

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO CAUPI
SOLTEIRO E EM CONSORCIO COM A CULTURA DO
MILHETO.**

Leandro Barbosa de Oliveira

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI
SOLTEIRO E EM CONSORCIO COM A CULTURA DO
MILHETO.**

LEANDRO BARBOSA DE OLIVEIRA

Sob a Orientação do Professor

Carlos Pimetel.

e Co-orientação do Professor

Leonardo Médici

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. Área de Concentração em Fisiologia da Produção.

Seropédica, RJ
Março de 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

LEANDRO BARBOSA DE OLIVEIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-graduação em Fitotecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM / /

Carlos Pimetel (Dr.) UFRRJ

(Orientador)

Gustavo Ribeiro Xavier (Dr.) CNPAB-EMBRAPA

Jerri Édson Zilli (Dr.) CNPAB-EMBRAPA

Jorge Jacob Neto (Dr.) UFRRJ

Luiz Beja Moreira (Dr.) UFRRJ

DEDICATÓRIA

À Deus, aos meus pais (Maria Kátia Bispo Barbosa; Silvestre Barbosa de Oliveira), e minha avó Laura Gomes Bispo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua força, que fez com que eu amadurecesse neste trabalho.

À minha família, pelo apoio e incentivo, por acreditarem em meu trabalho, pelo amor, carinho, e compreensão sem os quais eu não atingiria meus objetivos.

Ao Prof. Dr. Carlos Pimetel, pela orientação, paciência, estímulo atenção durante as etapas desenvolvidas e amizade construída.

Ao Assistente de Laboratório, Marcos Santos da Fonseca, pelo auxílio nas análises laboratoriais...

Aos meus amigos e colegas de Laboratório, Rodrigo Luiz Neves Barros, Welliton Barros de Magalhães e Josimar Nogueira que sempre estiveram presentes nos momentos bons e ruins, e que sempre me apoiaram.

À CAPES (REUNE), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

Ao CPGF, Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia do Instituto de Agronomia, pela oportunidade a mim concedida.

À UFRuralRJ, pelo valioso conhecimento concedido dentro do campo da Agronomia e por fornecer seu espaço para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos funcionários da “Fitotecnia”, pela amizade e colaborações no decorrer dos experimentos.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa fase, participando direta ou indiretamente na realização dos trabalhos ou simplesmente dividindo momentos fora do ambiente de trabalho.

RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Leandro Barbosa. **Crescimento e Produtividade do Feijão-caupi solteiro e em Consorcio com a Cultura do Milheto**. Seropédica: UFRRJ, 2013. 68 p. tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

O objetivo do trabalho foi estudar o crescimento e produtividade do feijão-caupi solteiro e consorciado com o milheto no período da seca e das águas. Foram conduzidas quatro séries de experimentos no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia, da UFRuralRJ. Sendo o primeiro experimento na época das águas e o segundo na época da seca, para avaliar o índice de equivalência de área (IEA) e potencial de fixação biológica, em um delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos: T1- cultura solteira de milheto (0,50 m entre as linhas de milheto: 1M), T2- cultura solteira de feijão-caupi (0,50 m entre as linhas de caupi: 1C), T3- uma linha de milheto e uma linha de feijão-caupi com 0,50 m entre as linhas: 1M x 1C-0,50), T4- uma linha de milheto e uma linha de feijão caupi com 0,75 m entre as linhas: 1M x 1C-0,75), T5- 1 linha de milheto e 2 linhas de feijão-caupi com 0,50 m entre as linhas: 1M x 2C-0,50). E o terceiro e quarto experimento com objetivo de avaliar a análise de crescimento do caupi na época da seca e das águas, no cultivo solteiro e do consorcio que apresentou o melhor (IEA) obtidos no primeiro e segundo experimento; em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos: T1- feijão caupí solteiro sem adubação nitrogenada; T2- feijão-caupí solteiro com adubação de plantio (20 kg de N ha⁻¹); T3- consorcio de duas linhas de feijão-caupi sem adubação nitrogenada entre linha de milheto; T4- consorcio de duas linhas de feijão-caupi com adubação de plantio (20 kg de N ha⁻¹) entre linha de milheto. Observou que variável IEA indica vantagens na produtividade de grãos do feijão-caupi no sistema consorciado, comparado ao cultivo solteiro, com a maior produtividade do feijão-caupi no consorcio de duas linhas de feijão-caupí entre o milheto (1M x 2C-0,50). A adubação nitrogenada e o sistema de consórcio não interferiram nos componentes de produção avaliados no feijão-caupi, com maior produtividade no sistema de cultivo solteiro, devido ao maior número de plantas por área.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown. Acumulação de biomassa, Produtividade, Índice de equivalência de área.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Leandro Barbosa. **Growth and Production of cowpea beans in single crop and intercropped with millet.** Seropédica: UFRRJ, 2013. 68 p. tese (Philosophiae Doctor in Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

The objective of the study was to evaluate growth and yield of cowpea beans in single crop or intercropped with pearl millet during the dry and rainy. There were four experiments conducted in the Experimental Station of the Department of Crop Science, the UFRuralRJ. The first experiment was conducted in the rainy season and the second in the dry season, to assess the mass accumulated at the pre-flowering stage, potential biological fixation, yield components and equivalence ratio of area (IEA), in a complete randomized block design, with three replications and five treatments: T1- single crop of pearl millet (0.50 m between rows of pearl millet: 1M), T2- single crop of cowpea beans (0.50 m between the rows of cowpea: 1C), T3- intercrop with a line of pearl millet and cowpea line with 0.50 m between rows: 1M x 1C-0, 50), T4- intercrop with a line of pearl millet and cowpea line with 0.75 m between rows: 1M x 1C-0, 75), T5- intercrop with one line of cowpea between two lines of pearl millet with 0.50 m between all rows: 1M x 2C-0, 50). In addition, a third and fourth experiment were installed to make the analysis of growth of cowpea in the dry season and rainy seasons, respectively, using the treatments of single crop of cowpea and the intercrop used with the highest IEA obtained in the first and second experiment, both with or without 20 kg N ha⁻¹. The experimental design was also in a randomized block design, with four replications and four treatments: T1- single crop of cowpea without nitrogen fertilizer, T2- single crop of cowpea with 20 kg N ha⁻¹, T3- intercrop of two cowpea lines between the lines of pearl millet, without nitrogen fertilization; T4- intercrop of two lines of cowpea between the lines of pearl millet, with 20 kg N ha⁻¹. The variable IEA indicated advantages in grain yield of cowpea in intercropping system compared to the single crop, with the highest yield for cowpea intercropped with two lines of cowpea between the lines of pearl millet (1M x 2C-0, 50). Nitrogen fertilization and intercropping system did not affect the yield components evaluated in cowpea, with higher productivity in the single crop system, with the greatest number of plants per area.

Key-words: *Vigna unguiculata* L., *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown, Equivalent Ratio of Area, Mass accumulation. Yield..

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1 Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milheto (▼) cultivo de feijão-caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milheto (∇)..... 35
- Figura 2 Índice da área foliar (IAF) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milheto (▼) cultivo de feijão-caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milheto (∇)..... 37
- Figura 3 Taxa de Assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão- caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milheto (▼) cultivo de feijão caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milheto (∇)..... 39

- CAPÍTULO III

- Figura 1 Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milheto (▼) cultivo de feijão-caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milheto (∇)..... 56
- Figura 2 Índice da área foliar (IAF) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milheto (▼) cultivo de feijão-caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milheto (∇)..... 58
- Figura 3 Taxa de Assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milheto (▼) cultivo de feijão-caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milheto (∇)..... 60

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1-	Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) por planta, número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSD) por planta do feijão-caupi, nos estádios de pré-floração (R5) e de enchimento de vagens (R8), nas épocas das águas e da seca.....	18
Tabela 2-	Produção de massa verde (MV) e de massa seca (MS), na floração e na maturação, e de massa de grãos na colheita (MG), em kg ha^{-1} , e de massa de 200 grãos (M200), em gramas, de milho em cultivo solteiro e consorciado na época das águas e seca.....	20
Tabela 3-	Produção de massa de grãos, em kg ha^{-1} (MG), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos, em gramas (M 100) e índice de equivalência área (IEA), do feijão-caupi em cultivo solteiro e em consórcio com milho, nas épocas das águas e da seca.....	21

CAPÍTULO II

Tabela 1-	Massa seca de folhas e ramos por planta no feijão-caupi Epace 10 nos quatro tratamentos: solteiro sem nitrogênio, solteiro com 20 Kg de nitrogênio, consorciado sem nitrogênio e consorciado com 20 kg de nitrogênio.....	34
Tabela 2-	Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS. ($\text{g.m}^{-2} \cdot \text{Dia}^{-1}$).....	36
Tabela 3-	Índice de área foliar (IAF) do feijão-caupi. Efeito da interação sistema de cultivo e época de coleta em função do dia após a semeadura (DAS).....	38
Tabela 4-	Taxa de assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS ($\text{g.m}^{-1} \text{dia}^{-1}$).....	40
Tabela 5-	Número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos do potencial de fixação biológica do feijão-caupi na época da floração.....	40

Tabela 6-	Produção de massa de grãos, em Kg.ha ¹ (MG), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa, em gramas, de 100 grãos (M 100), numero de nódulos (NN) e massa seca de nódulos do feijão-caupi.....	41
-----------	---	----

CAPÍTULO III

Tabela 1-	Massa seca de folhas e ramos por planta no feijão-caupi nos quatros tratamentos: solteiro sem nitrogênio, solteiro com 20 Kg de nitrogênio, consorciado sem nitrogênio e consorciado com 20 kg de nitrogênio.....	54
Tabela 2-	Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS. (g.m ⁻² . Dia ⁻¹).....	56
Tabela 3-	Índice de área foliar (IAF) do feijão-caupi. Efeito da interação sistema de cultivo e época de coleta em função do dia após a semeadura (DAS).	58
Tabela 4-	Taxa de assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS (g.m ⁻¹ dia ⁻¹).....	60
Tabela 5-	Número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos do potencial de fixação biológica do feijão-caupi na época da floração.....	61
Tabela 6-	Produção de massa de grãos, em Kg.ha ¹ (MG), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa, em gramas, de 100 grãos (M 100), numero de nódulos (NN) e massa seca de nódulos do feijão-caupi.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Feijão-Caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) walp.)	2
2.2 Aspectos Gerais da Cultura do Milheto.	3
2.3 Consócio de culturas	4
2.4 Análise de Crescimento.....	5
2.4.1 Índice de área foliar (IAF).....	6
2.4.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC)	6
2.4.3 Taxa de assimilação líquida (TAL).....	7
2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
3 CAPÍTULO I	12
ACÚMULO DE MASSA E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI SOLTEIRO E CONSORCIADO COM MILHETO, NA ÉPOCA DAS ÁGUAS E SECA.	12
3.1 RESUMO	13
3.2 ABSTRACT	14
3.3 INTRODUÇÃO	15
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.6 CONCLUSÕES	25
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
4 CAPITULO II	28
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI, NO SISTEMA DE CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM MILHETO NA ÉPOCA DA SECA.	28
4.1 RESUMO	29
4.2 ABSTRACT	30
4.3 INTRODUÇÃO	31
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.6 CONCLUSÕES	44
4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
5 CAPITULO III	48
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO- CAUPI EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM MILHETO, NA ÉPOCA DAS ÁGUAS	48
5.1 RESUMO	49
5.2 ABSTRACT	50
5.3 INTRODUÇÃO	51
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
5.6 CONCLUSÕES	65
5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1 INTRODUÇÃO GERAL

O sistema tradicional de cultivo acarretou ao longo do tempo, a redução da qualidade das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Este processo inicia-se com a remoção da vegetação natural e acentua-se com os cultivos subsequentes, promovendo a exposição direta do solo aos fatores climáticos, resultando em erosão, perda de nutrientes por transporte químico, redução dos teores de matéria orgânica e destruição da estrutura original (SOUZA & MELO, 2000), o que propicia a degradação.

