umidade, respectivamente, quando a irrigação for moderada - sistema de irrigação por aspersão ou com utilização de mangueira que cause média lixiviação (menos de 1 min de escoamento de solução do vaso com fluxo pequeno); e fatores de 0,5 ou 0,7 para substratos que retêm pouca ou muita umidade, respectivamente, quando a irrigação for intensa - sistema de irrigação por aspersão e, ou, com utilização de mangueira que promova alta lixiviação (menos de 1 min de escoamento de solução do vaso com fluxo grande ou por mais de 1 min com fluxo médio). Para substratos compostos pela mistura de substratos que retêm pouca umidade com substratos que retêm muita umidade, por exemplo casca de pinus misturado com esfagno, utilizou-se a média dos fatores considerados para cada manejo de irrigação.

As  $trNu_{im-s}/lix-Pl$  (Quadro 10) foram maiores para os substratos esfagno e turfa, quando comparados aos substratos brita, seixo rolado, cinazita e blocos de casca de pinus, possivelmente, isso possa ser, em parte, explicado pela maior capacidade de reter água que o primeiro grupo de substrato possui (McLelland & Rock, 1988; Demattê & Demattê, 1996), os quais proporcionariam uma condição de umidade favorável para a absorção dos nutrientes por mais tempo.

Vale ressaltar que logo após o transplantio, quando a quantidade de raízes da muda ainda é pequena, a  $trNu_{imn-Pl}$  do nutrientes pela planta seja pequena e que vai aumentando a medida em que a planta vai crescendo e seu sistema radicular passa a ocupar maior volume no vaso (Ichinose, 2008), havendo, assim, maior interceptação dos nutrientes e maior capacidade de armazenar os nutrientes em suas próprias raízes já que

essas funcionam como um reservatório de água e nutrientes devido sua estrutura esponjosa e a sua capacidade de reter cátions e ânions (Went, 1940; Zotz & Winkler, 2013). No entanto, considerou-se, neste modelo, a  $trNu_{imm}$ -PI média durante toda a fase de cultivo.

Após ampla revisão de literatura, percebeu-se a dificuldade em encontrar estudos de nutrição de orquídeas que contemplassem as relações entre a dose aplicada dos nutrientes, o tipo de substrato e o acúmulo dos nutrientes na planta. Em nenhum dos trabalhos revisados sobre nutrição de orquídeas foi discutida de forma explícita a influência da variável  $trNu_{imm}$ -PI sobre a nutrição dessas plantas ou sobre a recomendação de fertilização dessas, sendo este o primeiro trabalho que buscou elucidar a influência dessa variável sobre a nutrição de orquídeas. Portanto, este é um assunto carente de informação e que deve ser assunto de futuras pesquisas.

#### **4.2. Módulo Suprimento - $sNu_i$**

Este módulo contempla a estimativa da quantidade de nutrientes disponibilizados pelo solo, ou substrato, e pelos resíduos de origem vegetal e animal para suprir o requerimento das plantas.

Nos Modelos Fertcalc desenvolvidos para outras culturas o  $sNu_{im}$  foi determinado considerando o volume de solo explorado pelas raízes e os teores dos nutrientes e da matéria orgânica no solo, obtidos pela análise laboratorial desse (nutrientes disponibilizado pelo solo); a quantidade de resíduos produzido pela cultura anterior (culturas anuais), ou pela própria cultura (culturas perenes), por animais (culturas perenes sob pastejo), o teor dos nutrientes nos resíduos e a taxa de decomposição desses (nutrientes disponibilizados pelos resíduos) (Stahringer, 2013). No Modelos Fertcalc-Orquídea não se considerou o suprimento por meio dos resíduos vegetais, pois nesse cultivo a produção de resíduos é praticamente ausente e, quando acontece, logo é retirado do ambiente de cultivo a fim de se evitar problemas fitossanitários (Jones & Leonhardt, 1991; Watanabe, 2002).

No cultivo de orquídeas o substrato tem, principalmente, as funções de sustentação da planta e a manutenção de condições hídricas favoráveis ao crescimento dessas. Entretanto, alguns substratos podem suprir quantidade expressiva de nutrientes para as orquídeas neles cultivadas (Demattê, 1992; Bichsel *et al.*, 2008; Rodrigues, 2010), como micronutrientes para plantas cultivadas em xaxim (Demattê, 1992; Rodrigues, 2010) e em mistura de seixo, brita e cinasita (1:1:1 - v:v:v) (Fontes, 2014 -

informação pessoal) e K para plantas cultivadas em blocos de casca do coco (Fontes, 2014 - informação pessoal).

No modelo Ferticalc-Orquídea, o  $sNu_{im}$  foi determinado considerando o teor do nutriente no substrato, volume de substrato utilizado e uma correção pela eficiência com que a planta consegue absorver o nutriente disponível no substrato, além dessas variáveis, considerou-se o tempo de duração da fase do cultivo (Eq. 9).

$$sNu_{im} = (teNu_{imo} \times vol \times efNu_{imno} / 100) / tF_1 \quad \text{Eq. 9}$$

em que  $sNu_{im}$  é a quantidade do nutriente  $i$  que é suprida pelo substrato  $m$  (mg/vaso/semana);  $teNu_{imo}$  é o teor do nutriente  $i$  no substrato  $m$  na forma  $o$  (forma disponível ou total) ( $mg\ dm^{-3}$ );  $vol$  é o volume de substrato utilizado no vaso ( $dm^3$ /vaso);  $efNu_{imno}$  é a eficiência de utilização pela planta do nutriente  $i$  na forma  $o$  no substrato  $m$  sob a condição de irrigação  $n$  (%); e  $tF_1$  é o número de semanas que dura a fase I de cultivo.

Em um primeiro olhar, a utilização direta dos valores de  $trNu_{imn}$  seja apropriada para corrigir o conteúdo de nutriente ofertado pelo substrato, porém, alguns tratos culturais realizados no cultivo de orquídeas torna inapropriada a utilização direta dessa variável na determinação da  $sNu_{im}$ . Esses tratos culturais são: lavagem do substrato com água corrente antes ou logo após o plantio, que tem por objetivo retirar possível excesso de sais (p. ex.: fibra e chips da casca de coco) e pós (p. ex.: brita, cinasita, carvão e xaxim) que podem acumular no fundo do vaso e interferir na drenagem do substrato ou, no caso do pó de origem orgânica, ocorrer uma rápida decomposição desse, podendo ocasionar problemas fitossanitários; intensa irrigação logo após o plantio da muda, realizada com o intuito de aumentar a sobrevivência das mudas principalmente em substratos que retêm pouca umidade como a cinasita, brita, perlita e blocos de casca de pinus quando novos, isso leva ao escorrimento de solução do vaso e, conseqüentemente, lixiviação dos nutrientes contidos no substrato; e, ao se utilizar substratos de origem orgânica, quando esse está em avançado processo de decomposição, ou seja, quando começaria a disponibilizar maior quantidade de nutrientes à planta, recomenda-se a o replantio da orquídea para um novo substrato, evitando assim problemas fitossanitários (Eigeldinger & Murphy, 1972; Black, 1973; Jones & Leonhardt, 1991; Kumairia & Tandon, 2001; Watanabe *et al.*, 2002, 2007; Wang *et al.*, 2007; Takane *et al.*, 2010).

Considerou-se as seguintes equações para estimar os valores de  $efNu_{imno}$  em função da  $trNu_{imn}$  e do tipo de análise utilizada para estimar o  $teNu_{im}$ :  $efNu_{imn}Fo_{disponível} = 0,3 \times trNu_{imn}$  (Eq. 10), para  $teNu_{im}$  disponível ( $teNu_{im}$ -Dis); e  $efNu_{imn}Fo_{total} = 0,1 \times trNu_{imn}$  (Eq. 11), para  $teNu_{im}$  total ( $teNu_{im}$ -Total). A análise do teor total dos nutrientes deve ser utilizada apenas para os substratos de origem orgânica que sofrem decomposição considerável durante o cultivo da orquídea como o xaxim e o chips e a fibra de coco e não deve ser utilizada para substratos de origem mineral, como brita e cinzita. A ponderação feita para a determinação da  $efNu_{imno}$  em função do tipo de análise deu-se porque, nos substratos de origem orgânica, a disponibilização da fração do nutriente correspondente à diferença entre o teor total e o disponível ocorre, principalmente, quando o substrato está em avançado processo de decomposição, que é o mesmo instante em que se recomenda trocar o substrato, logo, apenas uma fração da quantidade do nutriente contido no substrato de origem orgânica (considerou-se 10 %), estimado pelo teor total desse, será disponibilizada à planta. Com relação ao teor de nutriente disponível, considerou-se que apenas 30 % desse estaria, ainda, disponível às plantas após a lavagem do substrato e a intensa irrigação utilizada logo após o plantio da muda.

Os  $teNu_{im}$  considerados para os cálculos do  $sNu_{im}$  no Ferticalc-Orquídea foram as médias dos  $teNu_{im}$  encontrados na literatura ou por meio da análise de amostras desses substratos (Quadro 11). O usuário do Ferticalc-Orquídea poderá utilizar os valores médios dos  $teNu_{im}$  sugeridos pelo modelo ou utilizar os valores de acordo com a análise do teor do nutriente no substrato por ele utilizado. No primeiro caso a única variável de entrada que ele deverá informar é o substrato utilizado no cultivo.

### 4.3. Balanço Nutricional

Enfim, relacionam-se os dois módulos, requerimento e suprimento, para determinar a recomendação da dose de cada nutriente. Para isso, fez-se o balanço entre o  $rNu_{iklmn}$  e o  $sNu_{im}$  (Eq. 3). A  $drNu_{iklmn}$  no Ferticalc-Orquídea é, inicialmente, determinada em mg/vaso/semana, entretanto, o modelo permite que o usuário indique a frequência com que fertiliza suas plantas, assim, o resultado final para  $drNu_{iklmn}$  é expresso de acordo com a frequência indicada, por exemplo, X mg/vaso de N a cada 14 dias (valor esse calculado, inicialmente, em X/2 mg/vaso/semana).

Com o intuito de criar uma interface (tornar mais acessível ao usuário ou transferência) mais amigável entre a informação gerada pelo modelo e o usuário,

decidiu-se, com base na dose recomendada de cada nutriente, propor uma fórmula de fertilizante que contenha todos os nutrientes e que tenha como base o teor de N de 10 % (m/m). Além da sugestão do fertilizante, indica-se a necessidade anual do consumo desse em função da quantidade de plantas que serão fertilizadas.

**Quadro 11.** Teores de nutrientes, em diferentes substratos utilizados no cultivo de orquídeas, considerados nos cálculos de recomendação de fertilização no Fertcalc-Orquídea

Substrato	Teor											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	mg dm <sup>-3</sup>						µg dm <sup>-3</sup>					
Brita <sup>(1)</sup>	0,6	0,2	6,7	12,5	4,2	0,2	5,0	0,8	0,3	0,3	0,2	<0,1
Seixo rolado <sup>(1)</sup>	3,3	1,7	20,0	25,0	3,3	0,3	4,4	1,2	2,5	0,2	0,3	<0,1
Cinasita <sup>(2)</sup>	0,6	0,3	4,2	9,2	1,4	0,1	2,9	1,2	5,4	0,3	0,2	<0,1
Perlita <sup>(2)</sup>	1,5	0,7	4,0	10,0	3,0	0,2	4,1	1,1	2,7	0,3	0,2	<0,1
Esfagno <sup>(3)</sup>	1008,0	30,6	358,2	184,5	75,2	23,4	104,0	5,8	10,9	0,4	0,6	0,08
Turfa <sup>(3)</sup>	972,0	24,3	15,3	323,1	38,3	129,6	186,0	0,3	1,1	0,1	<0,1	0,04
Casca de pinus <sup>(3)</sup>	1245,0	138,5	378,0	612,0	185,0	180,0	231,3	5,9	30,7	1,1	4,3	<0,1
Chips de coco <sup>(3)</sup>	652,0	142,0	1150,0	680,0	179,0	45,0	197,3	3,2	2,3	0,7	7,6	-
Fibra de coco <sup>(3)</sup>	456,4	99,4	805,0	476,0	125,3	31,5	138,1	2,2	1,6	0,5	5,3	-
Xaxim <sup>(3)</sup>	486,0	66,0	702,0	510,0	120,0	96,0	285	2,4	8,2	2,8	0,6	<0,1

<sup>(1)</sup> Teor solúvel em água - média de três amostras adquiridas em diferentes estabelecimentos comerciais em Viçosa-MG (Brasil). <sup>(2)</sup> Teor solúvel em água - média de três amostras de diferentes marcas comerciais de cinasita e perlita. <sup>(3)</sup> Teor total.

O usuário deste modelo de recomendação de fertilizantes para orquídeas deverá, então, fornecer os seguintes dados de entrada: grupo k de orquídea a que pertence a espécie ou híbrido que será cultivado (G1; G2; G3; G4; G5 ou G6); a fase I do cultivo (F1; F2; F3 ou F4); o tipo do sistema de produção (com ou sem controle do ambiente); objetivo do cultivo (produção de flor para corte ou em vaso); o substrato m que será utilizado; a condição n de irrigação (irrigação bem manejada; irrigação moderada; irrigação intensa); número de frentes de crescimento por vaso (*nFr*); a quantidade de plantas cultivadas; e a periodicidade da fertilização (de quantos em quantos dias será feita a fertilização). Faz-se importante resaltar que o produtor e colecionador de orquídeas deve buscar manter suas plantas em grupos bem distintos e uniformes dentro do orquidário, facilitando, assim, o manejo da fertilização dessas.

## 5. Simulações de Uso do Modelo Fertcalc-Orquídea

Para realizar simulações com o Fertcalc-Orquídea, tomou-se, inicialmente, uma situação específica para exemplificar todos os cálculos realizados para recomendar

o fertilizante e sua dose. Além dessa simulação, foram feitas simulações variando o grupo k de orquídea, a fase l de cultivo, o tipo m de substrato e o manejo n da irrigação.

## 5.1. Exemplo Geral

Para exemplificar os cálculos contidos neste modelo de recomendação de fertilização para orquídeas, tomou-se o seguinte sistema: Cultivo de 10 000 plantas do híbrido *Phalaenopsis* Tam Butterfly (grupo G1), contendo uma planta por vaso de 1,75 dm<sup>3</sup>, utilizando 1,5 L de um substrato composto pela mistura de perlita e turfa na proporção de 5:1 (v:v), sob manejo de irrigação que promove moderada lixiviação dos nutrientes. O cultivo deu-se do transplantio da planta pré-adulta para o vaso de 1,75 dm<sup>3</sup> até a floração e comercialização do vaso com a planta em floração (fase F3). Nesse exemplo de sistema de produção, a fertilização foi feita semanalmente e a casa de vegetação possuía controle de temperatura.

### 5.1.1. Conteúdo acumulado dos nutrientes na planta durante a fase do cultivo

O conteúdo de cada nutriente acumulado em cada compartimento j da planta de falenópsis produzido durante a fase F3 do cultivo ( $cNu_{ij}G_1F_3$ ), foi estimado no Ferticalc-Orquídea pela simples multiplicação do teor do nutrientes no compartimento j ( $teNu_{ij}G_1$ ) pelo acúmulo de matéria seca nesse ( $mMS_{jG_1F_3}$ ) (Quadro 12), para isso utilizou-se os valores de teor e acúmulo de matéria seca apresentados nos quadros 2 e 8, respectivamente. O conteúdo total acumulado durante a fase F3 ( $cNu_iG_1F_3$ -Vaso) foi estimado pela Eq. 7 e está apresentado no quadro 12, para essa estimativa se considerou o número de frentes por vaso igual a um, pois havia apenas uma planta por vaso e porque falenópsis, normalmente, não emite brotação lateral (orquídea monopodial). A título de exemplo, demonstra-se, a seguir, o cálculo do  $cNu_iG_1F_3$ -Vaso para N ( $cNu_NG_1F_3$ -Vaso).

$$cNu_{ijk}\text{-Vaso} = (\Sigma (teNu_{ijk} \times mMS_{jkl})) \times nFr / f, \text{ sendo } \Sigma = f(n) \quad (\text{Eq. 7})$$

$$cNu_NG_1F_3\text{-Vaso} = ((teNu_N C_{flor} G_1 \times mMS_{flor} G_1 F_3) + (teNu_N C_{haste\_floral} G_1 \times mMS_{haste\_floral} G_1 F_3) + (teNu_N C_{folha} G_1 \times mMS_{folha} G_1 F_3) + (teNu_N C_{caule} G_1 \times mMS_{caule} G_1 F_3) + (teNu_N C_{raiz} G_1 \times mMS_{raiz} G_1 F_3)) \times nFr / f$$

$$cNu_NG_1F_3\text{-Vaso} = ((20 \times 2,8) + (10 \times 2,4) + (20 \times 5,1) + (10 \times 0,77) + (20 \times 3,57)) \times 1 / 1$$

$$cNu_NG_1F_3\text{-Vaso} = 261,1 \text{ mg/vaso de N}$$

### 5.1.2. Demanda das planta por nutrientes durante a fase do cultivo

A demanda da planta de falenópsis por cada nutriente durante a fase F3 do cultivo ( $dNu_iG_1F_3$ ), foi estimado no Ferticalc-Orquídea pela Eq. 6 e a média da demanda semanal durante a fase F3 ( $dmsNu_iG_1F_3$ ) foi estimada pela Eq. 5 (Quadro 13). No Fertical-Orquídea se considerou como insignificante e igual a zero a reciclagem bioquímica dos nutrientes durante as fases F1, F2 e F3, desta maneira, o  $cNu_iG_1F_3$ -Vaso foi igual à  $dNu_iG_1F_3$  (Quadros 12 e 13, ver também, o exemplo a seguir). Para a situação de cultivo exemplificada a cima (fase F3 e com controle de temperatura na casa de vegetação), foi considerado pelo modelo Fertical-Orquídea uma duração de 11 meses (47,14 semanas) para a fase F3. A título de exemplo, demonstra-se, a seguir, os cálculos da  $dNu_iG_1F_3$  e  $dmsNu_iG_1F_3$  para N ( $dNu_NG_1F_3$  e  $dmsNu_NG_1F_3$ , respectivamente).

$$dNu_{i_{kl}} = cNu_{i_{kl}}\text{-Vaso} \times ((100 - recNu_{i_l}) / 100) \quad (\text{Eq. 6})$$

$$dNu_NG_1F_3 = cNu_NG_1F_3\text{-Vaso} \times ((100 - recNu_NF_3) / 100)$$

$$dNu_NG_1F_3 = cNu_NG_1F_3\text{-Vaso} \times ((100 - 0) / 100)$$

$$\therefore dNu_NG_1F_3 = cNu_NG_1F_3\text{-Vaso} = 261,1 \text{ mg/vaso de N}$$

$$dsmNu_{i_{kl}} = dNu_{i_{kl}} / tF_1 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$dsmNu_NG_1F_3 = dNu_NG_1F_3 / tF_3$$

$$dsmNu_NG_1F_3 = 261,1 / 47,14$$

$$dsmNu_NG_1F_3 = 5,54 \text{ mg/vaso/semana de N}$$

### 5.1.3. Requerimento das planta por nutrientes

O requerimento da planta de falenópsis por cada nutriente durante a fase F3 do cultivo ( $rNu_iG_1F_3$ ), foi estimado no Ferticalc-Orquídea pela Eq. 4 (Quadro 13) e a taxa de recuperação dos nutrientes pela planta cultivadas em mistura dos substratos perlita e turfa ( $Sub_{mix}$ ) e sob manejo de irrigação que promove moderada lixiviação dos nutrientes ( $Irr_{mod}$ ) ( $trNu_iSub_{mix}Irr_{mod}\text{-Pl}$ ), foi estimada pela Eq. 8 (Quadro 13). Os valores de  $trNu_{im}\text{-s/lix-Pl}$  utilizados para estes cálculos estão apresentados no quadro 10 e o valor de 0,7 foi utilizado para  $fIrr_{mod}Sub_{mix}$ . A título de exemplo, demonstra-se, a seguir, os cálculos da  $trNu_iSub_{mix}Irr_{mod}\text{-Pl}$  e  $rNu_iG_1F_3$  para N ( $trNu_NSub_{mix}Irr_{mod}\text{-Pl}$  e  $rNu_NG_1F_3$ , respectivamente).

$$trNu_iSub_{Irr_m-Pl} = trNu_{im-s/lix-Pl} \times fIrr_{nm} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$trNu_NSub_{mix}Irr_{mod-Pl} = trNu_NSub_{mix-s/lix-Pl} \times fIrr_{modSub_{mix}}$$

$$trNu_NSub_{mix}Irr_{mod-Pl} = 45 \times 0,7$$

$$trNu_NSub_{mix}Irr_{mod-Pl} = 31,5 \%$$

$$rNu_{ikl_{mn}} = (dsmNu_{ikl} / trNu_{imn-Pl}) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$rNu_NG_1F_3 = (dsmNu_NG_1F_3 / trNu_NSub_{mix}Irr_{mod-Pl}) \times 100$$

$$rNu_NG_1F_3 = (5,54 / 31,5) \times 100$$

$$rNu_NG_1F_3 = 17,6 \text{ mg/vaso/semana de N}$$

#### 5.1.4. Suprimento das planta com nutrientes por meio do substrato

O suprimento da planta de falenópsis com os nutrientes por meio da mistura de substrato utilizada durante a fase F3 do cultivo ( $sNu_{im}$ ), foi estimado no Fertilc-Orquídea pela Eq. 9 (Quadro 13), entretanto, como o substrato utilizado é uma mistura entre dois substratos, perlita e turfa (5:1 - v:v), para calcular o  $sNu_iSub_{mix}$  somou-se os valores do  $sNu_iSub_{perlita}$  e  $sNu_iSub_{turfa}$ , para cada nutriente. Como o acréscimo de turfa à perlita não altera o volume do substrato, pois a turfa ocupa apenas o espaço poroso entre os cascalhos de perlita, os volumes considerados de cada substrato, nesse exemplo, foram de 1,5 e 0,3 dm<sup>3</sup> para perlita e turfa, respectivamente. Os valores de  $teNu_{imo}$  utilizados para estes cálculos estão apresentados no quadro 11. Para o cálculo da eficiência de utilização pela planta dos nutrientes disponibilizados pelos substratos perlita ( $efNu_iSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível}$ ) e turfa ( $efNu_iSub_{turfa}Irr_{mod}Fo_{total}$ ), foram utilizadas as equações 10 e 11, respectivamente. As  $trNu_{imn}$  utilizadas nas estimativas da  $efNu_iSub_{perlita}Irr_{mod}Me_{disponível}$  e da  $efNu_iSub_{turfa}Irr_{mod}Fo_{total}$  foram as taxas estimadas para o substrato já misturado ( $trNu_NSub_{mix}Irr_{mod}$ ) (Quadro 13). A título de exemplo, demonstra-se, a seguir, os cálculos para estimara a  $efNu_iSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível}$ , a  $efNu_iSub_{turfa}Irr_{mod}Fo_{total}$ , e o  $sNu_iSub_{mix}$  para N ( $efNu_NSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível}$ ,  $efNu_NSub_{turfa}Irr_{mod}Fo_{total}$ , e  $sNu_NSub_{mix}$ , respectivamente).

$$efNu_{imn}Fo_{disponível} = 0,3 \times trNu_{imn} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$efNu_NSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível} = 0,3 \times trNu_NSub_{mix}Irr_{mod}$$

$$efNu_NSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível} = 0,3 \times 31,5$$

$$efNu_NSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível} = 9,45 \%$$

$$efNu_{imn}Fo_{total} = 0,1 \times trNu_{imn} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$efNu_NSub_{turfã}Irr_{mod}Fo_{total} = 0,1 \times trNu_NSub_{mix}Irr_{mod}$$

$$efNu_NSub_{turfã}Irr_{mod}Fo_{total} = 0,1 \times 31,5$$

$$efNu_NSub_{turfã}Irr_{mod}Fo_{total} = 3,15 \%$$

$$sNu_{im} = (teNu_{imo} \times vol \times efNu_{imno} / 100) / tF_1 \quad (\text{Eq. 9})$$

$$sNu_NSub_{mix} = ((teNu_NSub_{perlita}Fo_{disponível} \times vol \times efNu_NSub_{perlita}Irr_{mod}Fo_{disponível} / 100) + (teNu_NSub_{turfã}Fo_{total} \times vol \times efNu_NSub_{turfã}Irr_{mod}Fo_{total} / 100)) / tF_1$$

$$sNu_NSub_{mix} = ((1,48 \times 1,5 \times 9,45 / 100) + (972 \times 0,3 \times 3,15 / 100)) / 47,14$$

$$sNu_NSub_{mix} = 0,20 \text{ mg/vaso/semana de N}$$

### 5.1.5. Balanço entre o requerimento das planta por nutrientes e o suprimento dessas com nutrientes por meio dos substratos

Neste exemplo, a dose recomendada de cada nutriente ( $drNu_iG_1F_3$ ) (Quadro 13) foi estimada no Ferticalc-Orquídea por meio do balanço entre o requerimento das planta por nutrientes e o suprimento dessas plantas com nutrientes disponibilizado via substratos, para isso foi utilizada a Eq. 3. A título de exemplo, demonstra-se, a seguir, os cálculos da  $drNu_iG_1F_3$  para N ( $drNu_NG_1F_3$ ).

$$drNu_{iklmn} = rNu_{iklmn} - sNu_{im} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$drNu_NG_1F_3 = rNu_NG_1F_3 - sNu_NSub_{mix}$$

$$drNu_NG_1F_3 = 17,6 - 0,20$$

$$drNu_NG_1F_3 = 17,4 \text{ mg/vaso/semana}$$

O fertilizante recomendado no Ferticalc-Orquídea para esta situação de cultivo (Quadro 13) foi definido mantendo-se a proporção entre os nutrientes definida pelo balanço nutricional e utilizando como base um fertilizante com 10 % de N. A dose recomendada do fertilizante foi definida dividindo-se a  $drNu_NG_1F_3$  pelo teor de N no fertilizante recomendado, sendo assim, a dose recomendada do fertilizante com 10 % de N foi de 174 mg/vaso/semana.

**Quadro 12.** Conteúdo dos nutrientes acumulado nos diferentes compartimentos de plantas de orquídea do grupo falenópsis estimado pelo Ferticalc-Orquídea para a fase F3<sup>(1)</sup> do cultivo

Compartimento	Acúmulo											
	Macronutriente						Micronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	mg/vaso						µg/vaso					
Flor	56,0	9,8	126,0	18,2	7,00	4,20	140	112	154	9,8	182	0,84
Haste Floral	24,0	4,6	31,2	8,4	1,92	2,88	72	62	58	2,9	53	0,48
Folha	102,0	20,4	204,0	102,0	22,95	7,65	408	255	612	41,8	230	3,06
Caule	7,7	1,6	4,6	6,5	0,84	1,61	84	38	8	4,7	14	0,15
Raiz	71,4	12,5	53,5	25,0	12,50	7,14	428	500	54	10,7	100	0,36
Total	261,1	48,9	419,3	160,1	45,21	23,48	1133	967	886	70,0	578	4,89

<sup>(1)</sup> F3 compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial, essa fase inicia-se após o completo desenvolvimento da 5 folha na planta (folha completamente expandida) e vai até o desenvolvimento da 9 folha que ocorre concomitantemente à floração.

