



**Influência da injeção do ar atmosférico e doses de nitrogênio, na absorção de nutrientes pela raiz de rabanete**

*Influence of atmospheric air injection and doses of nitrogen, nutrient absorption in the root of radish*

**Alessandra Conceição Oliveira<sup>1</sup>, Raimundo Leite Cruz<sup>1</sup>, Isabel Susana dos Santos Leal<sup>1</sup>, Guilherme Augusto Biscaro<sup>2</sup>, Elisângela Aparecida da Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Rua Professor Doutor Renato Figueiro Varella, antiga FAB, 78690-000, Nova Xavantina, MT. E-mail: acoliviera@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Dourados, MS

<sup>3</sup> Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais (IFSMG), Núcleo de Agricultura (NA), Barbacena, MG

Recebido em: 26/03/2014

Aceito em: 27/06/2014

**Resumo.** O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e produtividade da cultura do rabanete submetido a concentrações de nitrogênio na água de irrigação e a injeção ou não de ar atmosférico na tubulação de irrigação, em várias épocas do ano. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, SP, sendo realizado em quatro ciclos de cultivo: durante a época da primavera, verão, outono e inverno. O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 5, com 4 repetições. Os tratamentos consistiram na injeção ou não de ar no sistema de irrigação e de cinco doses de nitrogênio (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da recomendação de N para a cultura). As avaliações foram realizadas aos 14, 21, 28 e 35 dias após a semeadura (DAS). O parâmetro de análise foi através da massa seca da raiz, para obtenção da taxa de absorção e exportação. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para ar atmosférico e estação, e regressão a 5% de probabilidade para doses de nitrogênio e época de avaliação. Concluiu-se que a marcha de absorção foi de N < K < Ca < P < Mg < S < Fe < B < Zn < Cu, para a taxa de exportação foi de K < N < Ca < P < S < Mg < Fe < Zn < Mn < Cu < B.

**Palavras-chave:** análise de crescimento, irrigação por gotejamento, marcha de absorção, adubação, nitrogênio.

**Abstract.** This study aimed to evaluate the development and yield of the radish subjected to various concentrations of nitrogen in irrigation water and injected or not atmospheric air in irrigation pipe at various times of the year. The experiment was conducted at the Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, being conducted in four crop cycles as follows: During the spring season, summer, autumn, winter. The experiment was conducted in randomized blocks with treatments arranged in a 2 x 5 factorial arrangement with 4 replications. The treatments were injected or not air in irrigation and five nitrogen rates (0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the recommended nitrogen for the crop) system. The evaluation was performed at 14, 21, 28 and 35 days after sowing (DAS). The parameter analysis was the root dry mass. The results were submitted to analysis of variance by F test Means were compared by the Scott - Knott test at 5% probability atmospheric air and season, and regression 5% probability for nitrogen and assessment time. It is concluded that the chemical composition of the plant material radish plant, root for the highest values were found K and Fe and the rate of absorption N < K < Ca < P < Mg < S < Fe < B < Zn < Cu to the export rate K < N < Ca < P < S < Mg < Fe < Zn < Mn < Cu < B.

**Keywords:** Analysis of growth, drip irrigation, the absorptions, fertilization, nitrogen.

### **Introdução**

O rabanete (*Raphanus sativus*) é uma das plantas mais antigas que se tem notícias, havendo registros de que ele seja cultivado há mais de três

mil anos (Pereira, 2002). A parte de interesse comercial desta hortaliça é a raiz, e seu tamanho é definido pelo mercado consumidor e como regra



geral deve possuir coloração característica, ausência de danos físicos e de rachaduras.

Segundo Filgueira (2007) a cultura do rabanete, é de porte reduzido, que produz raízes globulares, de coloração escarlate-brilhante e polpa branca, nas cultivares de maior aceitação. O rabanete deve ser colhido ainda pequeno com menos de 30-40 mm de diâmetro, antes de ficar duro e esponjoso. Turgidez e coloração vermelha brilhante são as características de qualidade visuais mais observadas.

O rabanete tem um curto período de crescimento, no qual forma uma grande quantidade de massa no órgão de armazenamento, o que requer uma grande quantidade de nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio. Preferindo solos com boa estrutura, com poros e espaços porosos bastante volumosos para aeração, infiltração e desenvolvimento radicular das plantas (Bertoni & Lombardi Neto, 2012).

O nitrogênio desempenha um papel importante para o crescimento e produção das culturas. Segundo Prado (2008), o N em quantidades adequadas, pode favorecer o crescimento da raiz, pelo fato de que o crescimento da parte aérea aumenta a aérea foliar e a fotossíntese e com isso, maior fluxo de carboidratos para a raiz, favorecendo o seu crescimento.

A marcha de absorção de nutrientes expressada na curva de respostas em função da idade das plantas informa épocas em que essas absorvem nutrientes em maiores quantidade, aumentando assim, o conhecimento de épocas em que a adição de nutriente às plantas faz-se necessário. Por isso, ela se constitui em ferramenta importantíssima ao manejo de fertilização das culturas (Vidigal et al., 2009).

Conhecendo-se o crescimento e acúmulo de nutrientes durante o ciclo da cultura, é possível verificar qual época em que ela mais desenvolve e que mais necessita de um determinado nutriente, podendo assim se feita uma recomendação de adubação mais precisa, além de provocar uma redução de custos de insumos para o agricultor. Analisar a marcha de acúmulo de nutrientes é uma das ferramentas básicas para ter um bom desenvolvimento da cultura e saber qual o momento certo de fazer uma adubação de acordo com as suas necessidades.

Sendo assim, este trabalho teve como por objetivo determinar a influência da injeção do ar atmosférico, em função de diferentes concentrações de nitrogênio para identificar a marcha de absorção

nas raízes de rabanete bem como, sendo estes avaliados nas quatro estações e em casa de vegetação.

