



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E  
AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS AGRÁRIAS (AGROECOLOGIA)**



**TROCAS GASOSAS NA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI SOB  
APLICAÇÕES DE BOKASHI**

**GABRIELA TORRES COSTA LIMA**

Bananeiras – PB  
Fevereiro – 2019

GABRIELA TORRES COSTA LIMA

**TROCAS GASOSAS NA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI SOB  
APLICAÇÕES DE BOKASHI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Área de Concentração: Ciências Agrárias, Indicadores e Sistema de Produção Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto

Bananeiras - PB  
Fevereiro – 2019

Catálogo na publicação  
Seção de Catalogação e Classificação

L732t Lima, Gabriela Torres Costa.  
TROCAS GASOSAS NA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI SOB  
APLICAÇÕES DE BOKASHI / Gabriela Torres Costa Lima. -  
João Pessoa, 2019.

36 f. : il.

Orientação: Álvaro Carlos Gonçalves Neto.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Vigna unguiculata L. Walp, adubação orgânica. I.  
Gonçalves Neto, Álvaro Carlos. II. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

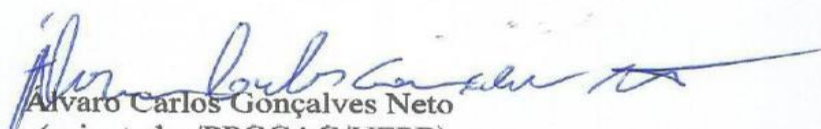
CDU 631(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
(AGROECOLOGIA)

Trocas Gasosas na Cultura do Feijão-Caupi sob Aplicações de Bokashi

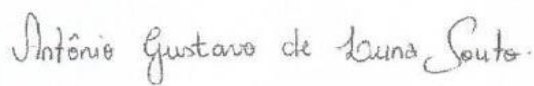
Gabriela Torres Costa Lima

Dissertação apresentada à banca examinadora formada pelos seguintes especialistas.

  
Alvaro Carlos Gonçalves Neto  
(orientador/PPGCAG/UFPB)

Manoel Alexandre Diniz Neto  
(membro-interno/UFPB)

  
Francisco Thiago Coelho Bezerra  
(membro-externo/UFPB)

  
Antônio Gustavo de Luna Souto  
(membro-externo/UFPB)

**Dedico**

Aos meus filhos, Diogo e Carolina, pelo amor a mim dedicado, motivo pelo qual nunca desistir.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser minha fortaleza e por me permitir alcançar meus ideais.

À minha família, mãe, pai, filhos, esposo, irmã, irmãos, Thamara e Edlânia, pessoas que foram indispensáveis que me ajudaram a enfrentar os momentos difíceis nessa jornada e na minha vida.

Ao Prof. Dr. Álvaro Carlos pela orientação e paciência.

A Thiago de Sousa Melo, bolsista Pós-Doutoral/CAPES/PPGCAG, por toda ajuda, conversa, explicações, paciência e conselhos, sempre lembrarei com carinho e gratidão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) que me proporcionou a estrutura necessária para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos estagiários que me ajudaram nesta pesquisa, serei sempre grata: Fabricio, Hilaryane, Elnatan e Lucas.

A CAPS pela bolsa concedida, durante a realização deste trabalho.

## RESUMO

Lima, Gabriela Torres Costa Lima. Universidade Federal da Paraíba, fevereiro 2018. **Trocas gasosas na cultura do feijão caupi sob aplicações de bokashi.** Orientador: Prof. Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto.

O feijão caupi é uma espécie amplamente cultivada no Nordeste brasileiro, sendo uma importante fonte de alimento. Com a necessidade de mudança no sistema de produção, a adubação com bokashi para a produção de sementes orgânicas surge como alternativa de redução dos impactos da agricultura convencional. Por isso, torna-se importante estudos do comportamento fisiológico a fontes de adubação alternativas, afim de melhorar a produção. O objetivo da pesquisa foi avaliar a adubação orgânica e mineral sobre as trocas gasosas do feijão-caupi. O experimento foi desenvolvido na área experimental do setor de Agricultura do Campus III da UFPB. O delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial  $(2 \times 4) + 2$ , com três repetições, com trinta plantas por parcela, correspondendo a quatro doses de adubação orgânica com bokashi em duas formas (líquida e sólida) T1 - tratamento testemunha, 0 de bokashi; T2 - 550 kg/ha<sup>-1</sup> de bokashi, T3 - 1100 kg/ha<sup>-1</sup>; T4 - 1650 kg/ha<sup>-1</sup>; T5 - 2200 kg/ha<sup>-1</sup> de bokashi; estas adubações repetidas após dissolvidas em água T6, T7; T8; T9, respectivamente, e T10 - 440 kg/ha<sup>-1</sup> de NPK. Foram analisadas as trocas gasosas, respectivamente, aos 63 DAS e 90 DAS. Determinou-se a assimilação líquida de gás carbônico, condutância estomática, transpiração, concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, temperatura instantânea foliar, concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>. Posteriormente, foram estimadas a eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso de água, eficiência instantânea da carboxilação, concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar, pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar e resistência estomática ao vapor de água, utilizou-se o analisador de gás infravermelho (IRGA®). Os resultados mostram que houve interação entre as formas de aplicação e doses de bokashi apenas para as variáveis  $\phi_c$ , Wleaf, pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar. A adubação com bokashi é mais eficiente para a produção de sementes orgânica do que com o tratamento adicional com NPK. Recomenda-se ao agricultor na forma líquida de adubação com bokashi a dosagem de 1650 Kg ha<sup>-1</sup>, e na forma de adubação sólida a dosagem de 2200 Kg ha<sup>-1</sup> de bokashi.

**Palavras-chaves:** *Vigna unguiculata* L. Walp, adubação orgânica, fisiologia.

## ABSTRACT

Cowpea beans are a species widely cultivated in Northeast Brazil, being an important source of food. With the need to change the production system, fertilization with bokashi for the production of organic seeds appears as an alternative to reduce the impacts of conventional agriculture. Therefore, it is important to study the physiological behavior of alternative fertilizer sources, in order to improve production. The objective of the research was to evaluate the organic and mineral fertilization on the gas exchange of cowpea. The experiment was developed in the experimental area of the Agriculture sector of Campus III at UFPB. The experimental design of randomized blocks, in a factorial scheme (2x4) + 2, with three replications, with thirty plants per plot, corresponding to four doses of organic fertilization with bokashi in two forms (liquid and solid) T1 - control treatment, 0 of bokashi; T2 - 550 kg / ha-1 of bokashi, T3 - 1100 kg / ha-1; T4 - 1650 kg / ha-1; T5 - 2200 kg / ha-1 of bokashi; these fertilizations repeated after dissolving in water T6, T7; T8; T9, respectively, and T10 - 440 kg / ha-1 of NPK. Gas exchanges were analyzed, respectively, at 63 DAS and 90 DAS. Liquid carbon dioxide assimilation, stomatal conductance, transpiration, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, instantaneous leaf temperature, intercellular and extracellular CO<sub>2</sub> concentration were determined. Subsequently, water use efficiency, intrinsic water use efficiency, instant carboxylation efficiency, saturated water vapor concentration at leaf temperature, saturated water vapor pressure corrected by leaf surface temperature and stomatal resistance to steam were estimated. of water, the infrared gas analyzer (IRGA®) was used. The results show that there was interaction between the application forms and bokashi doses only for the variables  $\phi_c$ ,  $W_{leaf}$ , saturated water vapor pressure corrected by the leaf surface temperature. Fertilizing with bokashi is more efficient for organic seed production than with additional treatment with NPK. It is recommended to the farmer in the liquid form of fertilization with bokashi the dosage of 1650 Kg ha<sup>-1</sup>, and in the form of solid fertilization the dosage of 2200 Kg ha<sup>-1</sup> of bokashi.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* L. Walp, organic fertilization, physiology.



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores totais da precipitação (P), número de dias sem chuva (NC), e médias de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), obtidos durante o período experimental, Bananeiras, PB, 2018. .... 15
- Tabela 2.** Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm de profundidade da área experimental. .... 16
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância na fase R7 para as variáveis, pressão do vapor de água ( $e_{ref}$ ),  $CO_2$  atmosférico ( $c_{ref}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{leaf}$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 19
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância na fase R7 para as variáveis, eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{leaf}$ ), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) e resistência estomática ao vapor de água ( $r_s$ ) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 20
- Tabela 5.** Valores médios da pressão do vapor de água ( $e_{ref}$ ),  $CO_2$  atmosférico ( $c_{ref}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{leaf}$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão-caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 23
- Tabela 6.** Valores médios da eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{leaf}$ ), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) e resistência estomática ao vapor de água ( $r_s$ ) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em

diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 24

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância na fase R9 para as variáveis, pressão do vapor de água ( $e_{ref}$ ),  $CO_2$  atmosférico ( $c_{ref}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{leaf}$ ), concentração interna de  $CO_2$  (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 26

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância na fase R9 para as variáveis, eficiência de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{leaf}$ ), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) e resistência estomática ao vapor de água ( $r_s$ ) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 27

**Tabela 9.** Valores médios ( $\pm SD$ ) da pressão do vapor de água ( $e_{ref}$ ),  $CO_2$  atmosférico ( $c_{ref}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{leaf}$ ), concentração interna de  $CO_2$  (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R9. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 30

**Tabela 10.** Valores médios ( $\pm SD$ ) da eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{leaf}$ ), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) e resistência estomática ao vapor de água ( $r_s$ ) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R9. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. .... 31

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Localização da área experimental.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 15 |
| <b>Figura 2.</b> Eficiência instantânea de carboxilação (a), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (b) e pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (c) da cultura do feijão sob diferentes doses de adubação e adubação orgânica, líquida (♦) e sólida (■), na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019..... | 21 |
| <b>Figura 3.</b> Concentração interna de CO <sub>2</sub> (a) e concentração intercelular e extracelular de CO <sub>2</sub> (b) da cultura do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.....                                                                                                                                 | 22 |
| <b>Figura 4.</b> Condutância estomática (a), eficiência intrínseca do uso de água (b) e resistência estomática ao vapor de água (c) da cultura do feijão sob diferentes doses de adubação na fase R9. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019. ....                                                                                                                                 | 29 |

## Sumário

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                 | <b>13</b> |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>          | <b>15</b> |
| <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>     | <b>18</b> |
| <b>CONCLUSÃO .....</b>                  | <b>33</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>34</b> |

## INTRODUÇÃO

A produção de sementes sob sistema orgânico é um grande desafio para os agricultores, pois são escassas as informações sobre o cultivo orgânico para produção de sementes de feijão. Na maioria das vezes as sementes são produzidas por empresas ou junto com a produção comercial, com adubações voltadas para a produção e nem sempre as sementes produzidas conseguem suprir de forma adequada as necessidades dos agricultores (PARON et al., 2015). Para a sustentabilidade da agricultura de base familiar é necessário que os agricultores produzam sua própria semente, proporcionando melhoria no cultivo e menor dependência de insumos externos.