**Quadro 13.** Demanda, demanda semanal média (*dsm*), taxa de recuperação dos nutrientes pelas plantas (*tr*)<sup>(1)</sup>, requerimento por nutrientes, suprimento<sup>(2)</sup> com nutrientes pelo substrato, balanço entre requerimento e suprimento durante a fase F3<sup>(3)</sup> do cultivo de plantas de orquídea do grupo falenópsis estimados pelo Ferticalc-Orquídea e fertilizante recomendado para essa fase pelo Ferticalc-Orquídea

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
	mg/vaso						µg/vaso					
Demanda	261,1	48,9	419,3	160,1	45,21	23,48	1133	967	886	70,0	578	4,89
	mg/semana/vaso						µg/semana/vaso					
<i>dsm</i>	5,54	1,04	8,90	3,40	0,96	0,50	24	21	18,8	1,5	12,3	0,104
	%											
<i>tr</i>	31,5	25,2	42,0	31,5	49,0	20,3	26,6	19,6	42,0	26,6	18,9	11,9
	mg/semana/vaso						µg/semana/vaso					
Requerimento	17,58	4,11	21,18	10,78	1,96	2,45	90	105	44,7	5,6	64,9	0,872
Suprimento	0,20	0,01	0,02	0,09	0,03	0,02	42	2	11,2	0,7	0,4	0,003
Balanço	17,38	4,10	21,16	10,69	1,93	2,43	48	103	33,5	4,9	64,5	0,869
	%											
Fertilizante	10,0	2,4	12,2	6,1	1,1	1,4	0,04	0,06	0,02	0,003	0,04	0,0005

<sup>(1)</sup> A TR foi estimada pelo Ferticalc-Orquídea considerando o uso de um substrato composto pela mistura de perlita e turfa na proporção de 5:1 (v:v) e um manejo de irrigação que promovesse moderada lixiviação dos nutrientes; <sup>(2)</sup> Utilização de 1,5 dm<sup>3</sup> de substrato, sendo 1,5 dm<sup>3</sup> de perlita e 300 cm<sup>3</sup> de turfa (o acréscimo de turfa à perlita não altera o volume do substrato, pois essa ocupa apenas o espaço poroso entre os cascalhos de perlita; <sup>(3)</sup> F3 compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial, essa fase inicia-se após o completo desenvolvimento da 5 folha na planta (folha completamente expandida) e vai até o desenvolvimento da 9 folha que ocorre concomitantemente à floração, a duração dessa fase, considerada no Ferticalc-Orquídea, foi 11 meses (47,14 semanas).

## **5.2. Doses recomendadas dos nutrientes em função do grupo de orquídea e da fase de cultivo**

Para analisar as diferenças entre as doses recomendadas pelo Ferticalc-Orquídea e comparar a exigência em fertilização em função do grupo de orquídea e da fase do cultivo, simulou-se os seguintes cenários do sistema de produção de orquídeas: cultivo de orquídeas dos grupos G1, G2, G3, G4, G5 e G6 durante as fases F1, F2, F3 e F4 do cultivo. Durante as fases F1, F2, F3 e F4, essas plantas foram cultivadas em bandeja com células de 50 cm<sup>3</sup> e em vasos de 200, 500 e 750 cm<sup>3</sup>, respectivamente, contendo 40, 150, 400 e 600 cm<sup>3</sup> de substrato, respectivamente. Neste exemplo, independente da fase do cultivo e do grupo de orquídea, as plantas estiveram sob manejo de irrigação que promove moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, o substrato utilizado foi a casca de pinus, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de plantas de orquídeas em vaso.

Quanto à exigência em fertilização em função da fase do cultivo, percebe-se que há um aumento nessa exigência à medida em que a planta vai se desenvolvendo e crescendo (F1 << F2 << F3, independente do grupo de orquídea) (Quadro 14), entretanto, a partir do primeiro florescimento a exigência em fertilização apresentou uma tendência média, entre os grupos de orquídeas, de estabilização (Quadro 14), sendo que, da fase F3 para a F4, houve aumento de 9,6 % no somatório das doses dos nutrientes recomendadas pelo modelo para o grupo G1, uma variação menor que 5 % para os grupos G2 e G3, e uma redução de 18, 11 e 20 % para os grupos G4, G5 e G6, respectivamente (Quadro 14). Um aspecto interessante a respeito desse assunto, é que, da fase F3 para F4, houve aumento no acúmulo de nutrientes na planta (dados não publicados) independente do grupo de orquídea, sendo que a reciclagem bioquímica foi a responsável pela estabilização da demanda e, logo, das doses dos nutrientes estimadas pelo Ferticalc-Orquídea nas fases F3 e F4.

Dentre os seis grupos de orquídeas contemplados neste estudo, o grupo G1, para esta condição de cultivo, se mostrou mais exigente em fertilização, pois requir maior dose semanal de nutrientes que os demais grupos, sendo suas doses, na média das quatro fases do cultivo, aproximadamente, cinco vezes maior do que a do grupo com menor exigência por fertilização (G6) (Quadro 14). A ordem em exigência por

fertilização, de acordo com os grupos, foi a seguinte:  $G1 \gg G3 \gg G5 \cong G2 \cong G4 > G6$  (Quadro 14). Entretanto, em uma situação em que uma planta adulta, por exemplo de *C. walkeriana* que pertence ao grupo G6 (grupo com menor exigência por fertilização), ao formar uma touceira com 7 frentes de crescimento, terá uma exigência por fertilização maior do que uma planta adulta de falenópsis (grupo G1 - maior exigência por fertilização). Para outras cultura agrícolas, o comum é que as recomendações de fertilização sejam feitas por área (p. ex.: 100 kg ha<sup>-1</sup> de N), no modelo Ferticalc-Orquídea essa recomendação é feita por planta e nenhuma consideração é feita a respeito da área ocupada pelas plantas, isso ocorre, porque essa variável depende muito dos sistemas de produção. Considerando essa variável para o exemplo citado neste parágrafo e caso a touceira de *C. walkeriana* estiver ocupando um espaço muito maior que a planta de falenópsis, essa touceira terá maior exigência por fertilização por planta, enquanto que as plantas de falenópsis terão maior exigência por fertilização por área, desta forma, seria necessário conhecer a área ocupada pelas plantas para se realizar uma comparação da exigência por fertilização em função, também, da área.

De uma forma geral, houve diferença entre os grupos de orquídeas na proporção dos nutrientes nos fertilizantes recomendados pelo Ferticalc-Orquídea (Quadro 15). As proporções entre nutrientes nos fertilizantes recomendados pelo Ferticalc-Orquídea foram semelhantes entre as fases F1 e F2 e entre as fases F3 e F4 (Quadro 15), essas semelhanças deram-se, por que os teores dos nutrientes nos compartimentos das plantas foram considerados iguais entre as fases e por que a proporção entre esses compartimentos do acúmulo de matéria seca nos mesmos foram consideradas, praticamente, constantes da fase F1 para F2 e da fase F3 para F4 no modelo Ferticalc-Orquídea (Quadro 8). Entretanto, houve uma diferença expressiva entre os fertilizantes recomendados para plantas em estágio juvenil (Fases F1 e F2) e plantas adultas (fases F3 e F4), isso ocorreu por que, quando a planta passou da fase juvenil para a fase reprodutiva, houve um alteração na composição nutricional das plantas dos diferentes grupos de orquídeas (dados não publicados). Ao contrário do que se tem, usualmente, recomendado para fertilização de orquídeas - alterar a formulação do fertilizante utilizado na fase vegetativa ou juvenil [p. ex.: 10-10-10 ou 30-10-10 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (10-4,4-14 ou de N-P-K)] para uma formulação com altos teores de P [p. ex.: o 10-30-20 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (10-13-17 de N-P-K)] durante a fase reprodutiva (Batchelor, 1981; Baker & Baker, 1996; Paula & Silva, 2001; Watanabe *et al.*, 2002; Baker & Baker, 2006; Allikas, 2010; Zaslowski, 2011; Neves, 2014), as recomendações

do Ferticalc-Orquídea mantiveram semelhantes as proporções entre N e P nas formulações indicadas para as fases F2 e F3, independente do grupo de orquídea (Quadro 15). Isto ocorreu, porque as proporções entre N e P contidos na inflorescência foram semelhantes às proporções entre N e P contidos na parte vegetativa da planta, havendo assim, uma demanda relativa desses dois nutrientes semelhante antes e durante a fase de floração.

### **5.3. Doses recomendadas dos nutrientes e o fertilizante recomendado em função do manejo da irrigação e do tipo de substrato quanto à sua capacidade de reter água**

Para analisar as diferenças entre as doses recomendadas pelo Ferticalc-Orquídea em função do manejo da irrigação e do tipo de substrato quanto à sua capacidade de reter água, simulou-se os seguintes cenários do sistema de produção de orquídeas: cultivo de orquídeas sob manejos de irrigação que promovessem pouca, moderada e intensa lixiviação dos nutrientes (manejos P, M e I, respectivamente) e em substratos com baixa (casca de pinus), média [mistura de casca de pinus com turfa - 5:1 (v:v)] e alta (turfa) capacidade de reter água e nutrientes. Essas plantas foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato. Neste exemplo, independente do manejo da irrigação e do tipo de substrato, foram cultivadas, durante a fase F3, 10 000 plantas de Denfal (grupo G3) em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso.

No quadro 16, observa-se a redução da dose recomendada pelo Ferticalc-Orquídea de acordo com a redução da intensidade da irrigação (redução da lixiviação dos sais) e a medida que se utiliza substratos com maior capacidade de reter água e nutrientes. O que levou a essas reduções foi o aumento das taxas de recuperação consideradas no modelo a medida que se reduz a intensidade da irrigação e que se utiliza substratos com maior capacidade de reter água e nutrientes, já que, neste exemplo, a demanda nutricional da planta de Denfal durante a fase F3 foi a mesma independente do manejo da irrigação e tipo do substrato. Em média para os diferentes substratos utilizados neste exemplo, as reduções nas doses dos nutrientes devido ao manejo da irrigação foram da ordem de 12,6 % ao passar do manejo I para o M, de 11,2 % ao passar do M para o P e de 22,2 ao passa do I para o P. Em relação ao tipo de substrato e em média para os diferentes manejos de irrigação, as reduções nas doses dos nutrientes foram da ordem de 22,6 % ao passar do substrato casca de pinus para a

mistura de casca de pinus com turfa, de 29,9 % ao passar da mistura para o uso exclusivo de turfa e de 45,8 % ao passar da casca de pinus para turfa.

Ao tomar-se como base o preço de um fertilizante usualmente utilizado no cultivo de orquídeas, como o B&G<sup>®</sup> Orquídea (15,00 R\$/kg)<sup>1</sup>, e o N como referência para o cálculo da dose do fertilizante, o custo de produção referente à quantidade de fertilizante recomendada no cenário com o manejo da irrigação que promoveu menor lixiviação e utilizou o substrato com alta capacidade de reter água foi de 560 R\$ durante os oito meses da fase F3 e foi 58 % menor que o custo referente à quantidade de fertilizante recomendada no cenário com o manejo da irrigação que promoveu maior lixiviação e utilizou o substrato com baixa capacidade de reter água (1 342 R\$ durante os oito meses da fase F3).

#### **5.4. Doses recomendadas dos nutrientes, requerimento e suprimento das plantas com nutrientes em função do substrato**

Para analisar as diferenças entre as doses recomendadas pelo Ferticalc-Orquídea avaliar a importância do substrato quanto ao suprimento das plantas de orquídeas com nutrientes, simulou-se os seguintes cenários do sistema de produção de orquídeas: orquídeas dos grupos G1 e G6 cultivadas nos substratos brita, seixo rolado, cinasita, perlita, esfagno, turfa, casca de pinus, chips de coco, fibra de coco, xaxim e mistura de casca de pinus com turfa na proporção de 5:1 (v:v). As plantas do grupo G1 foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato, enquanto que as do grupo G6, composto por plantas menores que as do grupo G1, foram cultivadas em vaso de 500 cm<sup>3</sup> contendo 400 cm<sup>3</sup> de substrato. Neste exemplo foram cultivadas 10 000 orquídeas de cada grupo em cada substrato durante a fase F3 do cultivo, as plantas ficaram sob manejo de irrigação que promoveu moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso. Escolheu-se os grupos de orquídeas G1 e G6, por serem eles os que apresentaram maior e menor exigência por fertilização, respectivamente.

---

<sup>1</sup> B&G<sup>®</sup> Orquídea é um fertilizante multinutriente produzido pela companhia B&G Flores - Nutrição Vegetal. Preço consultado para a embalagem de 10 kg no site da referida companhia (begflores.com.br) no dia 29/03/2014

A estimativa pelo Ferticalc-Orquídea do suprimento das plantas com nutrientes advindos dos substratos foi variável de acordo com o substrato (Quadro 17) e de pouca importância em relação às quantidades requeridas dos nutrientes pelas plantas, pois, em média dos substratos, os suprimentos dos diferentes nutrientes foram menores do que 10 % de seus requerimentos para os grupos G1 e G6, com exceções para Fe e Mn (Quadros 18 e 19). Considerando, separadamente, cada um dos 11 substratos avaliados para os grupos G1 e G6, percebe-se que os substratos esfagno, turfa, casca de pinus, chips de coco, fibra de coco, xaxim e a mistura de substratos foram importantes no fornecimento de Fe (variação de 18 a 100 % no suprimento do requerimento deste) e os substratos seixo rolado, cinasita, perlita, esfagno, turfa, casca de pinus, chips de coco, fibra de coco, xaxim, a mistura de substratos foram importantes no fornecimento de Mn (variação de 10 a 56 % no suprimento do requerimento deste) (Quadro 19). Além disso, tiveram importância também os substratos a base de coco no suprimento de K e B e os substratos esfagno e turfa no suprimento de N (Quadro 19). As plantas do grupo G1, por requerem menor quantidade de nutrientes, apresentaram maior relação entre o suprimento com nutrientes pelo substrato e o seu requerimento nutricional (Quadro 19) quando comparadas às plantas do grupo G2, mesmo sendo cultivadas em menor volume de substrato que as plantas do grupo G2.

Apesar do substrato exercer pouca influência sobre o suprimento nutricional das plantas, este influenciou a estimativa do requerimento das mesmas por nutrientes (Quadro 18) e, logo, influenciou as doses recomendadas dos nutrientes (Quadro 20). As taxas de recuperação (Quadro 10) foram as responsáveis pela variação do requerimento das plantas por nutrientes em função do substrato (Eq. 4), já que as demandas das plantas por nutrientes, dentro dos grupos G1 e G6, não variam em função do substrato.

Como os substratos apresentaram baixa eficiência em suprir o requerimento dessas plantas (salve as exceções citadas acima), pode se dizer que a influência do substrato sobre a dose recomendada dos nutrientes no Ferticalc-Orquídea foi devida apenas às alterações nos valores das taxas de recuperação no módulo requerimento, sendo o módulo suprimento pouco importante para a estimativa da dose recomendada dos nutrientes.

**Quadro 14.** Doses recomendadas dos nutrientes pelo Ferticalc-Orquídea em função do grupo de orquídea e da fase dos cultivo<sup>(1)</sup>

Grupo <sup>(2)</sup>	Fase <sup>(3)</sup>	Dose											Somatório	
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B		Mo
		mg/semana/vaso					µg/semana/vaso					mg/semana/vaso		
G1	F1	3,7	0,9	3,8	2,6	0,5	0,5	15	27	8	1,2	12	0,2	12,1
	F2	12,8	3,1	13,6	9,5	1,9	1,9	60	90	31	4,5	42	0,7	42,9
	F3	22,8	5,4	26,8	14,0	2,9	3,3	82	136	48	6,8	88	1,2	75,6
	F4	23,9	5,7	27,8	18,1	3,1	3,9	103	175	60	8,8	108	1,4	82,9
	Média	15,8	3,7	18,0	11,1	2,1	2,4	65	107	37	5,3	63	0,9	53,4
G2	F1	1,2	0,4	1,2	0,8	0,2	0,1	11	19	4	0,8	7	0,2	4,0
	F2	2,4	0,7	2,3	1,7	0,4	0,2	10	38	6	1,6	14	0,3	7,9
	F3	6,6	2,3	9,8	5,3	1,4	1,7	87	84	27	5,5	51	0,8	27,5
	F4	6,3	2,3	9,7	6,2	1,4	1,9	91	96	29	6,3	59	0,9	28,1
	Média	4,2	1,4	5,8	3,5	0,9	1,0	50	59	17	3,5	33	0,5	16,9
G3	F1	1,2	0,2	1,4	0,6	0,2	0,2	6	11	2	0,9	5	0,2	4,0
	F2	3,7	0,7	4,1	2,2	0,7	0,5	24	26	9	2,1	13	0,6	12,0
	F3	17,4	3,3	22,2	8,2	3,3	2,4	93	109	41	10,0	66	2,3	57,0
	F4	16,2	3,1	20,7	9,2	3,0	2,5	111	123	46	11,3	74	2,6	55,0
	Média	9,6	1,8	12,1	5,1	1,8	1,4	58	67	24	6,1	40	1,4	32,0
G4	F1	0,8	0,1	0,7	0,7	0,1	0,2	6	11	2	0,5	6	0,2	2,7
	F2	3,9	0,7	3,6	3,3	0,6	0,8	47	52	15	2,5	31	0,9	13,1
	F3	9,1	1,6	8,3	6,4	1,1	1,5	56	88	29	4,8	69	1,5	28,3
	F4	7,2	1,3	6,5	5,9	0,9	1,3	37	79	24	4,4	65	1,3	23,2
	Média	5,3	0,9	4,8	4,1	0,7	1,0	36	58	18	3,0	43	1,0	16,8

Continua

**Quadro 14.** Continuação

Grupo	Fase	Dose											Somatório	
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B		Mo
		mg/semana/vaso						µg/semana/vaso						mg/semana/vaso
G5	F1	0,8	0,1	0,7	0,7	0,1	0,1	6	11	3	0,4	7	0,2	2,6
	F2	4,0	0,6	3,3	3,3	0,6	0,7	47	53	16	2,5	31	0,9	12,6
	F3	10,3	1,6	8,7	7,0	1,2	1,6	72	105	34	5,6	78	1,7	30,8
	F4	8,9	1,4	7,6	6,9	1,0	1,5	57	98	33	5,5	80	1,6	27,6
	Média	6,0	0,9	5,1	4,5	0,7	1,0	46	67	21	3,5	49	1,1	18,4
G6	F1	0,9	0,2	1,2	1,1	0,2	0,2	11	14	4	0,7	8	0,2	3,8
	F2	2,1	0,5	2,8	2,4	0,5	0,4	25	30	9	1,6	17	0,5	8,7
	F3	4,5	1,0	5,4	4,0	0,8	0,8	10	49	11	2,8	35	0,9	16,7
	F4	3,4	0,8	4,1	3,5	0,6	0,7	5	42	10	2,5	33	0,8	13,3
	Média	2,7	0,6	3,4	2,7	0,5	0,5	13	33	9	1,9	23	0,6	10,6

<sup>(1)</sup> Essas doses foram estimadas pelo Ferticalc-Orquídea considerando um cenário de cultivo em que as plantas estiveram sob manejo de irrigação que promove moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, que havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, que o substrato utilizado foi a casca de pinus, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso. considerou-se também que durante as fases F1, F2, F3 e F4, essas plantas foram cultivadas em bandeja com células de 50 cm<sup>3</sup> e em vasos de 200, 500 e 750 cm<sup>3</sup>, respectivamente, contendo 40, 150, 400 e 600 cm<sup>3</sup> de substrato, respectivamente; <sup>(2)</sup> G1 - híbridos comerciais de falenópsis; G2 - *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos; G3 - *Dendrobium phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos; G4 - espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008), com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as do ex-gênero *Brasilelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de catleia; G5 - espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reestruturação em 2008 por Van den Berg e híbridos bifoliados de catleia; G6 - *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as espécies dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophranitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts. <sup>(3)</sup> Fases de cultivo F1 - cultivo de "seedling" em bandeja ou em vaso coletivo; F2 - cultivo de "seedling" transplantada em vaso individual; F3 - cultivo de planta adulta, compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial e F4 - essa fase compreende o ciclo anual da planta adulta após a primeira floração.

**Quadro 15.** Fertilizante recomendado pelo Ferticalc-Orquídea em função do grupo de orquídea e da fase do cultivo<sup>(1)</sup>

Grupo <sup>(2)</sup>	Fase <sup>(3)</sup>	Teor do nutriente no fertilizante											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
		%											
G1	F1	10,0	2,4	10,2	7,1	1,4	1,5	0,04	0,07	0,02	0,003	0,03	0,0005
	F2	10,0	2,4	10,6	7,4	1,5	1,5	0,05	0,07	0,02	0,004	0,03	0,0005
	F3	10,0	2,4	11,8	6,1	1,3	1,4	0,04	0,06	0,02	0,003	0,04	0,0005
	F4	10,0	2,4	11,6	7,6	1,3	1,6	0,04	0,07	0,03	0,004	0,05	0,0006
G2	F1	10,0	3,0	9,5	6,8	1,8	1,0	0,09	0,15	0,04	0,007	0,06	0,0012
	F2	10,0	3,1	9,7	6,8	1,8	1,0	0,04	0,16	0,03	0,006	0,06	0,0013
	F3	10,0	3,5	14,8	8,1	2,2	2,6	0,13	0,13	0,04	0,008	0,08	0,0012
	F4	10,0	3,6	15,3	9,7	2,2	3,0	0,14	0,15	0,05	0,010	0,09	0,0014
G3	F1	10,0	2,0	11,2	5,1	1,6	1,6	0,05	0,09	0,01	0,007	0,04	0,0015
	F2	10,0	1,8	11,2	5,8	2,0	1,4	0,06	0,07	0,02	0,006	0,04	0,0016
	F3	10,0	1,9	12,7	4,7	1,9	1,4	0,05	0,06	0,02	0,006	0,04	0,0013
	F4	10,0	1,9	12,8	5,7	1,9	1,5	0,05	0,08	0,02	0,007	0,05	0,0016
G4	F1	10,0	1,7	9,2	8,5	1,4	2,0	0,08	0,14	0,03	0,006	0,08	0,0023
	F2	10,0	1,7	9,2	8,5	1,5	2,0	0,12	0,13	0,04	0,006	0,08	0,0022
	F3	10,0	1,8	9,1	7,0	1,2	1,7	0,06	0,10	0,03	0,005	0,08	0,0016
	F4	10,0	1,8	9,1	8,2	1,2	1,9	0,05	0,11	0,03	0,006	0,09	0,0019

Continua

**Quadro 15.** Continuação

Grupo <sup>(2)</sup>	Fase <sup>(3)</sup>	Teor do nutriente no fertilizante											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
		%											
G5	F1	10,0	1,3	8,3	8,4	1,4	1,7	0,07	0,13	0,03	0,005	0,08	0,0024
	F2	10,0	1,4	8,3	8,1	1,4	1,7	0,12	0,13	0,04	0,006	0,08	0,0023
	F3	10,0	1,6	8,4	6,8	1,2	1,6	0,07	0,10	0,03	0,005	0,08	0,0017
	F4	10,0	1,6	8,5	7,7	1,1	1,7	0,06	0,11	0,04	0,006	0,09	0,0018
G6	F1	10,0	2,4	13,4	11,7	2,4	2,2	0,13	0,15	0,04	0,007	0,08	0,0028
	F2	10,0	2,5	13,4	11,4	2,4	2,2	0,12	0,14	0,04	0,008	0,08	0,0027
	F3	10,0	2,3	12,1	9,0	1,8	1,9	0,02	0,11	0,03	0,006	0,08	0,0020
	F4	10,0	2,3	11,9	10,3	1,7	2,0	0,02	0,12	0,03	0,007	0,09	0,0022

<sup>(1)</sup> Esses fertilizantes foram recomendados pelo Ferticalc-Orquídea mantendo fixo o teor de N nesse (10 %) e considerando um cenário de cultivo em que as plantas estiveram sob manejo de irrigação que promove moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, que havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, que o substrato utilizado foi a casca de pinus, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso. considerou-se também que durante as fases F1, F2, F3 e F4, essas plantas foram cultivadas em bandeja com células de 50 cm<sup>3</sup> e em vasos de 200, 500 e 750 cm<sup>3</sup>, respectivamente, contendo 40, 150, 400 e 600 cm<sup>3</sup> de substrato, respectivamente; <sup>(2)</sup> G1 - híbridos comerciais de falenópsis; G2 - *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos; G3 - *Dendrobium phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos; G4 - espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008), com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as do ex-gênero *Brasilaelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de catleia; G5 - espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reestruturação em 2008 por Van den Berg e híbridos bifoliados de catleia; G6 - *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as espécies dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophronitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts. <sup>(3)</sup> Fases de cultivo F1 - cultivo de "seedling" em bandeja ou em vaso coletivo; F2 - cultivo de "seedling" transplantada em vaso individual; F3 - cultivo de planta adulta, compreende a fase em que se cultiva planta adulta apta a produzir inflorescência com padrão comercial e F4 - essa fase compreende o ciclo anual da planta adulta após a primeira floração.

**Quadro 16.** Doses recomendadas dos nutrientes pelo Ferticalc-Orquídea em função do tipo de substrato e do manejo da irrigação<sup>(1)</sup>

Substrato <sup>(2)</sup>	Manejo <sup>(3)</sup>	Dose											Somatório	
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B		Mo
		mg/semana/vaso						µg/semana/vaso						mg/semana/vaso
Casca de Pinus	P	14,6	2,8	18,9	6,9	2,7	2,0	32	93	24	8,2	56	2,0	48,1
	M	17,2	3,3	22,1	8,2	3,2	2,3	66	109	35	9,8	66	2,3	56,6
	I	20,9	3,9	26,6	9,9	3,9	2,8	109	131	48	12,0	79	2,8	68,4
	Média	17,6	3,3	22,5	8,3	3,3	2,4	69	111	36	10,0	67	2,3	57,7
Casca de Pinus com Turfa	P	11,7	2,2	15,3	5,5	2,0	1,5	69	72	29	6,7	42	1,5	38,5
	M	13,4	2,5	17,5	6,4	2,2	1,8	86	83	35	7,8	49	1,7	44,1
	I	15,7	2,9	20,5	7,4	2,6	2,0	107	97	43	9,2	57	2,0	51,5
	Média	13,6	2,5	17,8	6,4	2,3	1,8	87	84	36	7,9	49	1,8	44,7
Turfa	P	8,7	1,7	11,7	4,2	1,7	1,2	0	61	26	5,3	34	1,1	29,4
	M	9,3	1,8	12,4	4,5	1,8	1,3	0	65	28	5,6	36	1,2	31,2
	I	10,0	2,0	13,1	4,8	1,9	1,3	0	69	30	6,0	38	1,3	33,3
	Média	9,3	1,9	12,4	4,5	1,8	1,3	0	65	28	5,6	36	1,2	31,3

<sup>(1)</sup>Essas doses foram estimadas pelo Ferticalc-Orquídea considerando um cenário de cultivo em que 10 000 plantas de Denfal (grupo G3) adultas na fase de primeira floração (fase F3) foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso; <sup>(2)</sup> Cultivo de orquídeas sob manejos de irrigação que promovessem pouca, moderada e intensa lixiviação dos nutrientes (manejos P, M e I, respectivamente). <sup>(3)</sup> Cultivo de orquídeas em substratos com baixa (casca de pinus), média [mistura de casca de pinus com turfa - 5:1 (v:v)] e alta (turfa) capacidade de reter água e nutrientes.