#### **Material e Métodos**

O presente trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, com coordenadas geográficas de 21°51' latitude sul, 48°26' longitude oeste e altitude de 786 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é o mesotérmico com inverno seco (Cwa) e com chuvas no verão (André & Volpe, 1982).

Os dados climáticos utilizados na condução do experimento foram obtidos através termohigrômetro digital instalado dentro do cultivo protegido. Para as medidas de temperatura e umidade relativa (UR) utilizou-se os valores decorrentes da temperatura e UR em 24 h, sendo coletadas entre 9 e 11 h da manhã. As plantas foram conduzidas em ambiente protegido, e utilizou-se a cultura do rabanete cultivar híbrido sakata nº25. A época de plantio desse cultivar pode ocorrer durante todo o ano podendo o ciclo variar de 27 dias no verão a 32 dias no inverno.

O primeiro ciclo estabelecido foi à estação primavera, os valores médios da temperatura máxima e mínima foram de 44° e 12°C, e os valores encontrados da umidade relativa do ar (UR) máximo, mínimo foram de 97%, 10%, respectivamente. Para a estação verão a variação dos valores da temperatura máxima e mínima, 47° e 12,5°C, e a umidade relativa do ar (UR) apresentou um comportamento inverso ao da temperatura onde com o acréscimo da temperatura é constatado um decréscimo da umidade, encontrando uma variação de umidade no interior do ambiente, máxima e mínima, 99% e 12%.

O terceiro ciclo compreende estação outono, sendo que os valores encontrados da temperatura máxima e mínima foram de 44,7° e 8,6°, e os valores encontrados da umidade relativa do ar (UR) máximo, mínimo foram de 99%, 20%, respectivamente, diminuindo durante o dia e aumentando durante a noite. Para estação inverno, os valores encontrados da temperatura e UR máxima e mínima foram de 38,5°, 90% e 8,3°, 15%, respectivamente.

A semeadura foi realizada diretamente ao solo sendo que, cada parcela possuía a dimensão de 1,50 x 1,00. Em cada parcela foi instalado um tratamento, com quatro linhas de plantio e com



profundidade do sulco de 0,2 m aproximadamente. O desbaste foi realizado sete dias após a semeadura, para adequar o espaçamento de 0,05 m entre plantas e o espaçamento entrelinhas de 0,20 m. A unidade experimental constou de uma área total de 1,5 m<sup>2</sup>.

Foram consideradas como plantas úteis, para efeito dos parâmetros avaliados, apenas aquelas da fileira central de plantas, descartando-se ainda as três primeiras e três últimas plantas desta fileira. Portanto, cada parcela contou com aproximadamente 48 plantas úteis, totalizou-se uma área de 0,24 m<sup>2</sup>, sendo as demais consideradas bordadura. Desse total de plantas foram consideradas para a coleta das avaliações seis plantas de cada linha central.

Foram realizados no experimento quatro ciclos de cultivo (I, II, III e IV), sendo cada um em uma época do ano. O cultivo do *Ciclo I* se deu do

dia 26 de setembro de 2011 a 31 de outubro de 2011, no *Ciclo II* foi do dia 24 de janeiro de 2012 a 28 de fevereiro de 2012, no *Ciclo III* foi do dia 02 de abril de 2012 a 07 de maio de 2012, e no *Ciclo IV* ocorreu do dia 22 de Julho de 2012 a 28 de Agosto de 2012. Em todos os cultivos o tempo de permanência da cultura no campo foi de 35 dias.

Amostras do solo da área experimental foram coletadas para determinação de suas características físicas e químicas na profundidade de 0-20 cm, referente à profundidade efetiva de raiz da cultura, sendo o solo classificado como de textura média. As amostras de solo para determinação de suas características químicas (macro e micronutrientes), foram processadas e analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do mesmo departamento, fornecendo os seguintes valores, apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química do solo para correções iniciais do solo. Botucatu, SP, FCA-UNESP, 2014.

<sup>1</sup> pH	CTC	V%	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	P <sub>resina</sub>	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O.
				-----mmol.c.dm <sup>-3</sup> -----					-----mg.dm <sup>-3</sup> -----							g.dm <sup>-3</sup>
4,0	5,5	6	13	51	0,3	2	1	3	2	17	0,21	0,8	56	0,5	0,3	28

<sup>1</sup> CTC - Capacidade de troca de cátions; V% - saturação por base; Al<sup>3+</sup> - teor de alumínio; H+Al - acidez potencial; K - teor de potássio; Ca - teor de cálcio; Mg - teor de magnésio; SB - soma de bases; P<sub>resina</sub> - teor de fósforo; S - teor de enxofre; B - teor de boro; Cu - teor de cobre; Fe - teor de manganês; Zn - teor de zinco e M.O. - matéria orgânica.

Baseando-se nos resultados dessas análises e segundo recomendações de Van Raij (2011), foram feitas as correções necessárias para o melhor desenvolvimento das plantas de rabanetes. Não houve aplicação de nitrogênio no plantio, ocorrendo apenas em cobertura para os tratamentos.

Foi realizada calagem antes do plantio para elevação da saturação de bases a 80% de acordo com a recomendação do Boletim Técnico 100 (Van Raij, 2011), utilizando-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT 75%, 30 dias antes da semeadura. Segundo a análise do solo, antes da semeadura foi aplicado boro, utilizando ácido bórico, na dose de 1 kg ha<sup>-1</sup>, 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando superfosfato simples, e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, como cloreto de potássio. Em cobertura foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O parcelado duas vezes, sendo 50% aos 10 dias após a emergência (DAE) aos 20 DAE.

A água utilizada para irrigação foi proveniente do sistema de abastecimento de água potável da SABESP/SP. As amostras de água foram coletadas após o sistema de filtragem da estação de controle do sistema de irrigação. De modo geral, os

resultados dessa análise não indicaram limitações à irrigação quando comparados com as recomendações de Ayers & Westcot (1999).