A adubação orgânica pode influenciar positivamente a produção e qualidade das sementes, proporcionando o melhor desenvolvimento vegetativo para a planta e melhores condições para formação de sementes (QUADROS et al., 2012). Além de ser uma forma importante de reconstruir as propriedades físicas, químicas e biológicas, dos solos, principalmente, quando apresenta baixo teor de matéria orgânica (PEREIRA et al., 2015).

Alguns estudos vêm sendo realizados com o objetivo de verificar a influência das trocas gasosas na produção do feijão-caupi. Dentre tais estudos, o realizado por Silva et al., (2013) verificaram que a aplicação de biofertilizante reduziu a intensidade negativa dos sais nos processos relacionados a trocas gasosas, como a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração da cultura do feijão-caupi. Segundo Prazeres et al., (2015) as maiores doses de potássio combinada com a salinidade proporcionaram uma depreciação no crescimento da haste principal e na condutância estomática, em comparação ao efeito isolado da salinidade, sendo um indicativo da intensificação dos efeitos osmóticos. Pessoa et al., (2017), ao pesquisarem a interferência de plantas daninhas nas trocas gasosas de feijão-caupi, verificaram sérias alterações nas características de fotossíntese, transpiração e concentração intercelular de CO<sub>2</sub>.

O adubo bokashi, palavra de origem japonesa, significa composto orgânico. Esse fertilizante é um nutriente vegetal orgânico, resultante de um modelo de compostagem no qual são adicionados bactérias anaeróbicas, fermentos e ácido láctico (SOUZA; RESENDE, 2003). Esse processo foi desenvolvido por Teruo Higa, na Universidade de Ryukyus (Okinawa, Japão em 1980), e através da fundação Mokiti Okada chegou ao Brasil (HOMMA, 2005).

A ação mais importante do bokashi é introduzir microrganismos benéficos no solo, através do processo de fermentação na biomassa disponível, aumentando a

diversidade e o número de microrganismos existentes no solo (SIQUEIRA e SIQUEIRA, 2013). O bokashi é fonte de nutrientes e carbono, tradicionalmente tem aproximadamente 3% N, 1% de  $P_2O_5$  e 1% de  $K_2O$  e relação C:N de 12:1 (HOMMA, 2005)

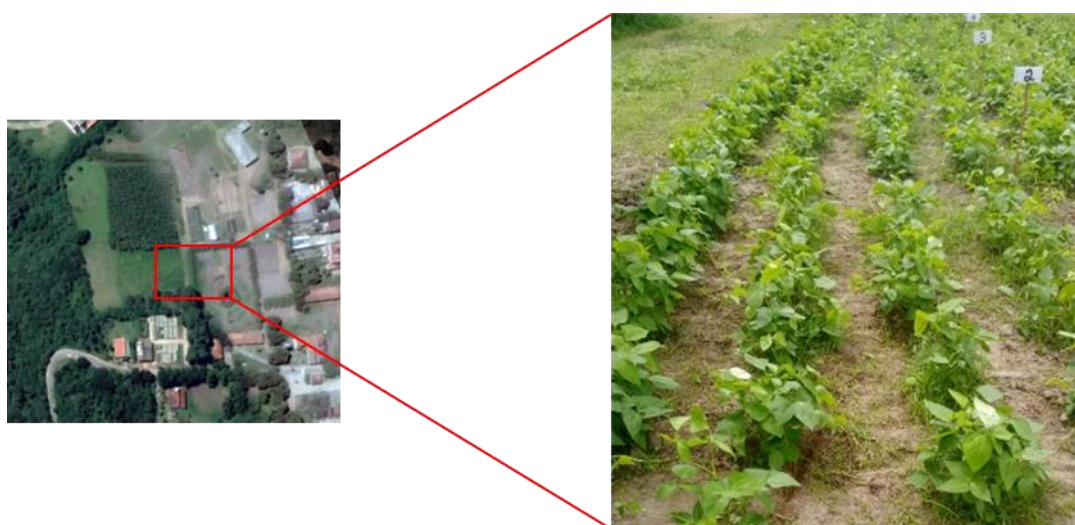
Saiter et al. (2015), concluíram que com uso de bokashi exerceu efeito significativo no tamanho e massa da chicória, garantindo maior produtividade da hortaliça. Pinto et al. (2017), testando doses de bokashi na adubação de alface, verificaram que a dose ideal a ser aplicada é entre 3 a 6 grama por vaso. Em cebola e pimenta, Alvarez-Solis et al. (2016), concluíram que a fertilização com bokashi atuou positivamente sobre a produção, aumentando o diâmetro e o peso dos bulbos da cebola e do fruto da pimenta.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a adubação orgânica e mineral sob as trocas gasosas do feijão-caupi.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em campo, no período de março a junho de 2018, na área experimental, situada entre as coordenadas geográficas de 06° 45' 00'' S e 35° 38' 00'' W, e a uma altitude de 520 m, do setor de Agricultura pertencente, *Campus III*, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado em Bananeiras, PB. O clima da região é classificado como Aw, de acordo com Köppen e Geiger, com temperatura média de 21,8 °C e pluviosidade média anual de 1.086 mm.

**Figura 1.** Localização da área experimental.



Na Tabela 1 encontram-se os dados mensais das variáveis climáticas coletados durante os meses de condução do experimento na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal da Paraíba. Na tabela 2 podemos observar a análise do solo feita antes da adubação com bokashi.

**Tabela 1.** Valores totais da precipitação (P), número de dias sem chuva (NC), e médias de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), obtidos durante o período experimental, Bananeiras, PB, 2018.

| Mês   | Precipitação<br>(mm) | Nº dias sem chuva<br>(NC) | Tº Med<br>(°C) | Umidade relativa<br>(%) |
|-------|----------------------|---------------------------|----------------|-------------------------|
| Março | 259,40               | 17                        | 24,55          | 88,82                   |
| Abril | 266,20               | 6                         | 24,17          | 85,23                   |
| Maio  | 109,90               | 11                        | 23,17          | 89,11                   |
| Junho | 94,60                | 15                        | 24,95          | 85,55                   |

**Tabela 2.** Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm de profundidade da área experimental.

| Atributos | ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                 |                |                |                  | (%)  |      | mg dm <sup>-3</sup> |      | (H <sub>2</sub> O) | dS m <sup>-1</sup> |
|-----------|------------------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|------|------|---------------------|------|--------------------|--------------------|
|           | Ca <sup>2+</sup>                               | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> | Al <sup>3+</sup> | C    | M.O. | N                   | P    | pH                 | C.E.               |
| Químicos  | 2,17                                           | 4,84             | 0,07            | 0,23           | 2,19           | 0,00             | 1,18 | 2,03 | 0,12                | 9,85 | 6,38               | 0,24               |

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial (2x4)+2, correspondendo a combinação duas formas de aplicação do fertilizante orgânico (líquido e sólido), quatro doses do fertilizante orgânico bokashi (550; 1.100; 1.650 e 2200 kg ha<sup>-1</sup>) e dois tratamentos adicionais (0 de de bokashi e NPK) com três repetições, com 30 plantas por parcela, totalizando dez tratamentos. A aducação com NPK foi utilizado a amônia, super-triplo e cloreto de potássio. A recomendação do fabricante é de 1000 kg/ha. A aplicação foi realizada no solo na entrelinha e incorporado com o auxílio de uma enxada.

O preparo do solo constou de aração simples, realizada no começo do mês de março de 2018. A semeadura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), do grupo “sempre verde”, cultivar BRS Tumucumaque, foi realizada manualmente colocando-se quatro sementes por cova dispostas no espaçamento 0,50 m e entre linhas 0,60 m em 30 de março de 2018, e com desbaste aos 15 dias após a semeadura (DAS), deixando duas plantas por cova, em sistema de sequeiro. A parcela constituiu de uma área de 3 x 3, compostas por seis fileiras de plantas, como área útil as duas fileiras centrais. Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais, como a capina manual, com enxada.

A adubação de cobertura foi realizada 40 dias após a semeadura. O NPK e o adubo bokashi foram distribuídos ao longo da parcela por cova, nas entrelinhas. Na forma líquida do bokashi, o adubo foi diluído em 6 litros de água e com o auxílio de um regador manual foram distribuídas as soluções.