**Quadro 17.** Suprimento com nutrientes via substrato estimado pelo Ferticalc-Orquídea para o cultivo de dois grupos de orquídeas<sup>(1)</sup>

Grupo	Substrato	Suprimento											Somatório	
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B		Mo
		mg/semana/vaso					µg/semana/vaso					mg/semana/vaso		
G1	Brita	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	3,4	0,5	0,5	0,31	0,1	0,000	0,0
	Seixo rolado	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	3,1	0,7	3,4	0,15	0,2	0,000	0,1
	Cinasita	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	2,3	0,7	6,1	0,23	0,1	0,000	0,0
	Perlita	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	3,3	0,6	3,1	0,19	0,1	0,000	0,0
	Esfagno	0,55	0,01	0,27	0,10	0,06	0,01	45,0	1,9	8,3	0,38	0,2	0,018	1,1
	Turfa	0,53	0,01	0,01	0,17	0,03	0,04	80,6	0,1	0,8	0,24	0,0	0,009	0,9
	Casca de pinus	0,38	0,03	0,16	0,19	0,08	0,03	58,3	1,1	12,9	0,39	0,7	0,000	0,9
	Chips de coco	0,28	0,05	1,00	0,15	0,08	0,01	21,3	0,5	0,5	0,08	4,1	0,000	1,6
	Fibra de coco	0,20	0,04	0,70	0,10	0,05	0,01	14,9	0,4	0,3	0,05	2,9	0,000	1,1
	Xaxim	0,21	0,02	0,46	0,08	0,03	0,03	46,2	0,8	3,6	0,15	0,2	0,000	0,9
	Mistura <sup>(2)</sup>	0,08	0,00	0,01	0,04	0,01	0,01	16,8	0,8	4,5	0,29	0,2	0,001	0,2
G6	Brita	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	2,8	0,4	0,4	0,25	0,1	0,000	0,0
	Seixo rolado	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	2,5	0,6	2,8	0,12	0,1	0,000	0,1
	Cinasita	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,9	0,6	5,0	0,19	0,1	0,000	0,0
	Perlita	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	2,7	0,5	2,6	0,16	0,1	0,000	0,0
	Esfagno	0,44	0,01	0,22	0,08	0,05	0,01	36,7	1,5	6,7	0,16	0,2	0,014	0,9
	Turfa	0,43	0,01	0,01	0,14	0,02	0,04	65,7	0,1	0,7	0,05	0,0	0,007	0,7
	Casca de pinus	0,31	0,03	0,13	0,15	0,06	0,03	47,5	0,9	10,5	0,24	0,6	0,000	0,8
	Chips de coco	0,23	0,04	0,81	0,12	0,06	0,01	17,4	0,4	0,4	0,06	3,3	0,000	1,3
	Fibra de coco	0,16	0,03	0,57	0,08	0,04	0,01	12,2	0,3	0,3	0,04	2,3	0,000	0,9
	Xaxim	0,17	0,02	0,37	0,07	0,03	0,02	37,7	0,6	2,9	0,12	0,2	0,000	0,7
	Mistura <sup>(2)</sup>	0,06	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	13,7	0,7	3,7	0,24	0,1	0,001	0,1

<sup>(1)</sup> Esses suprimentos foram estimados pelo Ferticalc-Orquídea considerando o seguinte cenário de cultivo: as plantas de falenópsis (grupo G1) foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato, enquanto que plantas de *C. walkeriana* (grupo G6) foram cultivadas em vaso de 500 cm<sup>3</sup> contendo 400 cm<sup>3</sup> de substrato. As plantas eram adultas em fase de primeira floração (fase F3), ficaram sob manejo de irrigação que promoveu moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso; <sup>(2)</sup> Mistura de casca de pinus com turfa na proporção 5:1 (v:v).

**Quadro 18.** Requerimento das planta por nutrientes estimados pelo Ferticalc-Orquídea para o cultivo de dois grupos de orquídeas<sup>(1)</sup>

Grupo	Substrato	Requerimento											Somatório	
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B		Mo
		mg/semana/vaso					µg/semana/vaso					mg/semana/vaso		
G1	Brita	23,1	5,4	24,7	14,1	4,0	3,3	133	137	52	6,2	102	1,2	75,1
	Seixo rolado	23,1	5,4	24,7	14,1	4,0	3,3	133	137	52	6,2	102	1,2	75,1
	Cinasita	23,1	5,4	29,7	14,1	2,3	3,3	114	137	63	8,2	82	1,2	78,3
	Perlita	23,1	5,4	29,7	14,1	2,3	3,3	114	137	63	8,2	82	1,2	78,3
	Esfagno	13,0	3,0	14,9	8,0	1,6	1,8	71	80	32	3,9	48	0,6	42,7
	Turfa	13,0	3,0	14,9	8,0	1,6	1,8	71	80	32	3,9	48	0,6	42,7
	Casca de pinus	23,1	5,4	27,0	14,1	2,9	3,3	121	137	57	7,1	89	1,2	76,2
	Chips de coco	16,3	3,5	13,1	20,0	2,8	2,9	283	161	110	17,5	29	1,2	59,2
	Fibra de coco	16,3	3,5	13,1	20,0	2,8	2,9	283	161	110	17,5	29	1,2	59,2
	Xaxim	16,3	3,5	17,4	26,6	4,5	2,3	188	80	55	34,9	48	1,2	71,1
	Mistura <sup>(2)</sup>	17,6	4,1	21,2	10,8	2,0	2,5	90	105	45	5,6	65	0,9	58,4
G6	Brita	4,8	1,1	5,1	4,2	1,2	0,9	63	50	20	2,7	41	0,9	17,3
	Seixo rolado	4,8	1,1	5,1	4,2	1,2	0,9	63	50	20	2,7	41	0,9	17,3
	Cinasita	4,8	1,1	6,1	4,2	0,7	0,9	54	50	24	3,6	33	0,9	17,8
	Perlita	4,8	1,1	6,1	4,2	0,7	0,9	54	50	24	3,6	33	0,9	17,8
	Esfagno	2,7	0,6	3,1	2,4	0,5	0,5	33	29	12	1,7	19	0,5	9,8
	Turfa	2,7	0,6	3,1	2,4	0,5	0,5	33	29	12	1,7	19	0,5	9,8
	Casca de pinus	4,8	1,1	5,5	4,2	0,9	0,9	57	50	22	3,1	36	0,9	17,4
	Chips de coco	3,4	0,7	2,7	5,9	0,9	0,8	133	58	42	7,7	12	0,9	14,5
	Fibra de coco	3,4	0,7	2,7	5,9	0,9	0,8	133	58	42	7,7	12	0,9	14,5
	Xaxim	3,4	0,7	3,6	7,9	1,4	0,6	89	29	21	15,3	19	0,9	17,6
	Mistura <sup>(2)</sup>	3,6	0,8	4,3	3,2	0,6	0,6	42	38	17	2,5	26	0,7	13,3

<sup>(1)</sup> Esses requerimentos foram estimados pelo Ferticalc-Orquídea considerando o seguinte cenário de cultivo: as plantas de falenópsis (grupo G1) foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato, enquanto que plantas de *C. walkeriana* (grupo G6) foram cultivadas em vaso de 500 cm<sup>3</sup> contendo 400 cm<sup>3</sup> de substrato. As plantas eram adultas em fase de primeira floração (fase F3), ficaram sob manejo de irrigação que promoveu moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso; <sup>(2)</sup> Mistura de casca de pinus com turfa na proporção 5:1 (v:v).

**Quadro 19.** Proporção da quantidade do nutriente suprido via substratos em relação ao requerimento da planta pelo nutriente, ambos estimados pelo Ferticalc-Orquídea para o cultivo de dois grupos de orquídeas<sup>(1)</sup>

Grupo	Substrato	N	P	K	Ca	Mg	Proporção						
							S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
							%						
G1	Brita	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	2,6	0,3	0,9	4,9	0,1	0,0
	Seixo rolado	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,3	0,5	6,6	2,5	0,1	0,0
	Cinasita	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	2,0	0,5	9,8	2,8	0,1	0,0
	Perlita	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	2,9	0,4	5,0	2,3	0,2	0,0
	Esfagno	4,2	0,4	1,8	1,2	3,5	0,4	63,7	2,3	26,2	9,8	0,4	3,0
	Turfa	4,0	0,3	0,1	2,2	1,8	2,5	100,0	0,1	2,6	6,3	0,0	1,4
	Casca de pinus	1,6	0,6	0,6	1,3	2,7	1,0	48,0	0,8	22,7	5,5	0,8	0,0
	Chips de coco	1,7	1,5	7,6	0,7	2,7	0,3	7,6	0,3	0,5	0,4	14,2	0,0
	Fibra de coco	1,2	1,1	5,3	0,5	1,9	0,2	5,3	0,2	0,3	0,3	9,9	0,0
	Xaxim	1,3	0,7	2,6	0,3	0,7	1,1	24,5	1,0	6,4	0,4	0,4	0,0
	Mistura <sup>(2)</sup>	0,5	0,1	0,0	0,4	0,5	0,3	18,6	0,8	10,1	5,2	0,3	0,1
	Média	1,3	0,4	1,7	0,6	1,3	0,5	25,2	0,7	8,3	3,7	2,4	0,4
G6	Brita	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	4,5	0,8	1,9	9,2	0,1	0,0
	Seixo rolado	0,1	0,1	0,4	0,4	0,2	0,0	4,0	1,1	14,0	4,6	0,3	0,0
	Cinasita	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	3,5	1,1	20,9	5,2	0,3	0,0
	Perlita	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0	5,0	1,0	10,6	4,3	0,3	0,0
	Esfagno	16,5	1,8	7,2	3,4	9,5	1,4	100,0	5,3	55,8	9,3	0,8	3,0
	Turfa	15,9	1,4	0,3	6,0	4,8	7,7	100,0	0,3	5,6	3,1	0,0	1,5
	Casca de pinus	6,5	2,6	2,3	3,6	7,2	3,2	83,2	1,8	48,3	7,7	1,7	0,0
	Chips de coco	6,8	6,4	30,2	2,0	7,4	1,0	13,1	0,7	1,0	0,8	28,7	0,0
	Fibra de coco	4,8	4,5	21,2	1,4	5,2	0,7	9,2	0,5	0,7	0,6	20,0	0,0
	Xaxim	5,1	3,0	10,4	0,9	1,9	3,5	42,5	2,2	13,7	0,8	0,8	0,0
	Mistura <sup>(2)</sup>	1,8	0,2	0,2	1,0	1,4	0,9	32,2	1,8	21,4	9,7	0,5	0,1
	Média	5,2	1,8	6,6	1,8	3,5	1,7	36,1	1,5	17,6	5,0	4,9	0,4

<sup>(1)</sup> O suprimento e o requerimento que geraram essas relações foram estimados pelo Ferticalc-Orquídea considerando o seguinte cenário de cultivo: as plantas de falenópsis (grupo G1) foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato, enquanto que plantas de *C. walkeriana* (grupo G6) foram cultivadas em vaso de 500 cm<sup>3</sup> contendo 400 cm<sup>3</sup> de substrato. As plantas eram adultas em fase de primeira floração (fase F3), ficaram sob manejo de irrigação que promoveu moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso; <sup>(2)</sup> Mistura de casca de pinus com turfa na proporção 5:1 (v:v).

**Quadro 20.** Doses recomendadas dos nutrientes pelo Ferticalc-Orquídea para o cultivo de dois grupos de orquídeas<sup>(1)</sup>

Grupo	Substrato	Dose											Somatório	
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B		Mo
		mg/semana/vaso					µg/semana/vaso					mg/semana/vaso		
G1	Brita	23,1	5,4	24,7	14,1	4,0	3,3	130	136	52	5,9	102	1,2	75,0
	Seixo rolado	23,1	5,4	24,7	14,1	4,0	3,3	130	136	49	6,0	102	1,2	75,0
	Cinasita	23,1	5,4	29,6	14,1	2,3	3,3	112	136	56	8,0	82	1,2	78,3
	Perlita	23,1	5,4	29,6	14,1	2,3	3,3	111	136	59	8,1	82	1,2	78,3
	Esfagno	12,5	3,0	14,7	7,9	1,6	1,8	26	79	23	3,6	48	0,6	41,6
	Turfa	12,5	3,0	14,9	7,8	1,6	1,8	0	80	31	3,8	48	0,6	41,8
	Casca de pinus	22,7	5,4	26,8	14,0	2,8	3,3	63	136	44	6,7	88	1,2	75,3
	Chips de coco	16,0	3,4	12,1	19,8	2,7	2,9	261	160	110	17,4	25	1,2	57,6
	Fibra de coco	16,1	3,4	12,4	19,9	2,8	2,9	268	161	110	17,4	26	1,2	58,1
	Xaxim	16,1	3,5	17,0	26,6	4,5	2,3	142	80	52	34,8	48	1,2	70,2
	Mistura <sup>(2)</sup>	17,5	4,1	21,2	10,7	1,9	2,4	74	104	40	5,3	65	0,9	58,2
G6	Brita	4,8	1,1	5,1	4,2	1,2	0,9	60	49	20	2,5	41	0,9	17,3
	Seixo rolado	4,8	1,1	5,0	4,2	1,2	0,9	60	49	17	2,6	41	0,9	17,3
	Cinasita	4,8	1,1	6,1	4,2	0,7	0,9	52	49	19	3,4	33	0,9	17,8
	Perlita	4,8	1,1	6,1	4,2	0,7	0,9	51	49	21	3,5	33	0,9	17,8
	Esfagno	2,3	0,6	2,8	2,3	0,4	0,5	0	28	5	1,5	19	0,5	8,9
	Turfa	2,3	0,6	3,1	2,2	0,5	0,4	0	29	11	1,7	19	0,5	9,1
	Casca de pinus	4,5	1,0	5,4	4,0	0,8	0,8	10	49	11	2,8	35	0,9	16,7
	Chips de coco	3,1	0,6	1,9	5,8	0,8	0,8	116	58	42	7,6	8	0,9	13,2
	Fibra de coco	3,2	0,7	2,1	5,8	0,8	0,8	121	58	42	7,6	9	0,9	13,6
	Xaxim	3,2	0,7	3,2	7,8	1,3	0,6	51	28	18	15,2	19	0,9	16,9
	Mistura <sup>(2)</sup>	3,6	0,8	4,3	3,2	0,6	0,6	29	37	13	2,2	26	0,7	13,2

<sup>(1)</sup> Essas doses foram estimadas pelo Ferticalc-Orquídea considerando o seguinte cenário de cultivo: as plantas de falenópsis (grupo G1) foram cultivadas em vasos de 750 cm<sup>3</sup> contendo 600 cm<sup>3</sup> de substrato, enquanto que plantas de *C. walkeriana* (grupo G6) foram cultivadas em vaso de 500 cm<sup>3</sup> contendo 400 cm<sup>3</sup> de substrato. As plantas eram adultas em fase de primeira floração (fase F3), ficaram sob manejo de irrigação que promoveu moderada lixiviação dos nutrientes e foram cultivadas em casa de vegetação com controle de temperatura, havia apenas uma planta com uma frente de crescimento por vaso, a fertilização era realizada semanalmente e o objetivo do cultivo era a produção de orquídeas em vaso; <sup>(2)</sup> Mistura de casca de pinus com turfa na proporção 5:1 (v:v).

## 6. Conclusões

1. Este trabalho levou ao desenvolvimento da primeira versão de um modelo de recomendação de fertilização de orquídea, denominado Ferticalc-Orquídea, que possibilita recomendar as doses dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, B e Mo em função do grupo da orquídea cultivada, da fase do cultivo dessas plantas, do volume e do tipo de substrato utilizado, da produtividade esperada, do manejo da irrigação, da existência ou não do controle de temperatura na casa de vegetação e do objetivo com a cultura (produção de orquídea em vaso ou de flor para corte). Os grupos de orquídeas contemplados nesta primeira versão foram: grupo falenópsis, formado por híbridos comerciais do gênero *Phalaenopsis* (G1); grupo dendróbio nobile, formado pela espécie *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos (G2); grupo denfal, formado pelas espécies *D. phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos (G3); grupo catleia monofoliada, formada pelas espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reestruturação em 2008 por Van den Berg, com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as espécies do ex-gênero *Brasilaelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de catleia (G4); grupo catleia bifoliada, formado pelas espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008) e híbridos bifoliados de catleia (G5) e grupo catleias pequenas, formado pelas espécies *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as espécies dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophronitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts (G6).

2. Dentre os seis grupos de orquídeas contemplados neste estudo, o grupo G1, dada uma mesma condição de cultivo, se mostrou mais exigente em fertilização, pois requer maior dose semanal de nutrientes que os demais grupos, sendo suas doses, na média das quatro fases do cultivo, aproximadamente, 5 vezes maior do que a do grupo com menor exigência por fertilização (G6). A ordem em exigência por fertilização, de acordo com os grupos, foi a seguinte:  $G1 \gg G3 \gg G5 \cong G2 \cong G4 > G6$ . Para os seis grupos de orquídeas aqui estudados, as proporções entre os macronutrientes nos fertilizantes recomendados por este modelo mostraram-se diferentes para cada fase do cultivo dessas plantas.

3. O manejo da irrigação durante o cultivo das orquídeas, por exercer efeito sobre a taxa de recuperação dos nutrientes pelas plantas, interferiu no cálculo da

quantidade de nutrientes requerida pela cultura, sendo que condições de manejo da irrigação em que há intenso escoamento de solução nos vasos levam a recomendação de maiores doses de nutrientes quando comparado a condições em que há pouco escoamento de solução dos vasos.

4. Quando comparado ao módulo requerimento, o módulo suprimento do Ferticalc-Orquídea apresentou importância, relativamente, pequena na recomendação da dose dos nutrientes, já que os substratos utilizados no cultivo das orquídeas apresentam baixa capacidade de disponibilizar nutrientes durante seu cultivo, com exceção dos nutrientes Fe e Mn, sendo que o suprimento das plantas por meio dos substratos com esses nutrientes representaram até 100 e 56 %, respectivamente, do requerimento das mesmas por esses nutrientes. Entretanto, o tipo de substrato utilizado influenciou a dose a ser recomendada pelo Ferticalc-Orquídea por meio do módulo requerimento, pois o substrato, ao proporcionar taxa de recuperação dos nutrientes pela planta diferenciada para cada substrato, leva a resultados de requerimento e, logo, da dose recomendada do nutriente diferenciada entre os substratos, sendo que os substratos que proporcionam menor retenção de água, como a brita, a perlita e a casca de pinus, levaram à recomendação de doses mais elevadas dos nutrientes quando comparada às doses recomendadas quando se opta pela uso de substratos com maior retenção de água como o esfagno e a turfa.

## 7. Literatura Citada

- ABAD, M. & NOGUEIRA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion. In: Cadahia, C. ed. Fertirrigacion: Cultivos hortícolas y ornamentais. Madrid, Mundi-Prensa, 1998. p287-342.
- ADDISCOTT, T.M. Simulation modelling and soil behaviour. *Geoderma*, 60:15-40, 1985.
- ALLIKAS, G. Feed me! How, when and what to fertilize. AOS Beginner's Newsletters. 2010. Disponível em <[http://www.aos.org/images/img\\_content/newsletter\\_issues/apr10.html](http://www.aos.org/images/img_content/newsletter_issues/apr10.html)> Acesso em 25 de Maio de 2014
- AVAREZ V., V.H.; SANTOS, A.F.; SANTOS, G.L.A.A. & MATTA, P.M. Fertilização de plantas ornamentais pelo método requerimento-suprimento: proposição de técnica experimental. *R. Bras. Ci. Solo*, 38:532-543, 2014.
- AMARAL, T.L. Manejo de adubação em *Phalaenopsis* (orchidaceae) cultivado em fibra de coco. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, 2007. 54p. (Dissertação de Mestrado)
- AMERICAN ORCHID SOCIETY. Business is booming. *Orchids*, 72:567, 2003.
- AMERICAN ORCHID SOCIETY. *Cattleyas* for the beginner. Part 1. American Orchid Society web site, 2014. Disponível em <<http://www.aos.org/Default.aspx?id=449>> Acesso em 23 de Maio de 2014
- AMERICAN ORCHID SOCIETY. Orchid popularity still growing. *Orchids*, 75:563, 2006.
- ARDITTI, J. Fundamentals of orchid biology. New York, John Wiley & Sons. 1992. 691p.
- ASSIS, A.M.; FARIA, R.T.; COLOMBO, L.A. & CARVALHO, J.F.R.P. Utilização de substratos à base de coco no cultivo de *Dendrobium nobile* Lindl.(Orchidaceae). *Acta Sci. Agro.*, Maringá, 27:255-260, 2005.
- BAKER; M.L. & BAKER; C.O. Orchid species culture: *Dendrobium*. Timber Press, Portland, Oregon, 1996. 852p.

- BAKER; M.L. & BAKER; C.O. Orchid species culture: *Oncidium/Odontoglossum* alliance. Timber Press, Portland, Oregon, 2006. 992 p.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; TEIXEIRA, J.L. & FERNANDES FILHO, E.I. NUTRICALC 2.0 - Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. *Bosque*, 16:129-131, 1995.
- BARTHOLOTT, W. & CAPESIUS, I. Mikromorphologische und funktionelle untersuchungen am velamen radicum der orchideen. *Ber. Dt. Bot. Ges.*, 88:379-390, 1975.
- BATCHELOR S. Orchid culture. Part 8: Nutrition. *Am. Orchid Soc. Bull.*, 50:1207-1212, 1981.
- BATCHELOR, S. *Phalaenopsis*. Part 4. *Am. Orchid Soc. Bull.*, 52:243-250, 1983.
- BENZING, D.H.; OTT, D.W. & FRIEDMAN, W.E. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): Strubcture and function of the velamen-exodermis complex. *Am. J. Bot.*, 69:608-614, 1982.
- BERNARDI, A.C.; FARIA, R.T.; CARVALHO, J.R.P.; UNEMOTO, K.L. & ASSIS, A.M. Desenvolvimento vegetativo de plantas de *Dendrobium nobile* Lindl. fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva de Sarruge. *Semina: Ciências Agrárias*, 25:11-18, 2004.
- BHATTACHARJEE, S.K. The effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on growth and flowering of *Dendrobium moschatum* Wall. *Gartenbauwissenschaft*, 46:178-181, 1981.
- BICHSEL, R.G. Determining the nutritional requirements for optimizing flowering of the nobile *Dendrobium* as a potted orchid. Bryan, Texas A&M University, 2006. 91p. (Dissertação de Mestrado)
- BICHSEL, R.G.; STARMAN, T.W. & WANG, Y.T. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for optimizing growth and flowering of the nobile *Dendrobium* as a potted orchid. *Hortscience*, 43:328-332, 2008.
- BLACK, P.McK. Orquídeas. 1. ed. Tradução Maria Adelaide Freitas Soares. Rio de Janeiro, Livro Técnico S/A, 1973. 128p.

- BLANCHARD, M.G. & RUNKLE, E.S. Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. *J. Exp. Bot.*, 57:4043-4049, 2006.
- BLANCHARD, M.G.; LOPEZ, R.G.; RUNKLE, E.S. & WANG Y.T. Growing the best *Phalaenopsis*. Part 4: A Complete Production Schedule. *Orchids*, 76:266-271, 2007.
- BOLDRINI, R.F.; SANTOS, W.O.; CRUZ, Z.M.A. & RAMOS, A.C. Bases da associação micorrízica orquidóide. *Nat. on line*, 8:140-145, 2010.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W. & PICKERING, N.B. Potential uses and limitations of crop models. *Agron. J.*, 88:704-716, 1996.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa MMA nº 06, de 23 de setembro de 2008. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom\\_boletins/\\_arquivos/83\\_19092008034949.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/_arquivos/83_19092008034949.pdf)> Acesso em 24 de Maio 2014.
- CAMERON, D.D.; JOHNSON, I.; LEAKE, J.R. & READ, D.J. Mycorrhizal acquisition of inorganic phosphorus by the green-leaved terrestrial orchid *Goodyera repens*. *Ann. Bot.*, 99:831-834, 2007.
- CARDOSO, J.C. *Dendrobium* 'Brazilian Fire 101' - New option of color of flowers for the orchid market. *Hortic. Bras.*, 30:561-564, 2012.
- CARDOSO, J.C. *Laeliocattleya* 'Brazilian Girl Rosa': cultivar de orquídea para cultivo em vaso. *Hortic. Bras.*, 28:378-381, 2010.
- CARLUCCI, M.V.; HAAG, H.P. & BELLOTE, A.F.J. Nutrição mineral de plantas ornamentais. Composição química e extração de nutrientes por cinco espécies de Orchidaceae. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. & LIMA, A.M.L.P. eds. *O Solo. Nutrição mineral de algumas espécies ornamentais*. Fundação Cargill, 1989. p254-267.
- CARVALHO, F. T. Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 93 p. (Dissertação de Mestrado).
- CHIN, T.T. Effect of major nutrient deficiencies in *Dendrobium phalaenopsis* hybrids.

Am. Orchid Soc. Bull., 35:549-554, 1966.

CHIRON, G.R. & CASTRO, V.P. Révision des espèces brésiliennes du genre *Laelia* Lindl. *Richardiana*, 2:4-28, 2002.

CHONE, R.M.S & OLIVEIRA, L.H. Desenho e análise da cadeia produtiva de plantas ornamentais: O caso das orquídeas do gênero *Phalaenopsis*. In: 4th International meeting of the iberoamerican academy of management, "Management, Knowledge and Flexibility", 2005. *Annals of 4th International meeting of the iberoamerican academy of management, "Management, Knowledge and Flexibility"*, Lisboa, 2005. Disponível em <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/desenho-e-analise-da-cadeia-produtiva-de-plantas-ornamentais-o-caso-das-orquideas-do-genero-phalaenopsis/429>> Acesso em 27 de Maio de 2014.

COLOMBO, L.A.; FARIA, R.T.; ASSIS, A.M. & FONSECA, I.C.B. Aclimatização de um híbrido de *Cattleya* em substratos de origem vegetal sob dois sistemas de irrigação. *Acta Sci. Agron.*, 27:145-150, 2005.

COOPERATIVA VEILING HOLAMBRA. Critério de classificação - *Dendrobium* vaso. Santo Antônio de Posse, Departamento de Qualidade da Cooperativa Veiling Holambra, 2014. 5p. Disponível em <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=65>> Acesso em 2 de Abril de 2014

COOPERATIVA VEILING HOLAMBRA. Critério de classificação - Orquídeas variadas. Santo Antônio de Posse, Departamento de Qualidade da Cooperativa Veiling Holambra, 2014. 6p. Disponível em <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=104>> Acesso em 2 de Abril de 2014

COOPERATIVA VEILING HOLAMBRA. Critério de classificação - *Phalaenopsis* vaso. Santo Antônio de Posse, Departamento de Qualidade da Cooperativa Veiling Holambra, 2014. 8p. Disponível em <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=109>> Acesso em 2 de Abril de 2014

CRIBB, P.J. Orchidaceae. In: PRIDGEON, A. M.; P. J. CRIBB, M. W. CHASE, AND F. N. RASMUSSEN. eds. *Genera Orchidacearum*. vol. 1: General introduction, Apostasioideae, Cypripedioideae. Oxford, Oxford University Press, 1999. p91-164.