Para o controle das plantas daninhas foram realizadas capinas manuais. O controle fitossanitário da cultura foi efetuado com pulverizações no início do cultivo, com principal controle orgânico Nim e controle químico como segunda opção, o inseticida Decis<sup>®</sup> 25 EC. Para beneficiar a emergência das plântulas, o estabelecimento e desenvolvimento com irrigações em uma frequência de rega diária, com lamina de água aplicada de 10,29 mm.

As irrigações foram realizadas para elevar o potencial de água no solo de -20 kPa para -10 kPa, valores adotados respectivamente como tensão de irrigação e capacidade de campo para cultivo de rabanetes em solos mistos, segundo Marouelli (2008). Os valores de umidade do solo associados à tensão de irrigação e capacidade de campo foram, respectivamente, de 23,37% e 28% com base em volume. A profundidade efetiva do sistema radicular (Z) foi considerada de 20 cm. O manejo da irrigação foi realizado através de 10 tensiômetros de mercúrio instalados em parcelas tomadas aleatoriamente. O



tensiômetro, instalado a 20 cm de profundidade, foi denominado tensiômetro de decisão.

A curva de retenção de água no solo, necessária para o manejo de irrigação via tensiometria, foi obtida segundo metodologia proposta por Richards (1965), determinando uma

relação entre valores de umidade do solo e potencial matricial (Tabela 2). Os dados para obtenção da curva foram obtidos no Laboratório de Relações Água - Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP – Botucatu.

**Tabela 2.** Valores relativos à curva de retenção de água no solo. Botucatu, SP, FCA-UNESP, 2014.

	Tensão (KPa)							
Saturado	6	10	20	30	50	100	500	1500
49%	31%	28%	23,37%	19,32%	18,11%	16,13%	14,07%	12,98%

A indução de ar foi feita com um Venturi de  $\frac{3}{4}$ ", utilizado comercialmente para injeção de fertilizante em irrigação. Em todas as irrigações realizadas na cultura do rabanete, era acionado o venturi, induzindo assim a injeção de ar atmosférico, aplicando a quantidade de água necessária até que o solo retorne a condição de capacidade de campo, correspondente na camada de solo onde se encontra a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura de rabanete.

A fertirrigação durante o ciclo foi feita semanalmente, tendo ocorrido 7, 14 e 21 DAS. A fertirrigação nitrogenada foi feita a base dos tratamentos, com 0% de N, 25% de N (30 g kg<sup>-1</sup>), 50% de N (60 g kg<sup>-1</sup>), 75% de N (90 g kg<sup>-1</sup>) e 100% de N (120 g kg<sup>-1</sup>), utilizando-se como fonte a ureia (45% de N). A aplicação dos fertilizantes foi realizada mediante a sucção direta de balde, utilizando o mesmo venturi utilizado na injeção do ar atmosférico.

Os parâmetros de análise da planta foram observados e medidos na fase vegetativa (14 e 21 DAS), e na fase de reprodução (28 e 35 DAS). Foram avaliados os parâmetros de taxa de absorção e taxa de exportação, através das massas secas das raízes de rabanete.

Para a obtenção da massa seca da raiz, separou-se a raiz da parte aérea, com auxílio de tesoura de poda; lavou em água corrente, colocando o material em sacos de papel e etiquetados; colocou o material para secar em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65° C por 72 horas, até atingir massas constantes. Após esse procedimento realizou-se a moagem em moinho de aço inoxidável tipo Wiley, com peneira de malha 20 mesh (1 mm), as quais foram processadas e analisadas, para a determinação das concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S, g.Kg<sup>-1</sup>) e micronutrientes ( B, Cu, Fe, Mn e Zn, mg.Kg<sup>-1</sup>), previamente etiquetadas e enviadas para o

Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 5, com 4 repetições (sendo as repetições para cada estação). Os tratamentos consistiram da combinação de duas fontes de ar atmosférico (com adição e sem adição) com cinco doses de nitrogênio (0%, 25% (30g kg<sup>-1</sup>), 50% (60g kg<sup>-1</sup>), 75% (90g kg<sup>-1</sup>) e 100% (120g kg<sup>-1</sup>) da recomendação de N para a cultura).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para o ar atmosférico e estação do ano e Regressão a 5% de probabilidade para doses de nitrogênio e épocas de avaliação (DAS), com o uso do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003).