Assim a consorciação de culturas, anteriormente considerada como uma prática arcaica característica de agricultura de subsistência, quando bem planejada e aplicada, promove um melhor aproveitamento de nutrientes, água, controle à erosão, redução na ocorrência de pragas, doenças, ervas daninhas e maior produção por área. Além disso, proporciona menor risco perda de cultivo, por se tratar de cultivo simultâneo de duas espécies diferentes, aumentando a estabilidade na produção e o retorno econômico ao produtor (VIERA, 1989).

Entre os inúmeros tipos de consórcio o de feijão-caupi com a cultura do milheto torna-se uma ótima alternativa para que se possa conduzir uma agropecuária mais viável e competitiva para os pequenos produtores de baixa renda e com pequenas áreas para o cultivo, principalmente na região nordeste, por se tratar de um consórcio de duas culturas adaptadas a regiões marginais para a agricultura. Sendo o feijão-caupi como uma fonte de proteína vegetal, não só usando os grãos para alimentação humana, mas também os seus restos vegetais como forragem para animais; e o milheto com múltiplas funções.

Estudos dessa natureza não foram realizados para o cultivo do feijão-caupi e milheto em sistema de cultivo consorciado, o que fortalece a necessidade de sua utilização visando melhorar a compreensão das respostas das plantas, em relação aos sistemas solteiros. Essas informações, quando associadas aos dados agro-econômicos como, potencial de fixação biológica do nitrogênio, produção, índice de equivalência área e análise de crescimento, são extremamente úteis para entender as diferenças de produção das culturas e às técnicas de manejo. Com base no exposto, o objetivo desse trabalho de se estudar a análise de crescimento vegetal das culturas do milheto e do feijão-caupí solteiro e consorciado no período da seca e das águas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp.)

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é de origem africana (RACHIE; RAWAL, 1976), Steele e Mehra (1980), Ng e Maréchal (1985) citam o oeste da África, mais precisamente a Nigéria, como centro primário de diversidade da espécie, entretanto Padulosi e Ng (1997) afirmam que provavelmente a região de Transvaal, na República da África do Sul, é a região de especiação de *V. unguiculata*. Acredita-se que o caupi foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis, portugueses e pelos escravos africanos, primeiramente nas colônias espanholas e em seguida no Brasil, provavelmente pelo estado da Bahia (WATT, 1987; FREIRE FILHO, 1988), de onde foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e também para outras regiões do país.

O feijão-caupi é uma dicotiledônea pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) (QUÉDRAOGO et al., 2002). É uma planta herbácea, anual, de tipo de crescimento determinado ou indeterminado, com hábitos de crescimento ereto, semi-erectos, prostrados, semi-prostrados, ou trepadores, apresenta germinação epigea, com os cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal (FALL et al., 2003). O sistema radicular é do tipo axial, relativamente superficial, embora algumas raízes possam atingir a profundidade de 2,0 m, característica que a torna uma espécie com capacidade de manter-se por longos períodos sem irrigação (FALL et al., 2003). A raiz principal e as secundárias apresentam nódulos quase sempre eficientes devido à associação com bactérias fixadoras nativas do solo. A inflorescência é do tipo cimeira e está localizada na axila da folha, em um pedúnculo que varia de tamanho dentro e entre cultivares, sendo o fruto uma vagem de tamanho e forma variáveis, contendo, no seu interior, sementes dispostas em fileiras, podendo apresentar diversas formas, tamanho e cor do tegumento (MAFRA, 1979).

O nitrogênio (N) é o macronutriente absorvido em maior quantidade pelo feijão-caupi, que absorve, para seu desenvolvimento completo, uma quantidade superior a 100 kg ha⁻¹ N (FREIRE FILHO et al., 2005). Por outro lado, a fixação biológica do

nitrogênio é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi, capaz de nodular efetivamente com rizóbios nativos e com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, especialmente dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Burkholderia* e *Azorhizobium* (ZHANG et al., 2007; MPEPEREKI et al., 1996), fixando 80 % da sua necessidade em N para o seu crescimento (ASIWE et al., 2009), e que quando bem nodulado, pode, pode dispensar outras fontes de nitrogênio e atingir altos níveis de produtividade (RUMJANEK et al., 2005).

2.2 Aspectos Gerais da Cultura do Milheto.

O milheto pérola [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown] teve a sua origem na África (NORMAN et al., 1995). No Brasil, os primeiros cultivos de milheto ocorreram no Rio Grande do Sul, em 1929, como espécie forrageira (ARAÚJO, 1972), e, na década de 70, a cultura foi introduzida na região Nordeste, pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), como cultura potencial e alternativa para a alimentação animal (NETTO & ANDRADE, 2000). Nos últimos anos, houve aumento considerável da área plantada no Brasil, uma vez que esta cultura se tornou de fundamental importância para a produção de palhada no sistema de plantio direto (SPD) no Cerrado (COSTA et al., 2005).

A cultura pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, gênero *Pennisetum* (BRUKEN, 1977). Há várias sinonímias botânicas usadas para esta espécie *P. typhoides* Stapf e Hubbard, *P. americanum* (L.) Leeke ou *P. glaucum* (L.) R. Br. Originário de regiões de clima tropical semi-árido. A espécie *Pennisetum glaucum* possui ciclo vegetativo anual, porte ereto, podendo atingir 1 a 3 m de altura. As folhas medem de 0,2 a 1 m de comprimento e de 5 a 10 mm de largura. A panícula possui de 0,1 a 0,5 m de comprimento e 0,5 a 4 cm de diâmetro.

A cultura do milheto é de fácil instalação e requer poucos insumos, pois a planta tem um sistema radicular profundo e vigoroso, o que a torna eficiente no uso de água e nutrientes (PAYNE, 2000). Por isto, é o principal cereal cultivado para alimentação humana e animal, nas regiões semi-áridas, da África e da Índia, sujeitas constantemente à seca, altas temperaturas e deficiência de nutrientes (BRUCK et al., 2000; BIDINGER & HASH, 2004). Nestas áreas, embora a produção de grãos para a alimentação humana seja o principal objetivo de cultivo, a palhada tem importância secundária, pois após a

colheita do grão, a palhada, ainda com mais de 7% de proteína bruta, é usada para pastoreio ou como forragem para alimentação animal (YOUNGQUIST et al., 1990).

No Brasil, o milheto pode ser uma alternativa alimentar para as famílias de pequenos agricultores da região Nordeste, em áreas de baixa precipitação pluviométrica (WINKEL et al., 2001; PEREIRA FILHO et al., 2003), para a produção de forragem, pastejo ou silagem (FARINELLI et al., 2004) e para produção de grãos, usado no fabrico de rações animais, devido ao seu baixo custo e boa qualidade (RODRIGUES et al., 2001).

2. 3 Consócio de culturas

O consócio de culturas é definido duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, são exploradas concomitantemente na mesma área. Ressalte-se que as culturas não são necessariamente semeadas ou plantadas ao mesmo tempo, mas durante apreciável parte de seus períodos vegetativos, há uma simultaneidade, forçando uma interação entre elas Vieira (1998).

O sistema de cultivo em consórcios é utilizado pelos agricultores há séculos, sendo praticado amplamente nas regiões tropicais, sobretudo por pequenos produtores que dispõem de pequenas áreas para cultivos, mão-de-obra abundante e pouco capital, na tentativa de obter o máximo de benefícios dos recursos disponíveis (MÜELLER et al., 1998; VIERA 1998).

De acordo com Cecílio Filho e May (2002), a consorciação de culturas contribui em inúmeras vantagens em relação aos monocultivos, citam-se: aumento da produtividade por unidade de área; possibilidade de produção diversificada de alimentos em uma mesma área propiciando melhor distribuição temporal de renda; uso mais eficiente da mão de obra; aproveitamento mais adequado dos recursos disponíveis; aumento da proteção vegetativa do solo contra a erosão; melhor controle de invasoras que o cultivo solteiro, por apresentar alta densidade de plantas por unidade de área, gerando uma cobertura vegetativa mais rápida do solo.

Em um sistema de consócio, as plantas estão sujeitas a diversos tipos de interações, normalmente os vários tipos de interação entre plantas vizinhas têm sido descritos como forma de competição. Contudo, podem distinguir-se dois tipos de interação: a competição e a alelopatia. A competição entre plantas vizinhas ocorre pelos

fatores de crescimento tais como luz, nutrientes ou água (TRENATH, 1976). À medida que se aumenta a densidade de plantas, ocorre redução da disponibilidade desses fatores para cada indivíduo. Já a alelopatia é definida como qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de microrganismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (RICE, 1984).

Segundo Vieira (1998), há diferentes modos de se avaliar a eficiência dos consórcios culturais. Um deles, talvez o de maior interesse para os pequenos produtores os principais usuários do sistema – é a quantidade de alimentos produzida por unidade de área. Outro método de avaliação é o lucro gerado pelo sistema, mediante análise econômica. Porém, os pesquisadores, comumente, utilizam, para avaliar a eficiência dos consórcios em relação aos monocultivos, o índice de equivalência de área (IEA) também denominado de índice de uso eficiente de terra. Esse índice é definido como a área relativa de terra, em cultivo solteiro, necessária para ter os mesmos rendimentos que o cultivo consorciado (FLESCHE, 2002). O IEA é calculado, conforme Willey (1979) utilizando a seguinte fórmula:

$$IEA = \frac{AC}{AM} + \frac{BC}{BM} \text{ (em Kg. ha}^{-1}\text{)}.$$

Em que: AC = rendimento da cultura A consorciada; BC = Rendimento da cultura B consorciada; AM = Rendimento da cultura A em cultivo solteiro; BM = Rendimento da cultura B em cultivo solteiro. O consórcio será eficiente quando o IEA for superior a 1,00 e prejudicial à produção quando inferior a 1,00.

2.4 Análise de Crescimento.

A análise de crescimento é uma das técnicas de medida do balanço de carbono e trocas de gases nas plantas (EVANS, 1972). Baseia-se nas medidas primárias de matéria seca e dimensões de área foliar, realizadas em plantas ou estande de plantas, em determinados intervalos de tempo (HUNT, 1982). Essa técnica pode ser usada para investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, o efeito de manejo e tratamento culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (KVET et al., 1971).