CRIBB, P.J. & GOVAERTS, R. Just how many orchids are there? In: RAYNAL-

- ROQUES, A.; ROGUENANT, A. & PRAT, D. eds. Proceedings of the 18th World Orchid Conference. Naturalia Publications, Turriers, 2005.
- DAHLGREN, R.M.T.; CLIFFORD, H.T. & YEO, P.F. The families of the monocotyledons. Berlin, Springer Verlag, 1985. 520p.
- DAVIDSON, O. W. Principles of orchid nutrition. Am. Orchid Soc. Bull., 30:277-285, 1961.
- DE KREJI, C. & VAN DEN BERG, T.J.M. Effect of electrical conductivity of the nutrient solution and fertilization regime on spike production and quality of *Cymbidium*. Scientia Hort., 44:293-300, 1990.
- DEARNALEY, J.D.W. Further advances in orchid mycorrhizal research. Mycorrhiza, 17:475-486, 2007.
- DEMATTE, J.B.I. & DEMATTE, M.E.S.P. Estudos hídricos com substratos vegetais para cultivo de orquídeas epífitas. Pesqui. Agropec. Bras., 31:803-813, 1996.
- DEMATTE, M.E.S.P. & GRAZIANO, T.T. Growth of *Dendrobium Nobile* Lindl. as related with nutrient concentration in the growing media. Acta Hort., 511:265-270, 2000.
- DEMATTE, M.E.S.P. & VITTI, G.C. Variação das concentrações de nutrientes em substratos vegetais para cultivo de orquídeas epífitas. Acta Hort., 17:63-68, 1997.
- DEMATTE, M.E.S.P. Substratos vegetais para o cultivo de orquídeas epífitas. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 1992. 117p. (Tese de Doutorado)
- DEUS, J. A. L. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o meloeiro com base no balanço nutricional. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2012. 123 p. (Dissertação de Mestrado).
- DOS SANTOS, G. L. A. A. Adubação com macro e micronutrientes ajustada à demanda nutricional da violeta africana. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 30p.
- DOURADO NETO, D.; TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.;

- FRIZZONE, J.A. & BACCHI, O.O.S. Principles of crop modeling and simulation: I. Uses of mathematical models in agricultural science. *Sci. Agric.*, 55:46-50, 1998a.
- DOURADO NETO, D. TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; FRIZZONE, J.A. & BACCHI, O.O.S. Principles of crop modeling and simulation: II. The implications of the objective in model development. *Sci. Agric.*, 55:51-57, 1998b.
- EIGELDINGER, O. & MURPHY, L.S. Orchids – A complete guide to cultivation. 1. ed. London, John Gifford Ltda, 1972.
- FARIA, R.T.; REGO, L.V.; BERNARD, A. & MOLINARI, H. Performance of different genotypes of brazilian orchid cultivation in alternative substrates. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 44:337-342, 2001.
- FARIA, R.T.; TAKAHASHI, L.S.A.; LONE, A.B.; SOUZA, G.R.B.; SILVA, G.L. & HOSHINO, R.T. UEL 8: Nova cultivar de *Dendrobium*. *Hortic. Bras.*, 31:509-511, 2013.
- FREIRE, F. J. Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 87p. (Tese de Doutorado).
- GOH, C.J. & KAVALJIAN, L.G. orchid industry of singapore. *Econ. Bot.*, 43:241-254, 1989.
- GONÇALVES, A. L. Características de substratos. In: CASTRO, C.E.F.; ANGELIS, B.L.D.; MOURA, L.P.P.; SILVEIRA, R.B.A.; ANGELIS NETO, G. & SATO, N. T. Manual de floricultura. Maringá, SBFPO, 1992. p44-52.
- GORDON, B. Culture of the *Phalaenopsis* orchid. Rialto, Laid-Back Publications, 1990. 187p.
- GRIESBACH, R.J. A *Phalaenopsis* in every pot. *Orchid Digest.*, 59:42-43, 1995.
- GRIESBACH, R.J. *Phalaenopsis* orchids as potential pot plants. *HortScience*, 20:624, 1985.

- GRIESBACH, R.J. Potted *Phalaenopsis* orchid production: History, Present Status, and Challenges for the Future. HortTecnology, 10:429, 2000.
- HÁJEK, T. & ADAMEC, L. Mineral nutrient economy in competing species of sphagnum mosses. Ecol. Res., 24:291-302, 2009.
- HEW, C.S. & YOUNG, J.W.H. The physiology of tropical orchids in relation to the industry. Singapore, World Scientific, 1997. 331p.
- IBRAFLOR. Dados de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 37:2-3, 2013a.
- IBRAFLOR. Dados de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 38:2-3, 2013b.
- IBRAFLOR. Dados de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 39:2-3, 2013c.
- IBRAFLOR. Dados de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 40:2-3, 2013d.
- IBRAFLOR. Dados de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 41:2-3, 2014.
- ICHINOSE, J.G.S. Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em duas espécies de orquídeas: *Dendrobium nobile* Lindl. e *Miltonia flavescens* Lindl. var. *stellata* Regel. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2008. 75p. (Dissertação de Mestrado)
- IMAMURA, J.S.; HIGAKI, T. & KUNISAKI, J. Interactions of culture, medium, and fertilizer on *Dendrobium* Jaquelyn Thomas. HITAGR, University of Hawaii, Research Series, 50, 1986.
- JIMÉNEZ-PEÑA, N.; CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M.; COLINAS-LEÓN, M. T.; CARTMILL, A. D. & CARTMILL, D. L. Growing media and nutrient solution concentration affect vegetative growth and nutrition of *Laelia anceps* Lindl. HortScience. 48:773-779, 2013.
- JONES JR., B.; WOLF, B. & MILLS, H. A. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens, Micro-Macro

Press, 1991. p127-128

JONES, R. & LEONHARDT, K. Decomposition of gravel growing media for dendrobium as a possible cause of dendrobium decline. HITAHR, University of Hawaii, Research Extension Series, 124:129-131, 1991.

JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. & DONOGHUE M.J. Plant systematics: A phylogenetic approach. 3. ed. Sunderland, Sinauer Associates Inc., 2007. 565p.

KAMEMOTO, H.; AMORE, T.D. & KUEHNLE, A.R. Breeding *Dendrobium* orchids in Hawaii. Honolulu, University of Hawaii Press, 1999. 169p.

KAMEMOTO, H.; KUEHNLE, A.; AMORE, T.D. & SUGII, N.C. New *dendrobium* cutflower cultivars and selections. HITAHR, University of Hawaii, Research Extension Series, 124:127-128, 1991.

KÄMPF, A.N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba, Agropecuária, 2000. 254p.

KIYUNA, I., ASSUMPCÃO, R., ÂNGELO, J.A & COELHO, P.J. Floricultura: Desempenho do comércio exterior em 2005. Instituto de Economia Agrícola, 2006. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=4623>> Acesso em 1 de Abril de 2014

KOCH, A. My addiction to miniature. *Orchids*, 76:426-436, 2007.

KONOW, E.A. The effects of in vitro and greenhouse irradiance, fertility, and media on the growth of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. Bryan, Texas A&M University, 1998. 65p. (Dissertação de Mestrado)

KUEHNLE, A.R.; AMORE, T.D.; MERSINO, E.; SEWAKE, K. & WAGONER, T. What do *Dendrobium* orchid producers want in their potted flowers? Results of a grower survey. *New Plants for Hawaii*, 8:1-7, 2003.

KUMARIA, S. & TANDON, P. Asymbiotic germination of *Dendrobium fimbriatum* var. *oculatum* Hk. F. seeds on different media. *Proceedings India of the National Sciences Academy*, 57:277-279, 1991.

- LAVARACK, B.; LAVARACK, P.S.; HARRIS, W. & STOCKER, G. *Dendrobium* and its Relatives. Portland, Timber Press, 2006. 287p.
- LEE, N. Juvenility in *Phalaenopsis*. Proc. 2nd Symp. on Regulating the Production Period of Horticultural Crops. Taichung District Agr. Expt. Sta., 23:77-86, 1991.
- LEE, N. *Phalaenopsis* orchid light requirements. HortTechnology, 10:430, 2000.
- LEONHARDT, K. & SEWAKE, K. Growing *Dendrobium* orchids in Hawaii: production and pest management guide. Honolulu, University of Hawaii Press, 1999. 92p.
- LIMA, B.V. Subsídios para o manejo cultural e fitopatológico de *Cyrtopodium cardiochilum* (Orchidaceae). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 102p. (Dissertação de Mestrado)
- LOPEZ, R.G. & RUNKLE, E.S. Environmental physiology of growth and flowering of orchids. HortScience, 40:1969-1973, 2005.
- LOPEZ, R.G.; RUNKLE, E.S.; WANG, Y.T.; BLANCHARD, M.G. & HSU, T. Growing the best *Phalaenopsis*. Part 3: Temperature and light requirements, height, insect and disease control. Orchids, 76:182-187, 2007.
- LORENZI, H. & SOUZA, H.M. Plantas ornamentais no Brasil: Arbustas, herbáceas e trepadeiras. 3. ed. Nova Odessa: Platanum, 2001. 1088p
- MAJEROWICZ, N. & KERBAUY, G. B. Growth and nitrogen metabolism of *Catasetum fimbriatum* (Orchidaceae) grown with different nitrogen sources. Environ. Exp. Bot., 44:195-206, 2000.
- MAJEROWICZ, N.; KERBAUY, G. B.; NIEVOLA, C. C. & SUZUKI, R. M. Effects of nitrogen forms on dry matter partitioning and nitrogen metabolism in two contrasting genotypes of *Catasetum fimbriatum* (Orchidaceae). Environ. Exp. Bot., 47:249-258, 2002.
- MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed. Australia, Elsevier, 2012. 649p.
- MATTA, P.M. Recomendação de fertilizantes para violeta africana de acordo com o

- requerimento e suprimento nutricional. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2012. 62p. (Dissertação de Mestrado)
- MCLELLAND, J.K. & ROCK, C.A. Pretreating landfill leachate with peat to remove metals. *Water, Air Soil Poll.*, 37:203-215, 1988
- MELLO, M. S. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e fertilizante para a cultura de tomate. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 91 p. (Dissertação de Mestrado).
- MENEGUCE, B.; OLIVEIRA, R.B.D. & FARIA, R.T. Propagação vegetativa de *Epidendrum ibaguense* Lindl. (Orchidaceae) em substratos alternativos ao xaxim. *Semina: Ciências Agrárias*, 25:101-106, 2004.
- MERLE, M. La fertilisation en cultures fruitières exotiques. In: COLLOQUE TENU À ABIDJAN. Nutrition Minérale et Engrais. Abidjan, IFAC, IFCC, IRCT, IRCA, IRHO et ORSTOM, 1959. 43p. (Première Séance)
- MIWA, S. & OZAKI, H. Fertilization of *Dendrobium nobile* grown in bark. I. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on plants potted in sphagnum moss and hemlock bark. *Bull. Shizuoka Agric. Exp. Station*, 20:108-122, 1975.
- MONTEITH, J.L. The quest for balance in crop modeling. *Agron J.*, 88:695-697, 1996.
- MORAES, L.M; CAVALCANTE, L.C.D. & FARIA, R.T. Substratos para aclimatização de plântulas de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae) propagadas in vitro. *Acta Sci.*, 24:1397-1400, 2002.
- NASH, N. *Cattleya* culture. Part 1: Orchids. *Am. Orchid Soc. Bull.*, 52:129-136, 1983.
- NASH, N. *Cattleya* culture. Part 2: Orchidaceae. *Am. Orchid Soc. Bull.*, 52:344-348, 1983.
- NASH, N. *Cattleya* culture. Part 5: Historical development. *Am. Orchid Soc. Bull.*, 52:684-693, 1983.
- NELL, T.A.; BARRET, J.E. & LEONARD, R.T. Production factor affecting post production quality of flowering potted plants. *HortScience*, 32:817-819, 1997.
- NEPTUNE, W.B. The culture of nobile dendrobiums. *Am. Orchid Soc. Bull.*, 53:462-

468, 1984.

NEVES, J. P. Nutrição de orquídeas. In: Leal, M. A. G. A orquídeas. 2014. Disponível em <<http://www.aorquidea.com.br/arq17.html>> Acesso em 20 de Maio de 2014

NOVAIS, R.F & RODRIGUES, D.T. Nutrição e fertilização de orquídeas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, 2004, Viçosa. Simpósios, Palestras e Mesas Redondas. Sociedade Botânica do Brasil, 2004.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, F.H.T. Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 78p. (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.,V.H. & CANTARUTTI, R.B. Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. R. Bras. Ci. Solo, 29:131-143,2005.

OLIVEIRA, J.R.V. Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamento de teca-NUTRITECA. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 76p. (Tese de Mestrado).

OTERO, J.T.; MOSQUERA, A.T. & FLANAGAN, N.S. Tropical orchid mycorrhizae: potential applications in orchid conservation, commercialization, and beyond. Lankesteriana, 13:57-63, 2013.

PABST, G.F.J. & DUNGS, F. Orchidaceae Brasilienses. Kurt Schmiersow, Hildesheim, 1975. 418p.

PASSIOURA, J.B. Simulation models: science, snake oil, education, or engineering? Agron. J., 88:690-694, 1996

PAUL, J.L. & THORNHILL, W.H. Effect of magnesium on rooting of

- Chrysanthemum*. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 94:280-282, 1969.
- PAULA, C.C. & SILVA, H.M.P. Cultivo prático de orquídeas. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 2001. 63p.
- PILLON, Y. & CHASE, M.W. Taxonomic exaggeration and its effects on orchid conservation. Conserv. Biol., 21:263-265, 2007.
- PONTES, M.S. Parametrização do modelo 3-PG para teca (*Tectona grandis* L.f.) e dos sistemas FERTI-UFV e NUTRI-UFV para subsidiar o seu manejo nutricional. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 79p. (Dissertação de Mestrado)
- POOLE, H.A. & SEELEY, J.G. Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. J. Am. Soc. Hort. Sci., 103:485-488, 1978.
- POOLE, H.A. & SHEEHAN, T.J. Effects of levels of phosphorus and potassium on growth, composition and incidence of leaf-tip die-back in *Cattleya* orchids. Proc. Fla. State Hort. Soc., 83:465-469, 1970.
- POOLE, H.A. & SHEEHAN, T.J. Leaf-tip die back of *Cattleya* - What's the real cause?. Am. Orchid Soc. Bull., 42:227-230, 1973.
- POOLE, H.A. & SHEEHAN, T.J. Mineral nutrition of orchids. In: Arditti, J. ed. Orchid biology: Reviews and perspectives. II. Cornell University Press, Ithaca, 1982. p195-212.
- POSSAMAI, J. M. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o cultivo do algodoeiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 91 p. (Dissertação de Mestrado).
- PREZOTTI, L. C. Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 104p. (Tese de Doutorado).
- PRIDGEON, A.M. The illustrated encyclopedic of orchids. Oregon, Timber Press, Inc., 2006. 304p.
- PRIDGEON, A.M. The velamen and exodermis of orchid roots. In: Arditti, J. ed. Orchid biology: Reviews and perspectives. IV. Cornell University Press, Ithaca,

1987. p139-192.

- RAFFAELI, V. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de nutrientes para arroz irrigado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 2000. 76p. (Tese de Mestrado).
- RAO, P.S.C.; JESSUP, R.E. & HORNSBY, A.G. Simulation of nitrogen in agro-ecosystems: criteria for model selection and use. *Plant Soil*, 67:35-43, 1982.
- RASMUSSEN, H.N. & RASMUSSEN, F.N. Trophic relationships in orchid mycorrhiza - diversity and implications for conservation. *Lankesteriana*, 7:334-341, 2007.
- RASMUSSEN, H.N. Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. *Plant and Soil*, 244:149-163, 2002.
- REGO, L.V.; BERNARDI, A.; TAKAHASHI, L.S.A. & FARIA, R.T. Desenvolvimento vegetativo de genótipos de orquídeas brasileiras em substratos alternativos ao xaxim. *Rev. Bras. Hortic. Ornam.*, 6:75-79, 2000.
- REYNOLDS, J.F. & ACOCK, B. Modularity and genericness in plant and ecosystem models. *Ecol. Modell.*, 94:7-16, 1997.
- ROBERTSON ORCHIDS. Cattleyas. In: Bankstown Orchid Society site. 2007. Disponível em <<http://www.bankstownorchidsociety.org.au/Cattleyas.htm>> Acesso em 15 de Maio de 2014
- ROBINSON KA. 2002. Effects of temperature on the flower development rate and morphology of *Phalaenopsis* orchid. East Lansing, MS thesis, Michigan State University, USA. 88p.
- RODRIGUES, D.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; MOREIRA-DIAS, J.M. & ALBUQUERQUE-VILLANI, E.M. Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 34:1609-1616, 2010.
- ROSA, G.N.G.P., NOVAIS, R.F.D., BARROS, N.F.D. & VILLANI, E.M.D.A. Lime and fertilizer recommendation system for coconut trees. *Rev. Ceres*, 58:90-99, 2011.
- SAKANE, M.; GIL, V.L. & PINO, F.A. Substratos alternativos do xaxim: cultivo de

- Laelia purpurata* Lindl. em cascalho granítico e em mistura com xaxim. Rev. Agric., Piracicaba, 68:175-182, 1993.
- SANTOS, A.F. Composição mineral do meio de cultura para crescimento in vitro de *Cattleya walkeriana* × self. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 24p.
- SANTOS, F. C. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 64p. (Tese de Mestrado).
- SANTOS, F.C.; NEVES, J.C L.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SEDIYAMA, C.S. Modelagem da recomendação de fertilizantes para a cultura da soja. Rev. Bras. Ci. Solo, 32:1661-1674, 2008.
- SANTOS, H. Q. Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagem para bovinos de corte. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 138 p. (Tese de Doutorado).
- SILVA, A. P.; ALVAREZ V., V. H.; SOUZA, A. P.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. & DANTAS, J. P. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi – Fertcalc-Abacaxi. Rev. Bras. Ci. Solo. 33:1269-1280, 2009.
- SILVA, F.S.C. & SILVA, S.P.C. O substrato na cultura das orquídeas, sua importância, seu envelhecimento. Rev. Ofic. Orquid., 11:3-10, 1997.
- SILVA, W. Cultivo de orquídeas no Brasil. 6. ed. São Paulo, Nobel, 1986. 96p.
- SINODA, K.; SUTO, K.; HARA, M. & AOKI, A. 1988. Effect of day and night temperature on the flowering of *Dendrobium nobile*-type cultivars. Bull. Natl. Res. Inst. Veg. Ornamental Plants Tea, Series A, 2:279–290, 1988.
- SMITH, S.E. & READ, D.J. Mycorrhizal symbiosis. 2. ed. San Diego, Academic Press., 1997. 605p.
- SORACE, M. Substratos alternativos ao xaxim para o cultivo de espécies do gênero *Cattleya* (Orchidaceae). Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 2008. 73p. (Dissertação de Mestrado)
- SORACE, M.; FARIA, R.T.; FONSECA, I.C.; YAMAMOTO, L.Y. & SORACE, M.A.F. Substratos alternativos ao xaxim no cultivo do híbrido *Cattleya intermedia*

- X *Hadrolaelia purpurata* (Orchidaceae). *Semina: Ciências Agrárias*, 30:771-778, 2009.
- SOUZA, M. Muito além do xaxim. *Natureza*, 182:32-37, 2003.
- STAHRRINGER, N.I. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da laranjeira com base no balanço nutricional (ferticalc-laranja). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 121p. (Dissertação de Mestrado)
- STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. *J. Environ. Qual.*, 2:159-166, 1973
- STEVENS, P. F. Angiosperm Phylogeny Website. Version 13, 2013. Disponível em <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/Apweb>> Acesso em 25 de Fevereiro de 2014
- SU, V.; HSU, B. & CHEN, W. The photosynthetic activities of bare rooted *Phalaenopsis* during storage. *Sci. Hortic.*, 87:311-318, 2001
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant physiology*. 5. ed. Sunderland, Sinauer Associates Inc. Publishers, 2010. 764p.
- TAKAHASHI, L.S.A. Desenvolvimento de cultivares de *Dendrobium nobile* (Orchidaceae) para o norte do Paraná. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 2009. 81p. (Tese de Doutorado).
- TAKANE, R.J. & YANAGISAWA, S.S. Cultivo moderno de orquídeas - *Phalaenopsis*. Fortaleza, UFC, 2006. 127 p.
- TAKANE, R.J.; YANAGISAWA, S.S. & PIVETTA, K.F.L. Cultivo moderno de orquídeas - *Cattleya* e seus híbridos. Fortaleza, UFC, 2010. 179 p.
- THAMMASIRI, K. Thai orchid production for the world market. Disponível em <<http://www.delfinadearaujo.com/on/specialWOC/entrevistas/thammasiri/thammasiriport.htm>> Acesso em 10 de Maio de 2014
- TOMÉ JR, J. B. Uma nova abordagem nas recomendações de adubação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 133 p. (Tese de Doutorado).
- TRUDELL S.A.; RYGIWICZ, P.T. & EDMONDS R.L. (2003) Nitrogen and carbon

- stable isotope abundances support the myco-heterotrophic nature and host-specificity of certain achlorophyllous plants. *New Phytol.* 160: 391-401.
- TUSKES, P. & TUSKES, A. Culture of *Phalaenopsis* species. *Orchid Digest*, 66:165-177, 2002
- VAN DEN BERG, C. New combinations in the genus *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae). *Neodiversity*, 3:3-12, 2008.
- VENTURA, G.M. Propagação in vitro de orquídeas do grupo *Cattleya*, em diferentes meios de cultura e irradiância. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 110p. (Tese de Doutorado).
- VERHOEVEN, J.T.A.; MALTBY, E. & SCHMITZ, M.B. Nitrogen and phosphorus mineralization in fens and bogs. *J. Ecol.*, 78:713-726, 1990.
- VINGIANI, S.; ADAMO, P. & GIORDANO, S. Sulphur, nitrogen and carbon content of *Sphagnum capillifolium* and *Pseudevernia furfuracea* exposed in bags in the Naples urban area. *Environ. Pollut.*, 129:145-158, 2004.
- WASEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U. *Plant roots: The hidden half*. 3. ed. New York, Marcel Dekker, 2002. 1136p.
- WANG, Y.T. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Sci. Hortic.*, 65:191-197, 1996.
- WANG, Y.T. Impact of a high phosphorus fertilizer and timing of termination of fertilization on flowering of a hybrid moth orchid. *HortScience*, 35:60-62, 2000.
- WANG, Y.T. Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. *HortScience*, 33:247-250, 1998.
- WANG, Y.T. Medium and fertilization affect performance of potted *Dendrobium* and *Phalaenopsis*. *HortTechnology*, 5:234-237, 1995a.
- WANG, Y.T. Medium, nutrition, and flower induction in potted blooming orchids. *HortTechnology*, 10:433-434, 2000.
- WANG, Y.T. *Phalaenopsis* light requirements and scheduling of flowering. *Orchids*, 66:934-939, 1997.

- WANG, Y.T. *Phalaenopsis* orchid light requirement during the induction of spiking. HortScience, 30:59-61, 1995b.
- WANG, Y.T. Potassium nutrition affects *Phalaenopsis* growth and flowering. HortScience, 42:1563-1567, 2007.
- WANG, Y.T.; BLANCHARD, M.G.; LOPEZ, R.G. & RUNKLE, E.S. growing the best *Phalaenopsis*. Part 2: Media, transplanting, water and nutrient requirements. Orchids, 76:106-111, 2007.
- WANG, Y.T. & GREGG, L.L. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. HortScience, 29:269-271, 1994.
- WANG, Y.T. & KONOW, E.A. Fertilizer source and medium composition interact to affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 127:442-447, 2002.
- WATANABE, D. Orquídeas: manual de cultivo. São Paulo, Associação Orquidófila de São Paulo, 2002. 296p.
- WATANABE, D. & MORIMOTO, M.S. Orquídeas: manual de cultivo. Vol 2. São Paulo, Associação Orquidófila de São Paulo, 2007. 347p.
- WAUGHMAN, G.J. Chemical aspects of the ecology of some south german peatlands. J. Ecol., 68:1025-1046, 1980.
- WENT, F.W. Soziologie der epiphyten eines tropischen regenwaldes. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, 50:1-98, 1940.
- WILCOCK, D. Fertilizing and allied factors. Am. Orchid Soc. Bull., 42:909-917, 1973.
- WOOD, H.P. The dendrobiums. Ruggell, ARG Gantner Verlag, 2006. 847p.
- XIANG, X.G.; SCHUITEMAN, A.; LI, D.Z.; HUANG, W.C.; CHUNG, S.W.; LI, J.W.; ZHOU, H.L.; JIN, W.T.; LAI, Y.J.; LI, Z.Y. & JIN, X. H. Molecular systematics of *Dendrobium* (Orchidaceae, Dendrobieae) from mainland Asia based on plastid and nuclear sequences. Mol. phylogenet. Evol., 69:950-960, 2013.
- XUN, J. & ICHIHASHI, S. Studies on *Phalaenopsis* growth and the nutrient absorption in different potting materials. Proceedings of 7th Asia Pacific Orchid Conference,

- Nagoya, Japan, 2001. 2p.
- YAMAKAMI, J.K.; FARIA, R.Y.; ASSIS, A.M. & REGO-OLIVEIRA, L.V. Cultivo de *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) em substratos alternativos ao xaxim. Acta Sci. Agron., 28:523-526, 2006.
- YAMAMOTO DENDROBIUMS. General care. 2014a. Disponível em <[www.yamamotodendrobiums.com](http://www.yamamotodendrobiums.com)> Acesso em 1 de Abril de 2014
- YAMAMOTO DENDROBIUMS. Hints. 2014b. Disponível em <[www.yamamotodendrobiums.com](http://www.yamamotodendrobiums.com)> Acesso em 1 de Abril de 2014
- YAMAMOTO, J. The culture of nobile type *Dendrobium*. Am. Orchid Soc. Bull., 39:47-52, 1970.
- YEN, C.Y.T. Effects of nutrient supply and cooling on growth, flower bud differentiation, and propagation of the nobile *Dendrobium* orchid. Bryan, Texas A&M University, 2008. 119p. (Dissertação de Mestrado)
- YEN, C.Y.T.; STARMAN, T.W.; WANG, Y.T.; HOLZENBURG, A. & NIU, G. Timing of nutrient termination and reapplication for growth, flower initiation, and flowering of the nobile dendrobium orchid. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 133:501-507, 2008.
- ZASLAWSKI, A. Nutrição de orquídea. Revista Procampo, 28:23-25, 2010.
- ZHU, G.H.; JI, Z.H.; WOOD, J.J. & WOOD, H.P. In: WU, C.Y., RAVEN, P.H. & HONG, D.Y. eds. Flora of China. Beijing, Scientific Press, 2009. p367-397.
- ZOTZ G. The systematic distribution of vascular epiphytes - a critical update. Bot. J. Linn. Soc., 171:453-481, 2013.
- ZOTZ, G. & WINKLER, U. Aerial roots of epiphytic orchids: The velamen radicum and its role in water and nutrient uptake. Oecologia, 171:733-741, 2013.