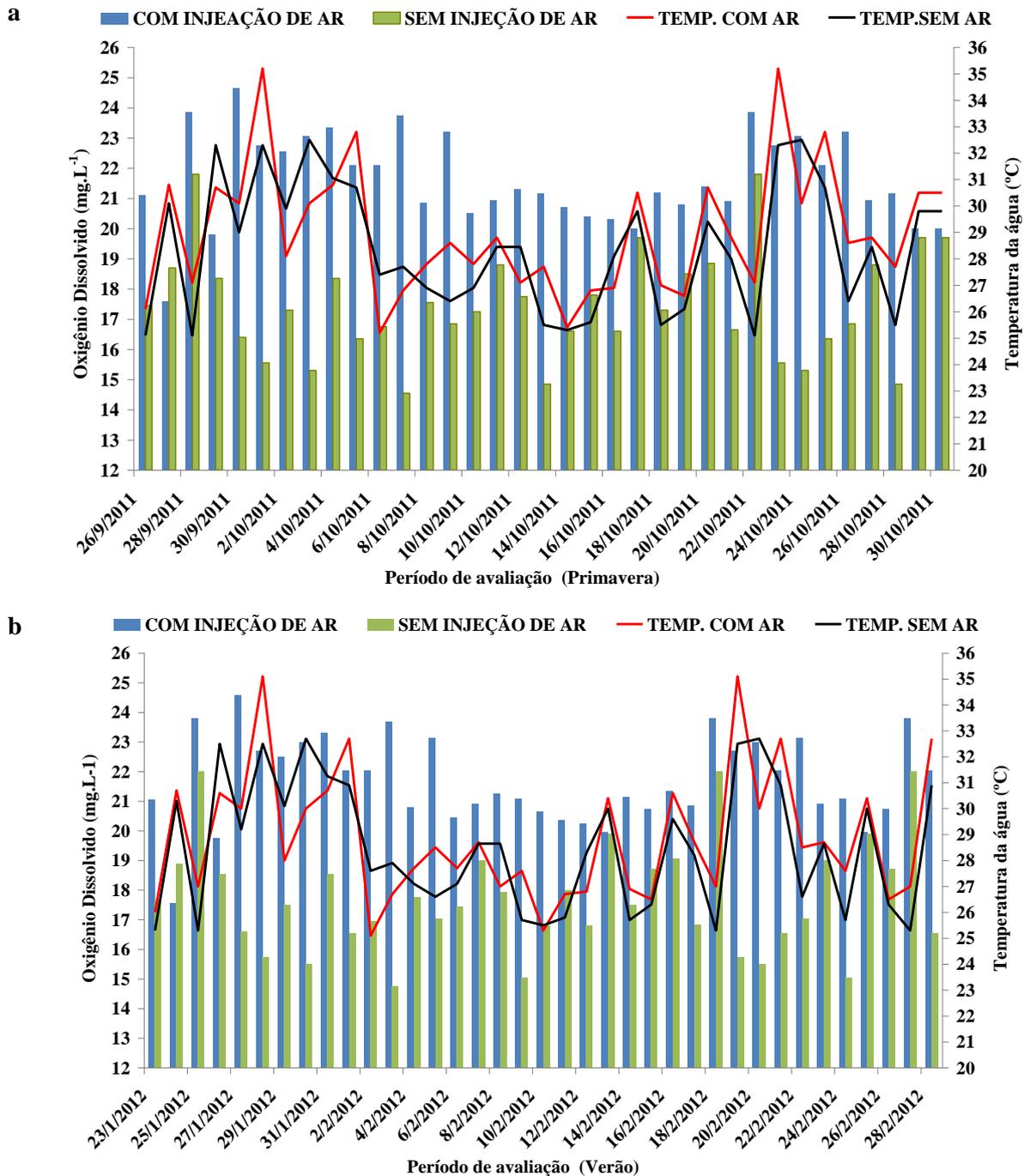
### Resultados e Discussão

Através das Figuras 1a, 1b, 2a e 3b, pode-se visualizar a grande variação entre uma irrigação com e sem injeção do ar atmosférico, podendo verificar a grande influência a injeção de ar nas irrigações aumentando assim as concentrações de ar ao solo. Sabe-se hoje que a aeração do solo é uma troca de gases entre o solo e a atmosfera, e com uma melhor qualidade na parte física do solo, promove condições adequadas para uma aeração do sistema radicular das plantas, já que os cinco fatores essenciais à produção de qualquer espécie vegetal são: água, luz, calor, ar e nutrientes.

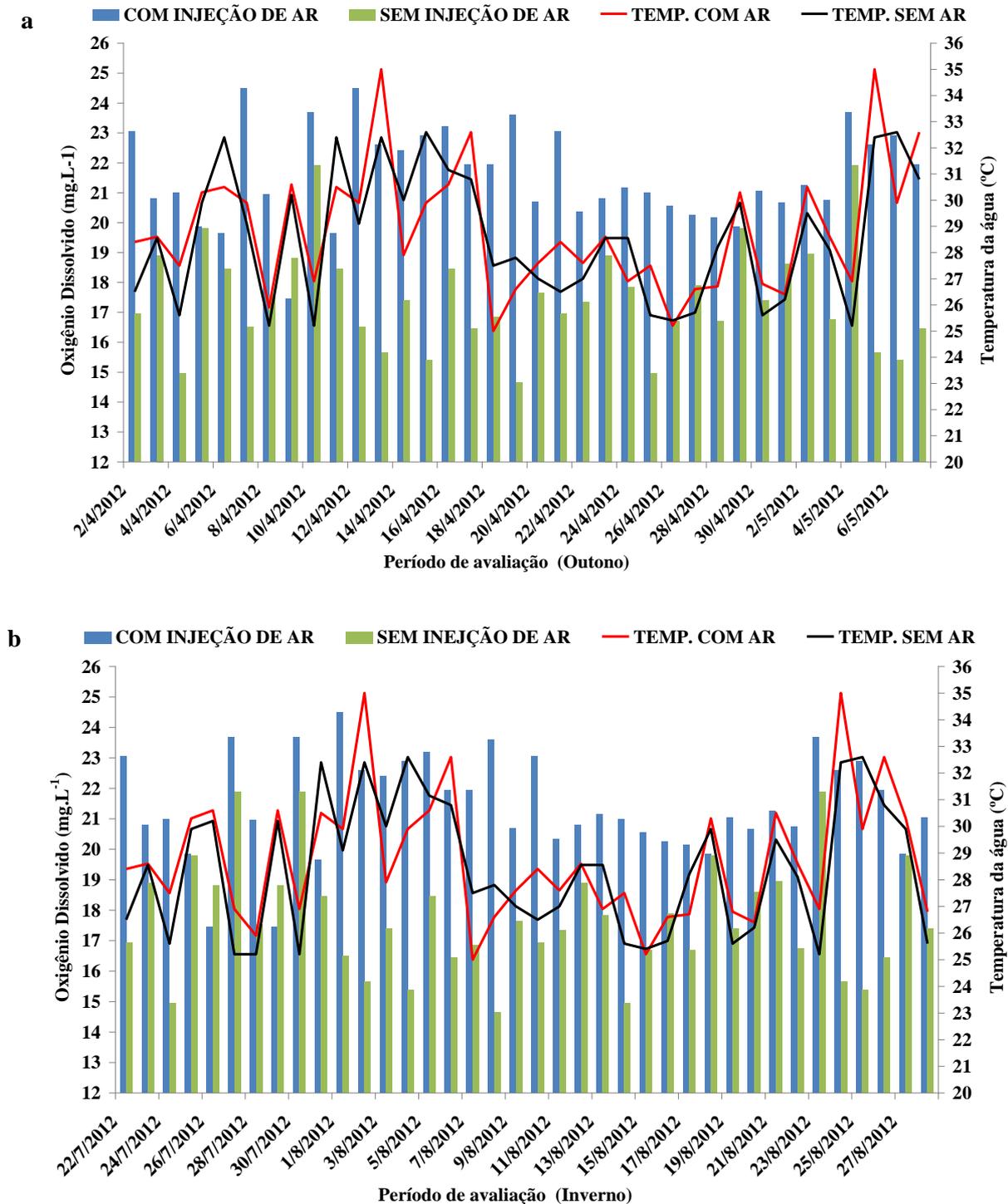
O solo tem os espaços vazios entre as partículas sólidas, os poros, que são ocupados por água e ar, aproximadamente 35% do volume de solo são compostos de ar nos poros. Na realidade, não se trata de água pura, mas de uma solução contendo diversos solutos importantes para as plantas, principalmente nutrientes e elementos tóxicos. O sistema de poros é o caminho pelo qual ocorrem trocas gasosas entre o ar atmosférico e as camadas