Foram analisadas as trocas gasosas: assimilação líquida de gás carbônico (A) (μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (gs) (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (E) (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (Ci) (μmol mol<sup>-1</sup>), temperatura instantânea foliar (Tleaf) (°C), concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca). Posteriormente, foram estimadas a eficiência do uso da água (WUE), relacionando à fotossíntese líquida com a transpiração [(micromol/m<sup>-2</sup>/s<sup>-1</sup>)/(mol/m<sup>-2</sup>/s<sup>-1</sup>)], eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), relacionando à fotossíntese líquida com a condutância



estomática  $[(\text{micromol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1})/(\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1})]$ , eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ )  $[(\text{micromol}/\text{m}^2/\text{s})/(\text{micromol}/\text{mol})]$  a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono, concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{\text{leaf}}$ ) (mol/mol), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) (bar) e resistência estomática ao vapor de água ( $r_s$ ) ( $\text{m}^2\text{s}/\text{mol}$ ).

As avaliações de trocas gasosas foram determinadas enchimento dos grãos (fase R7) e maturação (fase R9), no horário de 8:00 a 10:00 h. Utilizou-se analisador de gás infravermelho (IRGA®, ACD, modelo LCPro-SD) com fluxo de ar de  $200.3 \text{ mL min}^{-1}$  e fonte de luz acoplada de  $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . As avaliações. Foram realizadas na segunda folha completamente expandida do trifólio central, intacta, tomando-se três plantas por parcela.

Foi utilizado o teste de Hartley para verificar a homogeneidade de variâncias. Para avaliar o efeito das doses de adubação sobre as variáveis analisadas, procedeu-se a análise de variância e posterior regressão polinomial, observando a curva que melhor descreveu o comportamento dos dados. Além disso, foi realizado o teste de Dunnet a 5% de probabilidade para comparar o tratamento testemunha *versus* os demais. A análise estatística foi realizada mediante o uso do software estatístico R versão 3.4.1 (R Core Team, 2017©). Foi aplicado o teste F para comparar as médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 3 e 4 apresenta-se o resumo da análise de variância das variáveis de trocas gasosas determinadas na folha do feijão-caupi na fase R7. Observa-se que houve interação ( $p \leq 0,05$ ) entre formas de adubação orgânica (F) e as doses de bokashi (D) para as variáveis eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{leaf}$ ) e a pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) (Tabela 4). No entanto, as demais variáveis não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pela interação entre os fatores (F x D).

Quanto as formas de adubação orgânica (líquida e sólida), nenhuma das variáveis analisadas referente as trocas gasosas determinadas na folha do feijão-caupi na fase R7 foram afetadas pelo determinado fator ( $P > 0,05$ ) (Tabelas 3 e 4).

Por outro lado, as doses de adubação com bokashi (550; 1.100; 1.650 e 2200 kg ha<sup>-1</sup>) influenciaram a concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) ( $P = 0,0053$ ) (Tabela 3) e concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> ( $C_i/C_a$ ) ( $P = 0,0059$ ) na superfície foliar do feijão-caupi (Tabela 4). Entretanto, as demais variáveis não sofreram efeitos das doses de adubação com bokashi ( $P > 0,05$ ).

Houve efeito linear ( $p \leq 0,05$ ) das doses de adubação com bokashi na eficiência instantânea de carboxilação (Figura 2a), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Figura 2b) e a pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar na superfície foliar do feijão-caupi (Figura 2c).

As diferentes doses de adubação com bokashi proporcionaram um acréscimo de acordo com seu aumento para a eficiência instantânea da carboxilação na superfície foliar do feijão-caupi, na forma sólida de adubação orgânica (Figura 2a). Houve aumentos de 13,14; 6,35 e 38,53% aos 1.100; 1.650 e 2200 kg ha<sup>-1</sup> doses do fertilizante orgânico bokashi, respectivamente. No entanto, a forma líquida de adubação orgânica não afetou a eficiência instantânea da carboxilação ( $P > 0,05$ ). Analisando as formas de adubação orgânica, observa-se que a forma líquida apresentou maiores ( $p \leq 0,05$ ) valores médios de eficiência instantânea da carboxilação de 0,09 vs 0,08; 0,12 vs 0,09 e 0,11 vs 0,09 micromol/m<sup>2</sup>/s/micromol/mol nas doses de 550; 1.650 e 2200 kg ha<sup>-1</sup> de bokashi, respectivamente (Figura 2a).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância na fase R7 para as variáveis, pressão do vapor de água (eref), CO<sub>2</sub> atmosférico (cref), temperatura instantânea foliar (Tleaf), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Fonte de variação                 | GL | Quadrados Médios    |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
|-----------------------------------|----|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
|                                   |    | eref                | Cref                 | Tleaf               | Ci <sup>1</sup>        | E                                    | gs                                  | A                                    |
|                                   |    | mbar                | micromol/mol         | °C                  | μmol mol <sup>-1</sup> | mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> | mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> | μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> |
| Bloco                             | 2  | 10,20 <sup>ns</sup> | 6,211 <sup>ns</sup>  | 3,177 <sup>ns</sup> | 97,811 <sup>ns</sup>   | 1,542***                             | 0,009 <sup>ns</sup>                 | 6,227 <sup>ns</sup>                  |
| Formas de adubação orgânica (F)   | 1  | 0,156 <sup>ns</sup> | 0,000 <sup>ns</sup>  | 0,070 <sup>ns</sup> | 365,560 <sup>ns</sup>  | 0,006 <sup>ns</sup>                  | 0,0005 <sup>ns</sup>                | 0,747 <sup>ns</sup>                  |
| Doses de adubação (D)             | 3  | 0,235 <sup>ns</sup> | 8,327 <sup>ns</sup>  | 0,027 <sup>ns</sup> | 983,882*               | 0,091 <sup>ns</sup>                  | 0,006 <sup>ns</sup>                 | 2,584 <sup>ns</sup>                  |
| Interação F x D                   | 3  | 0,531 <sup>ns</sup> | 11,099 <sup>ns</sup> | 0,280 <sup>ns</sup> | 716,856 <sup>ns</sup>  | 0,041 <sup>ns</sup>                  | 0,0008 <sup>ns</sup>                | 3,569 <sup>ns</sup>                  |
| Adicionais                        | 2  | 0,634 <sup>ns</sup> | 0,381 <sup>ns</sup>  | 0,199 <sup>ns</sup> | 665,254 <sup>ns</sup>  | 0,028 <sup>ns</sup>                  | 0,002 <sup>ns</sup>                 | 1,364 <sup>ns</sup>                  |
| Tratamentos                       | 9  | 0,414 <sup>ns</sup> | 6,560 <sup>ns</sup>  | 0,155 <sup>ns</sup> | 755,365*               | 0,051 <sup>ns</sup>                  | 0,003 <sup>ns</sup>                 | 2,437 <sup>ns</sup>                  |
| Resíduo                           | 18 | 0,254               | 8,442                | 0,170               | 284,333                | 0,085                                | 0,003                               | 2,423                                |
| CV (%)                            |    | 2,02                | 0,77                 | 1,39                | 8,06                   | 10,94                                | 18,77                               | 8,19                                 |
| Formas de adubação orgânica       |    |                     |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
| Líquida                           |    | 24,99               | 376,92               | 29,62               | 202,28                 | 2,65                                 | 0,30                                | 19,34                                |
| Sólida                            |    | 24,83               | 376,92               | 29,51               | 210,08                 | 2,68                                 | 0,31                                | 18,99                                |
| Doses de adubação (Kg de bokashi) |    |                     |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
| 550                               |    | 25,16               | 376,17               | 29,49               | 220,61                 | 2,71                                 | 0,33                                | 18,21                                |
| 1100                              |    | 24,98               | 376,56               | 29,61               | 212,94                 | 2,82                                 | 0,34                                | 19,65                                |
| 1650                              |    | 24,81               | 376,28               | 29,63               | 198,17                 | 2,61                                 | 0,29                                | 19,28                                |
| 2200                              |    | 24,71               | 378,67               | 29,52               | 193,00                 | 2,53                                 | 0,27                                | 19,53                                |
| Adicionais                        |    |                     |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
| Sem adubação                      |    | 25,60               | 376,89               | 29,34               | 227,56                 | 2,62                                 | 0,34                                | 18,27                                |
| NPK                               |    | 24,96               | 377,44               | 29,86               | 215,00                 | 2,80                                 | 0,31                                | 18,60                                |
| Média Geral                       |    | 24,98               | 376,97               | 29,57               | 209,20                 | 2,67                                 | 0,31                                | 19,02                                |

CV: coeficiente de variação; ns, \*\*\*, \*\* e \* respectivamente não significativos, significativo a p<0,0001, p<0,01 e p<0,05;

<sup>1</sup>Efeito linear para as doses de adubação (P = 0,0053);