## **Capítulo 2: Proposição do método Requerimento-Suprimento-Otimização para elaboração da composição nutricional de meios de cultura e sua aplicação para o desenvolvimento de meios para as fases de semeio e recultivo *in vitro* de *Cattleya perrinii* Lindl. (Orchidaceae)**

**Resumo:** Ao longo do tempo, muitos foram os meios de cultura utilizados para a propagação de orquídeas *in vitro* e várias outras as tentativas de se desenvolver um método para definir a composição nutricional de meios de cultura. Santos (2009) propôs que a composição nutricional ideal de um meio de cultura deve ser aquela que consiga suprir adequadamente, durante o período de cultivo, a demanda da cultura, promovendo sua produção satisfatória e que contribua para uma resposta morfogênica desejada. Diante deste novo conceito, esse autor propôs um método para elaborar composições nutricionais de meios de cultura específicas para cada espécie e tipo de cultura que, aqui, denominou-se de método Requerimento-Suprimento (método ReSu). Entretanto, esse método não contempla o efeito das interações entre nutrientes sobre o desenvolvimento e crescimento da cultura *in vitro*. Portanto, o objetivo com este trabalho foi desenvolver e acrescentar ao método ReSu uma terceira fase que, utilizando matrizes experimentais com reduzido número de tratamentos, permita o estudo do efeito da concentração de cada nutriente e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, permitindo, assim, a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de *Cattleya perrinii* Lindl. Este método passou a ser denominado de Requerimento-Suprimento-Otimização (ReSuOti). Para isso foram montados três experimentos para cada uma dessas fases do cultivo, sendo um para estudar o balanço  $N \times P \times S$  e outro para  $K \times Ca \times Mg$ , nesses dois experimentos utilizou-se a matriz experimental Box Berard aumentada (3) modificada (Leite, 1984). No terceiro experimento, avaliaram-se, isoladamente, os efeitos das concentrações de Fe, Zn e Mn com definidas doses de macronutrientes. A concentração dos nutrientes estudados exerceu efeito significativo sobre todas as variáveis avaliadas nas fases de semeio e recultivo, com exceção de Zn e Mn na fase de recultivo. Foram verificados, também, efeitos significativos de diferentes interações entre os nutrientes N, P e S e K, Ca e Mg. A aplicação da terceira fase do método ReSuOti permitiu, com a utilização de um número reduzido de tratamentos, o estudo do efeito da concentração de cada nutriente e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, e possibilitou a

otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de *C. perrinii*. A composição nutricional otimizada no meio de cultura para a fase de semeio foi 539 (N); 323 (P); 30 (S); 935 (K); 140 (Ca); 40 (Mg); 9,4 (Fe); 1,3 (Zn) e 5,1 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, o qual fora denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Semeio (meio SuOS). No meio de cultura para a fase de recultivo a composição nutricional otimizada foi 455 (N); 206 (P); 214 (S); 655 (K); 39 (Ca); 12 (Mg); 3 (Fe); 2,3 (Zn) e 3,7 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, este meio foi denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Recultivo (meio SuOR).

## 1. Introdução

O cultivo de orquídeas do grupo catleia constitui atividade expressiva no comércio brasileiro de flores (Ibraflor, 2013a, b, c e d e 2014). Esse grupo engloba as espécies dos gêneros *Cattleya*, *Laelia*, *Brassavola* e *Sophronitis* e os híbridos inter e intra-genéricos dessas espécies (Eigeldinger & Murphy, 1972). A propagação dessas orquídeas por meio de mudas formadas a partir de plantas matrizes no viveiro é muito lenta e inviável para a produção comercial, enquanto que a propagação seminífera ou vegetativa *in vitro* possibilita a produção dessas plantas em larga escala (Arditti & Ernst, 1992; Nayak *et al.*, 2002).

A relação entre os nutrientes e suas concentrações no meio de cultura são fatores que exercem grande influência sobre a germinação e o crescimento de plântulas de orquídeas *in vitro* e sobre a resposta morfogênica desses materiais (Knudson, 1951; Rodrigues, 2005; Ventura, 2007; Santos, 2009), além de influenciar, também, sobre o cultivo *in vitro* de inúmeras outras espécies (George *et al.*, 2008).

Ao longo do tempo, muitos foram os meios de cultura utilizados para a propagação *in vitro* de orquídeas como, por exemplo, os meios VW (Vacin & Went, 1949); KC (Knudson, 1951); MS (Murashige & Skoog, 1962); B5 (Gamborg *et al.*, 1968); MN (Rodrigues, 2005); Su (Santos, 2009) entre outros (Arditti & Ernst, 1992; Ventura, 2007). No entanto, nem todos foram desenvolvidos especificamente para orquídeas. Além disso, as composições nutricionais desses meios, com exceção do meio Su, e de outros utilizados no cultivo *in vitro* de outras plantas [ex.: DKW (McGranahan *et al.*, 1987)], foram formuladas utilizando-se apenas métodos baseados em curvas de resposta à concentração de um ou mais nutrientes, ou na comparação de tratamentos com concentrações diferentes de nutrientes.

A elaboração da composição nutricional de um novo meio de cultura, utilizando métodos que se baseiam em curvas de resposta à concentração de cada nutriente e que considere as inúmeras interações entre esses, depende de grande gasto de tempo, mão de obra, explantes e recursos financeiros. Por exemplo, Hildebrandt *et al.* (1946) realizaram mais de 16 000 cultivos de tecidos de tabaco e couve-flor e Murashige & Skoog (1962) levaram cinco anos para elaborar o meio MS.

Spaargaren (1996) propôs que: um meio de cultura ideal deve ter igual composição que a célula, tecido ou órgão que for cultivado nesse meio. Morard & Henry

(1998), Monteiro *et al.* (2000), Bouman (2001), Nas & Read (2004) e Staikidou *et al.* (2006), ao testarem o conceito de Spaargaren, obtiveram aumento no crescimento do material vegetal e criaram novos meios de cultura, os quais tinham a proporção entre os nutrientes semelhante àquela encontrada nos tecidos das espécies por eles utilizadas. Entretanto, um aspecto importante que não foi levado em conta por esses pesquisadores, com exceção de Monteiro *et al.* (2000), e que não foi contemplado na proposição de Spaargaren (1996), é o quanto de cada nutriente seria extraído dos meios de cultura em função da produção de material vegetal crescido em seus meios, ou seja, não basta ter apenas uma relação adequada entre os nutrientes no meio, é necessário ter, também, uma quantidade suficiente destes para suprir a demanda da cultura durante o período de cultivo. Além disto, nesses trabalhos não foram consideradas as taxas de recuperação dos nutrientes que são diferentes de um nutriente para o outro, de uma espécie para outra e de uma fase do cultivo para outra.

Santos (2009) demonstrou que a quantidade de nutrientes inserida pelos sais aos meios de cultura VW, KC, MN, MS, B5, Peters<sup>®</sup> 10-30-20 (3 g L<sup>-1</sup>) e B&G<sup>®</sup> (3 g L<sup>-1</sup>) não seriam capazes de suprir a demanda nutricional de plântulas de catleia a fim de se atingir uma produção adequada dessas com apenas uma fase de cultivo (do semeio até a retirada das plantas da condição *in vitro*), mesmo considerando que os nutrientes fossem totalmente recuperados pelas plântulas. Sendo assim, um (ou mais) nutriente (específico para cada meio de cultura) tornar-se-á o principal problema nutricional para as plântulas, pois ele passa a controlar a produtividade da cultura *in vitro* por ser o nutriente em menor disponibilidade (Lei do Mínimo, Von Liebig, 1862). Desta maneira seriam necessários muitos recultivos (de três a cinco, dependendo do meio) ou recultivar apenas de 2 a 4 plântulas por frasco.

Segundo Santos (2009), a composição nutricional ideal de um meio de cultura deve ser aquela que consiga suprir adequadamente, durante o período de cultivo, a demanda da cultura, promovendo produção satisfatória, e que contribua para uma resposta morfogênica desejada. Diante deste novo conceito, esse autor propôs um método baseado na determinação da demanda e requerimento nutricional da cultura, do suprimento da cultura com nutrientes pelo meio e no balanço entre requerimento e suprimento que permite elaborar a composição nutricional do meio específica para cada tipo de cultura e, ou, espécie que foi denominado de método Requerimento-Suprimento (método ReSu).

Utilizando o método ReSu, Santos (2009) desenvolveu o meio Suprimento, denominado de meio Su, para a fase de recultivo de orquídeas do grupo *Cattleya*. Para isso, foram considerados os teores dos nutrientes em plântulas de orquídeas do grupo *Cattleya*, o potencial de produção dessas e as taxas de recuperação de cada nutriente por essas. O meio Su proporcionou maior crescimento e melhor nutrição de plântulas de *Cattleya walkeriana* em relação aos meios MS, B5, Peters<sup>®</sup> 10-30-20 (3 g L<sup>-1</sup>) e B&G<sup>®</sup> (3 g L<sup>-1</sup>) (Santos, 2009).

O método ReSu é composto por duas fases. A primeira fase é compreendida pela formulação da composição nutricional do novo meio de cultura a partir da demanda nutricional da cultura e das taxas de recuperação dos nutrientes por essa. Já na segunda fase, são realizados experimentos para otimizar a concentração total dos sais, ou a "força" dos sais (termo comumente utilizado nos trabalhos de cultura de tecidos) no meio; avaliar a eficiência do novo meio, comparando-o com outros e estudando o efeito da concentração dos nutrientes nos meios sobre as respostas de germinação, de crescimento, de multiplicação, morfogênicas ou quaisquer outras que se tenha interesse em estudar; e produzir informações sobre taxas de recuperação dos nutrientes (Santos, 2009).

Ao desenvolver o meio Su, Santos (2009) calculou as concentrações dos nutrientes sem considerar o efeito de suas interações sobre o crescimento de plântulas de orquídeas e sobre a resposta morfogênica dos explantes de orquídeas, entretanto, esse autor verificou haver efeito dessa interação sobre as variáveis acima citadas como, por exemplo, o efeito positivo da relação N/P no meio de cultura sobre o aumento da formação de calos em restrição à formação de plântulas (Santos, 2009).

Embora o método ReSu seja adequado para o desenvolvimento de um meio de cultura, os conteúdos de nutrientes nas plântulas são influenciados pela disponibilidade dos mesmos no meio de cultura (Marschner, 2012), o que levaria a uma estimativa aproximada da demanda nutricional da cultura durante a etapa de cálculos desse método de elaboração da composição nutricional de meios de cultura (primeira fase do método ReSu). Então, existindo efeito da concentração dos nutrientes e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, faz-se necessário o estudo desses efeitos para que se possa, assim, otimizar a composição nutricional do meio de cultura.

Diante do exposto, o objetivo com deste trabalho foi desenvolver e acrescentar ao método ReSu uma terceira fase em que, utilizando matrizes experimentais com um

número reduzido de tratamentos, permita o estudo do efeito da concentração de cada nutriente e de suas interações sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, permitindo, assim, a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para a fase de semeio e outro para a fase de recultivo *in vitro* de orquídea do grupo *Cattleya*.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Método Requerimento-Suprimento-Otimização (ReSuOti)**

O método de formulação de composição nutricional de meio de cultura Requerimento-Suprimento (ReSu), originalmente composto por duas fases (Santos, 2009), foi modificado acrescentando-se a este uma terceira fase que se caracteriza pela otimização da composição nutricional. Este método, agora composto por três fases, passou-se a denominar método Requerimento-Suprimento-Otimização (ReSuOti).

Utilizando a terceira fase do método ReSuOti foram elaboradas uma composição nutricional de meio de cultura para a fase de semeio e outra para a fase de recultivo de orquídea do grupo *Cattleya*, tendo como base inicial a composição nutricional o meio Su (Santos, 2009), a qual fora definida por esse autor utilizando como ferramentas a primeira e a segunda fase desse método. O material e os procedimentos utilizados para realizar a terceira fase do método ReSuOti são apresentados a seguir.

### **2.2. Terceira Fase do Método ReSuOti**

Buscou-se, ao realizar esta fase, ajustar a relação entre os nutrientes e definir suas concentrações no meio de cultura. Esse refinamento deu-se a partir da composição nutricional do meio Su, a qual fora definida por Santos (2009) utilizando a primeira e a segunda fase do método ReSuOti. Apesar de ter sido desenvolvido utilizando plântulas de *C. walkeriana*, o meio Su fora testado com sucesso para mais de 60 outras espécies e híbridos de *Cattleya* pela equipe de pesquisadores do Núcleo de Pesquisa e Conservação de Orquídeas da Universidade Federal de Viçosa (NPCO-UFV) (Santos e Locatelli, 2014 - informação pessoal). Para realizar a terceira fase do método ReSuOti, lançou-se mão do uso de matrizes experimentais que necessitam de um número reduzido de tratamentos e que permitem estudar e avaliar o efeito da concentração dos nutrientes e de suas interações sobre diferentes variáveis, permitindo, assim, definir as concentrações de cada nutriente no meio de cultura.

### 2.2.1. Material vegetal

Para definir a concentração dos nutrientes nos meios de cultura para as fases de semeio e recultivo, foram montados três experimentos independentes para cada uma dessas duas fases. Optou-se por utilizar nesses experimentos sementes e protocormos de *Cattleya perrinii* Lindl. porque esta é uma espécie ameaçada de extinção da flora brasileira<sup>(4)</sup>, porque se tem pouca informação a respeito de sua propagação em condições *in vitro* e pela disponibilidade suficiente desses materiais.

Nos experimentos relacionados à fase de semeio foram utilizadas sementes de *C. perrinii* × "self" colhidas de frutos maduros, enquanto que para os da fase de recultivo foram utilizados protocormos de *C. perrinii* × "self" com, aproximadamente, 4 mm de altura (cinco meses após a germinação). Esses protocormos foram obtidos a partir de sementes colhidas de frutos maduros e germinadas em meio de cultura com a composição nutricional original do meio Su (369; 169; 127; 1069; 222; 56; 7,4; 2,3; 3,7; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de N; P; S; K; Ca; Mg; Fe; Zn; Mn; B; Cu e Mo, respectivamente) e contendo 40 g L<sup>-1</sup> de sacarose e 7 g L<sup>-1</sup> de ágar Merck<sup>®</sup>. As sementes utilizadas para a obtenção desses protocormos foram desinfetadas em solução de 100 mL L<sup>-1</sup> de água sanitária comercial (Candura<sup>®</sup> – 20 a 25 g L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sódio) por 10 min (Ventura, 2007).

### 2.2.2. Otimização da composição nutricional do meio de cultura

A definição das concentrações dos nutrientes no meio de cultura para a fase de semeio foi realizada por meio do estudo dos fatores entre os nutrientes N, P e S (experimento 1) e entre K, Ca e Mg (experimento 2) e do estudo do efeito de seis concentrações de cada um dos nutrientes Fe, Zn e Mn (experimento 3), da mesma forma foi realizado para a fase de recultivo o estudo dos fatores entre os nutrientes N, P e S (experimento 4) e entre K, Ca e Mg (experimento 5) e do estudo do efeito de seis concentrações de cada um dos nutrientes Fe, Zn e Mn (experimento 6), correspondendo a três experimentos independentes para a fase de semeio e outros três para a fase de recultivo.

Para o estudo da interação entre as concentrações de N, P e S e K, Ca e Mg foram montados experimentos em esquema fatorial incompleto, combinando nove doses de cada nutriente. As combinações foram feitas de acordo com a matriz experimental

---

<sup>(4)</sup> Dado obtido na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção publicada pelo IBAMA em 23/09/2008. [www.ibama.gov.br/documentos/lista-de-especies-ameacadas-de-extincao](http://www.ibama.gov.br/documentos/lista-de-especies-ameacadas-de-extincao). Acessado dia 26/03/2014.

Box Berard aumentada (3) modificada (Leite, 1984) acrescida de seis tratamentos, perfazendo um total de 28 tratamentos por experimento (Quadro 1). Esse número de tratamentos é definido pela expressão:  $2^k + 2k + 2k + 1 + 1 + (2^k - 2)$ , em que k é o número de fatores envolvidos.

Os dois experimentos relacionados aos nutrientes Fe, Zn e Mn foram realizados para determinar as concentrações desses nutrientes que promovessem a melhor germinação de sementes e crescimento de plântulas de orquídeas. Nesses experimentos foram utilizadas seis concentrações de Fe (0; 2; 4; 8; 15 e 30 mg L<sup>-1</sup> de Fe), seis de Zn (0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 mg L<sup>-1</sup> de Zn) e seis de Mn (0; 1; 2; 4; 8 e 16 mg L<sup>-1</sup> de Mn), totalizando 18 tratamentos correspondendo à matriz fatorial 6 + 6 + 6 (concentrações de Fe + concentrações de Zn + concentrações de Mn).

Em cada um dos experimentos foram variadas apenas as concentrações dos nutrientes envolvidos no estudo, para os outros nutrientes mantiveram-se as concentrações originais do meio Su. Nos tratamentos que tiveram variações nas concentrações de N, a proporção entre N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi mantida em 3 : 1, semelhante a encontrada no meio Su.

A unidade experimental foi composta por um frasco de polipropileno de 140 mL, contendo 40 mL de meio de cultura e 1 mL de suspensão de 240 sementes para a fase de semeio ou 10 plântulas para a fase de recultivo. O experimento foi montado, conduzido e avaliado em blocos casualizados com seis repetições e teve a duração de seis meses.

As sementes foram desinfetadas em seringa descartável de 20 mL utilizando 20 mL de uma solução contendo 100 mL L<sup>-1</sup> de água sanitária comercial (Candura<sup>®</sup> – 20 a 25 g L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sódio) por 10 min (Ventura, 2007). Findado os 10 min, a solução de água sanitária foi ejetada apertando-se o êmbulo da seringa e utilizando-se uma agulha de 0,15 mm de diâmetro, a qual retém as sementes no interior da seringa.

Após a desinfestação, as sementes (40 mg) foram resuspendidas em 200 mL de água autoclavada dentro de um Becker de 250 mL previamente autoclavado. Para manter homogênea a densidade de sementes nessa suspensão utilizou-se um agitador magnético. Para inocular 1 mL por frasco dessa suspensão foi utilizada uma pipeta automática. Cada mL de suspensão continha, aproximadamente, 240 sementes. Todos esses procedimentos foram executados em ambiente de câmara de fluxo laminar e repetidos na montagem de cada um dos três experimentos relacionados à fase de semeio, assim como os

procedimentos referentes ao transplante dos protocormos relacionados à fase de recultivo.

**Quadro 1.** Níveis e concentrações dos nutrientes no meio de cultura nos dois fatoriais estudados

Trat.	Nível			Concentração					
	N / K	P / Ca	S / Mg	N × P × S <sup>(1)</sup>			K × Ca × Mg <sup>(1)</sup>		
				N	P	S	K	Ca	Mg
				mg L <sup>-1</sup>					
1	-1,0	-1,0	-1,0	200	85	65	350	125	35
2	-1,0	-1,0	1,0	200	85	195	350	125	105
3	-1,0	1,0	-1,0	200	255	65	350	375	35
4	-1,0	1,0	1,0	200	255	195	350	375	105
5	1,0	-1,0	-1,0	600	85	65	1050	125	35
6	1,0	-1,0	1,0	600	85	195	1050	125	105
7	1,0	1,0	-1,0	600	255	65	1050	375	35
8	1,0	1,0	1,0	600	255	195	1050	375	105
9	0,0	0,0	0,0	400	170	130	700	250	70
10	-1,5	0,0	0,0	100	170	130	175	250	70
11	1,5	0,0	0,0	700	170	130	1225	250	70
12	0,0	-1,5	0,0	400	43	130	700	63	70
13	0,0	1,5	0,0	400	298	130	700	438	70
14	0,0	0,0	-1,5	400	170	33	700	250	18
15	0,0	0,0	1,5	400	170	228	700	250	123
16	-1,8	-1,0	-1,0	40	85	65	70	125	35
17	-1,0	-1,8	-1,0	200	17	65	350	25	35
18	-1,0	-1,0	-1,8	200	85	13	350	125	7
19	1,8	1,0	1,0	760	255	195	1330	375	105
20	1,0	1,8	1,0	600	323	195	1050	475	105
21	1,0	1,0	1,8	600	255	247	1050	375	133
22	-1,8	-1,8	-1,8	40	17	13	70	25	7
23	-1,6	-1,6	1,6	80	34	234	140	50	126
24	-1,6	1,6	-1,6	80	306	26	140	450	14
25	-1,6	1,6	1,6	80	306	234	140	450	126
26	1,6	-1,6	-1,6	720	34	26	1260	50	14
27	1,6	-1,6	1,6	720	34	234	1260	50	126
28	1,6	1,6	-1,6	720	306	26	1260	450	14

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (369; 169; 127; 1069; 222; 56; 7,4; 2,3; 3,7; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de N; P; S; K; Ca; Mg; Fe; Zn; Mn; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009).

O semeio e o recultivo foram realizados em meio de cultura contendo 7 g L<sup>-1</sup> de ágar Merck®, 2 g L<sup>-1</sup> de carvão ativado Vetec® e 40 g L<sup>-1</sup> de sacarose, os sais do meio Su e os tratamentos referentes às concentrações dos nutrientes no meio de cultura. O meio foi esterilizado por processo químico utilizando-se hipoclorito de sódio, para isso e para o preparo do meio executou-se os seguintes passos: 1) em um Becker contendo água destilada (aproximadamente 50 % do volume final a ser preparado de meio de cultura) acrescentou-se a sacarose e as soluções estoque dos sais referentes aos nutrientes de

acordo com cada tratamento, após a dissolução desses, acrescentou-se o carvão ativado; 2) em seguida, o volume dessa suspensão foi aferido, em proveta, para 68 % do volume final a ser preparado de meio de cultura; 3) em outro Becker contendo 30 % do volume final a ser preparado de meio de cultura acrescentou-se o ágar, o qual foi, então, fundido em forno de micro-ondas; 4) em seguida, o conteúdo dos dois Berkers foram reunidos em um único Becker e a suspensão foi homogeneizada; 5) após essa última etapa a temperatura do meio de cultura era de, aproximadamente, 72 °C, sendo assim, esperou-se até que a temperatura do meio atingisse 55 °C para a adição da água sanitária; 6) após atingida a referida temperatura, acrescentou-se ao meio um volume de água sanitária (Candura<sup>®</sup> - 20 a 25 mL L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sódio) referente a 2 % do volume final a ser preparado de meio de cultura; 7) após a adição da água sanitária, corrigiu-se o pH do meio para 5,5 utilizando uma solução de 0,1 mol L<sup>-1</sup> de NaOH; 8) enfim, com o auxílio de uma seringa de 60 mL, verteu-se 40 mL de meio de cultura por cada frasco de polipropileno de 140 mL.

Os frascos, após receberem as sementes ou plântulas, foram mantidos, durante 180 dias, em uma sala de cultivo com temperatura de 22 ± 2 °C, fotoperíodo de 16/8 h luz/escuro e irradiância de 44 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de fótons, fornecida por lâmpadas fluorescentes (Osram<sup>®</sup>, 40 W, luz do dia).

As seguintes variáveis foram avaliadas: Semeio - massa de matéria seca (*mMS*) acumulada nas plântulas e Germinação (*G*); Recultivo - massa da matéria seca acumulada na parte aérea (*mMSPA*), nas raízes (*mMSRA*) e em todo o corpo (*mMSPA* + *mMSRA* = *mMST*) das plântulas e relação raiz/parte aérea (*mMSRA/mMSPA* = *RA/PA*).

### **2.2.3. Estatística**

Após a análise de variância foram ajustadas hipercubos de resposta relacionando as variáveis medidas com as concentrações dos nutrientes dos fatoriais [N], [P] e [S] e [K], [Ca] e [Mg], e ajustadas curvas de resposta relacionando as variáveis medidas com as concentrações dos nutrientes Fe, Zn e Mn. As equações, geradas para estimar o efeito da interação entre as [N], [P] e [S] sobre a *G* e *mMS* no experimento 1, foram ajustadas pelo método de regressão não-linear de Gauss-Newton, sendo que os expoentes da equação foram mantidos dentro de determinados limites e os coeficientes livres para serem estimados. As equações relacionadas aos outros experimentos foram ajustadas por

regressão linear múltipla. Os coeficientes das equações foram testados a 10, 5 e 1 % de significância pelo teste F.

Depois de obtido os hipercubos e curvas de resposta, a concentração recomendada de cada nutriente estudado foi definida para os dois novos meios de cultura, um para a fase de semeio e outro para a fase de recultivo de *C. perrinii*.

### 3. Resultados e Discussão

Nos experimentos 1, 2 e 3, relacionados à fase de semeio da propagação seminífera *in vitro* de *C. perrinii*, a G e a *mMS* sofreram influência da interação entre [N], [P] e [S] e [K], [Ca] e [Mg] e das [Fe], [Zn] e [Mn], com exceção para a G que não foi influenciada pela [Mn] (Figuras 1 a 5). Os resultados de G e *mMS* relativos a esses três experimentos são apresentados nos quadros 2 a 4. Já na fase de recultivo, apenas as [Zn] e [Mn] não exerceram efeito sobre a *mMSRA*, *mMSPA*, *mMST* e relação RA/PA, enquanto que essas variáveis foram influenciadas pela interação entre [N], [P] e [S] e entre [K], [Ca] e [Mg] e pela [Fe] (Figuras 6 a 14). Os resultados de *mMSRA*; *mMSPA*; *mMST* e relação RA/PA relativos aos três experimentos da fase de recultivo são apresentados nos quadros 5 a 7.

#### 3.1. Composição nutricional do meio de cultura para a fase de semeio de *C. perrinii*

O efeito das concentrações de N, P e S e suas interações foram semelhantes sobre a G e a *mMS* acumulada em plântulas de *C. perrinii* aos 180 d após o semeio (Figuras 1 e 2).

A [P] teve efeito positivo sobre a G e a *mMS*, sendo que esse efeito foi maior quanto menor eram as [S] (Figuras 1 e 2). Como as principais formas de S e P absorvidas pelas plantas são as aniônicas  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$  ou  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , respectivamente, pode ter ocorrido competição entre esses ânions pelo sítio ativo de seus transportadores no processo de absorção pela plântula (Marschner, 2012), o que contribui para explicar a interação linear negativa entre a [P] e [S]; além disso, o aumento da concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  na solução do meio pode levar à redução da atividade da forma aniônica de P presente na solução (Debye & Hückel, 1923, citado por Wright, 2007), logo, de sua disponibilidade e vice-versa.

O maior incremento na G devido o efeito linear positivo de P ocorreu quando houve o aumento de 17 para 323 mg L<sup>-1</sup> de P (da menor para a maior [P]) e na presença da menor [S] (13 mg L<sup>-1</sup>), independente da [N], sendo esse incremento de 20

plântulas/Frasco. Considerando a curva de resposta à [P] da variável G, quando as [N] e [S] foram iguais a 545 e 30 mg L<sup>-1</sup> (concentrações de N e S que levaram à máxima G), observou-se uma G de 133 e 152 plântulas/Frasco com a menor (17 mg L<sup>-1</sup>) e maior (323 mg L<sup>-1</sup>) [P], respectivamente, representando um incremento relativo de apenas 14,3 %. O pequeno incremento proporcionado à G pelo aumento na [P] poderia direcionar a escolha da [P] com base na economia de reagentes, entretanto, Santos (2009) demonstrou que uma relação N/P mais estreita no meio de cultura reduziu a produção de calos cultivando *C. walkeriana*, a qual é, normalmente, indesejada no sistema de propagação seminífera *in vitro* de orquídeas. Sendo assim, para definir a composição do meio de cultura optou-se por utilizar a [P] que promoveu a maior G (323 mg L<sup>-1</sup>).

O efeito da [S] no meio de cultura sobre a G e a *mMS* foi estimado utilizando-se a função de Lorentzian (D'Amico *et al.*, 2012). A [S] exerceu exclusivamente efeito negativo sobre a G e a *mMS* quando as [N] estiveram abaixo de 238 e 231 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. A partir dessas [N], a [S] passou a ter efeito positivo sobre essas variáveis até atingir um ponto de máxima G e produção de *mMS* e voltar a exercer efeito negativo. As [S] necessárias para se atingir os pontos de máxima G e produção de *mMS* aumentaram linearmente com o aumento da [N], entretanto, mesmo com a maior [N] (760 mg L<sup>-1</sup>), as [S] que levaram à máxima G e produção de *mMS* foram de 41 e 43 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, relativamente baixas quando comparadas com a concentração original de S no meio Su que é de 127 mg L<sup>-1</sup>. Além disso, tomando-se como exemplo a variável G e sua curva de resposta à [S] para as [N] e [P] iguais à 545 e 323 mg L<sup>-1</sup>, percebe-se que após o ponto de máxima G, 151 plântulas/Frasco com 30 mg L<sup>-1</sup> de S, há uma drástica redução para 43 plântulas/Frasco com o aumento da [S] para 60 mg L<sup>-1</sup> (72 % de redução). Diante disso, fica evidenciado o efeito tóxico da [S] sobre a germinação de sementes e crescimento de plântulas de *C. perrinii* durante a fase de semeio *in vitro* dessa cultura, sendo que este efeito tóxico foi reduzido à medida que se aumentou a [N].