mais profundas do solo. A existência de macroporos favorece muito a movimentação de gás carbônico e oxigênio. Considerando que a atmosfera seca a nível

do mar contém 75% de N, 21% de O<sub>2</sub> e 0,003% CO<sub>2</sub> de volume. (Van Raij, 2011).



**Figura 1.** Variação do oxigênio dissolvido na água de irrigação e da temperatura da água de irrigação, nas estações de primavera (a) e verão (b), no período de desenvolvimento do experimento. Botucatu, SP



**Figura 2.** Variação do oxigênio dissolvido na água de irrigação e da temperatura da água de irrigação, nas estações outono (a) e inverno (b), no período de desenvolvimento do experimento. Botucatu, SP.

A análise de variância dos dados revelou que, todas as características avaliadas foram influenciadas pela época de avaliação (DAS), porém apenas o acúmulo de K e Mn, foram influenciados pela injeção do ar atmosférico (Ar). Para a interação

entre a época de avaliação e o ar atmosférico (O x DAS) foi significativo para o nitrogênio, cálcio, magnésio, boro e cobre, demonstrando que o ar atmosférico se comporta diferentemente quanto ao acúmulo de tais nutrientes ao longo do



desenvolvimento da planta. Em nenhuma das variáveis analisadas foi observado efeito significativo para interação do nitrogênio e ar

atmosférico (N x Ar), nitrogênio e épocas de avaliação (N x DAS), e nem para interação tripla Ar x N x DAS (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da composição química do material vegetal, raiz do rabanete, em função de doses de nitrogênio, diferentes adição de ar atmosférico e diferentes épocas de avaliação (DAS). Botucatu, UNESP, 2014.

Trat	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg <sup>-1</sup> -----							
Ar <sup>1</sup>	1	23,363 <sup>ns</sup>	0,088 <sup>ns</sup>	919,20 <sup>*</sup>	37,530 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,936 <sup>ns</sup>
N <sup>1</sup>	4	24,034 <sup>ns</sup>	0,289 <sup>ns</sup>	23,173 <sup>ns</sup>	5,896 <sup>ns</sup>	0,102 <sup>ns</sup>	0,209 <sup>ns</sup>
Ar*N	4	13,659 <sup>ns</sup>	0,101 <sup>ns</sup>	51,942 <sup>ns</sup>	16,150 <sup>ns</sup>	0,070 <sup>ns</sup>	0,056 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1433,6 <sup>**</sup>	0,450 <sup>ns</sup>	3815,1 <sup>**</sup>	3492,4 <sup>**</sup>	27,274 <sup>**</sup>	1,368 <sup>**</sup>
Resído 1	231	106,58	0,456	168,12	102,88	1,408	0,275
DAS <sup>1</sup>	3	3595,5 <sup>**</sup>	12,564 <sup>**</sup>	12,564 <sup>**</sup>	1382,5 <sup>**</sup>	42,164 <sup>**</sup>	8,021 <sup>**</sup>
Ar*DAS	3	92,455 <sup>*</sup>	0,091 <sup>ns</sup>	0,091 <sup>ns</sup>	311,71 <sup>**</sup>	2,821 <sup>**</sup>	0,181 <sup>ns</sup>
N*DAS	12	9,662 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	9,545 <sup>ns</sup>	0,172 <sup>ns</sup>	0,132 <sup>ns</sup>
Ar*N*DAS	12	11,798 <sup>ns</sup>	0,064 <sup>ns</sup>	0,064 <sup>ns</sup>	9,942 <sup>ns</sup>	0,137 <sup>ns</sup>	0,046 <sup>ns</sup>
Resído 2	46	35,872	0,230	0,230	78,825	0,547	0,117
CV 1(%)		27,41	14,40	26,35	56,41	34,47	12,58
CV 2 (%)		15,90	10,22	10,22	49,38	21,49	8,21
DMS		1,154	0,075	1,450	1,134	0,133	0,059
Média							
Com		37,28a	4,67a	51,61a	17,49a	3,45a	4,17a
Sem		38,05a	4,71a	46,82b	18,46a	3,44a	4,17a

<sup>1</sup>- Ar – ar atmosférico; N – doses de nitrogênio; DAS- dia após semeadura; <sup>2</sup>- N- nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio, S- enxofre. \*\* - Altamente significativo pelo teste Scott-Knott a 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns – não significativo pelo teste Scott-Knott.

O N é extremamente móvel, o que explica o maior valor de absorção de N aos 14 DAS, tanto para adição e sem adição de ar atmosférico nas irrigações, tendo uma significância de 1% de probabilidade e ajustando-se ao modelo de regressão linear e quadrático, o valor encontrado é de 50,72 g.kg<sup>-1</sup> e 50,64 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3a). O acúmulo de cálcio (Ca) na raiz foi significativo (P<0,01), e ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, observou-se que o maior valor obtido pelo acúmulo de Fe com e sem adição de ar atmosférico foi de 25,91 e 26,12 g.kg<sup>-1</sup> e ocorreu aos 14 DAS, respectivamente (Figura 3b).