Segundo Pereira & Machado (1987), a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são as quantidades de material contido em toda planta e em suas partes (folha, caule, raiz), e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar) obtidas a intervalos de tempo regular durante o desenvolvimento fenológico da planta. Vários índices morfofisiológicos têm sido utilizados para analisar as diferenças de crescimento entre indivíduos de comunidades vegetais, dentre os quais, os mais utilizados são o índice de área foliar (IAF), a taxa de crescimento da cultura (TCC) e a taxa de assimilação líquida (TAL). (HUNT et al., 2002).

2.4.1 Índice de área foliar (IAF).

O IAF expressa a disponibilidade de superfície assimiladora de CO₂ e da radiação fotossinteticamente ativa e de perdas de água (transpiração) da população de plantas (MÜLLER et al., 2005). É o fator primário que determina a taxa de produção de matéria seca (CGR) em grupos fechados, refletindo a capacidade produtiva atual de um grupo de plantas. O conhecimento das mudanças de IAF nos estandes ajuda no entendimento das mudanças de outras características de crescimento especialmente a TAL (Watson, 1958). Segundo Watson (1947), o IAF representa a capacidade da comunidade explorar o espaço disponível e pode ser calculado através da razão entre a área foliar (AF) e a área terreno ocupada pela cultura (P), em função do espaçamento. Índice de área foliar (IAF) que é a área foliar em relação à área de terreno (S) ocupada, dada pela equação (WATSON, 1958),

$IAF = AF/S$ [m² m⁻²] onde AF é a área das folhas em m² contidas em 1 m² de terreno ocupado pela cultura

2.4.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

A Taxa de crescimento da cultura (TCC) é definida como a variação de massa seca (MS) com o tempo (t), e representa a capacidade de produzir fitomassa (Pereira e machado, 1987). Segundo Kvet (1971), a TCC é inadequada para comparação das taxas de crescimento de plantas individuais de diferentes partes ou hábitos de crescimento.

Taxa de crescimento da cultura (TCC) que é dada por:

$TCC = dY/dt$ [g m⁻² de terreno d⁻¹] onde dY/dt indica a derivada do acúmulo de fitomassa seca (Y) pelo tempo

2.4.3 Taxa de assimilação líquida (TAL)

A taxa de assimilação líquida (g.m⁻² área foliar.d⁻¹) foi introduzida em 1926 (PEREIRA E MACHADO, 1987). O cálculo da taxa de assimilação líquida (TAL) possibilita conhecer a eficiência das folhas na produção de novos materiais, considerando que são as maiores responsáveis pela produção de mais matéria seca, ela expressa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido através da respiração (BRIGGS et al., 1920).

A taxa foliar unitária ou taxa de assimilação líquida (PEREIRA E MACHADO, 1987), mede o aumento líquido do peso seco da planta por área foliar unitária (kg. m⁻²) sendo diferente da taxa fotossintética que mede a assimilação líquida de carbono somente durante o período de luz. Devido ao aumento recíproco do sombreamento foliar com o índice de área foliar (IAF), a taxa de assimilação líquida se correlaciona negativamente com IAF e conseqüentemente com todos os fatores que influenciam no seu aumento (adubação nitrogenada, densidade, sombreamento, altos níveis de suprimento de água). Por isso, a TAL normalmente decresce durante o crescimento e desenvolvimento de um conjunto de plantas (KVET, 1971).

Taxa de assimilação líquida (TAL), que é obtida pela relação entre a TCC e o IAF:
 $TAL = (1/IAF \cdot dY/dt)$ [g m⁻² área foliar d⁻¹]

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A.A. de. Forrageiras de verão e outono. In: Forrageiras para ceifa, capineira, pastagens, fenação e ensilagem. Porto Alegre: Sulina, 1972. p.79-136.
- ASIWE, J.A.N. Insect mediated outcrossing and geneflow in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): Implication for seed production and provision of containment structures for genetically transformed cowpea. African Journal of Biotechnology. v.8, n.2, p.226-230, 2009.
- BIDINGER, F.R.; HASH, C.T. Pearl Millet. In: NGUYEN, H.T.; BLUM, A. (eds.). Physiology and biotechnology integration for plant breeding. New York: Marcel Dekker, Inc., Cimarron Road, Monticello, 2004. p.238-284.
- BIDINGER, F.R.; RAJU, D.S. Response to selection for increases individual grain mass in pearl millet. **Crop Science**, Madison, v.40, p.68-71, 2000.
- BRIGGS, G.E.; KID, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. Annals of Applied Biology, v.7, p.103-123, 1920.
- BRUCK, H.; PAYNE, W.A. SATTLEMACHER, B. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpirational water-use efficiency, and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Science, Madison, v.40, p.120-125, 2000.
- BRUNKEN, J. N. A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Gramineae). American Journal of Botany, New York, v.64, n.2, p.161-176, 1977.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n.3, p.501-504, 2002.
- COSTA, A.C.T. da; GERALDO, J.; PEREIRA, M.B.P.; PIMENTEL, C. Unidades térmicas e produtividade em genótipos de milho semeados em duas épocas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.12, p.1171-1177, 2005.
- EVANS, G.C. The quantitative analysis of plant growth. Ed. Blackweel Scientific Publications, Londres, 734pp. 1972.
- FALL, L.; DIOUF, D.; FALL-NDIAYE, M.A.; BADIANE, F.A.; GUEYE, M. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] varieties determined by ARA and RAPD techniques. African Journal of Biotechnology, Nairobi, Kenya, v.2, n.2, p.48-50, 2003.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação

nitrogenada e potássica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.3, p. 447-454, 2004.

FLESCHE, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, p.51-56, 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519p.

FREIRE FILHO, F.R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: ARAÚJO, J.P. P.; WATT, E.E (Org). O Caupi no Brasil. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP/IBADAN: IITA, 1988. p.25-46.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P. A modern tool for classical plant growth analysis. Annals of Botany, v.90, n.4, p.485-488, 2002.

HUNT, R. Plants Growth Curves – The functional to plant growth analysis. **Editora** Edward Londres, 247 pp.1982.

KVĚT, J.; ONDOCK, J.P.; NEČAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: ŠESTÁK, Z.; ČATSKÝ, J.; JAVIS, P.G. (Ed.). Plant photosynthetic production: Manual of methods. The Hague: 1971. p.341-391.

MAFRA, R. C. Contribuição ao estudo do “feijão massacar”: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: Curso de treinamento para pesquisadores de feijão-caupi, 1, 1979, Goiânia. Assuntos abordados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP/IITA, 1979. p.01-39.

MPEPEREKI, S. WOLLUM, A.G.; MAKONESE, F. Diversity in symbiotic specificity of cowpea rhizobia indigenous to Zimbabwean soils. Plant and Soil, v.186, p.167-171, 1996.

MÜLLER, A G.;BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M.I.G. estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. Santa Maria: Revista Brasileira Agrometeorologia, v.13, n.1, p.65-71, 2005.

MÜELLER, S.; DURIGAN, J. C.; BANZATTO, D. A.; KREUZ, C. L. Épocas de consórcio de alho com beterraba perante três manejos do mato sobre a produtividade e o lucro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.8, p.1361-1373, 1998.

NETTO, D.A.M.; ANDRADE, R.V. de. Recursos fitogenéticos de milho, sorgo e milheto. Documentos 2, Sete Lagoas: CNPMS, 2000, 20p.

NG, N.Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germ plasm. In: SINCH, S. R.; RACHIE, K. O., eds. Cowpea research, production end utilization. Cheichecter, John Wiley, 1985. p.11-21.

NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. Pearl millet (*Pennisetum glaucum*). In: The ecology of tropical food crops. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p.64-181.

PADULOSI, S.; NG, N.Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B.B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K.E; JACKAI, L.E.N., (Eds.) Advances in Cowpea Research, Tsukuba; IITA JIRCAS, 1997. p.1-12.

PAYNE, W. A. Optimizing crop water use in sparse stands of pearl millet. Crop Science, Madison, v.92, p.808-814, 2000.

PEREIRA FILHO, I.A.P.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M.; CASELA, C.R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J.A.S.; CRUZ, J.C.; WAQUIL, J.M. Manejo da cultura do milho. Circular Técnica, 29, Sete Lagoas: CNPMS, 2003, 17p.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas, SP: Instituto Agrônomo. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).

QUÉDRAOGO, J.T.; GOWDA, B.S.; JEAN, M.; CLOSE, T.J.; EHLERS, J.D.; HALL, RACHIE, K.; RAWAL, K.M. Integrated approaches to improving cowpeas, (*Vigna* RAPD techniques. African Journal of Biotechnology, Nairobi, Kenya, v.2, n.2, p.48-resistance traits. Genome, Canadá, v.45, n.1, p.175-188, 2002.

RACHIE, K.; RAWAL, K.M. Integrated approaches to improving cowpeas, (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Ibadan: IITA, 1976. 36p. (Technical Bulletin, 5).

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; BARBOZA, W.A. SANTANA, R.T. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.6, p.1767-1778, 2001.

RICE, E. L. Allelopathy. 2. ed. New York: Academic Press, 1984. 422 p.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. Viçosa, Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.885-896, 2000.

STEELE, W.M.; MEHRA, K.L. Structure, evolution and adaptation to farming system and environment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D.R; BUNTING, A.H., Eds. Advances in legume science. England, Royal Botanic Gardens, 1980. p.459-468.

TRENBATH, B. R. Plant interactions in mixed crop communities. In: PAPENDICK, R. I.; SANCHEZ, P. A.; TRIPLETT, G. B. (eds.) Multiple cropping. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1976. p.148-170.

VIEIRA, C. O feijão em cultivos consorciados. Viçosa, UFV, 1989. 134p.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (eds.). *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1998. p.523-558.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops 1. Variation in net assimilation rate and leaf area. *Annals of Botany*, v.11, p.41-76, 1947.

WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. *Annals of Botany*, v.22, p.37-54, 1958.

WATT, E.E. First annual report on the EMBRAPA/IITA – Cowpea Program in Brasil. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1987. 5p.

WINKEL, T., PAYNE, W.; RENNO, J.F. Ontogeny modifies the effect of water stress on stomatal control, leaf area duration and biomass partitioning of *Pennisetum glaucum*. *New Phytologist*, v.149, p.71-82, 2001.

YOUNGQUIST, J. B.; CARTER, D. C.; LEGG, M. D. Grain and forage yield and stover quality of sorghum and millet in low rainfall environments. *Experimental Agriculture*, London, v.26, p.279-286, 1990.

ZHANG, W.T.; YANG, J.K.; YUAN, T.Y.; ZHOU, J.C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Biology and Fertility of Soils*, v.44, p.201–210, 2007.

3 CAPÍTULO I

ACÚMULO DE MASSA E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI SOLTEIRO E CONSORCIADO COM MILHETO, NA ÉPOCA DAS ÁGUAS E SECA.