Essa interação entre [N] e [S] pode ser explicada, em parte, pelo possível aumento na demanda de S pelas plântulas, já que, até determinadas [N], o número e o crescimento das plântulas aumentaram à medida que se aumentou a [N] (Figura 2 e 3), e pela possível redução da atividade do SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> com o aumento da [N] no meio de cultura, já que 75 % do N foi fornecido na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Debye & Hückel, 1923, citado por Wright, 2007).

**Quadro 2.** Germinação (G) de sementes e massa de matéria seca (*mMS*) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii* (*Orchidaceae*), após 180 d do semeio, em função das concentrações dos nutrientes N, P e S no meio de cultura

Tratamento	N <sup>(1)</sup>	P	S	G <sup>(2)</sup>	<i>mMS</i>
	————— mg L <sup>-1</sup> —————			Plântula/Frasco	mg/Frasco
1	200	85	65	25,0	23,3
2	200	85	195	4,5	3,2
3	200	255	65	48,3	69,2
4	200	255	195	20,8	21,1
5	600	85	65	29,8	48,7
6	600	85	195	4,2	4,8
7	600	255	65	29,0	66,2
8	600	255	195	10,2	18,1
9	400	170	130	13,5	17,7
10	100	170	130	19,7	11,8
11	700	170	130	6,5	4,6
12	400	43	130	5,8	5,8
13	400	298	130	20,7	39,2
14	400	170	33	93,8	197,3
15	400	170	228	6,8	11,0
16	40	85	65	0,0	0,5
17	200	17	65	5,8	3,0
18	200	85	13	71,3	104,4
19	760	255	195	9,0	10,5
20	600	323	195	11,2	14,5
21	600	255	247	2,8	2,5
22	40	17	13	0,0	0,0
23	80	34	234	0,8	0,4
24	80	306	26	3,3	1,8
25	80	306	234	7,0	2,9
26	720	34	26	62,5	97,0
27	720	34	234	1,0	0,5
28	720	306	26	91,0	181,1

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (1069; 222; 56; 7,4; 2,3; 3,7; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de K; Ca; Mg; Fe; Zn; Mn; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009). <sup>(2)</sup> Foram semeadas, aproximadamente, 240 sementes por frasco.

As concentrações de N, P e S que levaram à máxima G e produção de *mMS* foram as seguintes: 545 (N); 323 (P) e 30 (S) mg L<sup>-1</sup> para G e 532 (N); 323 (P) e 30 (S) mg L<sup>-1</sup> para produção de *mMS*.

Diante do exposto em relação ao experimento 1, definiu-se as seguintes concentrações de N, P e S para a composição do novo meio de cultura para a fase de semeio de orquídeas do grupo catlêia: 539 (N); 323 (P) e 30 (S) mg L<sup>-1</sup>. Estas

concentrações foram definidas por meio da média aritmética das concentrações que levaram à máxima G e produção de *mMS*.

**Quadro 3.** Germinação (G) de sementes e massa de matéria seca (*mMS*) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii* (*Orchidaceae*), após 180 d do semeio, em função das concentrações dos nutrientes K, Ca e Mg no meio de cultura

Tratamento	K <sup>(1)</sup>	Ca		G <sup>(2)</sup>	<i>mMS</i>
		mg L <sup>-1</sup>			
				Plântula/Frasco	mg/Frasco
1	350	125	35	44,2	155,0
2	350	125	105	41,6	120,0
3	350	375	35	41,8	176,4
4	350	375	105	40,6	170,2
5	1050	125	35	62,8	163,4
6	1050	125	105	41,8	174,6
7	1050	375	35	43,0	160,8
8	1050	375	105	24,0	123,9
9	700	250	70	42,4	179,4
10	175	250	70	46,0	197,1
11	1225	250	70	24,0	114,4
12	700	63	70	51,2	172,7
13	700	438	70	23,6	113,5
14	700	250	18	47,4	214,0
15	700	250	123	34,8	160,0
16	70	125	35	48,4	157,0
17	350	25	35	45,2	156,0
18	350	125	7	42,6	174,9
19	1330	375	105	19,8	100,0
20	1050	475	105	22,6	75,1
21	1050	375	133	22,6	81,3
22	70	25	7	32,4	80,9
23	140	50	126	44,8	225,7
24	140	450	14	42,6	182,2
25	140	450	126	40,2	183,7
26	1260	50	14	52,8	245,9
27	1260	50	126	36,0	159,3
28	1260	450	14	29,2	132,8

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (369; 169; 127; 7,4; 2,3; 3,7; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de N; P; S; Fe; Zn; Mn; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009). <sup>(2)</sup> Foram semeadas, aproximadamente, 240 sementes por frasco.

No segundo experimento, foram verificados efeitos de diferentes interações entre K, Ca e Mg sobre a G e produção de *mMS* de *C. perrinii* (Figuras 3 e 4). Dentre essas, os efeitos negativo das interações K×Ca e K×Mg sobre a G e os efeitos negativo das interações K×Ca; K×Mg e Ca×Mg sobre a produção de *mMS* foram bem evidentes dentro do espaço experimental, haja visto, por exemplo, que para a G, mesmo havendo efeito positivo da interação tripla K×Ca×Mg, este não foi suficiente para anular a redução dos coeficientes lineares de Ca e Mg promovida pelo efeito negativo das interações

K×Ca e K×Mg, respectivamente, dessa forma, esses coeficientes diminuiram à medida que se aumentou a [K] (Figura 3) e os efeitos lineares positivos de Ca e Mg se tornaram negativos com o aumento da [K]. Da mesma forma, o aumento da [Ca] e, ou, da [Mg] levou à inversão do efeito linear positivo de K sobre a G, tornando-o negativo.

**Quadro 4.** Germinação (G) de sementes e massa de matéria seca (*mMS*) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii* (*Orchidaceae*), após 180 d do semeio, em função das concentrações dos nutrientes Fe, Zn e Mn no meio de cultura

Tratamento	Fe <sup>(1)</sup>	Zn	Mn	G <sup>(2)</sup>	<i>mMS</i>
		————— mg L <sup>-1</sup> —————		Plântula/Frasco	mg/Frasco
1	0,00	2,25	3,69	1,0	0,9
2	2,00	2,25	3,69	13,0	54,4
3	4,00	2,25	3,69	15,8	65,0
4	8,00	2,25	3,69	14,5	69,5
5	15,00	2,25	3,69	19,2	69,4
6	30,00	2,25	3,69	16,7	51,5
7	7,38	0,00	3,69	6,2	28,7
8	7,38	0,50	3,69	13,0	85,5
9	7,38	1,00	3,69	13,3	106,9
10	7,38	2,00	3,69	14,5	105,0
11	7,38	4,00	3,69	13,2	97,1
12	7,38	8,00	3,69	11,3	85,0
13	7,38	2,25	0,00	11,3	77,9
14	7,38	2,25	1,00	14,2	85,1
15	7,38	2,25	2,00	12,8	90,3
16	7,38	2,25	4,00	16,7	110,2
17	7,38	2,25	8,00	15,3	112,6
18	7,38	2,25	16,00	14,8	107,9

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (369; 169; 127; 1069; 222; 56; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de N; P; S; K; Ca; Mg; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009). <sup>(2)</sup> Foram semeadas, aproximadamente, 240 sementes por frasco.

Os efeitos negativo das interações K×Ca e K×Mg sobre a G e os efeitos negativo das interações K×Ca; K×Mg e Ca×Mg sobre a produção de *mMS* podem ter ocorrido devido ao antagonismo que esses elementos, em suas formas catiônicas, exercem um sobre o outro em seus canais de absorção (Marschner, 2012). Além disso, a G e o crescimento das plântulas, logo após o semeio, não toleraram a salinidade gerada pelo aumento simultâneo da concentração de dois dos elementos em estudo e, principalmente, dos três elementos, haja visto que os menores valores estimados de G (12,3 Plântulas/Frasco) e produção de *mMS* (59,9 mg/Frasco) foram obtidos utilizando-se, simultaneamente, os valores mais elevados de [K], [Ca] e [Mg] (1330, 475 e 133 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente).

Para definir as concentrações de K, Ca e Mg na composição do novo meio de cultura para a fase de germinação de *C. perrinii*, optou-se por uma combinação entre esses nutrientes que, conforme a equação ajustada para estimar a G, proporcionasse 95 % do valor de máxima germinação e que tivesse uma relação Ca/Mg igual a 3,5. Desta forma, definiu-se as seguintes [K], [Ca] e [Mg] para a composição desse novo meio de cultura: 935, 140 e 40 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Essa combinação promoveu a G de 53 plântulas/Frasco e a produção de 194,7 mg/Frasco de MS.

Com o experimento 3, verificou-se que a G sofreu influência das [Fe] e [Zn], e a produção de *mMS* foi influenciada pelas [Fe], [Zn] e [Mn], sendo esses efeitos estimados por modelo raiz quadrático (Figuras 6 e 7), o que indica que, no início da curva, o aumento da concentração do nutriente leva ao aumento da variável estudada até o ponto de máximo valor dessa variável e, posteriormente, o aumento da concentração do nutriente passa a exercer efeito negativo sobre a variável resposta. Sendo assim, utilizou-se, para a composição do novo meio de cultura, as [Fe] e [Zn] que proporcionaram 95 % do valor de máxima G e [Mn] que proporcionou 95 % do valor de máxima produção de *mMS*. Dessa maneira, as [Fe], [Zn] e [Mn] definidas para o meio de cultura para a fase de semeio foram 9,4; 1,3 e 5,1 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. As concentrações dos micronutrientes B, Cu e Mo nesse novo meio foram mantidas iguais às originais do meio Su, já que essas foram assim mantidas durante os experimentos, sendo elas: 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de B, Cu e Mo, respectivamente.

Como observado no experimento 1, a [S] original do meio Su (127 mg L<sup>-1</sup>), independente das [N] e [P], levou à menor G quando comparada à [S] (30 mg L<sup>-1</sup>) sugerida após o estudo da interação entre esses nutrientes, logo, o requerimento do maior número de plântulas, formadas nessa nova condição, por K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn seria maior que na condição em que foram realizados os outros dois experimentos para definir suas concentrações no meio. Sendo assim, sugere-se que os experimentos sejam realizados de forma sequencial, de forma que a terceira fase do método ReSuOti siga a seguinte sequência operacional: estudo da interação N×P×S; definição das concentrações de N, P e S; estudos da interação K×Ca×Mg utilizando-se as concentrações de N, P e S definidas no passo anterior; definição das concentrações de K, Ca e Mg; estudo do efeito das concentrações de Fe, Zn e Mn utilizando-se as concentrações de N, P, S, K, Ca e Mg definidas nos dois passos anteriores; e definição das concentrações de Fe, Zn e Mn.

### 3.2. Composição nutricional do meio de cultura para a fase de recultivo de *C. perrinii*

No experimento 4, observou-se que os nutrientes P e S exerceram efeito significativo sobre a produção de *mMSPA* (representados pelos componentes  $NP^2$  e  $N^2S$  da equação) (Figura 6), no entanto, esses efeitos foram menores que o efeito exercido pela [N] (Figura 6). Essa diferença entre tais efeitos pode ser verificada comparando-se os valores de ganho (deltas) na produção de *mMSPA* proporcionado pela variação nas [N], ou [P], ou [S], por exemplo, o maior ganho na produção de *mMSPA* proporcionado pelo N foi de 261,0 mg/Frasco quando houve o aumento da [N] de 40 para 749 mg L<sup>-1</sup> na presença das maiores [P] e [S] (323 e 247 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), enquanto que para P, o maior ganho de *mMSPA* foi de apenas 4,7 mg/Frasco quando houve o aumento da [P] de 17 para 178 mg L<sup>-1</sup> na presença da maior [N] (760 mg L<sup>-1</sup>), independente da [S], e para S, o maior ganho de *mMSPA* foi de apenas 10,7 mg/Frasco quando houve o aumento da [S] de 13 para 247 mg L<sup>-1</sup> na presença da maior [N] (760 mg L<sup>-1</sup>), independente da [P] (Figura 6).

As [P] e [S] exerceram efeito significativo sobre a produção de *mMSRA* (representados pelos componentes S, NS,  $N^2S$ ,  $N^2P^2$  e  $N^2S^2$  da equação) (Figura 7), mas, assim como para a produção de *mMSPA*, o efeito da [P] e [S] foram proporcionalmente menores que o efeito exercido pela [N] sobre a produção de *mMSPA* (Figura 7), haja visto que o maior ganho na produção de *mMSRA* proporcionado pelo aumento exclusivo da [N], ou da [P] ou da [S] foram de 433,9; 45,1 e 198,8 mg/Frasco, respectivamente. Esses resultados, em conjunto com os relatados acima para a variável produção de *mMSPA*, demonstra a importância que a [N] teve para o crescimento de plântulas de *C. perrinii* durante a fase de recultivo e a importância de se ajustar uma concentração adequada de N no meio de cultura.

O N foi, dentre os nutrientes em estudo neste experimento, o que melhor explicou o comportamento da produção de *mMSPA* em função da [N], [P] e [S], haja visto que a soma de quadrados (SQ) dos efeitos de N e  $N^2$  da equação ( $SQ_N + SQ_{N^2} = 223771 \text{ (mg/Frasco)}^2$ ) representou 99,7 % da SQ ( $224537 \text{ (mg/Frasco)}^2$ ) do modelo ajustado para estimar a produção de *mMSPA* em função da [N], [P] e [S] (Figura 6). De semelhante forma, o N foi, também, o nutriente que melhor explicou o comportamento da produção de *mMSRA* e *mMST* e da relação RA/PA em função da [N], [P] e [S], sendo que as somas de quadrados dos efeitos de N e  $N^2$  das equações para *mMSRA* e *mMST* e

da relação RA/PA foram de 350159; 1021225 e 46,8 (mg/Frasco)<sup>2</sup>, respectivamente, representando 86,3; 92,1 e 78,4 % da SQ (405664; 1109219 e 59,7 (mg/Frasco)<sup>2</sup>, respectivamente) do modelo ajustado para estimar a produção de *mMSRA* e *mMST* e a relação RA/PA, respectivamente, em função da [N], [P] e [S] (Figuras 7, 8 e 9). Desta maneira, demonstra-se mais uma vez a importância do N para esta fase do cultivo *in vitro* de *C. perrinii*.

O aumento da [N] no meio de cultura levou ao aumento na produção de *mMSPA* até atingir pontos de máxima produção, sendo que as [N] necessárias para atingir tais pontos variaram de acordo com a [S], e foi sempre superior à 749 mg L<sup>-1</sup> de N, valor esse próximo à maior [N] (760 mg L<sup>-1</sup>) testada neste experimento (Figura 6), demonstrando que a [N] teve, quase que, exclusivo efeito positivo sobre a produção de *mMSPA*. De forma semelhante, o N influenciou a produção de *mMSRA* e *mMST*, entretanto, as [N] necessárias para atingir pontos de máxima produção de *mMSRA* e *mMST* foram inferiores quando comparado à *mMSPA* e variaram, de acordo com as [P] e [S], entre 425 e 552 mg L<sup>-1</sup> de N para a *mMSRA* e entre 447 e 596 mg L<sup>-1</sup> de N para a *mMST*. Para valores acima dessas concentrações, o N passou a exercer efeito negativo sobre a produção de *mMSRA* e *mMST*, respectivamente.

O N influenciou o crescimento de folhas e raízes de *C. perrinii* e, como consequência disso, influenciou, também, a relação RA/PA. Essa influência foi caracterizada pela redução dessa relação a medida que se aumentou a [N], isso ocorreu em toda a faixa de [N], independente da [P] e [S].

Santos (2009), ao estudar o efeito da composição nutricional de diferentes meios de cultura sobre o crescimento e morfogênese de *C. walkeriana*, observou que os meios MS e B<sub>5</sub> levaram à formação de plântulas com menor relação RA/PA quando comparados aos meios Su, Peters<sup>®</sup> (3 g L<sup>-1</sup> da formulação 10-30-20) e B&G<sup>®</sup> (3 g L<sup>-1</sup> do fertilizante B&G). Os meios MS e B<sub>5</sub> possuem maiores concentrações de N total e N na forma nítrica que os demais meios de cultura utilizados nesse estudo. Scheible *et al.* (1997a, b) mostraram evidências do papel do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na regulação da morfogênese de plantas. Usando mutantes de tabaco (*Nicotiana plumbaginifolia*) deficientes em redutase do nitrato, esses autores mostraram correlação entre o acúmulo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos brotos e a drástica redução no crescimento de raízes, obtendo, assim, plântulas com menor relação RA/PA.

**Quadro 5.** Massa da matéria seca acumulada na parte aérea (*mMSPA*), na raiz (*mMSRA*) e em todo o corpo da plântula (*mMST* = *mMSPA* + *mMSRA*) e relação *mMSRA/mMSPA* (RA/PA) de plântulas de *Cattleya perrinii* (*Orchidaceae*), após 180 d de recultivo, em função das concentrações dos nutrientes N, P e S no meio de cultura

Tratamento	N <sup>(1)</sup>	P	S	<i>mMSPA</i>	<i>mMSRA</i>	<i>mMST</i>	RA/PA
	mg L <sup>-1</sup>			mg/Frasco			mg mg <sup>-1</sup>
1	200	85	65	90,8	351,8	442,6	4,0
2	200	85	195	106,1	433,3	539,4	4,2
3	200	255	65	87,4	164,9	252,3	2,0
4	200	255	195	107,1	410,1	517,2	3,9
5	600	85	65	226,3	325,5	551,7	1,4
6	600	85	195	275,4	403,0	678,4	1,5
7	600	255	65	278,3	435,8	714,1	1,6
8	600	255	195	244,0	376,8	620,9	1,6
9	400	170	130	229,2	559,4	788,6	2,5
10	100	170	130	32,7	166,3	198,9	5,2
11	700	170	130	274,8	400,1	674,9	1,5
12	400	43	130	202,5	491,4	693,9	2,4
13	400	298	130	195,6	467,2	662,8	2,4
14	400	170	33	171,1	479,0	650,0	2,9
15	400	170	228	213,3	521,9	735,2	2,4
16	40	85	65	28,7	76,7	105,4	2,9
17	200	17	65	110,7	184,4	295,1	1,7
18	200	85	13	95,2	243,8	339,1	2,6
19	760	255	195	249,8	276,5	526,3	1,1
20	600	323	195	250,3	402,6	652,9	1,6
21	600	255	247	268,0	476,9	744,9	1,7
22	40	17	13	21,1	94,5	115,6	4,5
23	80	34	234	37,8	230,4	268,2	6,4
24	80	306	26	37,9	214,9	252,8	5,7
25	80	306	234	29,3	179,2	208,5	6,4
26	720	34	26	261,4	380,4	641,8	1,5
27	720	34	234	230,8	324,1	554,9	1,4
28	720	306	26	229,1	350,4	579,5	1,6

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (1069; 222; 56; 7,4; 2,3; 3,7; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de K; Ca; Mg; Fe; Zn; Mn; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009).

Para definir as [N], [P] e [S] a serem utilizadas no novo meio de cultura para a fase de recultivo de *C. perrinii*, optou-se pela escolha de uma combinação entre esses nutrientes que levou a uma produção superior a 90 % (750,0 mg/frasco) da máxima produção de *mMST* (833,4 mg/Frasco) e que proporcionou o crescimento de plântulas com relação RA/PA entre 2,0 e 3,0 mg mg<sup>-1</sup>. Sendo assim, as [N], [P] e [S] definidas para a composição do novo meio de cultura foram 455, 206 e 214 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. A

produção de *mMST* e a relação RA/PA estimada para essa combinação entre N, P e S foi de 791,3 mg/Frasco e 2,25 mg mg<sup>-1</sup> respectivamente.

**Quadro 6.** Massa da matéria seca acumulada na parte aérea (*mMSPA*), na raiz (*mMSRA*) e em todo o corpo da plântula (*mMST* = *mMSPA* + *mMSRA*) e relação *mMSRA/mMSPA* (RA/PA) de plântulas de *Cattleya perrinii* (*Orchidaceae*), após 180 d de recultivo, em função das concentrações dos nutrientes K, Ca e Mg no meio de cultura

Tratamento	K <sup>(1)</sup>	Ca	Mg	<i>mMSPA</i>	<i>mMSRA</i>	<i>mMST</i>	RA/PA
	mg L <sup>-1</sup>			mg/Frasco			mg mg <sup>-1</sup>
1	350	125	35	276,1	627,3	903,4	2,3
2	350	125	105	262,6	576,9	839,5	2,2
3	350	375	35	221,2	508,1	729,3	2,4
4	350	375	105	216,3	521,5	737,8	2,4
5	1050	125	35	260,3	637,5	897,9	2,5
6	1050	125	105	265,9	671,7	937,6	2,6
7	1050	375	35	209,3	577,0	786,2	2,8
8	1050	375	105	238,8	581,9	820,7	2,5
9	700	250	70	260,2	524,9	785,1	2,1
10	175	250	70	202,8	472,0	674,9	2,4
11	1225	250	70	262,5	620,6	883,0	2,4
12	700	63	70	271,2	625,5	896,7	2,4
13	700	438	70	221,1	567,1	788,2	2,6
14	700	250	18	255,6	530,6	786,2	2,1
15	700	250	123	249,1	638,8	887,8	2,6
16	70	125	35	272,7	559,2	832,0	2,1
17	350	25	35	250,9	749,9	1000,8	3,0
18	350	125	7	249,4	620,8	870,2	2,5
19	1330	375	105	252,3	613,9	866,2	2,5
20	1050	475	105	227,3	528,5	755,7	2,4
21	1050	375	133	262,5	597,8	860,3	2,4
22	70	25	7	252,9	324,1	576,9	1,3
23	140	50	126	298,5	616,2	914,8	2,1
24	140	450	14	179,6	500,7	680,3	2,8
25	140	450	126	197,4	630,1	827,5	3,2
26	1260	50	14	258,2	701,0	959,2	2,8
27	1260	50	126	270,6	695,8	966,4	2,6
28	1260	450	14	246,8	591,2	838,0	2,5

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (369; 169; 127; 7,4; 2,3; 3,7; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de N; P; S; Fe; Zn; Mn; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009).

No experimento 5, a produção de *mMSPA* foi afetada pelas [Mg] e, principalmente, pelas [K], [Ca]. A interação entre K e Ca levou à menor produção de *mMSPA* (172,2 mg/Frasco) quando as plântulas foram cultivadas na presença da maior [Ca] e menor [K], sendo que, à medida em que se reduziu a [Ca], o efeito linear positivo da [K], verificado na presença da maior [Ca] (475 mg L<sup>-1</sup>), foi anulado e tornou-se

negativo na presença da menor [Ca] (Figura 10), esse comportamento ocorreu independente da [Mg], a qual exerceu efeitos menos evidentes que as [K] e [Ca].

**Quadro 7.** Massa da matéria seca acumulada na parte aérea ( $mMSPA$ ), na raiz ( $mMSRA$ ) e em todo o corpo da plântula ( $mMST = mMSPA + mMSRA$ ) e relação  $mMSRA/mMSPA$  (RA/PA) de plântulas de *Cattleya perrinii* (Orchidaceae), após 180 d de recultivo, em função das concentrações dos nutrientes Fe, Zn e Mn no meio de cultura

Tratamento	Fe <sup>(1)</sup>	Zn	Mn	$mMSPA$	$mMSRA$	$mMST$	RA/PA
	mg L <sup>-1</sup>			mg/Frasco			mg mg <sup>-1</sup>
1	0,00	2,25	3,69	135,8	468,6	604,4	3,5
2	2,00	2,25	3,69	195,3	736,0	931,3	3,8
3	4,00	2,25	3,69	193,3	712,3	905,5	3,7
4	8,00	2,25	3,69	197,5	762,4	959,9	3,9
5	15,00	2,25	3,69	205,6	648,7	854,2	3,2
6	30,00	2,25	3,69	187,2	495,6	682,8	2,6
7	7,38	0,00	3,69	175,4	604,3	779,6	3,4
8	7,38	0,50	3,69	165,3	576,6	741,9	3,5
9	7,38	1,00	3,69	194,0	632,7	826,7	3,3
10	7,38	2,00	3,69	182,4	585,4	767,8	3,2
11	7,38	4,00	3,69	183,5	621,7	805,2	3,4
12	7,38	8,00	3,69	175,0	554,2	729,2	3,2
13	7,38	2,25	0,00	162,9	536,6	699,5	3,3
14	7,38	2,25	1,00	178,7	604,8	783,4	3,4
15	7,38	2,25	2,00	168,3	592,6	760,8	3,5
16	7,38	2,25	4,00	166,3	598,2	764,4	3,6
17	7,38	2,25	8,00	179,8	596,1	775,9	3,3
18	7,38	2,25	16,00	186,2	632,3	818,4	3,4

<sup>(1)</sup> As concentrações dos demais nutrientes foram mantidas constantes e iguais às do meio Su (369; 169; 127; 1069; 222; 56; 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de N; P; S; K; Ca; Mg; B; Cu e Mo, respectivamente) (Santos, 2009).

Verificou-se, também no experimento 5, que o comportamento da produção de  $mMSPA$  e  $mMST$  foi afetada pela concentração dos três nutrientes em estudo e sofreu efeito de diversas interações entre esses nutrientes (Figuras 11 e 12). A relação RA/PA foi, também, influenciada pela [K], [Ca] e [Mg] e, independente da [Mg], sofreu, como resultante das interações entre [K] e [Ca], efeito positivo da [Ca] bastante pronunciado quando na presença da menor [K] (70 mg L<sup>-1</sup>), efeito raiz quadrático positivo da [K] quando na presença da menor [Ca] (25 mg L<sup>-1</sup>) e efeito raiz quadrático negativo da [K] quando na presença da maior [Ca] (475 mg L<sup>-1</sup>) (Figura 13).

Para definir as [K], [Ca] e [Mg] a serem utilizadas no novo meio de cultura para a fase de recultivo de *C. perrinii*, optou-se pela escolha de uma combinação entre esses nutrientes que levou a uma produção superior a 90 % (970,7 mg/frasco) da máxima produção de  $mMST$  (1078,6 mg/Frasco) e que proporcionou o crescimento de plântulas

com relação RA/PA entre 2,0 e 3,0 mg mg<sup>-1</sup>. Sendo assim, as [K], [Ca] e [Mg] definidas para a composição do novo meio de cultura foram 655, 39 e 12 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. A produção de *mMST* e a relação RA/PA estimada para essa combinação entre N, P e S foi de 1016,0 mg/Frasco e 2,78 mg mg<sup>-1</sup> respectivamente.