A capacidade fotossintética e a produção de biomassa estão relacionadas com o teor de nitrogênio na planta, sendo estes influenciadas pela concentração de nitrogênio da planta. O teor de nitrogênio da planta influencia o padrão de distribuição de carboidratos dentro da planta, o que afeta o crescimento e produtividade, havendo, portanto uma forte correlação entre o teor de

nitrogênio na planta e a produção de biomassa (Marenco & Lopes, 2009).

O magnésio entra na composição da clorofila, ajuda o movimento do fósforo dentro do vegetal, durante a maturação, pois o papel do Mg é estar em quantidade suficiente para que seja máxima absorção de fósforo, sendo que sem Mg no solo não há praticamente absorção de fósforo pelas raízes (Malavolta et al., 1997). Fica então evidenciada a importância do magnésio para o desenvolvimento da planta, observando-se a Figura 3c, os valores máximos encontrados para adição e sem ar atmosférico são de 5,01 g.kg<sup>-1</sup> e 4,90 g.kg<sup>-1</sup> aos 14 DAS, respectivamente, coincidindo com o máximo valor de fósforo aos 14 DAS (5,29 g.kg<sup>-1</sup>).

Beretta (2010) avaliou o efeito da adubação nitrogenada e potássica na produção de matéria seca da parte aérea e a influência dessa adubação nas concentrações de N, K, Ca, Mg na parte aérea, encontrando resultados favoráveis a adubação nitrogenada adequadamente, quando as plantas



foram supridas com quantidade adequada de K, e a concentrações de Ca e MG na parte aérea das adubação inferiores de potássio reduziu as plantas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância da composição química do material vegetal, raiz do rabanete, em função de doses de nitrogênio, diferentes adição de ar atmosférico e diferentes épocas de avaliação (DAS). Botucatu, UNESP, 2014.

Trat	GL	Quadrado Médio				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg.kg <sup>-1</sup> -----						
Ar <sup>1</sup>	1	915,08 <sup>ns</sup>	1,406 <sup>ns</sup>	539865,2 <sup>ns</sup>	59405,6 <sup>**</sup>	1322,5 <sup>ns</sup>
N <sup>1</sup>	4	304,76 <sup>ns</sup>	2,416 <sup>ns</sup>	2063676,4 <sup>ns</sup>	4166,54 <sup>ns</sup>	2552,1 <sup>ns</sup>
Ar*N	4	545,49 <sup>ns</sup>	2,234 <sup>ns</sup>	645145,9 <sup>ns</sup>	4974 <sup>ns</sup>	469,66 <sup>ns</sup>
Bloco	3	6097,59 <sup>ns</sup>	73,773 <sup>**</sup>	41963822,4 <sup>**</sup>	48466,5 <sup>ns</sup>	35753,4 <sup>**</sup>
Resído 1	231	10417,90	8,758	2284949,4	5756,9 <sup>**</sup>	5794,07
DAS <sup>1</sup>	3	4563325,5 <sup>**</sup>	30,319 <sup>**</sup>	39592278,7 <sup>**</sup>	48626,3 <sup>**</sup>	36315,9 <sup>**</sup>
Ar*DAS	3	7923,11 <sup>**</sup>	15,023 <sup>*</sup>	2386243,0 <sup>ns</sup>	9907,49 <sup>ns</sup>	255,92 <sup>ns</sup>
N*DAS	12	304,40 <sup>ns</sup>	1,261 <sup>ns</sup>	1559545,4 <sup>ns</sup>	4854,15 <sup>ns</sup>	1836,1 <sup>ns</sup>
Ar*N*DAS	12	402,97 <sup>ns</sup>	3,497 <sup>ns</sup>	1547416,4 <sup>ns</sup>	1071,85 <sup>ns</sup>	581,28 <sup>ns</sup>
Resído 2	46	1067,56	5,555	1460663,6	5520,13	5765,18
CV 1(%)		68,63	36,79	50,41	72,19	95,60
CV 2 (%)		21,97	29,30	40,30	70,69	95,36
DMS		11,411	0,331	169,0	8,483	8,510
Média						
Com		146,34a	7,95a	3056,87a	85,84a	76,75a
Sem		151,12a	8,14a	2940,70a	124,37b	82,50a

<sup>1</sup> - Ar – ar atmosférico; N – doses de nitrogênio; DAS- dia após semeadura; <sup>2</sup> - B – boro, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Zn – zinco. \*\* - Altamente significativo pelo teste Scott-Knott a 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns – Efeito não significativo pelo teste Scott-Knott.