3.1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade do feijão-caupi nos diferentes sistemas de consórcio com o milheto, na época das águas e da seca. Os experimentos foram conduzidos no campo experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos: T1- cultura solteira de milheto; T2- cultura solteira de feijão caupí; T3- consórcio 1M x 1C-0,50; T4- consórcio 1M x 1C-0,75; e T5- consórcio 1M x 2C-0,50. No feijão-caupi, avaliou-se a massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, o número e massa seca de nódulos, a produtividade de grãos e a massa de 100 grãos; enquanto no milheto, avaliou-se a massa verde, a massa seca da parte aérea, a produtividade de grãos e a massa de 200 grãos. Pela comparação do índice de equivalência de área (IEA), se verificou diferenças significativas na produção de feijão caupí por área explorada, no sistema consorciado em relação ao cultivo solteiro, com a maior massa de grãos no consorcio 1M x 2C-0,50, em relação aos outros. Por outro lado, o consórcio 1M x 1C-0,75 não é recomendável para o local.

Palavras-chave - *Vigna unguiculata* L., *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown. Acumulação de biomassa, Produtividade, Índice de equivalência de área.

3.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the yield of cowpea in different intercropping systems with pearl millet, in the rainy and dry seasons. The experiments were conducted at the experimental field of the Crop Science Department of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, in an experimental design in randomized blocks, with three replication and five treatments: T1- single crop of pearl millet; T2- single crop of cowpea; T3- intercrop of one line of pearl millet and one line of cowpea spaced of 0,5m (1PM x 1C-0,50); T4- intercrop of one line of pearl millet and one line of cowpea spaced of 0,75m (1PM x 1C-0,75) e T5- intercrop of one line of pearl millet and two lines of cowpea spaced of 0,5m (1PM x 2C-0,50). For cowpea it was assessed the dry shoot weight, root dry weight, number and nodules dry weight, grain yield and weight of 100 grains; since for pearl millet it was evaluated the green and dry mass of shoots, grains production and weight of 200 grain. Comparing the equivalence ratio of area (IEA) it was shown significant differences in cowpea grain production per area exploited for the intercropping system in relation to single cropping system, with the largest value for the intercrop system of 1PM x 2C-0, 50, in relation to the others. In the other hand, the intercrop system of 1PM x 1C-0,75 is not recommended for the local.

Key words - *Vigna unguiculata* L., *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown., Biomass accumulation, Yield, Index for equivalence of area.

3.3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], conhecido no Nordeste brasileiro por feijão-macassar ou feijão-de-corda, é uma cultura de grande importância para o desenvolvimento agrícola da região, tanto no aspecto econômico quanto no nutricional, pois é o alimento básico na dieta das populações mais carentes, exercendo função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada da população, segundo Torres et al. (2008). A cultura é pouco exigente em fertilidade, é adaptada a altas temperaturas e seca e segundo Asiwe et al. (2009), possui a capacidade de promover simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, realizando o processo de fixação biológica do N₂ (FBN).

O cultivo consorciado do feijão-caupi com o milho é um sistema comum de cultivo para pequenos produtores na África (SPRENT et al., 2010), diversificando as culturas exploradas e diminuindo o risco de perdas de cultivo (AMBROSI et al., 2001). Segundo Payne et al. (2000), o espaçamento reduzido entre plantas é benéfico para a produção, pois aumenta a cobertura vegetal sobre o solo, reduzindo a concorrência com ervas daninhas e a evaporação da superfície do solo, o que permite à cultura economizar água e ter maior crescimento e produção. O aumento da produção por unidade de área é uma das razões mais importantes para se cultivar no sistema de consórcio, e para avaliar a eficiência dos consórcios em relação aos monocultivos, é usado o índice de equivalência de área (IEA), também denominado de índice de uso eficiente de terra (VIEIRA, 1989). Esse índice é definido como a área relativa de terra, em cultivo solteiro, necessária para ter os mesmos rendimentos que o cultivo consorciado (FLESCH, 2002). O consórcio para duas culturas será eficiente quando o IEA for superior a 1,0 e prejudicial à produção quando inferior a 1,0; qualquer valor maior do que 1,0 indica uma vantagem de rendimento para o cultivo consorciado, um resultado chamado de sobreprodutividade (VIEIRA, 1989).

Assim sendo, o cultivo do feijão-caupi com o milho em consórcio, surge como uma alternativa para que se possa conduzir uma agropecuária mais viável e competitiva, principalmente para os pequenos produtores de baixa renda e com pequenas áreas para o cultivo, principalmente na região nordeste (PIMENTEL, 2006).

Por isso, a presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a produtividade do feijão-caupi no sistema de consórcio com o milho, que melhor se adaptem as condições edafoclimáticas da região de Seropédica, no estado do Rio de Janeiro.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dois experimentos foram conduzidos no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a 22°45' S, 43°41' W e 40 m de altitude, O clima da região é do tipo Aw, da classificação de Köppen. O primeiro experimento foi instalado no mês de agosto de 2009 no plantio das águas, em um planossolo, cuja análise química revelou: pH em água 5,3; Ca, 1,5 cmol dm^{-3} ; Mg, 0,5 cmol dm^{-3} ; H + Al, 3,5 cmolc dm^{-3} ; Al, 0,5 %; P, 4,0 mg/L; K, 6,0 mg/L; matéria orgânica, 0,9 %; e saturação de bases (V), 37%. Durante o primeiro experimento, a precipitação total, a evaporação total e a temperatura média da máxima e mínima durante o experimento foram: 586 mm, 354 mm, 31°C e 21°C respectivamente. O segundo experimento foi instalado em março de 2010, no plantio da seca, em outro planossolo, cuja análise química revelou: pH em água 5,7; Ca, 2,6 cmolc dm^{-3} ; Mg, 1,5 cmol dm^{-3} ; H + Al, 1,3 cmolc dm^{-3} ; Al, 0,0 %; P, 36,0 mg/L; K, 8,0 mg/L; matéria orgânica, 1,2; e saturação de bases (V), 68 %. Durante o segundo experimento a precipitação total, a evaporação total e a temperatura média da máxima e mínima durante o experimento foram: 246 mm, 262 mm, 28°C e 19°C respectivamente.

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi de blocos ao acaso, com três repetições, onde os blocos foram compostos por cinco tratamentos com feijão-caupi, cultivar (EPACE 10) e a cultivar ENA 1 de milho: T1- cultura solteira de milho (0,50 m entre as linhas de milho: 1M), T2- cultura solteira de feijão-caupi (0,50 m entre as linhas de feijão-caupi: 1C), T3- uma linha de milho e uma linha de feijão-caupi (1,00 m entre as linhas de milho e uma de feijão-caupi no centro da entre linha: 1M x 1C-0,50), T4- uma linha de milho e uma linha de feijão-caupi (1,5m entre as linhas de milho e uma de feijão-caupi no centro da entrelinha: 1M x 1C-0,75), T5- 1 linha de milho e 2 linhas de feijão-caupi (1,50 m entre linhas de milho e 0,50 m entre as linhas de feijão-caupi: 1M x 2C-0,50). Cada parcela teve três metros de comprimento e a largura variando de acordo as combinações dos consórcios. Assim as parcelas no cultivo solteiro foram de 9 m^2 , no consorcio 1M x 1C-0,5 de 15 m^2 , e nos consórcios 1M x 2 C-0,5 e 1M x 1C-0,75 de 22,5 m^2 .

O preparo do solo foi constituído por uma aração e duas gradagens leves, sendo a primeira logo após a aração e a segunda um dia antes da semeadura. Em seguida foi

realizada a abertura dos sulcos mecanicamente, com espaçamento de acordo com os tratamentos. A semeadura do milho foi feita manualmente com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas na linha, com um desbaste após dez dias, permanecendo uma planta por cova e conduzido sem adubação, e para o feijão-caupi a semeadura também foi feita manualmente obtendo uma stand de seis plantas por metro linear, com a adubação de fósforo e potássio diretamente no sulco de plantio, de acordo com os resultados da análise de solo, em concordância com a recomendação para cultura (MELO et al., 2005). O experimento tanto na época da seca como na época das águas foram conduzidos sem irrigação e durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas capinas com auxílio de enxadas, procurando-se manter a cultura livre de plantas invasoras.

Nos tratamentos da cultura do feijão-caupi, tanto solteira como no consorcio, colheu-se três plantas por parcela, nas linhas ao lado da bordadura, nos estádios de pré-floração (fase R5) e de enchimento de vagens (fase R8), descritos por Leite et al. (2009). Nessas coletas se determinou a massa seca da parte aérea e raiz, e o número e massa seca de nódulos. Para avaliar a produção de grãos dessa cultura foram colhidas duas linhas centrais de 3 m, descartando-se as duas plantas no final de cada linha, para cada parcela. Na cultura do milho, tanto solteira como em consorcio, foram determinadas, na floração e no final do ciclo, as produções de massa verde e seca, além da produção de grãos e a massa de duzentos grãos, no final do ciclo, em quatro plantas das linhas centrais de cada parcela. Os estádios de desenvolvimento do milho foram determinados de acordo com Costa et al. (2005). As amostras colhidas para massa verde foram pesadas, e as outras foram secas em estufa de circulação forçada a 60°C, por 48 horas, e a seguir pesadas para obter-se a massa seca. Com a produção de grãos nos diferentes tratamentos, o índice de equivalência de área (IEA) foi calculado para ambas as culturas, usando a formula de acordo VIEIRA (1989):

$$IEA = \frac{F \text{ em } C}{F \text{ em } S} + \frac{M \text{ em } C}{M \text{ em } S} \quad (\text{em Kg. ha}^{-1})$$

Onde: C = Cultivo em sistema consorciado; F = Produção de grãos do feijão caupi; M = Produção de grãos do milho; S = cultivo solteiro. Considera-se IEA > 1 = Eficiente; e IEA < 1 = Ineficiente.

Para a análise estatística dos resultados foi realizada uma análise de variância e, quando detectada significância, a comparação entre as médias foi feita utilizando o programa estatístico Sisvar, com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cultivo das águas, nas duas avaliações feitas na pré-floração (fase R5) e enchimento de vagens (fase R8), houve diferenças significativas na massa seca da parte aérea (MSPA) por planta, para o cultivo solteiro de feijão-caupi em relação aos consórcios 1M x 1C-0,50 e 1M x 1C-0,75 (Tabela. 1). Contudo, ainda na época das águas, essa produção de MSPA no feijão-caupi solteiro, na pré-floração e no enchimento de vagens, foi semelhante a do consórcio 1M x 2C-0,50, que por sua vez também foi semelhante ao consórcio 1M x 1C-0,50, mas somente na fase R5 (Tabela. 1). Já na época da seca, o cultivo solteiro teve maior MSPA, tanto na pré-floração como no enchimento de vagens, em relação aos cultivos consorciados, que não diferiram entre si. Já para massa seca de raiz, não houve diferenças significativas entre os tratamentos nas duas épocas de cultivos (Tabela. 1), o que indica que não houve correlação dessa variável com a massa seca da parte aérea, nesse experimento, corroborando com Valadão et al. (2009), que encontrou resultado semelhante, mas em feijão comum.

Tabela 1. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSRA) por planta, número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) por planta do feijão caupi, nos estádios de pré-floração (R5) e de enchimento de vagens (R8), nas épocas das águas e da seca.