1  
2  
3

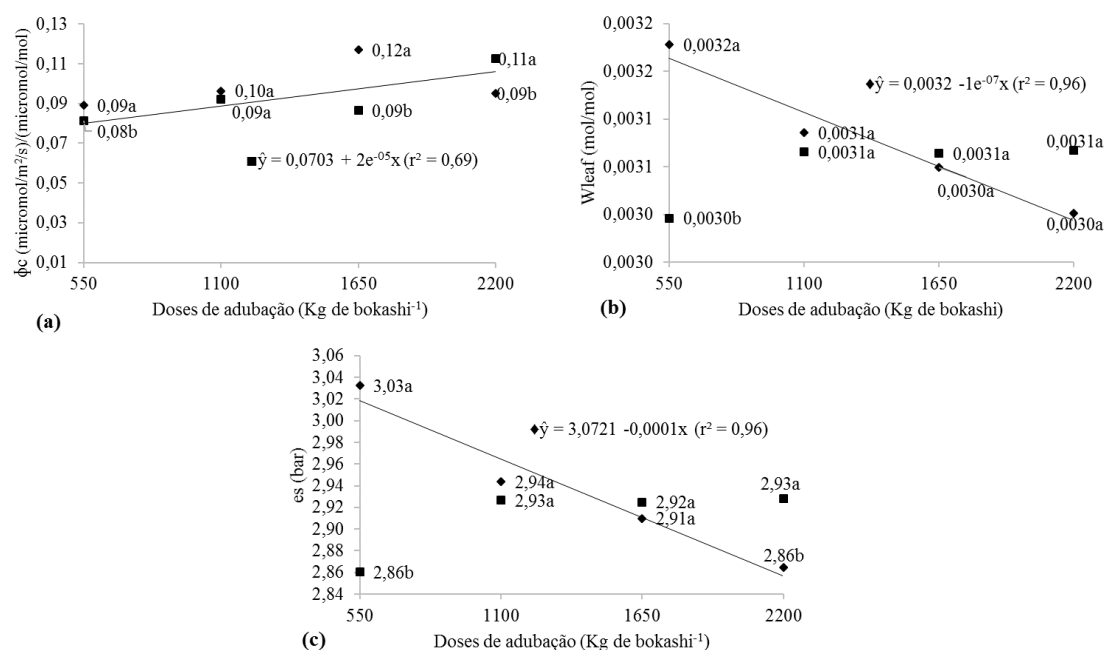
**Tabela 4.** Resumo da análise de variância na fase R7 para as variáveis, eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Wleaf), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (es) e resistência estomática ao vapor de água (rs) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Fonte de variação                 | GL | Quadrados Médios                                     |                       |                                             |                            |                         |                     |                       |
|-----------------------------------|----|------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                   |    | WUE                                                  | iWUE                  | $\phi_c^1$                                  | Ci/Ca <sup>2</sup>         | Wleaf <sup>3</sup>      | es <sup>4</sup>     | rs                    |
|                                   |    | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/(mol/m <sup>2</sup> /s) |                       | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/(micromol/mol) | micromol/m <sup>2</sup> /s | mol/mol                 | bar                 | m <sup>2</sup> *s/mol |
| Bloco                             | 2  | 6,793**                                              | 53,790 <sup>ns</sup>  | 0,0003 <sup>ns</sup>                        | 0,0007 <sup>ns</sup>       | 1,105e <sup>-7***</sup> | 0,098***            | 0,577 <sup>ns</sup>   |
| Formas de adubação orgânica (F)   | 1  | 0,468 <sup>ns</sup>                                  | 86,570 <sup>ns</sup>  | 0,0003 <sup>ns</sup>                        | 0,003 <sup>ns</sup>        | 5,542e <sup>-9ns</sup>  | 0,006 <sup>ns</sup> | 0,065 <sup>ns</sup>   |
| Doses de adubação (D)             | 3  | 0,983 <sup>ns</sup>                                  | 378,786 <sup>ns</sup> | 0,0004 <sup>ns</sup>                        | 0,007*                     | 3,202e <sup>-9ns</sup>  | 0,003 <sup>ns</sup> | 0,906 <sup>ns</sup>   |
| Interação F x D                   | 3  | 0,917 <sup>ns</sup>                                  | 183,073 <sup>ns</sup> | 0,0006*                                     | 0,005 <sup>ns</sup>        | 1,723e <sup>-8*</sup>   | 0,016*              | 0,123 <sup>ns</sup>   |
| Adicionais                        | 2  | 0,678 <sup>ns</sup>                                  | 189,778 <sup>ns</sup> | 0,0003 <sup>ns</sup>                        | 0,005 <sup>ns</sup>        | 6,735e <sup>-9ns</sup>  | 0,006 <sup>ns</sup> | 0,307 <sup>ns</sup>   |
| Tratamentos                       | 9  | 0,836 <sup>ns</sup>                                  | 239,078 <sup>ns</sup> | 0,0004*                                     | 0,006*                     | 8,925e <sup>-9ns</sup>  | 0,008 <sup>ns</sup> | 0,418 <sup>ns</sup>   |
| Resíduo                           | 18 | 0,541                                                | 132,045               | 0,0002                                      | 0,002                      | 5,084e <sup>-9</sup>    | 0,005               | 0,444                 |
| CV (%)                            |    | 10,12                                                | 18,03                 | 13,37                                       | 8,46                       | 2,32                    | 2,32                | 19,71                 |
| Formas de adubação orgânica       |    |                                                      |                       |                                             |                            |                         |                     |                       |
| Líquida                           |    | 7,50                                                 | 67,21                 | 0,10                                        | 0,54                       | 0,003                   | 2,94                | 3,49                  |
| Sólida                            |    | 7,22                                                 | 63,42                 | 0,09                                        | 0,56                       | 0,003                   | 2,91                | 3,39                  |
| Doses de adubação (Kg de bokashi) |    |                                                      |                       |                                             |                            |                         |                     |                       |
| 550                               |    | 6,96                                                 | 57,57                 | 0,08                                        | 0,59                       | 0,003                   | 2,95                | 3,19                  |
| 1100                              |    | 7,10                                                 | 59,59                 | 0,09                                        | 0,57                       | 0,003                   | 2,94                | 3,04                  |
| 1650                              |    | 7,53                                                 | 70,33                 | 0,10                                        | 0,53                       | 0,003                   | 2,92                | 3,72                  |
| 2200                              |    | 7,84                                                 | 73,77                 | 0,10                                        | 0,51                       | 0,003                   | 2,90                | 3,82                  |
| Adicionais                        |    |                                                      |                       |                                             |                            |                         |                     |                       |
| Sem adubação                      |    | 7,09                                                 | 53,80                 | 0,08                                        | 0,60                       | 0,003                   | 2,99                | 2,97                  |
| NPK                               |    | 6,67                                                 | 60,93                 | 0,09                                        | 0,57                       | 0,003                   | 2,95                | 3,31                  |
| Média Geral                       |    | 7,26                                                 | 63,73                 | 0,09                                        | 0,56                       | 0,003                   | 2,93                | 3,38                  |

CV: coeficiente de variação; ns, \*\*\*,\*\* e \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,0001$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup>Equação linear dentro do fator formas de adubação (sólida) ( $P = 0,0139$ ); <sup>2</sup>Efeito linear para as doses de adubação ( $P = 0,0059$ ); <sup>3</sup>Equação linear dentro do fator formas de adubação (líquido) ( $P = 0,0065$ ); <sup>4</sup>Equação linear dentro do fator formas de adubação (líquido) ( $P = 0,0066$ );

As diferentes doses de adubação com bokashi proporcionaram um decréscimo de acordo com seu aumento para concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Figura 2b) e pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (Figura 2c) na superfície foliar do feijão-caupi na forma líquida de adubação orgânica. Houve reduções de 2,92; 4,05 e 5,57% para concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar e 2,92; 4,04 e 5,54% para pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar aos 1.100; 1.650 e 2200 kg ha<sup>-1</sup> doses do fertilizante orgânico bokashi, respectivamente. No entanto, a forma sólida de adubação orgânica não afetou as variáveis, independentemente, da forma de adubação ( $P>0,05$ ).

**Figura 2.** Eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ) (a), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{\text{leaf}}$ ) (b) e pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) (c) da cultura do feijão sob diferentes doses de adubação e adubação orgânica, líquida (♦) e sólida (■), na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.



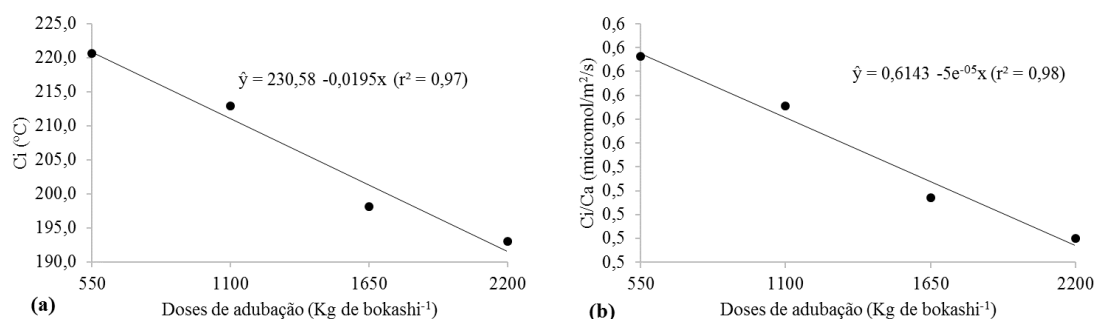
<sup>a,b</sup>Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste F ( $P<0,05$ ) para cada formas de adubação orgânica.

Analisando as formas de adubação orgânica, observa-se que a forma líquida apresentou maiores ( $p\leq 0,05$ ) valores médios de concentração de vapor de água saturado

na temperatura foliar de 0,0032 vs 0,030 mol/mol e pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar de 3,03 vs 2,86 bar na dose de 550 kg ha<sup>-1</sup> doses do fertilizante orgânico bokashi, respectivamente (Figura 2a;2b).

Houve efeito linear ( $p \leq 0,05$ ) das doses de adubação com bokashi na concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 3a) e concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Figura 3b) na superfície foliar do feijão-caupi.

**Figura 3.** Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci)(a) e concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca) (b) da cultura do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.



As diferentes doses de adubação com bokashi proporcionaram um decréscimo de acordo com seu aumento para na concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 3a) e concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Figura 3b) na superfície foliar do feijão-caupi. Houve reduções de -3,48; -10,17 e -12,52% para concentração interna de CO<sub>2</sub> e -3,53; -10,12 e -13,03% para concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> aos 1.100; 1.650 e 2200 kg ha<sup>-1</sup> doses do fertilizante orgânico bokashi, respectivamente.