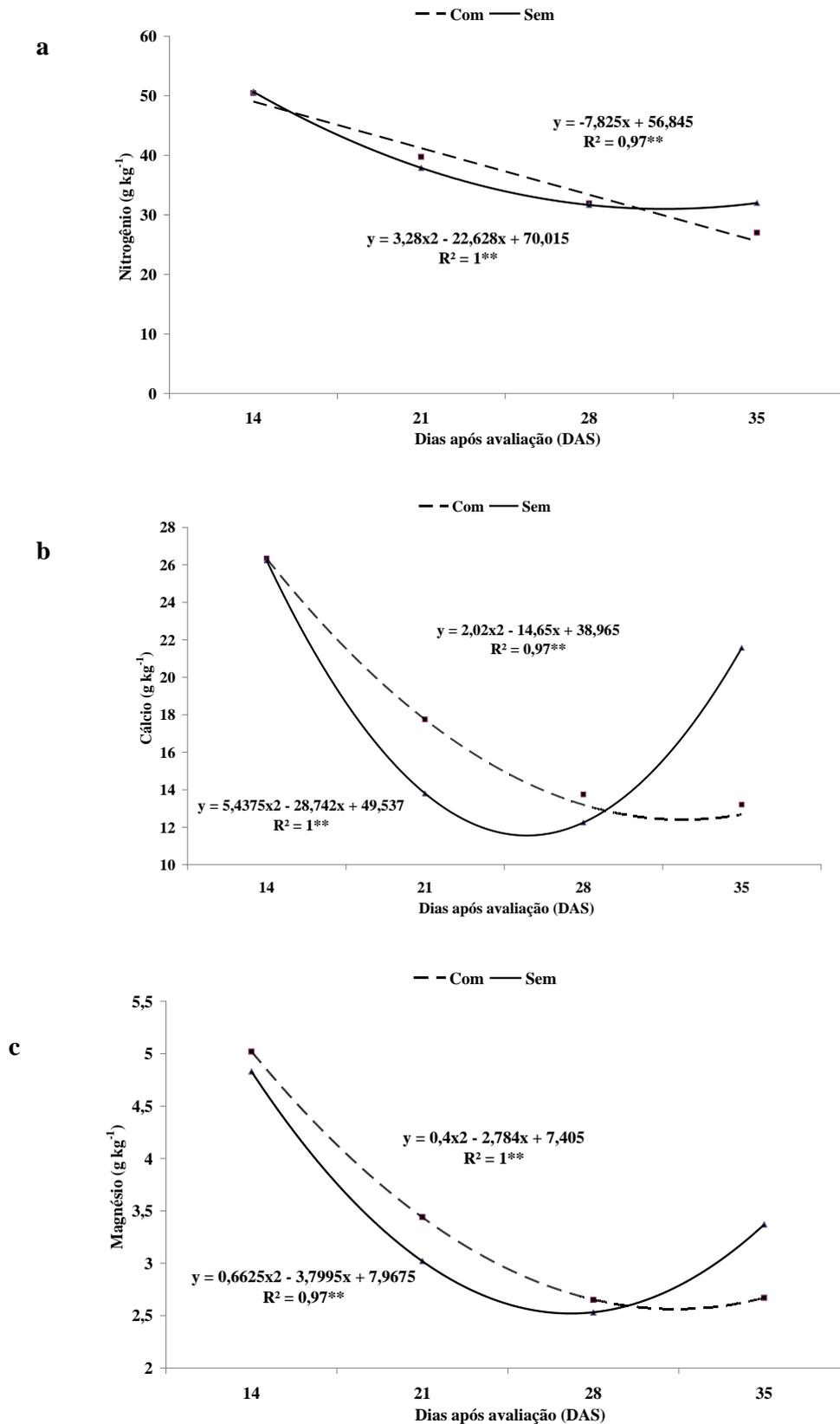
O boro é rapidamente absorvido pelas folhas, chegando a atingir 50% do B absorvido no período de 0-14 dias, verificando a máxima absorção aos 14 DAS, sendo que a máxima absorção de B, com adição de Ar foi de 306,51 mg kg<sup>-1</sup> e sem adição de Ar de 296,67 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 4a). Para o cobre a maior absorção foi sem adição de ar atmosférico foi de 11,35 mg.kg<sup>-1</sup> aos 21 DAS, e o valor encontra com a adição de Ar foi de 9,55 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 4b). Resultados obtidos por Stass et al. (2007) em feijão, verificaram absorção máxima no tratamento com B de 0,23 mg no período de 10 horas e no tratamento de sem B houve redução do acúmulo de 0,07 mg em 4 horas.

De forma geral, as curvas de absorção de nutrientes mostraram três fases de intensidade de consumo: nos primeiro 14 dias as plantas absorveram muito nutriente, passando por período de intenso acúmulo dos 14 aos 21 dias, seguido pela

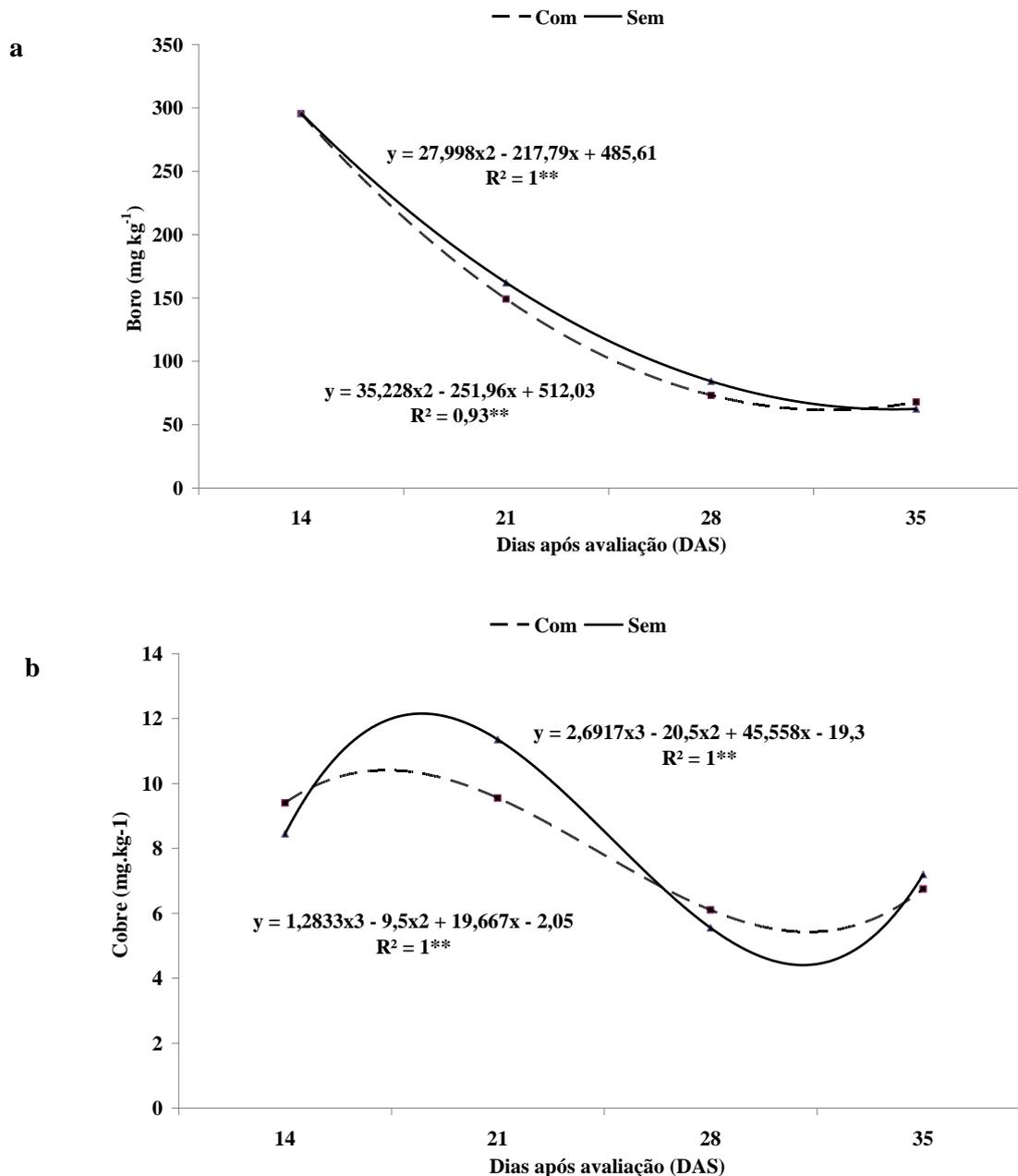
tendência decrescente de absorção até a última colheita aos 35 dias. O acúmulo de nutrientes na planta de rabanete até aproximadamente 21 dias, devido ao desenvolvimento das folhas e caule.