Pré-floração								
Tratamentos	MSPA (g)		MSRA (g)		NN		MSN (mg)	
	Águas	Seca	Águas	Seca	Águas	Seca	Águas	Seca
Caupi solteiro	23,3a	27,1a	7,60a	7,81a	35,3a	46,3a	0,044a	0,058a
1Mx1C-0,50	19,3bc	23,5b	6,76a	7,21a	23,7b	38,0ab	0,029a	0,044a
1Mx2C-0,50	21,1ab	22,6b	7,74a	7,81a	31,2a	33,6b	0,039a	0,021a
1Mx1C-0,75	16,3c	23,4b	7,72a	7,63a	21,1b	35,3b	0,026a	0,043a
Média	19,97	24,21	7,45	7,61	27,6	38,3	0,034	0,041
CV (%)	16,29	11,95	8,70	5,30	19,47	19,28	17,54	18,15
Enchimento de vagens								
Tratamentos	MSPA (g)		MSRA (g)		NN		MSN (mg)	
	Águas	Seca	Águas	Seca	Águas	Seca	Águas	Seca
Caupi solteiro	32,1a	31,3a	8,19a	7,92a	9,8a	14,6a	0,012a	0,019a
1Mx1C-0,50	27,6b	26,3b	7,86a	7,81a	6,3a	12,3a	0,008a	0,016a
1Mx2C-0,50	32,3a	25,3b	8,30a	7,80a	10,7a	10,3a	0,013a	0,012a
1Mx1C-0,75	23,3c	26,1b	7,83a	7,62a	5,9a	10,6a	0,007a	0,012a
Média	28,83	27,29	8,04	7,78	8,1	12,0	0,010	0,015
CV (%)	15,54	13,81	8,59	6,65	38,3	23,3	12,07	13,92

1M x 1C-0,50 - uma linha de milho e uma de caupi; 1M x 2C-0,50 - uma linha de milho e duas de caupi entre linhas de milho; e 1M x 2C-0,75 - uma linha de milho e uma de caupi; na coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação à nodulação, foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos, para o número de nódulos (NN) no estágio de pré-floração, mas não no enchimento de vagens, nas duas épocas de cultivo, contudo, não houve diferenças significativas para a massa seca de nódulos (MSN), que foi semelhante em todos os tratamentos, nas duas épocas de coleta e épocas de plantio (Tabela. 1). Na época das águas, os maiores valores de NN, na pré-floração, foram encontrados nos sistemas de cultivo solteiro e no consórcio 1M x 2C-0,50, que também produziram a maior MSPA, diferindo significativamente dos demais consórcios. Já na pré-floração da época da seca, o NN no cultivo solteiro foi semelhante ao consórcio 1M x 1C-0,50 e foi superior aos consórcios de 1M x 2C-0,50 e 1M x 1C-0,75, enquanto o consórcio 1M x 1C-0,50 foi semelhante aos outros dois tipos de consórcio. Na pré-floração, da época das águas, a MSPA e o NN, no cultivo solteiro e no consórcio 1M x 2C-0,50, foram superiores aos outros consórcios, já no plantio da seca, o cultivo solteiro teve maior MSPA e maior NN, também na pré-floração, que os outros arranjos. Portanto, houve uma correlação positiva entre a MSPA e o NN, nesta fase de pré-floração (Tabela 1). Essa maior MSPA na pré-floração, provavelmente, se correlaciona com uma maior área foliar e produção de fotoassimilados essenciais nesta fase de fecundação de flores e máxima nodulação, com maior NN (RUMJANECK, 2005).

Já para o milho, a produção de massa verde (MV) e massa seca da parte aérea (MS) diferiram significativamente entre os tratamentos na floração e na maturação, nas duas épocas de cultivo (Tabela 2). Os valores de MV e MS, no cultivo solteiro, foram maiores quando comparadas com os três tipos de consórcios, para os dois estádios fenológicos, no plantio das águas, e para a floração na época da seca. Já na maturação da época da seca, só a MV do cultivo solteiro foi superior à dos consórcios, enquanto a produção de MS do cultivo solteiro se igualou estatisticamente à dos consórcios 1M x 1C-0,50 e 1M x 2C-0,50 e foi maior que a do 1M x 1C-0,75. O que se observa também é que a produção de MV foi alta na floração com uma pequena redução na maturação dos grãos, ou seja, o milho acumula maior biomassa até a floração, conforme demonstrado por Geraldo et al. (2002). Porém, a produção de MV na maturação, mesmo com uma redução de massa, pode ser uma vantagem para o agricultor ao conduzir a cultura até o final do ciclo da planta, pois além da MV, ainda com teor protéico satisfatório para a alimentação animal, ele obtém também uma produção de grãos, como demonstrado por Geraldo et al. (2003).

Ainda para o milho, nas épocas de plantio, a produtividade de grãos (PG) foi maior no cultivo solteiro, seguido do consórcio de 1M x 1C-0,50, e as menores produções de MG ocorreram nos consórcios de 1M x 2C-0,50 e 1M x 1C-0,75 (Tabela 3). Segundo Kaushing e Gautam (1994), isso se deve a diferença na densidade populacional de plantas entre os tratamentos, com maiores rendimentos do milho nos tratamentos de maiores populações de plantas.

Tabela 2. Produção de massa verde (MV) e de massa seca (MS), na floração e na maturação, e produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹, de milho em cultivo solteiro e consorciado na época das águas e seca.

Época das águas					
Tratamentos	MV floração	MS floração	MV maturação	MS maturação	PG
Milho solteiro	12,265a	2,698a	7,236a	2,711a	812,2a
1M x 1C-0,50	7,654b	1,606b	4,663b	1,678b	523,5b
1M x 2C-0,50	5,346c	1,122c	3,474c	1,328c	402,3c
1M x 1C-0,75	5,231c	1,204c	3,352c	1,241c	375,1c
Média	4,864	1,657	4,681	1,739	528,2
CV (%)	17,89	17,44	7,76	15,37	15,55
Época da seca					
Tratamentos	MV floração	MS floração	MV maturação	MS maturação	PG
Milho solteiro	9,336a	1,402a	5,332a	1,665a	751,3a
1M x 1C-0,50	5,923b	0,961b	3,343b	1,100ab	483,7b
1M x 2C-0,50	4,030c	0,670c	2,303c	0,987ab	368,9c
1M x 1C-0,75	3,933c	0,651c	2,101c	0,896b	346,8c
Média	5,805	0,921	3,269	1,162	487,7
CV (%)	15,42	14,64	8,88	23,17	13,37

1M x 1C-0,50 - uma linha de milho e uma de caupi; 1M x 2C-0,50 - uma linha de milho e duas de caupi entre linhas de milho; e 1M x 2C-0,75 - uma linha de milho e uma de caupi; na coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade do feijão-caupi, houve diferença significativa para a PG entre os tratamentos, tanto na época das águas quanto da seca (Tabela 3). O feijão caupi, no sistema de cultivo solteiro, teve PG superior aos demais consórcios nas duas épocas de cultivo. Na época das águas, os consórcios de 1M x 1C-0,50 e 1M x 1C-0,75 tiveram PG semelhantes, mas inferiores a MG de 1M x 2C-0,50, ao passo que na época da seca, a PG do cultivo consorciado de 1M x 2C-0,50 foi superior à do consórcio de 1M x 1C-0,50, que por sua vez foi maior que a de 1M x 1C-0,75. A PG do feijão-caupi alcançada na época da seca, neste trabalho, foi superior ao encontrado por Santos et al. (2009), que obtiveram produtividade de 1.200 kg ha⁻¹, em cultivo irrigado e adubado, com a mesma cultivar. Contudo, a produtividade obtida na época das águas foi menor que na época da seca (Tabela 3), o que foi decorrente do ataque do fungo *Rhizoctonia*

solani e estresses abióticos causados por longos períodos intercalados de seca e de alto índice pluviométrico, com altas temperaturas. Nos primeiros 30 dias após o plantio (DAP) choveu 127 mm, dos 30 aos 60 DAP, 173 mm, dos 60 DAP aos 90 DAP, 74 mm, e dos 90 aos 120 DAP, choveu 219 mm, sendo que destes 219 mm, 193 mm caíram nos 10 dias antes da colheita. Segundo Nechet et al. (2007), essas combinações desses fatores ambientais citadas favorecem o desenvolvimento de *Rhizoctonia solani*, que causa diminuição da produtividade, podendo chegar a 50% de perda na cultura (POLTRONENIERI et al., 1994).

Tabela 3. Produtividade de grãos, em kg ha⁻¹ (MG), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos, em gramas (M 100) e índice de equivalência área (IEA), do feijão caupi em cultivo solteiro e em consorcio com milho, nas épocas das águas e da seca.

Época das águas					
Tratamentos	PG	NVP	NGP	M 100	IEA
Caupi solteiro	681,2a	5,2 a	40,6a	20,1a	1,00
1M x 1C-0,50	253,7c	5,0 a	34,4a	20,1a	1,02
1M x 2C-0,50	358,7b	5,2 a	36,2a	20,3a	1,06
1M x 1C-0,75	181,5c	4,8 a	35,7a	20,1a	0,76
Médias	368,7	5,0	36,8	20,15	0,96
CV (%)	19,02	7,29	6,29	0,89	
Época da seca					
Tratamentos	PG	NVP	NGP	M 100	IEA
Caupi solteiro	1.382a	10,6a	97,5a	19,7a	1,00
1M x 1C-0,50	617,3c	9,3a	87,4a	19,8a	1,09
1M x 2C-0,50	842,0b	9,6a	93,1a	19,7a	1,10
1M x 1C-0,75	443,6d	9,4a	91,2a	20,1a	0,78
Médias	821,2	9,8	92,3	19,8	0,99
CV (%)	13,22	5,87	8,01	1,46	

1M x 1C-0,50 - uma linha de milho e uma de caupi; 1M x 2C-0,50 - uma linha de milho e duas de caupi entre linhas de milho; e 1M x 2C-0,75 - uma linha de milho e uma de caupi; na coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Essa maior produtividade (PG) obtida no cultivo de feijão-caupi solteiro se deve principalmente ao maior número de plantas por área experimental em comparação aos consórcios, uma vez que os demais componentes de produção avaliados no feijão-caupi, como o número de vagens por planta e de grãos por planta, assim como a massa de 100 grãos foram similares entre os tratamentos, corroborando com os resultados obtidos por Mohammed et al. (2008). Apesar da diferença estatística da PG no cultivo solteiro em relação aos consórcios, os valores calculados para o IEA foram superiores a 1,0 nos consórcios 1M x 1C-0,50 e 1M x 2C-0,50, o que, de acordo com Vieira (1989), mostra uma interação positiva do feijão-caupi com o milho, nesses consórcios, nestas

condições experimentais. Embora o cultivo solteiro seja mais produtivo individualmente, o consórcio, através da avaliação dos rendimentos de ambas as culturas, com um IEA superior a 1,0, é uma opção mais vantajosa, pois além da melhor utilização da terra, pelo pequeno agricultor, caso haja perda de uma das culturas, ele ainda tem a outra cultura produzindo (VIEIRA, 1989).