Na Tabela 5 e 6 apresenta os valores médios da pressão do vapor de água (eref), CO<sub>2</sub> atmosférico (cref), temperatura instantânea foliar (Tleaf), concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A), eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\Phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Wleaf), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (es) e resistência estomática ao vapor de água (rs) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos

adicionais (NPK e Testemunha). Observa-se que o teste de *Dunnet* mostrou que houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos apenas para Ci (Tabela 5),  $\phi_c$  e Ci/Ca (Tabela 6).

**Tabela 5.** Valores médios da pressão do vapor de água ( $e_{ref}$ ),  $CO_2$  atmosférico ( $c_{ref}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{leaf}$ ), concentração interna de  $CO_2$  (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão-caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Tratamentos <sup>1</sup> |                       | $e_{ref}$ | $c_{ref}$    | $T_{leaf}$ | Ci                       | E                                  | gs   | A     |
|--------------------------|-----------------------|-----------|--------------|------------|--------------------------|------------------------------------|------|-------|
| F                        | D (Kg <sup>-1</sup> ) | mbar      | micromol/mol | °C         | $\mu\text{mol mol}^{-1}$ | $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ |      |       |
| Líquida                  | 550                   | 25,68     | 375,11       | 29,79      | 214,33                   | 2,73                               | 0,32 | 18,63 |
| Sólida                   | 550                   | 24,63     | 377,22       | 29,2       | 226,89                   | 2,68                               | 0,33 | 17,78 |
| Líquida                  | 1100                  | 24,94     | 378,11       | 29,77      | 212,22                   | 2,89                               | 0,34 | 19,98 |
| Sólida                   | 1100                  | 25,01     | 375,00       | 29,46      | 213,67                   | 2,74                               | 0,34 | 19,31 |
| Líquida                  | 1650                  | 24,77     | 377,00       | 29,6       | 180,78***                | 2,49                               | 0,27 | 20,15 |
| Sólida                   | 1650                  | 24,84     | 375,56       | 29,67      | 215,56                   | 2,73                               | 0,31 | 18,41 |
| Líquida                  | 2200                  | 24,58     | 377,44       | 29,32      | 201,78                   | 2,49                               | 0,28 | 18,60 |
| Sólida                   | 2200                  | 24,83     | 379,89       | 29,72      | 184,22***                | 2,57                               | 0,27 | 20,45 |
| NPK                      |                       | 24,96     | 377,44       | 29,86      | 215,00                   | 2,80                               | 0,31 | 18,60 |
| Sem adubação             |                       | 25,60     | 376,89       | 29,34      | 227,56                   | 2,62                               | 0,34 | 18,27 |

<sup>1</sup>Tratamentos: F = formas de adubação orgânica; D = doses de adubação com bokashi;

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de *Dunnet*.

Os tratamentos correspondentes pela combinação das formas de adubação líquida + dose de 1.650 kg<sup>-1</sup> de bokashi e adubação sólida + dose de 2.200 kg<sup>-1</sup> de bokashi apresentaram menores ( $p \leq 0,05$ ) valores médios de Ci em relação ao tratamento testemunha (sem adubação), 180,78 vs 227,56 e 184,22 vs 227,56  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 5). De modo que, à redução do influxo de  $CO_2$  para cavidade subestomática, está relacionada ao fechamento parcial dos estômatos, sendo o  $CO_2$  melhor aproveitado pela para atividade da Ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase (MACHADO et al., 2005; SILVA et al., 2014; BERTINO et al., 2015), ocasionando maior produção de assimilados, melhor enchimento das vagens e consequentemente a produção de sementes.

Silva et al. (2016), avaliando a Ci em diferentes técnicas de produção do feijão-caupi, com esterco bovino e adubação fosfatada, observou diferença entre as técnicas nos valores entre 160 e 200  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , respectivamente. Ferraz et al. (2012), avaliaram a Ci em plantas de feijão-caupi, no horário de 10h às 11h, verificando valores mais expressivos: 277  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  e 289,6  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ .

As adubações líquida + dose de 1.650 kg<sup>-1</sup> de bokashi e sólida + dose de 2.200 kg<sup>-1</sup> de bokashi apresentaram maiores ( $p \leq 0,05$ ) valores médios de  $\phi c$  em relação ao tratamento testemunha (sem adubação), 0,12 vs 0,08 e 0,11 vs 0,08 (micromol/m<sup>2</sup>/s)/(micromol/mol), respectivamente. Por outro lado, o tratamento testemunha apresentou maior ( $p \leq 0,05$ ) valor médio de Ci/Ca em relação as combinações das formas de adubação líquida + dose de 1.650 kg<sup>-1</sup> de bokashi e sólida + dose de 2.200 kg<sup>-1</sup> de bokashi, 0,60 vs 0,48 e 0,60 vs 0,49 micromol/m<sup>2</sup>/s, respectivamente (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios da eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi c$ ), concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Wleaf), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (es) e resistência estomática ao vapor de água (rs) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R7. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Tratamentos <sup>1</sup> |                       | WUE                                                      | iWUE                                        | $\phi c$                                    | Ci/Ca                      | Wleaf   | es   | rs                    |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|---------|------|-----------------------|
| F                        | D (Kg <sup>-1</sup> ) | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/<br>(mol/m <sup>2</sup> /s) | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/(micromol/mol) | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/(micromol/mol) | micromol/m <sup>2</sup> /s | mol/mol | bar  | m <sup>2</sup> *s/mol |
| Líquida                  | 550                   | 7,17                                                     | 60,28                                       | 0,09                                        | 0,57                       | 0,003   | 3,03 | 3,26                  |
| Sólida                   | 550                   | 6,75                                                     | 54,86                                       | 0,08                                        | 0,60                       | 0,003   | 2,86 | 3,11                  |
| Líquida                  | 1100                  | 7,05                                                     | 60,08                                       | 0,10                                        | 0,56                       | 0,003   | 2,94 | 3,00                  |
| Sólida                   | 1100                  | 7,16                                                     | 59,10                                       | 0,09                                        | 0,57                       | 0,003   | 2,93 | 3,07                  |
| Líquida                  | 1650                  | 8,19                                                     | 79,19                                       | 0,12***                                     | 0,48***                    | 0,003   | 2,91 | 3,96                  |
| Sólida                   | 1650                  | 6,88                                                     | 61,47                                       | 0,09                                        | 0,57                       | 0,003   | 2,92 | 3,47                  |
| Líquida                  | 2200                  | 7,59                                                     | 69,31                                       | 0,09                                        | 0,53                       | 0,003   | 2,86 | 3,75                  |
| Sólida                   | 2200                  | 8,10                                                     | 78,23                                       | 0,11***                                     | 0,49***                    | 0,003   | 2,93 | 3,90                  |
| NPK                      |                       | 6,67                                                     | 60,93                                       | 0,09                                        | 0,57                       | 0,003   | 2,95 | 3,31                  |
| Sem adubação             |                       | 7,09                                                     | 53,80                                       | 0,08                                        | 0,60                       | 0,003   | 2,99 | 2,97                  |

<sup>1</sup>Tratamentos: F = formas de adubação orgânica; D = doses de adubação com bokashi;

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de *Dunnet*.

Os resultados obtidos para  $\phi c$  corroboram com os encontrados por Gondim et al. (2015), os autores submeteram plantas de *Beta vulgaris* L. a doses de esterco bovino e concluíram que o insumo promoveu melhorias consideráveis na maioria das variáveis relacionadas a trocas gasosas, entre elas a eficiência instantânea de carboxilação. Demonstrando, assim, a importância da adubação orgânica no solo para o aumento da  $\phi c$ .

Através da relação Ci/Ca é possível constatar a eficiência ou ineficiência das reações metabólicas de fixação de carbono, sendo que quanto mais se aproximar de 1,0,



menos eficiente é esse processo, em razão de problemas na maquinaria fotossintética (Jacinto Júnior et al., 2019). Os resultados obtidos para  $C_i/C_a$  no presente trabalho estão distantes do valor acima citado, apresentando eficiência a resposta fotossintética.