Em geral, a taxa de absorção obtida pelos valores médios, pela colheita aos 14 DAS, fora: para o nitrogênio 50,68 g kg<sup>-1</sup>; fósforo 5,29 g kg<sup>-1</sup>; potássio 38,87 g kg<sup>-1</sup>; cálcio 26,02 g kg<sup>-1</sup>; magnésio 4,95 g kg<sup>-1</sup>, enxofre 4,79 g kg<sup>-1</sup>; boro 301,59 mg kg<sup>-1</sup>; cobre 8,92 mg kg<sup>-1</sup>; ferro 3063,12 mg kg<sup>-1</sup>; manganês 143,72 mg kg<sup>-1</sup>; zinco 61,75 mg kg<sup>-1</sup>.

A taxa de exportação obtida pelos valores médios, pela colheita aos 35 DAS, foram: para o nitrogênio 29,37 g kg<sup>-1</sup>; fósforo 4,22 g kg<sup>-1</sup>; potássio 53,12 g kg<sup>-1</sup>; cálcio 17,40 g kg<sup>-1</sup>; magnésio 2,99 g kg<sup>-1</sup>, enxofre 4,04 g kg<sup>-1</sup>; boro 59,10 mg kg<sup>-1</sup>; cobre 6,97 mg kg<sup>-1</sup>; ferro 2613,80 mg kg<sup>-1</sup>; manganês 99,50 mg kg<sup>-1</sup>; zinco 123,97 mg kg<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Efeito do ar atmosférico sobre as variáveis, nitrogênio (a), cálcio (b) e magnésio (c) de plantas de Rabanete (*Raphanus sativus* L.) em função dos dias de avaliação (DAS) Botucatu/SP, 2014.



**Figura 4.** Efeito do ar atmosférico sobre as variáveis, boro (a) e cobre (b) de plantas de Rabanete (*Raphnus sativus* L.) em função dos dias de avaliação (DAS) Botucatu/SP, 2014.

### Conclusões

Conclui-se que a taxa de absorção e de exportação sofreu maior influência nos dias de avaliações, sendo este aos 14, 21, 28 e 35 DAS. A injeção de ar atmosférico não teve significância sobre a maioria do acúmulo de nutrientes, sendo apenas significativo no acúmulo de potássio e manganês na massa seca da raiz. Em geral a marcha de absorção das raízes de rabanete é de: N < K < Ca < P < Mg < S < Fe < B < Zn < Cu. E para a taxa de exportação: K < N < Ca < P < S < Mg < Fe < Zn < Mn < Cu < B. Na

composição química do material vegetal para a raiz da planta de rabanete, os maiores valores encontrados foram K e Fe.

### Referências

ANDRÉ, R.G.B.; VOLPE, C.A. **Dados meteorológicos de Jaboticabal no Estado de São Paulo durante os anos de 1971 a 1980.** Jaboticabal: UNESP, 1982. 25 p.



- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.F. **A qualidade da água na agricultura.** H. R GHEYI et al. (Trad). Campina Grande: UFPB. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29). 153p. 1999.
- BERETTA, B.A. **Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica.** Jaboticabal, 2010. Ano de obtenção: 2010. Monografia - Faculdade de ciência agrária e veterinária – UNESP, Campus de Jaboticabal para graduação em agronomia. 2010.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 8 ed. São Paulo: Icone. 2012. 355 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR 4,6 - **Programa de análise estatística.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1 CD-ROM. 2003.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3 ed. Viçosa: UFV, 2007. 421p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional da plantas: princípios e aplicações.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa, MG:UFV. 3 ed. 486p. 2009.
- MAROUELLI, W.A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças.** Circular técnico: Embrapa – DF. 2008. 15p.
- PEREIRA, E.R. **Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plásticos com diferentes níveis de perfuração.** 2002. Ano de Obtenção: 2002. 113p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba. 2002.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas.** São Paulo: editora UNESP. 2008, 407p.
- STASS, A.; KOTUR, Z.; HORST, W.J. Effect of boron on the expression of aluminum toxicity in *Phaseolus vulgaris*. **Physiologia Plantarum**, v.131. p.283–290, 2007.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI). 2011, 420p.
- VIDIGAL, S.M.; PACHECO, D.D.; COSTA, E. L.; FACION, C.E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, n.56, v. 1, p.112-118. 2009.