Com o experimento 6, verificou-se para as variáveis produção de *mMSPA*, *mMSRA* e *mMST* e a relação RA/PA que apenas a [Fe] influenciou as mesmas (Figura 14), sendo seus efeitos sobre essas variáveis estimados por modelos raiz quadrático, os quais apresentaram um ponto de máximo valor para cada uma das variáveis resposta. Sendo assim, utilizou-se, para a composição do novo meio de cultura, a [Fe] que proporcionou 95 % do valor de máxima produção de *mMST*. Com o intuito de economizar reagentes e por que não houve influência das [Zn] e [Mn] sobre as variáveis respostas, optou-se por utilizar a metade das [Zn] e [Mn] originais do meio Su para a composição do novo meio de cultura. Dessa maneira, as [Fe], [Zn] e [Mn] definidas para o meio de cultura para a fase de semeio foram 3,0; 1,1 e 1,8 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

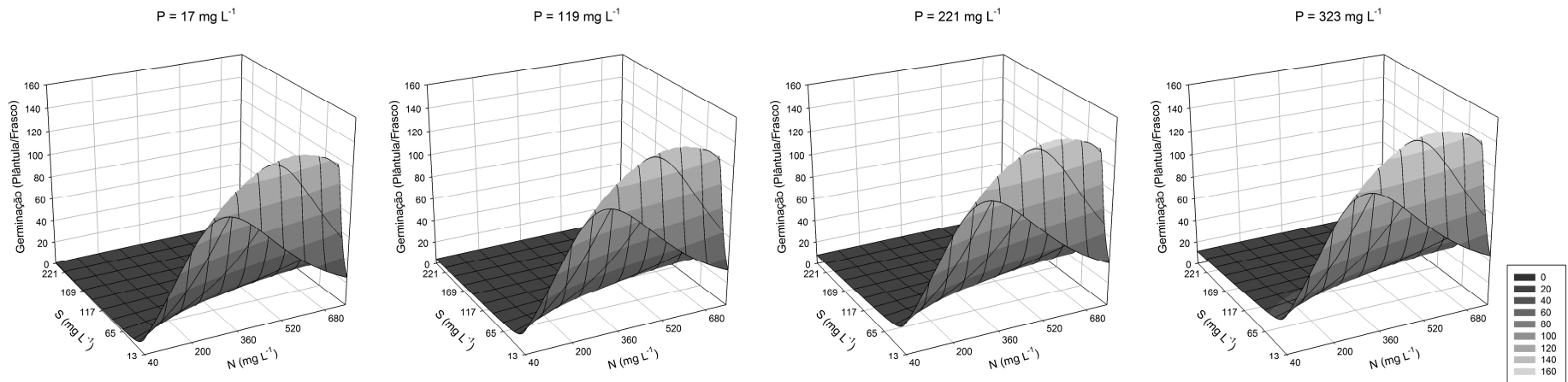
A não constatação do efeito da [Zn] e [Mn] sobre as variáveis avaliadas, pode ter-se dado devido o elevado aporte desses nutrientes ao meio de cultura por reagentes como ágar e carvão ativado. Santos (2009), por exemplo, verificou que o uso de 2 g L<sup>-1</sup> de carvão ativado carregou para o meio 0,9 e 3,8 mg L<sup>-1</sup> de Zn e Mn, respectivamente, como contaminantes.

Após realizada a terceira Fase do método ReSuOti para ajustar a composição nutricional de dois novos meios de cultura, sendo um para a fase de semeio, denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Semeio (meio SuOS), e outro para a fase de recultivo, denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Recultivo (meio SuOR), *in vitro* de *C. perrinii*, verificou-se que o uso da matriz experimental Box Berard aumentada (3) modificada (Leite, 1984) acrescida de seis tratamentos, permitiu o estudo da interação N × P × S e da interação K × Ca × Mg e o estudo dos efeitos dos nutrientes Fe, Zn e Mn, além de ter possibilitado a definição das concentrações desses nutrientes na composição nutricional dos novos meios, as quais são apresentadas no Quadro 8. As concentrações dos micronutrientes B, Cu e Mo nesse novo meio foram mantidas iguais às originais do meio Su, já que essas foram assim mantidas durante os experimentos, sendo elas: 2,19; 0,25 e 0,044 mg L<sup>-1</sup> de B, Cu e Mo, respectivamente.

**Quadro 8.** Concentração dos nutrientes nos meios Suprimento (Su) (Santos 2009), Suprimento – Orquídea – Fase Semeio (SuOS) e Suprimento – Orquídea – Fase Recultivo (SuOR)

Nutriente	Meio Su	Meio SuOS	Meio SuOR
	mg L <sup>-1</sup>		
N	369	539	455
P	169	323	206
S	127	30	214
K	1069	935	655
Ca	222	140	39
Mg	56	40	12
Fe	7,4	9,4	3,0
Zn	2,3	1,3	2,3
Mn	3,7	5,1	3,7
B <sup>(1)</sup>	2,46	2,46	2,46
Cu <sup>(1)</sup>	0,28	0,28	0,28
Mo <sup>(1)</sup>	0,049	0,049	0,049

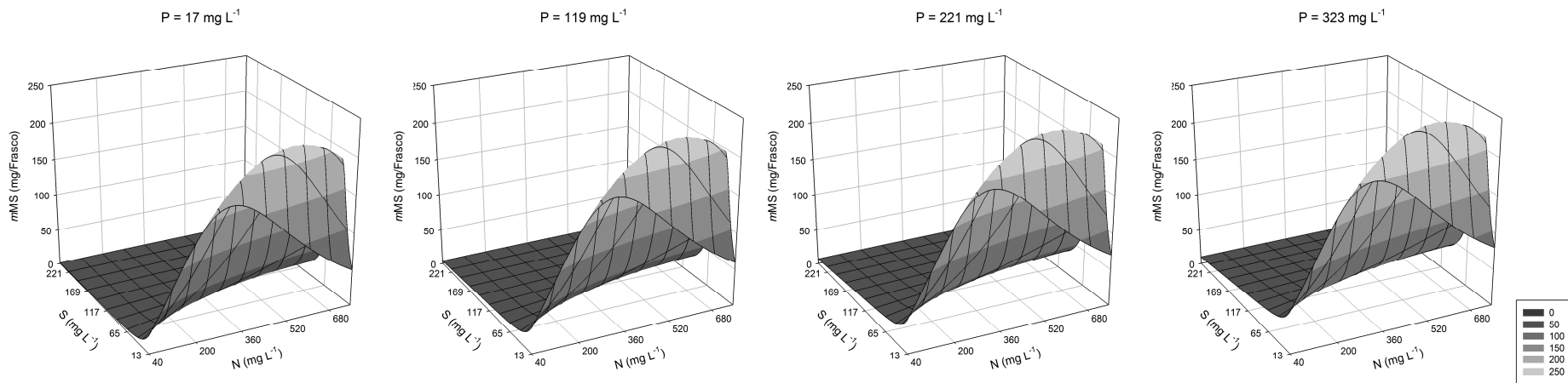
<sup>(1)</sup> Esses nutrientes não foram avaliados nos experimentos. Assim sendo, considerou-se os teores de B, Cu e Mo nos meios SuOS e SuOR iguais aos originais do meio Su.



$$\hat{y} = ((0,472** N - 0,00042** N^2) / (1 + ((S - 0,0545** N) / 14,6**)^2)) + (0,065** P - 0,00012* PS); R^2 = 0,8712$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

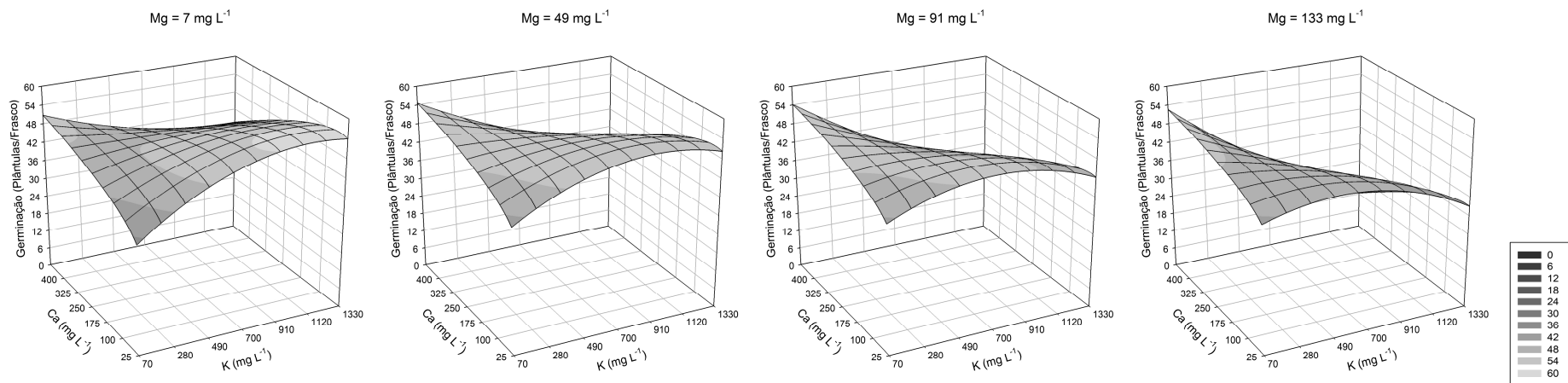
**Figura 1.** Germinação (G) de sementes de *Cattleya perrinii*, aos 180 d após o semeio, em função do balanço entre N, P e S no meio de cultura.



$$\hat{y} = ((0,803** N - 0,00073** N^2) / (1 + ((S - 0,0563** N) / 17,5**)^2)) + (0,106** P - 0,00031* PS); R^2 = 0,8777$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

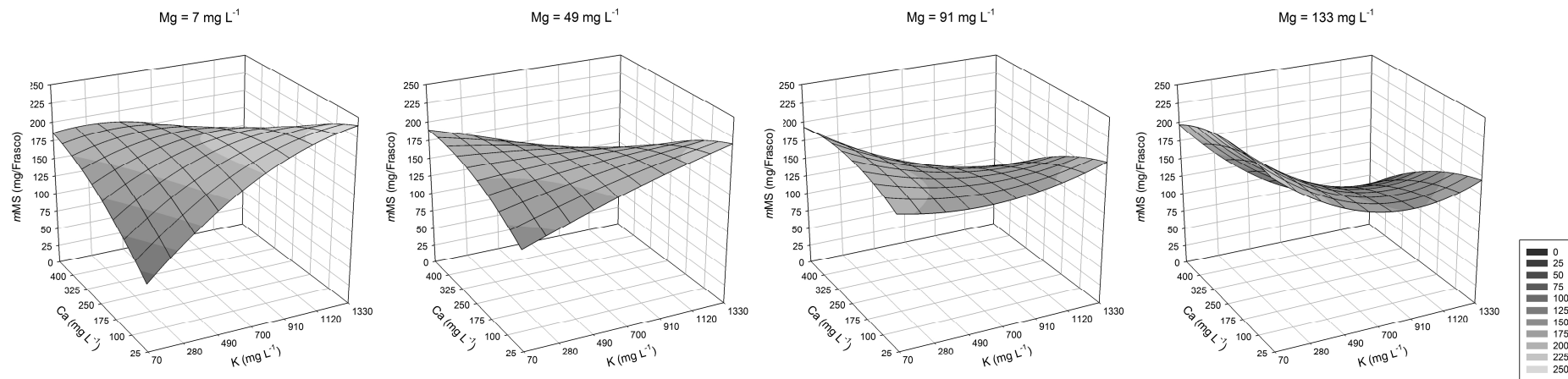
**Figura 2.** Massa da matéria seca (mMS) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d após o semeio, em função do balanço entre N, P e S no meio de cultura.



$$\hat{y} = 19,9 + 0,046^{**} K + 1,29^{**} Ca^{0,5} + 2,34^{*} Mg^{0,5} - 2,0 \cdot 10^{-5} K^2 - 0,023^{**} Ca - 0,095^{**} Mg - 0,00041^{**} KCa - 0,00017^{**} KMg + 5,9 \cdot 10^{-8} K^2Mg - 0,0020^{**} Ca^{0,5}Mg; R^2 = 0,8142$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

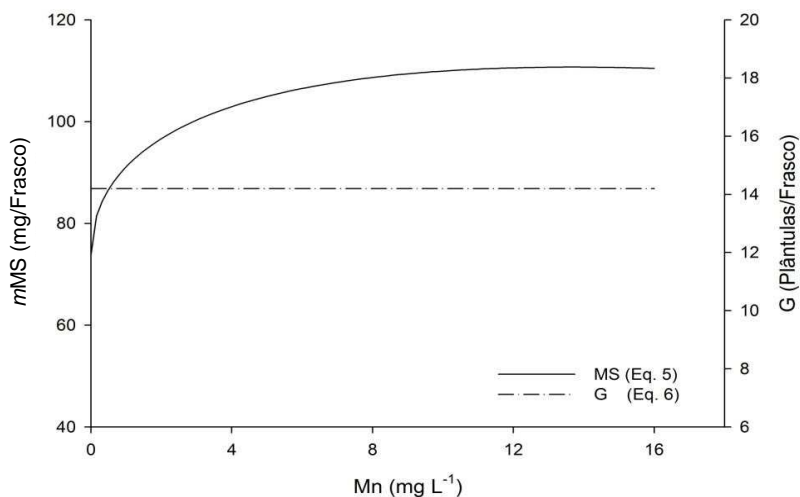
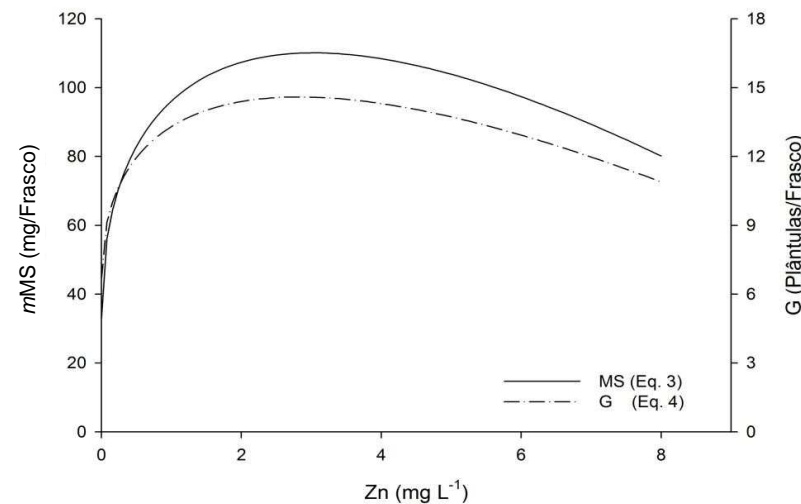
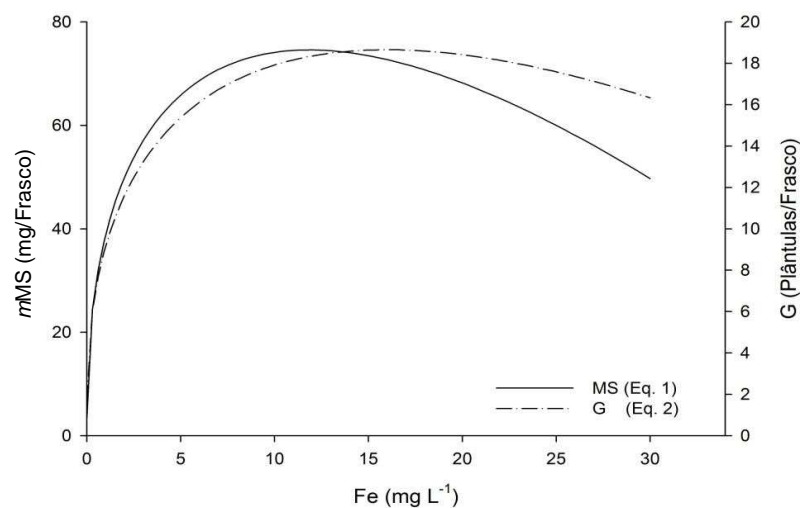
**Figura 3.** Germinação (G) de sementes de *Cattleya perrinii*, aos 180 d após o semeio, em função do balanço entre K, Ca e Mg no meio de cultura.



$$\hat{y} = 56,5 + 0,25^{**} K + 0,41^{**} Ca + 1,34^{\circ} Mg - 8,0 \cdot 10^{-5} K^2 - 0,00031^{*} Ca^2 - 0,00014^{*} KCa - 0,0033^{**} KMg - 0,0023^{*} CaMg + 1,4 \cdot 10^{-6} K^2Mg + 2,0 \cdot 10^{-6} KCaMg; R^2 = 0,7893$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

**Figura 4.** Massa da matéria seca (mMS) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d após o semeio, em função do balanço entre K, Ca e Mg no meio de cultura.



$$\text{Eq. 1: } \hat{y} = 3,5 + 41,3^* \text{Fe}^{0,5} - 6,0^{**} \text{Fe}; \quad R^2 = 0,9815$$

$$\text{Eq. 2: } \hat{y} = 1,73 + 8,47^{**} \text{Fe}^{0,5} - 1,06^{**} \text{Fe}; \quad R^2 = 0,9405$$

$$\text{Eq. 3: } \hat{y} = 33,0 + 88,5^* \text{Zn}^{0,5} - 25,4^{**} \text{Zn}; \quad R^2 = 0,9286$$

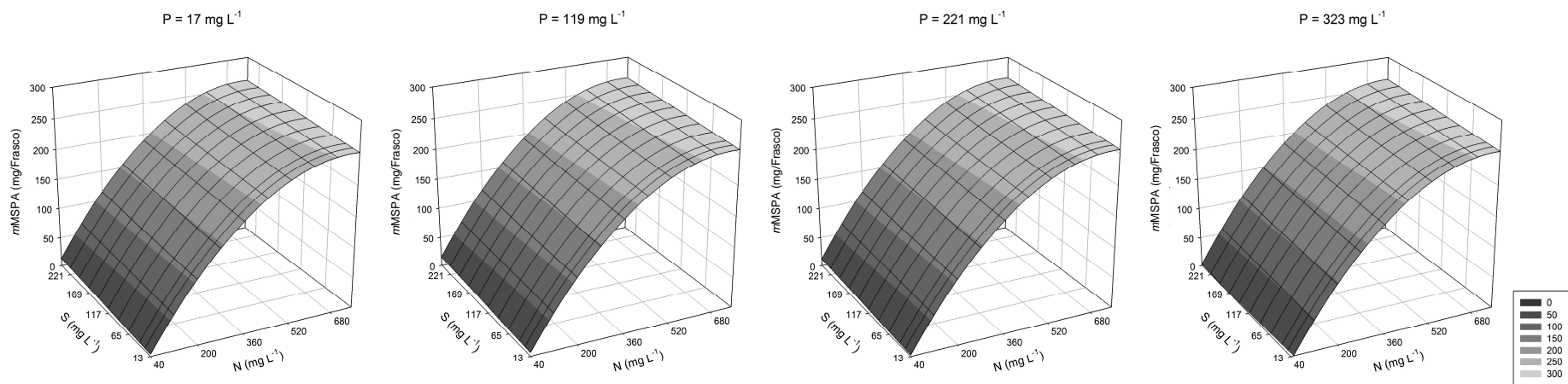
$$\text{Eq. 4: } \hat{y} = 6,7 + 9,4^* \text{Zn}^{0,5} - 2,8^{\text{ns}} \text{Zn}; \quad R^2 = 0,9355$$

$$\text{Eq. 5: } \hat{y} = 73,9 + 19,9^{\circ} \text{Mn}^{0,5} - 2,69^{\text{ns}} \text{Mn}; \quad R^2 = 0,8466$$

$$\text{Eq. 6: } \hat{y} = \bar{y} = 14,2$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

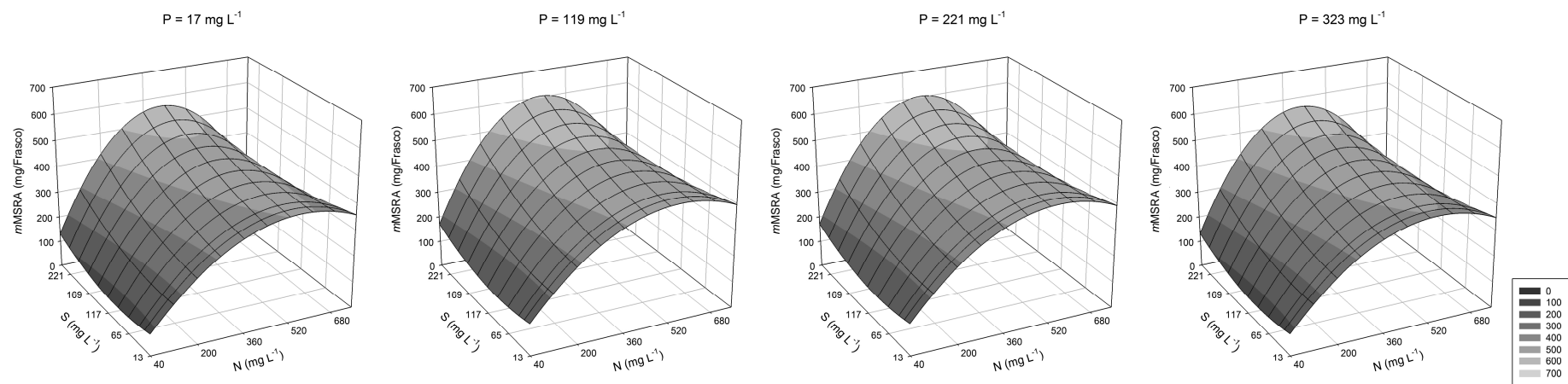
**Figura 5.** Efeito da concentração de Fe, Zn e Mn no meio de cultura sobre a germinação (G) de sementes e a massa da matéria seca (mMS) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii* aos 180 d após o semeio.



$$\hat{y} = -27,4 + 0,76^{**} N + 0,06^{ns} P + 0,04^{ns} S - 0,00052^{**} N^2 - 0,00028^{ns} P^2 + 1,59 \cdot 10^{-7} * NP^2 + 9,32 \cdot 10^{-9} * N^2S; R^2 = 0,9661$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

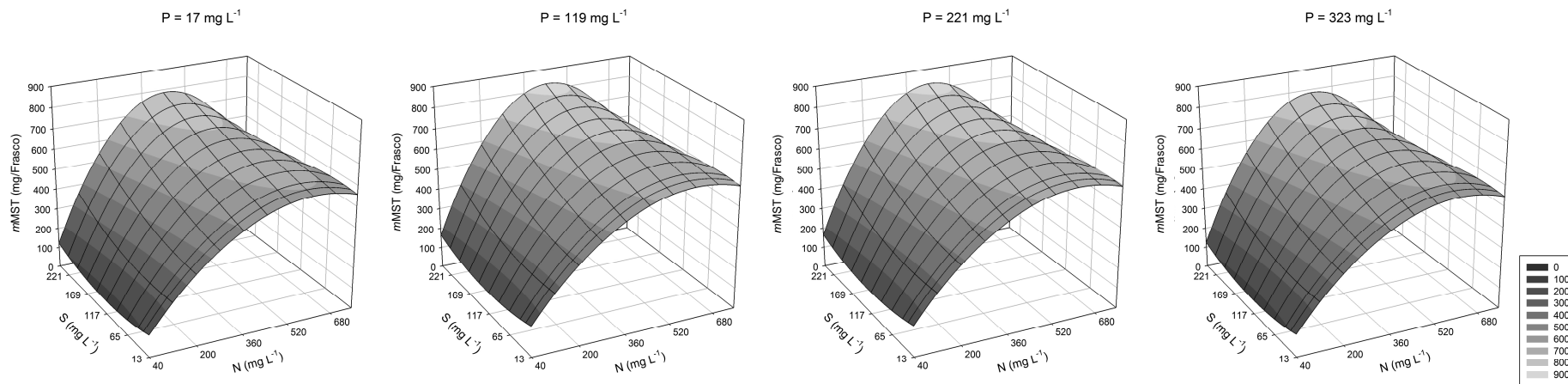
**Figura 6.** Massa da matéria seca acumulada na parte aérea (mMSPA) de plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre N, P e S no meio de cultura.



$$\hat{y} = 29,9 + 1,26^{**} N + 0,65^{ns} P - 0,76^{**} S - 0,0011^{**} N^2 - 0,0019^{ns} P^2 + 0,0030^{ns} S^2 + 0,0050^{**} NS - 6,0 \cdot 10^{-6} ** N^2S - 1,9 \cdot 10^{-10} * N^2P^2 - 5,9 \cdot 10^{-9} * N^2S^2; R^2 = 0,8496$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

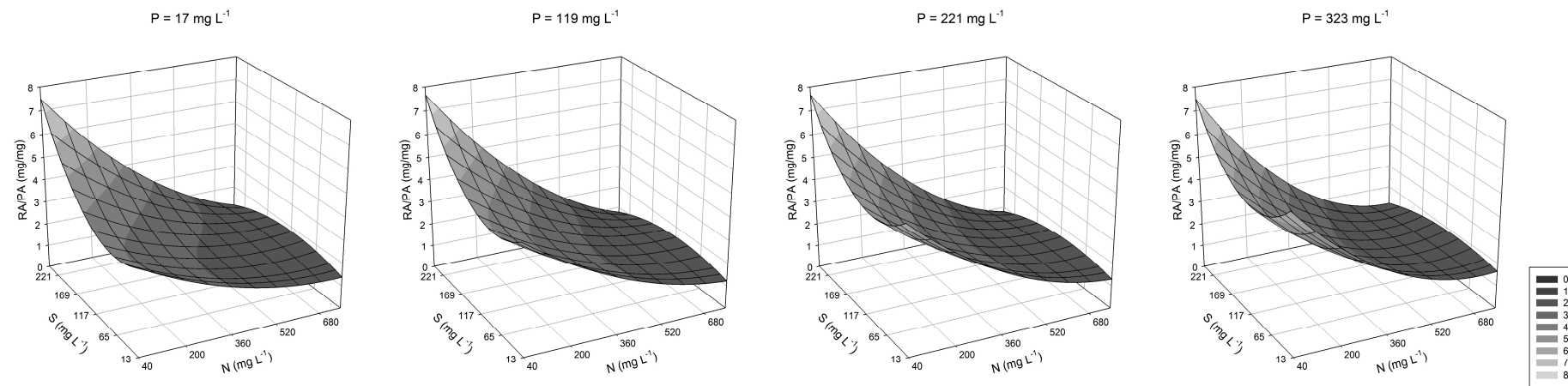
**Figura 7.** Massa da matéria seca acumulada nas raízes (mMSRA) de plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre N, P e S no meio de cultura.



$$\hat{y} = 41,3 + 1,72^{**} N + 0,69^{ns} P - 1,21^{**} S - 0,0014^{**} N^2 - 0,0020^{ns} P^2 + 0,0038^{ns} S^2 + 0,0075^{\circ} NS - 7,0 \cdot 10^{-6} N^2 S - 2,4 \cdot 10^{-10} N^2 P^2 - 1,4 \cdot 10^{-8} N^2 S^2; R^2 = 0,9301$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

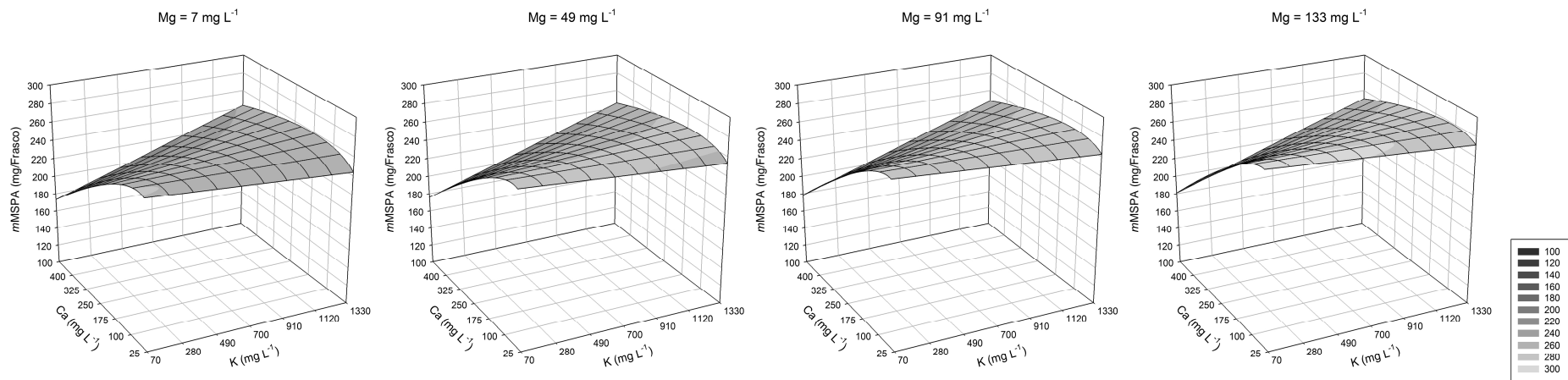
**Figura 8.** Massa da matéria seca total (mMST) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre N, P e S no meio de cultura.