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância na fase R9 para as variáveis, pressão do vapor de água (eref), CO<sub>2</sub> atmosférico (cref), temperatura instantânea foliar (Tleaf), concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Fonte de variação                 | GL | Quadrados Médios    |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
|-----------------------------------|----|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
|                                   |    | eref                | cref                 | Tleaf               | CI                     | E                                    | gs <sup>1</sup>                     | A                                    |
|                                   |    | mbar                | micromol/mol         | °C                  | μmol mol <sup>-1</sup> | mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> | mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> | μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> |
| Bloco                             | 2  | 9,437**             | 14,400 <sup>ns</sup> | 72,919***           | 3792,678***            | 3,378***                             | 0,100***                            | 30,875**                             |
| Formas de adubação orgânica (F)   | 1  | 2,449 <sup>ns</sup> | 8,167 <sup>ns</sup>  | 18,375**            | 1048,963*              | 0,772*                               | 0,029**                             | 2,441 <sup>ns</sup>                  |
| Doses de adubação (D)             | 3  | 0,028 <sup>ns</sup> | 3,660 <sup>ns</sup>  | 1,457 <sup>ns</sup> | 380,370 <sup>ns</sup>  | 0,017 <sup>ns</sup>                  | 0,009*                              | 1,123 <sup>ns</sup>                  |
| Interação F x D                   | 3  | 1,081 <sup>ns</sup> | 4,944 <sup>ns</sup>  | 0,174 <sup>ns</sup> | 169,481 <sup>ns</sup>  | 0,018 <sup>ns</sup>                  | 0,0007 <sup>ns</sup>                | 1,073 <sup>ns</sup>                  |
| Adicionais                        | 2  | 0,684 <sup>ns</sup> | 24,574**             | 3,430 <sup>ns</sup> | 646,831 <sup>ns</sup>  | 0,046 <sup>ns</sup>                  | 0,015*                              | 1,401 <sup>ns</sup>                  |
| Tratamentos                       | 9  | 0,794 <sup>ns</sup> | 9,237 <sup>ns</sup>  | 3,347*              | 443,576 <sup>ns</sup>  | 0,105 <sup>ns</sup>                  | 0,010*                              | 1,314 <sup>ns</sup>                  |
| Resíduo                           | 18 | 0,841               | 4,272                | 1,129               | 229,842                | 0,118                                | 0,003                               | 3,640                                |
| CV (%)                            |    | 3,54                | 0,55                 | 3,49                | 6,34                   | 11,67                                | 16,42                               | 11,83                                |
| Formas de adubação orgânica       |    |                     |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
| Líquida                           |    | 25,64               | 376,11               | 29,60 <sup>b</sup>  | 244,94 <sup>a</sup>    | 2,78 <sup>b</sup>                    | 0,39 <sup>a</sup>                   | 16,55                                |
| Sólida                            |    | 26,28               | 374,94               | 31,35 <sup>a</sup>  | 231,72 <sup>b</sup>    | 3,14 <sup>a</sup>                    | 0,31 <sup>b</sup>                   | 15,91                                |
| Doses de adubação (Kg de bokashi) |    |                     |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
| 550                               |    | 25,88               | 375,11               | 29,84               | 244,61                 | 2,89                                 | 0,40                                | 16,74                                |
| 1100                              |    | 26,04               | 374,72               | 30,33               | 244,83                 | 2,96                                 | 0,36                                | 15,82                                |
| 1650                              |    | 25,92               | 376,50               | 30,84               | 228,28                 | 2,98                                 | 0,31                                | 16,45                                |
| 2200                              |    | 25,98               | 375,78               | 30,89               | 235,61                 | 3,01                                 | 0,33                                | 15,93                                |
| Adicionais                        |    |                     |                      |                     |                        |                                      |                                     |                                      |
| Sem adubação                      |    | 25,44               | 378,56               | 29,27               | 256,44                 | 2,79                                 | 0,43                                | 16,15                                |
| NPK                               |    | 25,40               | 378,89               | 31,39               | 227,89                 | 3,01                                 | 0,29                                | 15,21                                |
| Média Geral                       |    | 25,85               | 376,17               | 30,45               | 239,10                 | 2,95                                 | 0,35                                | 16,12                                |

1 CV: coeficiente de variação; ns, \*\*\*, \*\* e \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,0001$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>a,b</sup>Médias seguidas por diferentes letras minúsculas,  
2 na mesma coluna, diferem de acordo com o teste F a 5% de probabilidade para cada forma de adubação orgânica; <sup>1</sup>Efeito linear para as doses de adubação ( $P = 0,0179$ );

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância na fase R9 para as variáveis, eficiência de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Wleaf), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (es) e resistência estomática ao vapor de água (rs) da cultura do feijão caupi com formas de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Fonte de variação                 | GL | Quadrados Médios                                     |                      |                                             |                            |                                    |                     |                       |
|-----------------------------------|----|------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                   |    | WUE                                                  | iWUE <sup>1</sup>    | $\phi_c$                                    | Ci/Ca                      | Wleaf                              | es                  | rs <sup>2</sup>       |
|                                   |    | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/(mol/m <sup>2</sup> /s) |                      | (micromol/m <sup>2</sup> /s)/(micromol/mol) | micromol/m <sup>2</sup> /s | mol/mol                            | bar                 | m <sup>2</sup> *s/mol |
| Bloco                             | 2  | 19,506***                                            | 1385,510***          | 0,0007**                                    | 0,025***                   | 1,384e <sup>-6</sup> ***           | 1,279***            | 7,841***              |
| Formas de adubação orgânica (F)   | 1  | 4,016*                                               | 422,849**            | 0,00003 <sup>ns</sup>                       | 0,007*                     | 3,446e <sup>-7</sup> **            | 0,327**             | 1,967**               |
| Doses de adubação (D)             | 3  | 0,294 <sup>ns</sup>                                  | 179,253*             | 0,00005 <sup>ns</sup>                       | 0,003 <sup>ns</sup>        | 1,416e <sup>-8</sup> <sup>ns</sup> | 0,013 <sup>ns</sup> | 0,692*                |
| Interação F x D                   | 3  | 0,444 <sup>ns</sup>                                  | 57,993 <sup>ns</sup> | 0,00007 <sup>ns</sup>                       | 0,001 <sup>ns</sup>        | 2,917e <sup>-8</sup> <sup>ns</sup> | 0,026 <sup>ns</sup> | 0,058 <sup>ns</sup>   |
| Adicionais                        | 2  | 0,354 <sup>ns</sup>                                  | 289,584**            | 0,00004 <sup>ns</sup>                       | 0,004 <sup>ns</sup>        | 4,368e <sup>-8</sup> <sup>ns</sup> | 0,041 <sup>ns</sup> | 1,353**               |
| Tratamentos                       | 9  | 0,771 <sup>ns</sup>                                  | 190,417**            | 0,00005 <sup>ns</sup>                       | 0,003 <sup>ns</sup>        | 6,245e <sup>-8</sup> <sup>ns</sup> | 0,059 <sup>ns</sup> | 0,771**               |
| Resíduo                           | 18 | 0,736                                                | 44,523               | 0,00013                                     | 0,001                      | 3,638e <sup>-8</sup>               | 0,033               | 0,213                 |
| CV (%)                            |    | 15,02                                                | 13,34                | 16,69                                       | 6,07                       | 5,84                               | 5,84                | 11,480                |
| Formas de adubação orgânica       |    |                                                      |                      |                                             |                            |                                    |                     |                       |
| Líquida                           |    | 6,14 <sup>a</sup>                                    | 45,68 <sup>b</sup>   | 0,07                                        | 0,65 <sup>a</sup>          | 0,0032 <sup>b</sup>                | 3,02 <sup>b</sup>   | 2,87 <sup>a</sup>     |
| Sólida                            |    | 5,32 <sup>b</sup>                                    | 54,07 <sup>a</sup>   | 0,07                                        | 0,62 <sup>b</sup>          | 0,0034 <sup>a</sup>                | 3,25 <sup>a</sup>   | 3,44 <sup>b</sup>     |
| Doses de adubação (Kg de bokashi) |    |                                                      |                      |                                             |                            |                                    |                     |                       |
| 550                               |    | 6,02                                                 | 44,78                | 0,07                                        | 0,65                       | 0,003                              | 3,07                | 2,75                  |
| 1100                              |    | 5,50                                                 | 46,05                | 0,07                                        | 0,65                       | 0,003                              | 3,14                | 3,00                  |
| 1650                              |    | 5,74                                                 | 56,48                | 0,07                                        | 0,61                       | 0,003                              | 3,17                | 3,48                  |
| 2200                              |    | 5,65                                                 | 52,20                | 0,07                                        | 0,63                       | 0,003                              | 3,18                | 3,39                  |
| Adicionais                        |    |                                                      |                      |                                             |                            |                                    |                     |                       |
| Sem adubação                      |    | 5,96                                                 | 40,76                | 0,06                                        | 0,68                       | 0,003                              | 2,96                | 2,64                  |
| NPK                               |    | 5,30                                                 | 60,37                | 0,07                                        | 0,60                       | 0,003                              | 3,15                | 3,96                  |
| Média Geral                       |    | 5,71                                                 | 50,01                | 0,07                                        | 0,64                       | 0,003                              | 3,12                | 3,18                  |

CV: coeficiente de variação; ns, \*\*\*, \*\* e \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,0001$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>a,b</sup>Médias seguidas por diferentes letras minúsculas, na mesma coluna, diferem de acordo com o teste F a 5% de probabilidade para cada forma de adubação orgânica; <sup>1</sup>Efeito linear para as doses de adubação ( $P = 0,0151$ ); <sup>2</sup>Efeito linear para as doses de adubação ( $P = 0,0108$ );

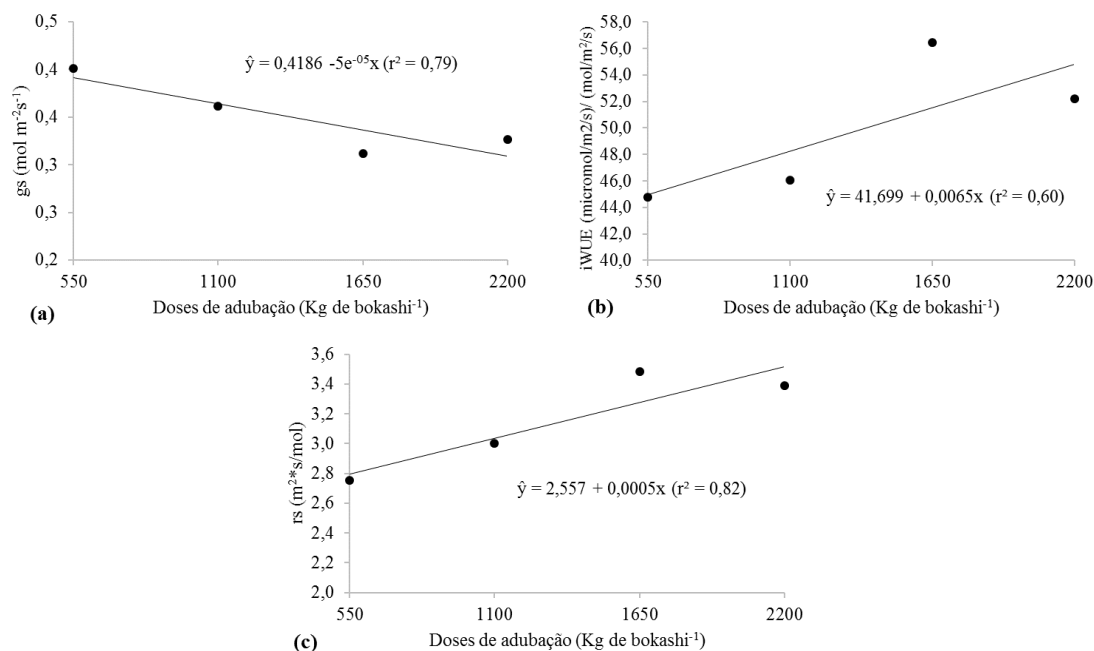
A resposta fisiológica das plantas de feijão-caupi sob as dosagens de adubo bokashi estudados para condutância estomática, foi descrita por um modelo linear na fase R9 (Figura 4a). Acrescenta-se que os valores médios de condutância estomática para plantas C<sub>3</sub> variaram de 0,21 a 0,4 mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Taiz e Zeiger, 2017), estando a gs do presente trabalho dentro da normalidade para o feijão-caupi, deste modo, não houve restrição em nível de estômato, as plantas de feijoeiro conseguiram manter uma taxa fotossintética elevada. Corroborando com este trabalho, Prazeres et al. (2015), observaram que a condutância estomática dos genótipos de feijão-caupi ao menor nível de salinidade da água e às doses de potássio são semelhantes.