Neste caso, o tratamento 1M x 2C-0,50 é o consórcio recomendado, nas condições estudadas, pois teve a segunda maior MG depois do cultivo solteiro, e com IEA superior a 1,0; já o tratamento 1M x 1C-0,75 seria inviável, pois teve IEA abaixo de 1, nestas condições. Mohammed et al. (2008), pesquisando o consorcio entre milho e feijão caupi na Nigéria, obteve maior IEA no cultivo 1M x 2C, comparando ao consorcio de 1M x 1C, que são resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho. Com estes resultados é possível inferir que, para estas condições experimentais, o cultivo consorciado entre milho e feijão caupi, com espaçamento reduzido entre as linhas de milho e feijão caupi, como no tratamento 1M x 2C-0,50, é um fator benéfico para o uso da terra e diversificação agrícola, com bom rendimento do milho e do feijão-caupi.

3.6 CONCLUSÕES

A variável IEA indica vantagens na produtividade de grãos do feijão-caupi no sistema consorciado, comparado ao cultivo solteiro, com a maior produtividade do feijão caupi no consorcio de 1,50 m entre linhas de milho e 0,50 m entre as duas linhas de feijão caupí (1M x 2C-0,50), em relação aos outros. Enquanto o consórcio 1M x 1C-0,75 não é recomendável, nessas condições, pois teve a menor produtividade de feijão caupi e o IEA menor que 1.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROSI, I. et al. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.10, p. 1213-1219, 2001.
- ASIWE, J. A. N. Insect mediated outcrossing and gene flow in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp): Implication for seed production and provision of containment structures for genetically transformed cowpea. *African Journal of Biotechnology*, Nairobi, v.8, n.2, p.226-230, 2009.
- COSTA, A. C. T. et al. Unidades térmicas e produtividade de genótipos de milheto semeados em duas épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1171-1177, 2005.
- FLESCHE, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.1, p.51-56, 2002.
- GERALDO, J. et al. Herdabilidade e correlações genéticas do teor e da aquisição de nitrogênio em milheto pérola. *Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida, Seropédica*, v.22, n.2, p.61-70, 2003.
- GERALDO, J. et al. Fenologia e produção de massa seca e de grãos em cultivares de milheto-pérola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.9, p.1263-1268, 2002.
- KAUSHIK, S. K.; GAUTAM, R. C. Response of rainfed pearl millet (*Pennisetum glaucum*) to water harvesting. Moisture conservation and plant population in light soils. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delli, v.64, n.12, p.858-860, 1994.
- LEITE, M. A.; FILHO, J. S. V. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. *Ciências Exatas e Terra, Ciências Agrária e Engenharias*, Ponta Grossa, v.10, n.1, p.43-51, 2004.
- MELO, F. B. et al. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R. et al. (Eds.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa, 2005. p.231-242.
- MOHAMMED, I. B. et al. Productivity of Millet / Cowpea Intercrop as Affected by Cowpea Genotype and Row Arrangement. *World Journal of Agricultural Sciences*, Zaira, v.4, n.S, p.818-824, 2008.
- NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Reação de cultivares de feijão-caupi à mela (*Rhizoctonia solani*) em Roraima. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.32, n.5, p. 424-428, 2007.
- PAYNE, W. A. Optimizing crop water use in sparse stands of pearl millet. *Crop Science*, Madison, v.92, p.808-814, 2000.

PIMENTEL, C. Efficiency of nutrient use by crops for low input agro-environments. In: SINGH, R. P. et al. (Eds.). Focus on plant agriculture: 1 Nitrogen nutrition in plant productivity. Houston: Studium Press, 2006. p.277-328.

POLTRONIERI, L. S., TRINDADE, D. R.; SILVA, J. F. A. F. Principais doenças do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no Pará e recomendações de controle. Belém: Embrapa CPATU, 1994. 24p.

RUMJANEK, N. G. et al. Fixação biológica do nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R. et al. (Eds.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2005. p.281-335.

SANTOS, J. F. et al. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão caupi na microregião cariri paraibano. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n.1, p.214-222, 2009.

SPRENT, J. I. et al. African legumes: a vital but under-utilized resource. Journal of Experimental Botany, Oxford, v.61, n.5, p.1257–1265, 2010.

TORRES, S. B. et al. Produtividade e morfologia de acessos de caupi, em Mossoró, RN. Horticultura Brasileira, Brasília, v.26, n.4, p.537-539, 2008.

VALADÃO, F. C. A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro- Comum, em Rolim de Moura, RO. Acta Amazonica. v. 39, n. 4, p.741-748, 2009.

VIEIRA, C. O feijão em cultivos consorciados. Viçosa, UFV, 1989. 134p.

4 CAPITULO II

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI, NO SISTEMA DE CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM MILHETO NA ÉPOCA DA SECA.

4.1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento, por meio da análise de crescimento, e a produtividade do feijão-caupi no cultivo solteiro e em consórcio com o milho, na época da seca. O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos: T1- cultura solteira de feijão caupí sem adubação nitrogenada; T2- cultura solteira de feijão-caupí com adubação nitrogenada no plantio (20 kg de N ha⁻¹); T3- cultivo consorciado tendo duas linhas de feijão-caupi sem adubação nitrogenada entre linha de milho; T4- cultivo consorciado tendo duas linhas de feijão-caupi com adubação nitrogenada no plantio (20 kg de N ha⁻¹) entre linha de milho. No feijão-caupi foram efetuadas amostragens semanais da área foliar e da biomassa da parte aérea, e avaliação do número e massa seca de nódulos, assim como os componentes de produção, na maturidade das plantas. A adubação nitrogenada e o sistema de consórcio só interferiram na produtividade, dentre os componentes de produção avaliados no feijão-caupi. Assim, a produtividade feijão-caupi, no sistema de cultivo solteiro, tanto adubado com (20 kg de N ha⁻¹) como sem adição de N, foi superior ao seu cultivo em consórcio, devido maior número de plantas por área no cultivo solteiro.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown, Biomass accumulation, Yield, análise de crescimento.

4.2 ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the growth, using growth analysis, and yield of cowpea cultivated as single crop or intercropped with pearl millet, in the dry season. The experiment was conducted at the experimental field of the Crop Science Department of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, in a randomized block design, with four replication and four treatments: T1- Single crop of cowpea, without nitrogen fertilization; T2- Single crop of cowpea, with nitrogen fertilization (20 kg de N ha⁻¹); T3- Cowpea Intercropped with two cowpea rows between the pearl millet rows, without nitrogen fertilization; T4- Cowpea Intercropped with two cowpea rows between the pearl millet rows, with nitrogen fertilization (20 kg de N ha⁻¹). In the cowpea rows, plant material was collected every week for leaf area and shoot biomass evaluation, as well as the number and mass of nodules formed and at maturity, the yield components. The nitrogen fertilization and cultivation system only interfered in the yield, among the yield components of cowpea. Therefore, the yield of cowpea, with or without nitrogen fertilization, was higher in single crop than for intercropped cowpea due to the higher plant population per area in the single crop system.

Key words: *Vigna unguiculata* L., *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown, Biomass accumulation, growth analyze.

4.3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), também conhecido como feijão macassar, feijão trepa-pau ou feijão-de-corda, tem grande importância na alimentação básica da população, pois se apresenta como uma fonte de proteína barata, principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil, além de países africanos e asiáticos (MAINA et al., 2004; MISHILI et al., 2009; SINGH et al., 2003), onde sua importância econômico-social é demonstrada pelos mais de 11 milhões de hectares plantados (LANGYINTUO et al., 2003). Além disso, a grande parte da produção de feijão ocorre em pequenas explorações marginais, que vão desde 1 para 10 hectares de tamanho, muitas vezes em terrenos declivosos de baixa fertilidade, cultivado por agricultores com poucos recursos com entradas muito poucos, e, assim, sua produtividade agrícola é muito baixa.

Com o intuito de se reduzir os riscos de perdas, de melhorar o aproveitamento da propriedade e aumentar o seu retorno econômico, muitos produtores têm optado pela exploração destas culturas em sistemas de plantio consorciado (SINGH et al., 2003). Além destes benefícios, este tipo de sistema permite ainda: reduzir a erosão, aumentar a fertilidade do solo e contribuir para melhorar a biodiversidade, além de constituir uma alternativa altamente viável para aumentar a oferta de alimentos (SULLIVAN, 2003; MUSHAGALUSA et al., 2008). Assim, o cultivo consorciado do feijão-caupi com o milho é um sistema comum de cultivo para pequenos produtores na África e na Ásia (SPRENT et al., 2010), sendo o feijão caupi utilizado para melhorar o solo por fornecimento de nitrogênio (N) ao solo via fixação simbiótica de (ALVEY et al., 2001; BADO et al., 2006) e servindo de aporte de N para a cultura do milho e outras gramíneas utilizadas em consórcio (LABERGE et al., 2011)

A nutrição mineral tem um papel fundamental para o desenvolvimento das culturas agrícolas, sendo o N o macronutriente absorvido em maior quantidade pelo feijão-caupi, que absorve, para seu desenvolvimento completo, uma quantidade superior a 100 kg ha⁻¹ N (FREIRE FILHO et al., 2005). Por outro lado, o feijão-caupi possui a capacidade de, em simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, realizar o processo de fixação biológica do N₂ (FBN), fixando 80 % da sua necessidade em N para o seu crescimento, reduzindo assim a demanda de fertilizantes de N e os custos para a cultura (ASIWE et al., 2009). Entretanto, embora adubação nitrogenada promova

boas respostas em termo de produção do feijão-caupi, tem sido demonstrado por vários autores que essa pratica, quando realizada com aplicações de altas quantidades, promove a inibição do processo da fixação simbiótica de N₂. (OROKA, 2010; OLIVEIRA et al., 2004), por outro lado, alguns autores sugerem que aplicação de uma pequena dose inicial de N pode ser muito favorável ao desenvolvimento da planta hospedeira do rizobio, diminuindo o período de deficiência inicial do nutriente que se prolonga até o estabelecimento do sistema simbiótico, permitindo maior crescimento e produtividade na cultura (HUNGRIA et al., 2003; VOISIN et al. 2003).

Para se avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre o crescimento de plantas, a análise de crescimento é uma ferramenta fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível apenas com a avaliação do rendimento (BENINCASA, 2003; KVET et al., 1971). Assim análise de crescimento pode ser utilizada para a avaliação da produtividade biológica das culturas, conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, à competição interespecífica, aos efeitos de sistemas de manejo, entre outros (HUNT et al., 2002; KVET et al., 1971). Entre os mais utilizados, encontram-se a taxa de crescimento da cultura (TCC), o índice de área foliar (IAF) e a taxa assimilatória líquida (TAL) (HUNT et al., 2002). No Brasil, são poucos os trabalhos sobre a dinâmica do acúmulo e alocação de biomassa na cultura do feijão-caupi. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o crescimento e a produtividade de grãos na cultivar de caupi Epace 10, em cultivo sem N e com (20 kg de N ha⁻¹), tanto no sistema cultivo solteiro como no consorcio com o milho.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), O experimento foi instalado no mês de março de 2011 no plantio da seca, em um argissolo, cuja análise química revelou: pH em água 5,3; Ca, 1,5 cmol dm⁻³; Mg, 0,5 cmol dm⁻³; H + Al, 3,5 cmolc dm⁻³; Al, 0,5 %; P, 4,0 mg/L; K, 6,0 mg/L; matéria orgânica, 0,9 %; e saturação de bases (V), 37%. Durante o primeiro experimento, a precipitação total, a evaporação total e a temperatura média da máxima e mínima durante o experimento foram: 287 mm, 256 mm, 27,8° e 18,6° respectivamente.