$$\hat{y} = 4,04 - 0,0073^{**} N + 0,0135^{**} P - 0,0185^{**} S + 4,9 \cdot 10^{-6} N^2 - 1,4 \cdot 10^{-5} P^2 + 1,4 \cdot 10^{-4} S^2 - 2,2 \cdot 10^{-5} NP + 3,7 \cdot 10^{-5} NS - 4,1 \cdot 10^{-5} PS - 1,8 \cdot 10^{-9} NP^2 - 2,7 \cdot 10^{-7} NS^2 + 4,8 \cdot 10^{-11} N^2 P^2 + 4,2 \cdot 10^{-11} N^2 S^2 + 9,2 \cdot 10^{-11} P^2 S^2 + 4,0 \cdot 10^{-8} NPS; R^2 = 0,8731$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

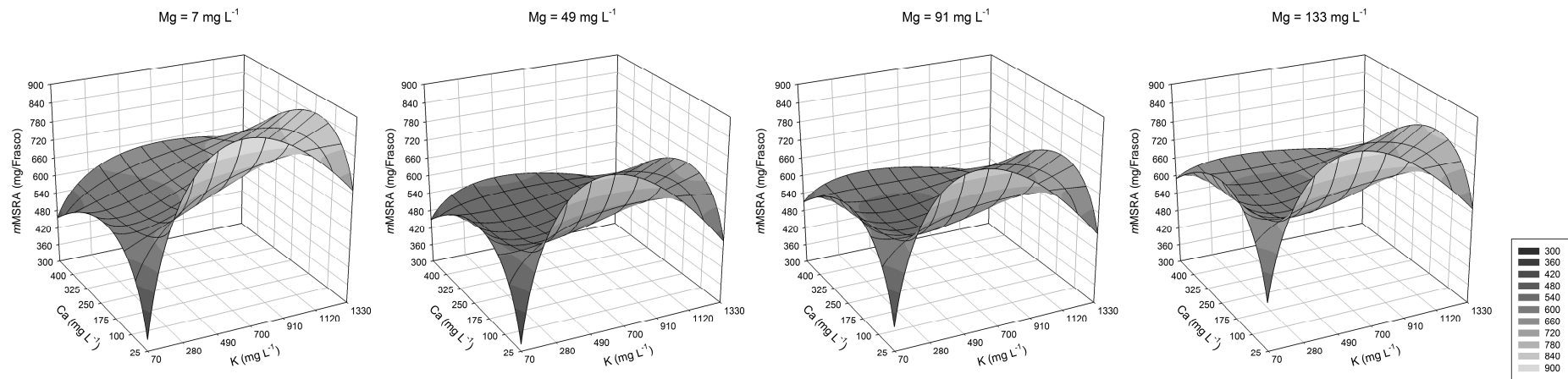
**Figura 9.** Relação Raiz / Parte Aérea (RA/PA) de plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre N, P e S no meio de cultura.



$$\hat{y} = 239,6 + 5,9^\circ \text{Ca}^{0,5} - 0,016^{**} \text{K} - 0,42^{**} \text{Ca} + 0,27^{**} \text{Mg} + 1,5 \cdot 10^{-4} \text{KCa} - 0,0095^{**} \text{Ca}^{0,5} \text{Mg}; R^2 = 0,7972$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

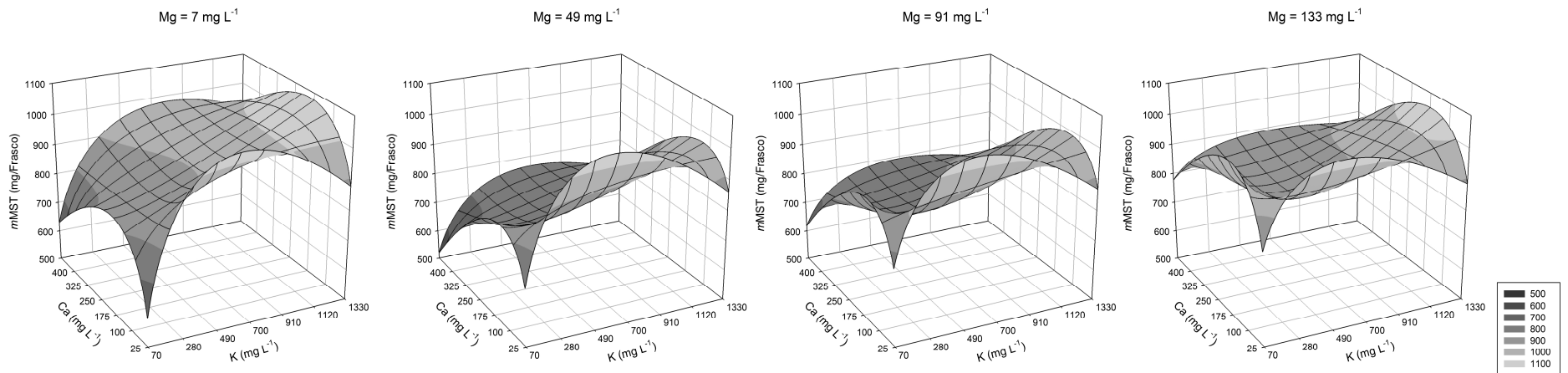
**Figura 10.** Massa da matéria seca acumulada na parte aérea (mMSPA) de plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre K, Ca e Mg no meio de cultura.



$$\hat{y} = -1547 + 236,3^{**} \text{K}^{0,5} + 304,1^\circ \text{Ca}^{0,5} - 35,6^{\text{ns}} \text{Mg}^{0,5} - 4,86^{**} \text{K} - 10,04^{**} \text{Ca} + 4,43^{**} \text{Mg} - 0,0243^{**} \text{KCa} + 0,0056^{**} \text{KMg} + 1,085^{**} \text{K}^{0,5} \text{Ca} + 0,734^* \text{KCa}^{0,5} - 0,139^{**} \text{K}^{0,5} \text{Mg} - 0,0513^{**} \text{KMg}^{0,5} - 33,15^{**} \text{K}^{0,5} \text{Ca}^{0,5} + 0,11^{**} \text{Ca}^{0,5} \text{Mg}^{0,5}; R^2 = 0,8712$$

°, \*, \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

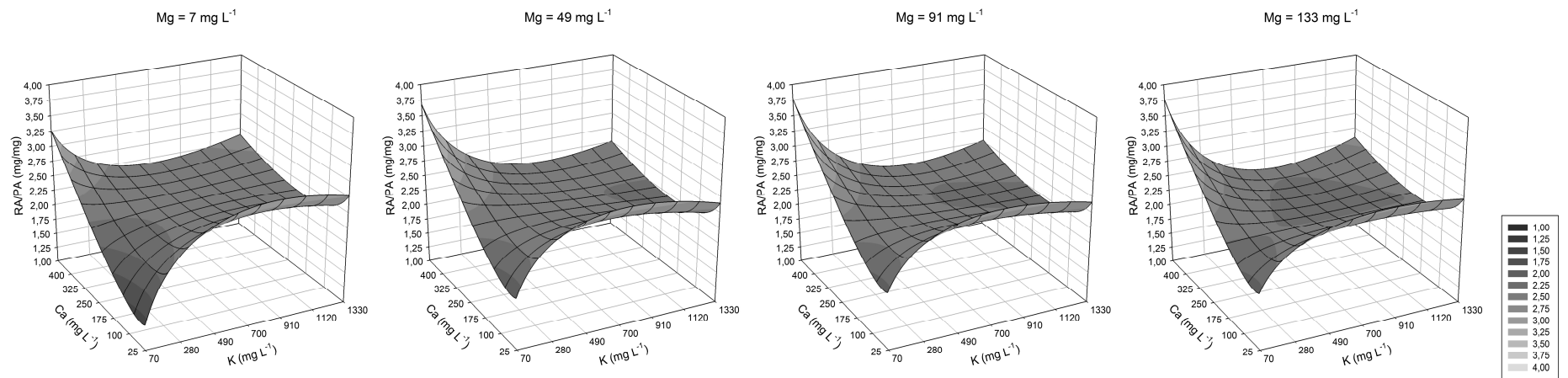
**Figura 11.** Massa da matéria seca acumulada nas raízes (mMSRA) de plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre K, Ca e Mg no meio de cultura.



$$\hat{y} = -1245 + 197,6^{**} K^{0,5} + 294,0^{ns} Ca^{0,5} + 58,6^{ns} Mg^{0,5} - 4,08^{**} K - 9,83^{**} Ca - 0,45^{**} Mg - 0,022^{\circ} KCa + 0,0063^{**} KMg + 1,002^{**} K^{0,5}Ca + 0,627^{\circ} KCa^{0,5} - 0,258^{**} K^{0,5}Mg - 0,026^{**} KMg^{0,5} + 0,523^{*} Ca^{0,5}Mg - 28,52^{**} K^{0,5}Ca^{0,5} + 7,85^{**} Ca^{0,5}Mg^{0,5}; R^2 = 0,8786$$

° , \* , \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

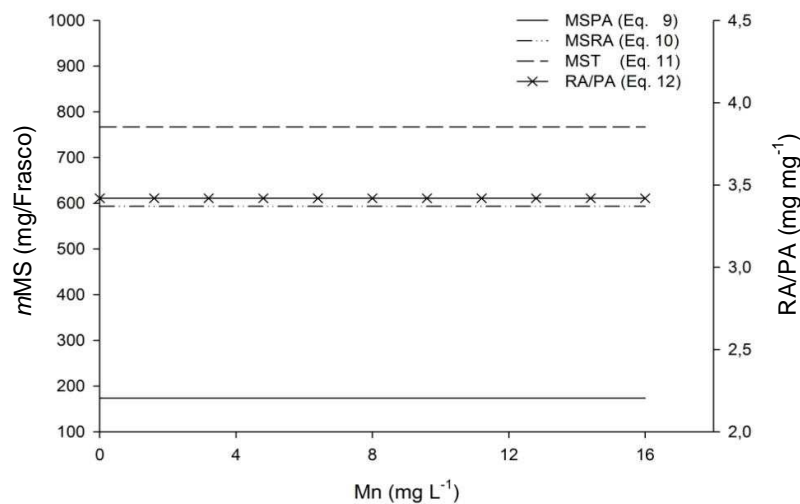
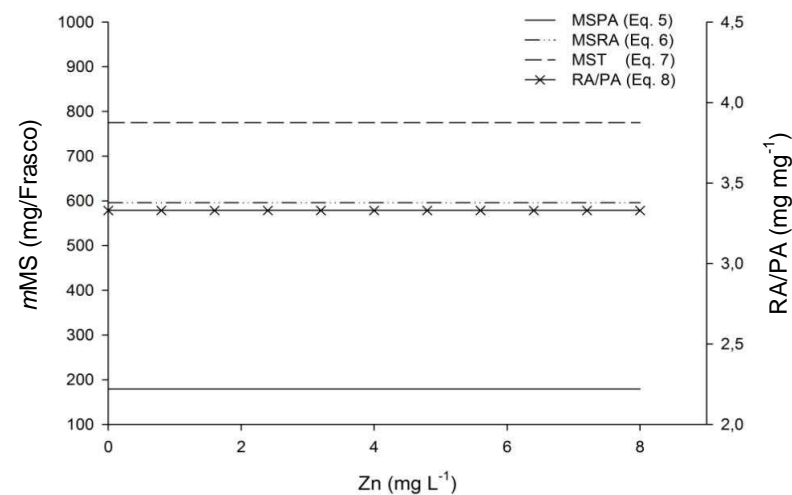
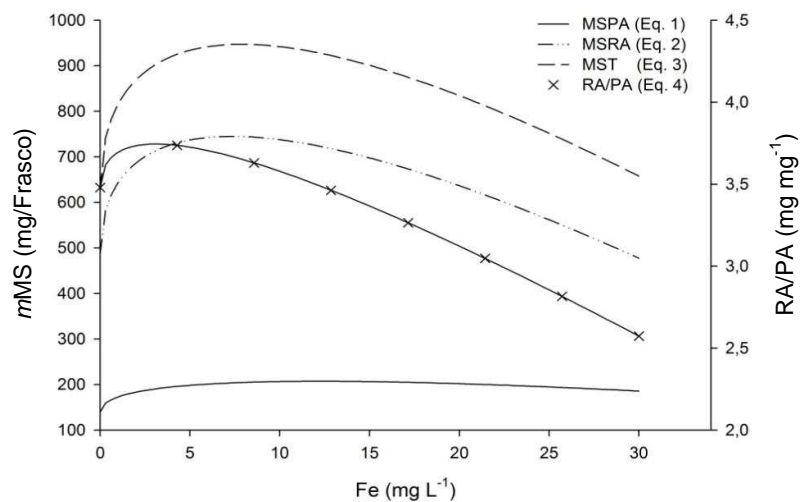
**Figura 12.** Massa de matéria seca total (mMST) acumulada em plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre K, Ca e Mg no meio de cultura.



$$\hat{y} = \hat{y} = -0,49 + 0,25^{**} K^{0,5} - 0,097^{*} Ca^{0,5} + 0,26^{ns} Mg^{0,5} - 0,0038^{**} K + 0,013^{**} Ca - 0,0097^{ns} Mg + 1,3 \cdot 10^{-5}^{**} KCa + 1,1 \cdot 10^{-5}^{*} KMg - 6,8 \cdot 10^{-4}^{**} K^{0,5}Ca - 0,0016^{**} K^{0,5}Ca^{0,5} - 0,0092^{\circ} K^{0,5}Mg^{0,5}; R^2 = 0,7290$$

° , \* , \*\* Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

**Figura 13.** Relação Raiz / Parte Aérea (RA/PA) de plântulas de *Cattleya perrinii*, aos 180 d de recultivo, em função do balanço entre K, Ca e Mg no meio de cultura.



Eq. 1:  $\hat{y} = 140 + 28,4^{**} Fe^{0,5} - 5,49^{**} Fe$ ;  $R^2 = 0,9315$

Eq. 2:  $\hat{y} = 489 + 189^{**} Fe^{0,5} - 35,9^{**} Fe$ ;  $R^2 = 0,9230$

Eq. 3:  $\hat{y} = 629 + 227^{**} Fe^{0,5} - 40,5^{\circ} Fe$ ;  $R^2 = 0,9278$

Eq. 4:  $\hat{y} = 3,48 + 0,30^{**} Fe^{0,5} - 0,085^{**} Fe$ ;  $R^2 = 0,9054$

Eq. 5:  $\hat{y} = \bar{y} = 179,3$ ;

Eq. 6:  $\hat{y} = \bar{y} = 595,8$ ;

Eq. 7:  $\hat{y} = \bar{y} = 775,1$ ;

Eq. 8:  $\hat{y} = \bar{y} = 3,33$ ;

Eq. 9:  $\hat{y} = \bar{y} = 173,7$ ;

Eq. 10:  $\hat{y} = \bar{y} = 593,4$ ;

Eq. 11:  $\hat{y} = \bar{y} = 767,1$ ;

Eq. 12:  $\hat{y} = \bar{y} = 3,42$ ;

$^{\circ}$ ,  $*$ ,  $^{**}$  Significância a 10, 5 e 1 % pelo teste F.

**Figura 14.** Efeito da concentração de Fe, Zn e Mn no meio de cultura sobre a massa de matéria seca (*mMS*) acumulada na parte aérea (*mMSPA*), nas raízes (*mMSRA*) e em todo o corpo (*mMST*) de plântulas de *Cattleya perrinii* e a relação raiz/parte aérea (*RA/PA*) nessas plântulas aos 180 d após o semeio.

#### 4. Conclusões

1. A terceira fase do método Requerimento-Suprimento-Otimização (ReSuOti) possibilitou, com a utilização de um número reduzido de tratamentos, o estudo do efeito das interações entre as concentrações dos nutrientes sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, e possibilitou a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de orquídeas do grupo catleia.

2. Após realizada a terceira fase do método ReSuOti, a composição nutricional otimizada no meio de cultura para a fase de semeio foi 539 (N); 323 (P); 30 (S); 935 (K); 140 (Ca); 40 (Mg); 9,4 (Fe); 1,3 (Zn) e 5,1 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, o qual fora denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Semeio (meio SuOS). No meio de cultura para a fase de recultivo a composição nutricional otimizada foi 455 (N); 206 (P); 214 (S); 655 (K); 39 (Ca); 12 (Mg); 3 (Fe); 2,3 (Zn) e 3,7 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, este meio foi denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Recultivo (meio SuOR).

## 5. Literatura Citada

- ARDITTI, J. & ERNST, R. Micropropagation of orchids. 1.ed. New York, Brisbane, Chinchester, Toronto, Singapura, John Wiley & Sons, Inc., 1992. 682p.
- BOUMAN, H.M.B.T.A. Development of new tissue culture media, using the relation between mineral composition of plant and medium. Acta Hort., 560:373-376, 2001.
- D'AMICO, R.; VERGOTE, K.; LANGLEY, R. S. & DESMET, W. On the use of the Lorentzian function for the evaluation of the frequency averaged input power into plates. In: Proceedings of the 25th International Conference on Noise and Vibration Engineering. Leuven, Proceedings of ISMA e USD-2012, 1747:1760, 2012.
- EIGELDINGER, O. & MURPHY, L.S. *Cattleya*. In: Orchids – A complete guide to cultivation. 1ª ed. London, John Gifford Ltda, 1972. p154-167.
- GAMBORG, O.L.; MILLER, R.A. & OJIMA, K. Nutriente requirements of suspension cultures of soybean root cells. Exp. Cell Res., 50:151-158, 1968.
- GEORGE, E.F.; HALL, M.A. & DE KLERK, G.J. Plant propagation by tissue culture. v.1 The Background, 3.ed. Springer, Dordrecht, 2008.501 p.
- HILDEBRANDT, A.C.; RIKER, A.J. & DUGGAR, B.M. The influence of the composition of the medium on growth in vitro of excised tobacco and sunflower tissue cultures. Am. J. Bot., 33:591-597, 1946.
- IBRAFLOR. Datos de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 37:2-3, 2013a.
- IBRAFLOR. Datos de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 38:2-3, 2013b.
- IBRAFLOR. Datos de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 39:2-3, 2013c.
- IBRAFLOR. Datos de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 40:2-3, 2013d.
- IBRAFLOR. Datos de mercado - Veiling Holambra. Informativo Ibraflor, 41:2-3, 2014.

- KNUDSON, L. Nutrient solutions for orchids. *Bot. Gaz.*, 112:528-532, 1951.
- LEITE, R.A. Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo de equilíbrio fósforo-enxofre na cultura da soja em amostras de dois latossolos de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 87p. (Tese de Mestrado).
- MARSCHNER, P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3.ed. London, Elsevier, 2012. 651p.
- McGRANAHAN, G. H.; DRIVER, J. A. & TULECKE, W. Tissue culture of Juglans. In: BONGA, J. M. & DURZAN, D. J. eds. Cell and tissue culture in forestry. Netherlands, Springer, 1987. p261-271.
- MONTEIRO, A.C.B.D.; HIGASHI, E.N.; GONCALVES, A.N. & RODRIGUEZ, A.P.M. A novel approach for the definition of the inorganic medium components for micropropagation of yellow passionfruit (*Passiflora edulis* Sims. F-flavicarpa Deg.). *Cell. Dev. Biol. Plant*, 36:527-531, 2000.
- MORARD, P. & HENRY, M. Optimization of the mineral composition of *in vitro* culture media. *J. Plant Nutr.*, 21:1565-1576, 1998.
- MURASHIGE, T. & SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15:473-497, 1962.
- NAS, M.N.; READ, P.E. A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. *Sci. Hortic.*, 101:189-200, 2004.
- NAYAK, N.R.; SAHOO, S.; PATNAIK, S.; RATH, S.P. Establishment of thin cross section (TCS) culture method for rapid micropropagation of *Cymbidium alaiifolium* (L.) Sw and *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae). *Sci. Hortic.*, 94:107-116, 2002.
- RODRIGUES, D.T. Nutrição e fertilização de orquídeas *in vitro* e em vasos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 87p. (Tese de Mestrado).
- SANTOS, A.F. Composição mineral do meio de cultura para crescimento *in vitro* de *Cattleya walkeriana*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 32p. (Tese de Mestrado).

- SCHEIBLE, W. R.; GONZALEZ-FONTES, A.; LAUERER, M.; MULLER-ROBER, B.; CABOCHE, M. & STITT, M. Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. *Plant Cell*, 9:783-798, 1997a.
- SCHEIBLE, W. R.; LAUERER, M.; SCHULZE, E. D.; CABOCHE, M. & STITT, M. Accumulation of nitrate in the shoot acts as a signal to regulate shoot-root allocation in tobacco. *Plant J.*, 11:671-691, 1997b.
- SPAARGAREN, D.H. The design of culture media based on elemental composition of biological material. *J. Biotech.*, 45:97-102, 1996.
- STAIKIDOU, I.; SELBY, C.; HANKS, G.R. Development of a medium for *in vitro* culture of *Galanthus* species based on the mineral composition of bulbs. *J. Hort. Sci. Biotech.*, 81:537-545, 2006.
- VACIN, E.T. & WENT, F.W. pH changes in nutrient solutions. *Bot. Gaz.*, 110:605-613, 1949.
- VENTURA, G.M. Propagação *in vitro* de orquídeas do grupo *Cattleya*, em diferentes meios de cultura e irradiância. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 110p. (Tese de Doutorado).
- VON LIEBIG, J. Die Naturgesetze des Feldbaues, Vieweg und Sohn. Braunschweig, 1862.
- WRIGHT, M.R. An Introduction to Aqueous Electrolyte Solutions. New York, Wiley, 2007. 602 p.

## CONCLUSÕES GERAIS

1. A terceira fase do método Demanda - Requerimento - Otimização (DeReOti) possibilitou, com a utilização de um número reduzido de tratamentos, o estudo do efeito das interações entre as concentrações dos nutrientes sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de orquídeas, e possibilitou a otimização da composição nutricional de dois novos meios de cultura, um para o semeio e outro para o recultivo *in vitro* de orquídeas do grupo catleia.

2. Após realizada a terceira fase do método DeReOti, a composição nutricional otimizada no meio de cultura para a fase de semeio foi 539 (N); 323 (P); 30 (S); 935 (K); 140 (Ca); 40 (Mg); 9,4 (Fe); 1,3 (Zn) e 5,1 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, o qual fora denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Semeio (meio SuOS). No meio de cultura para a fase de recultivo a composição nutricional otimizada foi 455 (N); 206 (P); 214 (S); 655 (K); 39 (Ca); 12 (Mg); 3 (Fe); 2,3 (Zn) e 3,7 (Mn) mg L<sup>-1</sup>, este meio foi denominado de meio Suprimento-Orquídea-Fase Recultivo (meio SuOR).

3. Este trabalho levou ao desenvolvimento da primeira versão de um modelo de recomendação de fertilização de orquídea, denominado Ferticalc-Orquídea, que possibilita recomendar as doses dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, B e Mo em função do grupo da orquídea cultivada, da fase do cultivo dessas plantas, do volume e do tipo de substrato utilizado, da produtividade esperada, do manejo da irrigação, da existência ou não do controle de temperatura na casa de vegetação e do objetivo com a cultura (produção de orquídea em vaso ou de flor para corte). Os grupos de orquídeas contemplados nesta primeira versão foram: grupo falenópsis, formado por híbridos comerciais do gênero *Phalaenopsis* (G1); grupo dendróbio nobile, formado pela espécie *Dendrobium nobile*, espécies afins e seus híbridos (G2); grupo denfal, formado pelas espécies *D. phalaenopsis*, *D. bigibbum* e espécies afins e seus híbridos (G3); grupo catleia monofoliada, formada pelas espécies monofoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reestruturação em 2008 por Van den Berg, com exceção da *C. walkeriana*, *C. nobilior*, *C. iricolor*, *C. luteola* e *C. mooreana*, e as espécies do ex-gênero *Brasilaelia* (Chiron & Castro, 2002) e híbridos monofoliados de catleia (G4); grupo catleia bifoliada, formado pelas espécies bifoliadas do gênero *Cattleya* antes de sua reclassificação por Van den Berg (2008) e híbridos bifoliados de catleia (G5) e grupo catleias pequenas, formado pelas espécies *Cattleya walkeriana*, *C. nobilior*, *C.*

*iricolor*, *C. luteola*, *C. mooreana* e as espécies dos ex-gêneros *Hadrolaelia* e *Sophronitis* (Chiron & Castro, 2002) e os híbridos mini-catts (G6).

4. Dentre os seis grupos de orquídeas contemplados neste estudo, o grupo G1, dada uma mesma condição de cultivo, se mostrou mais exigente em fertilização, pois requer maior dose semanal de nutrientes que os demais grupos, sendo suas doses, na média das quatro fases do cultivo, aproximadamente, 5 vezes maior do que a do grupo com menor exigência por fertilização (G6). A ordem em exigência por fertilização, de acordo com os grupos, foi a seguinte:  $G1 \gg G3 \gg G5 \cong G2 \cong G4 > G6$ . Para os seis grupos de orquídeas aqui estudados, as proporções entre os macronutrientes nos fertilizantes recomendados por este modelo mostraram-se diferentes para cada fase do cultivo dessas plantas.

5. O manejo da irrigação durante o cultivo das orquídeas, por exercer efeito sobre a taxa de recuperação dos nutrientes pelas plantas, interferiu no cálculo da quantidade de nutrientes requerida pela cultura, sendo que condições de manejo da irrigação em que há intenso escoamento de solução nos vasos levam a recomendação de maiores doses de nutrientes quando comparado a condições em que há pouco escoamento de solução dos vasos.

6. Quando comparado ao subsistema requerimento, o módulo suprimento do Ferticalc-Orquídea apresentou importância, relativamente, pequena na recomendação da dose dos nutrientes, já que os substratos utilizados no cultivo das orquídeas apresentam baixa capacidade de disponibilizar nutrientes durante seu cultivo, com exceção dos nutrientes Fe e Mn, sendo que o suprimento das plantas por meio dos substratos com esses nutrientes representaram até 100 e 56 %, respectivamente, do requerimento das mesmas por esses nutrientes. Entretanto, o tipo de substrato utilizado influenciou a dose a ser recomendada pelo Ferticalc-Orquídea por meio do módulo requerimento, pois o substrato, ao proporcionar taxa de recuperação dos nutrientes pela planta diferenciada para cada substrato, leva a resultados de requerimento e, logo, da dose recomendada do nutriente diferenciada entre os substratos, sendo que o substratos que proporcionam menor retenção de água, como a brita, a perlita e a casca de pinus, levaram à recomendação de doses mais elevadas dos nutrientes quando comparada às doses recomendadas quando se opta pela uso de substratos com maior retenção de água como o esfagno e a turfa.