O decréscimo da condutância estomática ocorrido na dosagem de 2200 kg ha<sup>-1</sup> de bokashi não limitou as trocas gasosas. Sendo a gs o principal meio de trocas gasosas entre a atmosfera e o interior celular, é de suma importância que essa atividade seja monitorada, para se entender os processos fisiológicos e para que o produtor entenda a relação adubação x cultura e assim defina a condução da lavoura.

Santos (2016), verificou, em experimento realizado a campo, que plantas de feijão cultivar Gurgutuba, adubadas com esterco bovino, obtiveram valores de gs superiores a 0,21 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> e quando adubadas com esterco caprino mais 10% de adubo foliar organomineral valores 0,11 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Trabalho realizado em campo e em casa de vegetação para correlacionar trocas gasosas com o enchimento dos grãos nos estádios V4, R6 e R7, apontou que valores de gs no experimento em campo foram menores que os da casa de vegetação (SILVA et al., 2016).

Para eficiência intrínseca do uso da água, que reflete o comportamento geral da planta ao longo do tempo em relação ao uso da água, a tendência pode ser descrita por modelo linear crescente, à medida que aumentou a dosagem de adubo bokashi para feijão-caupi (Figura 4b). Maiores eficiências intrínsecas no uso da água garantem maiores absorções de CO<sub>2</sub> com mínimas perdas de água (Taiz et al. 2017). Estes resultados estão de acordo com Alves e Julliat (2018), que afirmam que o aumento da iWUE ocorre devido à manutenção da taxa fotossintética da planta, mesmo ocorrendo o fechamento parcial dos estômatos.

**Figura 4.** Condutância estomática (gs) (a), eficiência intrínseca do uso de água (Iwue) (b) e resistência estomática ao vapor de água (rs) (c) da cultura do feijão sob diferentes doses de adubação na fase R9. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.



Quanto a resposta fisiológica a resistência estomática ao vapor de água nas folhas do feijão-caupi, pode-se observar que houve um acréscimo conforme aumentou-se as doses de adubo bokashi (Figura 4c). O aumento da rs demonstra maior necessidade evaporativa da planta, havendo mudanças na abertura estomática, reduzindo a absorção de  $\text{CO}_2$  limitando, assim a atividade fotossintética.

Verificou-se que as reduções constatadas pela rs das plantas com dosagem de 550 e  $1100 \text{ kg ha}^{-1}$ , viabilizaram maior gs. Os estômatos são responsáveis pelo controle das trocas gasosas, a elevação da gs exerce influência no  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar, promovendo maiores taxas de assimilação de  $\text{CO}_2$ .

Os valores médios apresentados nas tabelas 9 e 10 são referentes a pressão do vapor de água ( $e_{\text{ref}}$ ),  $\text{CO}_2$  atmosférico ( $c_{\text{ref}}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{\text{leaf}}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), transpiração ( $E$ ), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida ( $A$ ), eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar ( $W_{\text{leaf}}$ ), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar ( $e_s$ ) e resistência estomática ao vapor de água (rs) da

cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha). Observa-se que o teste de *Dunnet* mostrou que houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos apenas para Ci e gs (Tabela 9), WUE, Ci/Ca e rs (Tabela 10).

**Tabela 9.** Valores médios ( $\pm$ SD) da pressão do vapor de água ( $e_{ref}$ ),  $CO_2$  atmosférico ( $c_{ref}$ ), temperatura instantânea foliar ( $T_{leaf}$ ), concentração interna de  $CO_2$  (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese líquida (A) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R9. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Tratamentos <sup>1</sup> |                       | $e_{ref}$ | $c_{ref}$    | $T_{leaf}$ | CI                       | E                                  | gs      | A     |
|--------------------------|-----------------------|-----------|--------------|------------|--------------------------|------------------------------------|---------|-------|
| F                        | D (Kg <sup>-1</sup> ) | mbar      | micromol/mol | °C         | $\mu\text{mol mol}^{-1}$ | $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ |         |       |
| Líquida                  | 550                   | 25,11     | 376,56       | 28,82      | 246,11                   | 2,68                               | 0,42    | 17,32 |
| Sólida                   | 550                   | 26,66     | 373,67       | 30,86      | 243,11                   | 3,10                               | 0,38    | 16,16 |
| Líquida                  | 1100                  | 25,59     | 375,89       | 29,37      | 247,67                   | 2,74                               | 0,41    | 16,60 |
| Sólida                   | 1100                  | 26,49     | 373,56       | 31,30      | 242,00                   | 3,17                               | 0,32    | 15,05 |
| Líquida                  | 1650                  | 25,62     | 376,78       | 29,96      | 237,78                   | 2,80                               | 0,34    | 16,34 |
| Sólida                   | 1650                  | 26,22     | 376,22       | 31,72      | 218,78***                | 3,16                               | 0,28*** | 16,55 |
| Líquida                  | 2200                  | 26,22     | 375,22       | 30,26      | 248,22                   | 2,90                               | 0,37    | 15,96 |
| Sólida                   | 2200                  | 25,73     | 376,33       | 31,52      | 223,00                   | 3,13                               | 0,28*** | 15,89 |
| NPK                      |                       | 25,40     | 378,89       | 31,39      | 227,89                   | 3,01                               | 0,29*** | 15,21 |
| Sem adubação             |                       | 25,44     | 378,56       | 29,27      | 256,44                   | 2,79                               | 0,43    | 16,15 |

<sup>1</sup>Tratamentos: F = formas de adubação orgânica; D = doses de adubação com bokashi;

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Os tratamentos correspondentes pela combinação das formas de adubação sólida + dose de  $1.650 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi apresentaram menores ( $p \leq 0,05$ ) valores médios de Ci em relação ao tratamento testemunha (sem adubação), 218,78 vs 256,44  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 9), porém este valor está dentro do apresentado na literatura entre as plantas  $C_3$  (200 e 250  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) (Taiz e Zeiger, 2017).

Para gs os tratamentos correspondentes pela combinação das formas de adubação sólida + dose de  $1.650 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi e adubação sólida + dose de  $2.200 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi e a adição de NPK apresentaram menores ( $p \leq 0,05$ ) valores médios em relação ao tratamento testemunha (sem adubação), 0,28 vs 0,43, 0,28 vs 0,43 e 0,29 vs 0,43  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 9), todavia, os valores estão dentro da média para planta  $C_3$  0,21 a 0,4  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Taiz e Zeiger, 2017).

**Tabela 10.** Valores médios ( $\pm$ SD) da eficiência instantânea de uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso de água (iWUE), eficiência instantânea de carboxilação ( $\phi_c$ ), concentração intercelular e extracelular de  $\text{CO}_2$  (Ci/Ca), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (Wleaf), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (es) e resistência estomática ao vapor de água (rs) da cultura do feijão caupi com formas (F) de adubação orgânica em diferentes doses de adubação (D) e dois tratamentos adicionais (NPK e Testemunha) na fase R9. PPGCAG/CCHSA/UFPB, Bananeiras, PB, 2019.

| Tratamentos  |                        | WUE                                                                          | iWUE                                                                   | $\phi_c$ | Ci/Ca                               | Wleaf                   | es   | rs                              |
|--------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------|-------------------------|------|---------------------------------|
| F            | D ( $\text{Kg}^{-1}$ ) | ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )/( $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) | ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )/( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ) |          | $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ | $\text{mol}/\text{mol}$ | bar  | $\text{m}^2\text{s}/\text{mol}$ |
| Líquida      | 550                    | 6,67                                                                         | 43,55                                                                  | 0,07     | 0,65                                | 0,0030                  | 2,89 | 2,57                            |
| Sólida       | 550                    | 5,37                                                                         | 46,00                                                                  | 0,07     | 0,65                                | 0,0034                  | 3,25 | 2,93                            |
| Líquida      | 1100                   | 6,11                                                                         | 43,83                                                                  | 0,07     | 0,66                                | 0,0031                  | 2,99 | 2,74                            |
| Sólida       | 1100                   | 4,88                                                                         | 48,27                                                                  | 0,07     | 0,65                                | 0,0034                  | 3,28 | 3,26                            |
| Líquida      | 1650                   | 6,02                                                                         | 51,22                                                                  | 0,07     | 0,63                                | 0,0032                  | 3,05 | 3,19                            |
| Sólida       | 1650                   | 5,46***                                                                      | 61,73                                                                  | 0,08     | 0,58***                             | 0,0034                  | 3,28 | 3,77***                         |
| Líquida      | 2200                   | 5,74                                                                         | 44,12                                                                  | 0,07     | 0,66                                | 0,0033                  | 3,15 | 2,97                            |
| Sólida       | 2200                   | 5,56***                                                                      | 60,29                                                                  | 0,07     | 0,59                                | 0,0033                  | 3,20 | 3,81***                         |
| NPK          |                        | 5,30***                                                                      | 60,37                                                                  | 0,07     | 0,60                                | 0,0033                  | 3,15 | 3,96***                         |
| Sem adubação |                        | 5,96                                                                         | 40,76                                                                  | 0,06     | 0,68                                | 0,0031                  | 2,96 | 2,64                            |

<sup>1</sup>Tratamentos: F = formas de adubação orgânica; D = doses de adubação com bokashi;

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Os tratamentos correspondentes pela combinação das formas de adubação sólida + dose de  $1.650 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi e adubação líquida + dose de  $2.200 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi e tratamento adicional com NPK apresentaram menores ( $p \leq 0,05$ ) valores médios de WUE em relação ao tratamento testemunha (sem adubação), 5,46 vs 5,96, 5,56 vs 5,96 e 5,30 vs 5,96 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )/( $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ), respectivamente (Tabela 10).