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, onde os blocos foram compostos por quatro tratamentos com feijão-caupi, cultivar (EPACE 10), e milheto, cultivar ENA 1: T1- cultura solteira de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (0,50 m entre as linhas), T2- cultura solteira de feijão-caupí com 20 kg de N ha⁻¹ (0,50 m entre as linhas), T3- cultura consorciada com o milheto, tendo duas linhas de feijão-caupi, sem adubação nitrogenada, e uma de milheto (1,50 m entre linhas de milheto e 0,50 m entre as linhas de feijão-caupi: 1M x 2C-0,50) e T4- cultura consorciada com o milheto, tendo duas linhas de feijão-caupi, com 20 Kg de N no plantio, e uma de milheto (1,50 m entre linhas de milheto e 0,50 m entre as linhas de feijão-caupi: 1M x 2C-0,50).

O preparo do solo foi constituído por uma aração e duas gradagens leves, sendo a primeira logo após a aração e a segunda um dia antes da semeadura. Em seguida foi realizada a abertura dos sulcos mecanicamente, com espaçamento 0,50 cm entre linhas. A semeadura do milheto, no consórcio, foi feita manualmente com espaçamento de 0,5 m entre plantas na linha, sendo cultivado sem adubação, e para o feijão-caupi a semeadura também foi feita manualmente obtendo uma stand de seis plantas por metro linear foi feita, com a adubação de fósforo e potássio diretamente ao lado sulco de plantio, de acordo com os resultados da análise de solo, em concordância com a recomendação para cultura (MELO et al., 2005). O experimento tanto na época da seca como na época das águas foram conduzidos sem irrigação e durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas capinas com auxílio de enxadas, procurando-se manter a cultura livre de plantas invasoras.

Para realizar a análise de crescimento e determinar a área foliar, foram coletadas ao longo do ciclo da cultura três plantas ao acaso entre as linhas ao lado da bordadura e das duas linhas centrais de cada parcela, iniciadas aos sete DAS e espaçadas de sete dias umas das outras. Nestas, todas as folhas foram separadas do restante da planta e foram tirados discos de área conhecida de trifólios da folha mais jovem que tenha atingido sua expansão máxima. Os discos e o restante das folhas foram secos separadamente, em estufa a 60 ° C por 48 horas, até obter-se massa constante, que foi determinada tanto para o disco de área conhecida como para o total das folhas, obtendo-se a área foliar total da planta por regra de três simples. Além disto, a massa seca da parte área foi determinada após secagem onde os dados de massa seca e área foliar foram convertidos para biomassa por área de terreno e índice de área foliar (IAF: relação entre a área foliar e área de solo explorado), considerando a densidade final de plantas de cada parcela. Entre as funções testadas para ajuste dos dados ao longo do tempo, na análise de crescimento, foi escolhido o modelo exponencial polinomial do 2º grau para a biomassa da parte aérea, e do 3º grau para o índice de área foliar, devido ao maior coeficiente de correlação com os dados brutos. A partir dessas funções, foram derivadas as taxas de crescimento da cultura (TCC) e de assimilação líquida (TAL) (Hunt, 1982). Já a duração da área foliar, correspondente à área abaixo da curva de IAF (Hunt, 1982), foi calculada pelo somatório das médias de dois valores diários consecutivos de IAF, estimados pelas funções ajustadas.

No florescimento para a determinação do potencial de nodulação, foi avaliado o número e massa seca dos nódulos. Na maturação dos grãos, aos 112 DAS, foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, avaliando-se o número de plantas, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e rendimento de grãos. Para a análise estatística dos resultados foi realizada uma análise de variância e, quando detectada significância, a comparação entre as médias foi feita utilizando o programa estatístico Sisvar, com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os sistemas de cultivos, solteiro e em consórcio, observou-se uma fase inicial, com acúmulo de massa de folhas (MSF) e massa seca de ramos (MSR) relativamente lento até aos 35 DAS (Tabela 1). Após houve um crescimento acelerado até aos 56 dias DAS, com acumulação máxima de MSF entre 56 e 70 DAS e de MSR entre 56 e 77 DAS, com posterior redução da MSF e MSR até o final do ciclo, ou seja, a acumulação preferencial de massa seca ocorreu nas folhas e depois nos ramos (Tabela 1).

Essa redução de massa após os 70, MSF, e 77 dias, MSR, é devida à senescência foliar e a retranslocação de nutrientes e assimilado para os órgãos reprodutivos (HUNT et al., 2002), como relatado por Gomes et al. (2000) para a cultivar Negro Argel de feijoeiro comum, que acumulou massa primeiro nas folhas, em seguida nos ramos e, por fim, nos órgãos reprodutivos. De forma geral, os maiores valores de massa de folha e de ramos foram observados no cultivo do feijão-caupi com 20 kg de N ha⁻¹ em consorcio com a cultura do milho, em relação aos demais tratamentos; enquanto o cultivo solteiro sem doses de N apresentou menores valores de massa, em algumas coletas, comparado aos dois tratamentos de caupi em consorcio com a cultura do milho (Tabela 1). Isto indica que o sombreamento do consórcio, provocado pela cultura do milho, não influenciaram negativamente no acúmulo de massa seca da planta de feijão-caupi.

Tabela 1. Massa seca de folhas e ramos por planta do feijão-caupi nos quatro tratamentos: solteiro sem nitrogênio, solteiro com 20 Kg de nitrogênio, consorciado sem nitrogênio e consorciado com 20 kg de nitrogênio.

Dias após a semeadura	Solteiro sem Nitrogênio	Solteiro com 20 kg de N ha ⁻¹	Conсорciado sem Nitrogênio	Conсорciado 20 kg de N ha ⁻¹
Massa seca de folhas por planta (g)				
14	0,494b	0,507b	0,509b	0,597a
21	1,391b	1,452b	1,464b	1,890a
28	2,644b	2,800b	3,152a	3,297a
35	4,225c	4,500c	4,803b	5,136a
42	6,358c	6,652b	6,955b	7,408a
49	8,406d	8,746c	9,016b	9,491a
56	11,264b	11,339b	11,519b	13,331a
63	10,649b	11,139b	11,147b	12,392a
70	10,453c	10,920b	10,930b	11,374a
77	9,998c	10,181b	10,378b	10,988a
84	9,291c	9,613b	9,709b	10,262a
91	8,317c	8,632b	9,180a	9,292a
98	7,697b	7,659b	8,070a	8,140a
105	7,227b	7,154b	7,315b	8,022a
112	7,190b	7,316b	7,142b	7,593a
Massa seca de ramos por planta (g)				
14	0,228b	0,337a	0,228b	0,233b
21	0,996b	0,982b	1,050ab	1,172a
28	1,778b	1,838b	1,984a	2,075a
35	2,593b	2,669b	3,811a	4,001a
42	4,530c	4,607c	7,423b	7,614a
49	7,454c	7,509c	9,733b	10,013a
56	12,297c	12,367c	13,376b	14,132a
63	12,813c	12,846c	13,414b	14,223a
70	12,901c	12,907c	13,270b	14,177a
77	12,843c	12,862c	13,185b	14,112a
84	12,789c	12,799c	13,099b	14,036a
91	12,732c	12,741c	13,014b	13,951a
98	12,598b	12,552b	12,826b	13,740a
105	11,806b	11,817b	11,907b	12,659a
112	11,552b	11,503b	11,795b	11,954a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A variação da TCC do feijão-caupi, em sistema de cultivo solteiro e em consórcio com o milho, com ou sem N, é apresentada na (Figura 1 e Tabela 2), onde também se observa um acúmulo inicial lento de massa seca, seguido por um crescimento exponencial e, finalmente, uma diminuição da TCC no final do ciclo, como descrito por Hunt et al. (2002). Comportamento semelhante foi observado por Urchei et al. (2000), avaliando o crescimento do feijão comum sob plantio direto e convencional, e por Gomes et al. (2000), que mencionam que a redução da TCC no final do ciclo da cultura ocorre devido à senescência foliar. Nesse experimento, os maiores valores de

TCC em todos os tratamentos ocorreram aos 49 DAS (Figura 1), e os valores de TCC do feijão caupi foram significativamente superiores na maioria das coletas dos dois tratamentos de consórcio com o milho (sobretudo no tratamento do consórcio com (20 kg de N ha⁻¹ N), em relação aos dois cultivos solteiros, durante os estágios iniciais de desenvolvimento, até aos 42 DAS.

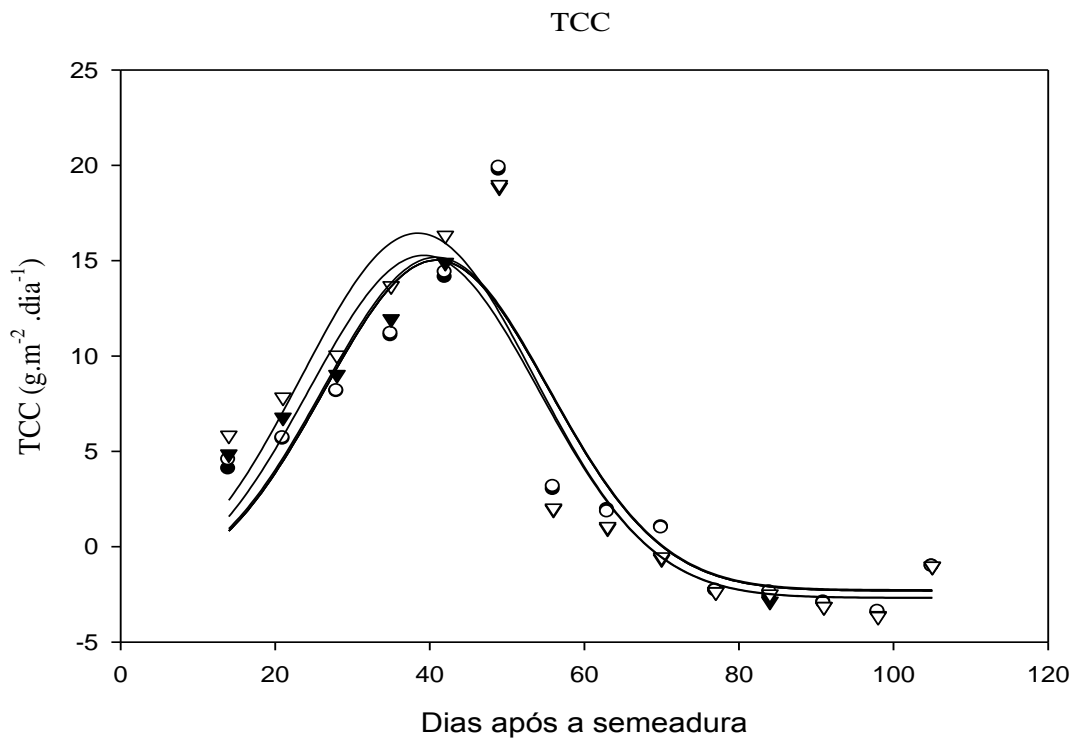


Figura 1. Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milho (▼) cultivo do caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milho (▽).