A variável WUE é a relação entre a fotossíntese e a transpiração, de forma que os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa, por cada unidade de água que perde (JAIMEZ et al., 2005). Assim, o fechamento parcial dos estômatos provoca aumento na WUE pela alta taxa fotossintética, resultando em maior acúmulo de fitomassa por unidade de água transpirada (GABRIEL, et al., 2013). Souza et al. (2016), avaliando as trocas gasosas do feijão *Vigna unguiculata* L. cultivar BRS Pujante sob níveis de água disponível no solo, cobertura morta e sem cobertura, observaram que a WUE respondeu de forma decrescente em função do aumento da água disponível com valor de 3,24 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )/( $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ), apresentando valor médio inferior ao encontrado nesta pesquisa.

A adubação sólida + dose de  $1.650 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi apresentou menor ( $p \leq 0,05$ ) valor médio de  $C_i/C_a$  em relação ao tratamento testemunha (sem adubação), 0,58 vs 0,68  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . De outra forma, o tratamento testemunha apresentou menor ( $p \leq 0,05$ ) valor médio de  $r_s$  em relação as combinações das formas de adubação sólida + dose de  $1.650 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi, sólida + dose de  $2.200 \text{ kg}^{-1}$  de bokashi e dosagem de NPK, 3,77 vs 2,64, 3,81 vs 2,64 e 3,96 vs 2,64  $\text{m}^2 \cdot \text{s}/\text{mol}$ , respectivamente (Tabela 10).

O comportamento dos dados de  $g_s$  e  $CI$ , estão interligados com a resistência estomática. O aumento da  $r_s$  acarreta a diminuição da condutância estomática e consequentemente, menor assimilação de  $\text{CO}_2$  (Tabela 9 e 10). Corroborando com a tabela 6 na fase R7, a relação  $C_i/C_a$ , apresentou menor média se comparada com a testemunha, para eficiência fotossintética.



## CONCLUSÃO

Recomenda-se ao agricultor na forma líquida de adubação com bokashi a dosagem de 1650 Kg ha<sup>-1</sup>, e na forma de adubação sólida a dosagem de 2200 Kg ha<sup>-1</sup> de bokashi.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-SOLIS, J. D.; MENDOZA-NUNEZ, J. A.; LEÓN-MARTINEZ, N. S.; CASTELANOS-ALBORES, J. C.; GUTIÉRREZ-MICELI, F. A. Effect of bokashi and vermicompost leachate on yield and quality of pepper (*Capsicum annuum*) and onion (*Allium cepa*) under monoculture and intercropping cultures. **Cien. Inv. Agr.**v. 43, n. 2, p. 243-252. 2016.

ALVES, V. M.; JULIATTI, F. C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.3, p.245-251, 2018.

ANJOS, D. N.; ALVES, S. V.; ALVES, S. S. V.; CAVACANTI, M. L.; DEMARTELAERE, A. C. F.; VASCONCELOS, R. C.; MENDES, H. T. A.; CANGUSSU, A. C. V. Trocas gasosas em plantas de feijoeiro submetidas a fitorreguladores. NPK e micronutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 10, n 19, p 179-1802, 2014.

BARBOSA, E. A. A.; DIGNER, E.; TEXEIRA, W. Z.; OTTO, R. F.; OSHE, S. Potencial de água no solo e fertirrigação nitrogenada na produção e trocas gasosas da alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.13, nº.3, p. 3444 - 3453, 2019 ISSN 1982-7679.

BERTINO, A. M. P. et al. Growth and gas exchange of okra under irrigation, organic fertilization and cover of soil. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.10, n.40, p.3832-3839, 2015.

FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E da S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, abr./jun. 2012.

GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; SILVA, M. R. da; SILVA, S. D. da. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 90-98, 2013.

GONDIM, A. R. O.; SANTOS, J. L. G.; LIRA, R. P.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, F. H. F. Atividade fotossintética da beterraba submetidas a adubação mineral e esterco bovino. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n.2, p. 61 - 65, abr-jun, 2015.

HOMA, S. K. **Efeito do manejo alternativo sobre a decomposição do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de tangor “murcott”**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistema) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, .84, 2005).

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platin cv. Hartón (Musa AAB) under different soil water conditions in a humidtropical region. **Scientia Horticulturae**, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161- 1170, 2005.

MANABE, P. M. S.; MATOS, C. da C.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; MANABE, A.; SILVA, A. F.; ROCHA, P. R. R.; GALON, L. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1721-1728, Nov./Dec. 2014.

MELO, P. T. B. S.; SCHICH, L. O. B.; ASSIS, F. N. de.; CONCENÇO, G.. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 37-43, 2006.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n.3, 413-422, 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786343047>.

PARON, M. E.; GOME, G. A. C.; MENDES, C. A. P.; COSTA, A. A.; LIMA, G. V.; SILVA, M. D da.; PROENÇA, T. A. Efeito de bokashi e farinha de peixe na produção de sementes de tomate para o sistema orgânico. In: Congresso Latino Americano de Agroecologia, **Anais...** Argentina: [S.n.], 2015.

PEREIRA, L. B.; ORIVALDO, Arf.; SANTOS, N. C.B. S.; OLIVEIRA, A.E.Z.; KOMURO, L.K. **Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico**. Pesquisa Agropecuária Tropical Goiânia, v. 45, n. 1, p. 29-38, jan./mar. 2015.

PESSOA, U. C. M.; OLIVEIRA, K. J.A de; SOUZA, A dos S.; PIMENTA, T. A.; MUNIZZ, R. V. da S.; ARAÚJO NETO, A. G. de. Desempenho fisiológicos e crescimento do feijão-caupi, sob manejos de plantas daninhas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n. 2, p. 246-250, 2017.

PINTO, L. P.; KORBER, A. H. C.; NEIVERTH, A.; TAMBER, R.; RECKZIEGL, J. E.; FIDLE, K. Aplicação de diferentes doses de adubo orgânico do tipo bokashi em duas variedades de alface *Lactuca sativa* L. **Revista Desafios**, v. 04, n. 04, 2017.

PRAZERES, S. da S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V., ARAUJO, I. C. da S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 111-118, abril-junho, 2015.

QUADROS, B. R.; CORRÊA, C. V.; MAGRO, F. O. CARDOSO, A. I. I. Influência de composto orgânico e fósforo sobre sementes de alface. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n 1, p. 2511-2518, 2012.

SAITER, O.; OLIVEIRA, L. A A.; FERNANDES, M do C. A.; OLIVEIRA, E. A. G.; RIBAS, D. B. Efeito do adubo orgânico fermentado tipo bokashi no desempenho agrônomo da cultura de chicória (*Cichorium endivia*) microbacina de Rio Bengalas -

Teresópolis – RJ. In: Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

SANTOS, A. L. F.; MECI, I. A.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. Eficiência fotossintética e produtiva de milho safrinha em função de épocas de semeadura e populações de plantas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 4, p. 52-60, out./dez. 2018. ISSN 2358-6303.

SANTOS, E. M. dos. **Produção e qualidade da variedade local de feijão Gurgutuba em resposta a diferentes adubações**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar) –Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 104, 2016).

SILVA, A. da; BRITO, M. E. B; FRADE, L. J. G; NOBRE, R. G.; COSTA, F. B. da; MELO, A., S; SILVA, L de A. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Rev. Ambient. Água** vol. 11 n. 3 Taubaté – July / Sep. 2016.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, Botucatu, v.18, n.2, p.304-317, 2013.

SILVA, L. P. RAMOS, M. L. G.; CRUZ, A. F; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RODRIGUES, G.; OLIVEIRA, S. A.; CALBO, M. E. Fotossíntese em diferentes genótipos de feijoeiro. **Agroecossistemas**, v. 8, n. 1, p. 20 – 40, 2016.

SIQUEIRA, A. P. P., SIQUEIRA, M. F. B. Bokashi: adubo orgânico fermentado. Niterói: Programa Rio Rural (Manual Técnico 40), p. 16, 2013.

SOUSA, G. G.; VIANA, V. A.; L LACERDA, C. F.; AEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agroambiente**, v. 8, n. 3, p., 359-367, setembro-dezembro, 2014.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.

SOUZA, T. M. A. Crescimento e trocas gasosas do feijão caupi cv. brs pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 796-805, outubro-dezembro, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6.ed. 2017.

TOMINAGA, J.; SHIMADA, H.; KAWAMITSU, Y. Direct measurement of intercellular CO<sub>2</sub> concentration in a gasexchange system resolves overestimation using the standard method. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 8, p. 1981–1991, 2018. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery044>.