Tabela 2. Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS. ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Dia}^{-1}$).

DAS	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha^{-1}	Consortiado Sem N	Consortiado 20 kg de N ha^{-1}
14	4,67b	4,74b	4,85b	5,84a
21	5,63c	5,70c	6,78b	7,84a
28	8,13c	8,17c	9,02b	10,04a
35	11,06c	11,18c	11,94b	13,67a
42	14,12c	14,38c	14,90b	16,32a
49	19,74a	19,89a	18,85b	18,98b
56	2,99a	3,15a	1,96b	2,02b
63	1,94a	1,82a	0,97b	1,05b
70	1,03a	0,98a	-0,64b	-0,55b
77	-2,64a	-2,31a	-2,36a	-2,38a
84	-3,49a	-2,38a	-2,87a	-2,49a
91	-2,91a	-2,96a	-3,14a	-3,15a
98	-3,45a	-3,40a	-3,62a	-3,67a
105	-1,01a	-1,03a	-1,04a	-1,02a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Esses resultados indicam que o feijão-caupi, em consórcio com o milho, apresenta crescimento inicial mais rápido em relação ao solteiro, principalmente no tratamento com 20 kg de N ha^{-1} , devido ao maior espaçamento entre as linhas de feijão-caupi próximas a de milho. Isto por haver, neste consórcio, uma linha de milho após cada duas linhas de caupi, todas espaçadas de 0,5m. Assim sendo, há um espaçamento de 1,0 m entre as duas linhas de feijão-caupi próximas à de milho, e, devido ao crescimento inicial mais lento do milho, há pouca competição deste com o crescimento do feijão-caupi no início de seu desenvolvimento. Porém, dos 49 DAS (máxima TCC) aos 70 DAS, observou-se que os valores de TCC, dos cultivos solteiros do feijão-caupi, foram significativamente superiores aos dos consórcios. Isto pode ser reflexo do sombreamento do milho, a partir dos 49 DAS, sobre o feijão-caupi consorciado, que teve um maior acúmulo de massa de ramos por planta que nos cultivos solteiro (Tabela 1). A partir dos 77 dias todos os tratamentos tiveram valores de TCC similares. O comportamento da curva TCC deste experimento foi semelhante aos encontrados por Sepaskhah et al.(2006) trabalhando com feijão-caupi,

O índice de área foliar (IAF) é um parâmetro biofísico que pode ser utilizado como medida da relação entre a área foliar e de área do solo explorada e, por consequência, da população das plantas, nos modelos agronômicos (DORAISWAMY et al., 2004). O conhecimento da variação do IAF ao longo do ciclo de uma cultura

agrícola permite avaliar a capacidade ou a velocidade com que a parte aérea do vegetal (área foliar) ocupa a área do solo disponível, podendo ser útil na avaliação de varias praticas culturais como densidade de sementes no plantio, adubação, competição (FAVARIN et Al., 2002). De forma geral, em todos os tratamentos (Figura 2 e Tabela 3), os valores de índice de área foliar (IAF) foram crescentes, atingindo valor máximo aproximadamente aos 56 DAS, no final do estágio de florescimento. Estes valores máximos foram de: 4,28 no cultivo do caupi solteiro sem adubação de N; 4,31 no cultivo do caupi solteiro com adubação 20 kg de N ha⁻¹; 4,39 no cultivo em consórcio do caupi sem adubação de N; e 5,02 no cultivo em consórcio do caupi adubado com 20 Kg⁻¹ de N. Após este estágio, houve decréscimo no IAF, o que era esperado, pois a área foliar verde vai se reduzindo, sobretudo em virtude da senescência das folhas mais velhas, diminuindo a sua massa (Figura 2 e Tabela 1).

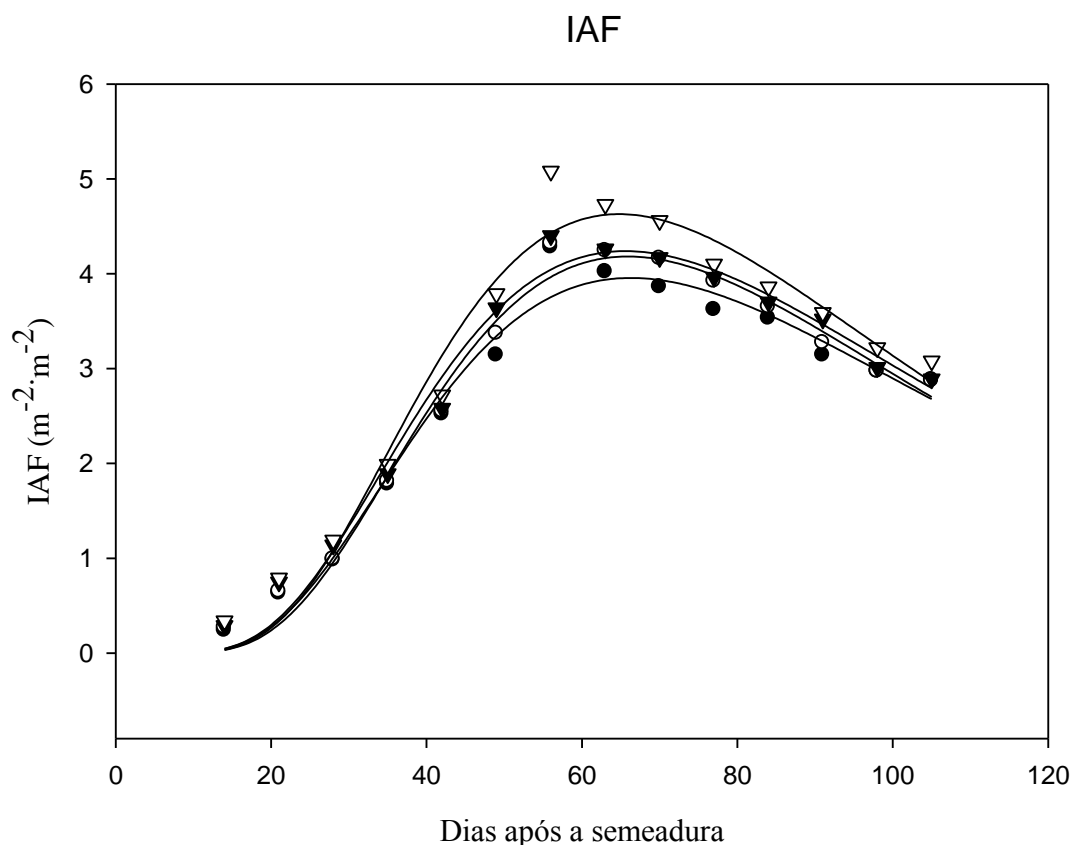


Figura 2. Índice da área foliar (IAF) do feijão-caupí nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupí sem adubação nitrogenada e consorciado com o milho (▼) cultivo de feijão caupí com 20 Kg de N e consorciado com o milho (▽).

Tabela 3. Índice de área foliar (IAF) do feijão-caupi. Efeito da interação sistema de cultivo e época de coleta em função do dia após a semeadura (DAS).

DAS	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha ⁻¹	Consortiado Sem N	Consortiado 20 kg de N ha ⁻¹
14	0,24b	0,27bc	0,29b	0,34a
21	0,63c	0,65c	0,75b	0,79a
28	0,98c	0,99c	1,14b	1,19a
35	1,78c	1,81c	1,89b	1,99a
42	2,52b	2,55b	2,58b	2,72a
49	3,14d	3,37c	3,46b	3,79a
56	4,28d	4,32c	4,40b	5,08a
63	4,02c	4,24b	4,26b	4,73a
70	3,86c	4,16b	4,17b	4,56a
77	3,62d	3,92c	3,96b	4,10a
84	3,53d	3,65c	3,70b	3,86a
91	3,14d	3,27c	3,52b	3,59a
98	2,97b	2,97b	3,01b	3,22a
105	2,88b	2,87b	2,89b	3,08a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nesse trabalho o maior valor de IAF encontrado, de 5,08 aos 56 DAS, ocorreu no cultivo de feijão caupi consorciado e adubado com 20 kg de N e, sendo que nesse mesmo tratamento, do plantio até os 70 DAS, os valores de IAF foram significativamente superiores aos dos demais tratamentos (Figura 2 e Tabela 3). Estes maiores valores de IAF neste tratamento consorciado se correlacionam com os maiores valores de massa seca de folhas e ramos por planta (Tabela 1) e de TCC obtidos até os 42 DAS (Figura 1), demonstrando a capacidade do caupí de responder à aplicação de N. Os valores do IAF obtidos para todos os sistemas de cultivo, no presente trabalho, foram semelhantes aos encontrados por Oguntunde et al. (2004), e superiores aos obtidos por San Jose et al. (2004), para o caupí. Não há informações disponíveis sobre o IAF ótimo para o feijão caupi. Urchei et al. (2000) demonstraram que o IAF de um genótipo de feijão-caupí varia com as condições ambientais, mas não com o número de dias até o valor máximo. De acordo com Summerfield (1985), um IAF acima de três para o feijão-caupí significa que a planta atingiu o máximo de cobertura foliar para uma máxima interceptação de luz e produção de fotoassimilados.

A taxa de assimilação líquida (TAL), que expressa a eficiência de acumulação de biomassa por unidade de área foliar, serve de estimativa da fotossíntese líquida real, em termos de ganho de massa por área foliar e tempo (HUNT et al., 2002). A TAL, durante o ciclo das plantas, teve valores decrescentes ao longo das avaliações, em todos os tratamentos (figura 3e tabela 4), conforme observado por Barrios et al. (2011), também

em feijão-caupi. Isto provavelmente indica uma maior atividade fotossintética líquida nos estágios iniciais de desenvolvimento do cultivo do feijão-caupi, seja solteiro ou consorcio. Neste trabalho, os maiores valores de TAL (Figura 3 e Tabela 3) também foram observados nos cultivos consorciados, comparados aos cultivos solteiros, até aos 49 DAS, com a mesma tendência que ocorreu para a TCC e o IAF, também sendo maiores no cultivo consorciado. A partir dos 56 DAS, ocorreu um decréscimo acentuado da TAL em todos os tratamentos, o pode ser explicado pelo final do florescimento e começo do enchimento de vagem nesta data, quando a planta aumenta a translocação de fotossimilados das folhas (fonte) para os grãos, que aliada à senescência de folhas mais velhas, no final do ciclo da planta, reduz a massa e área foliar, conforme relatado por Gomes et al. (2000).

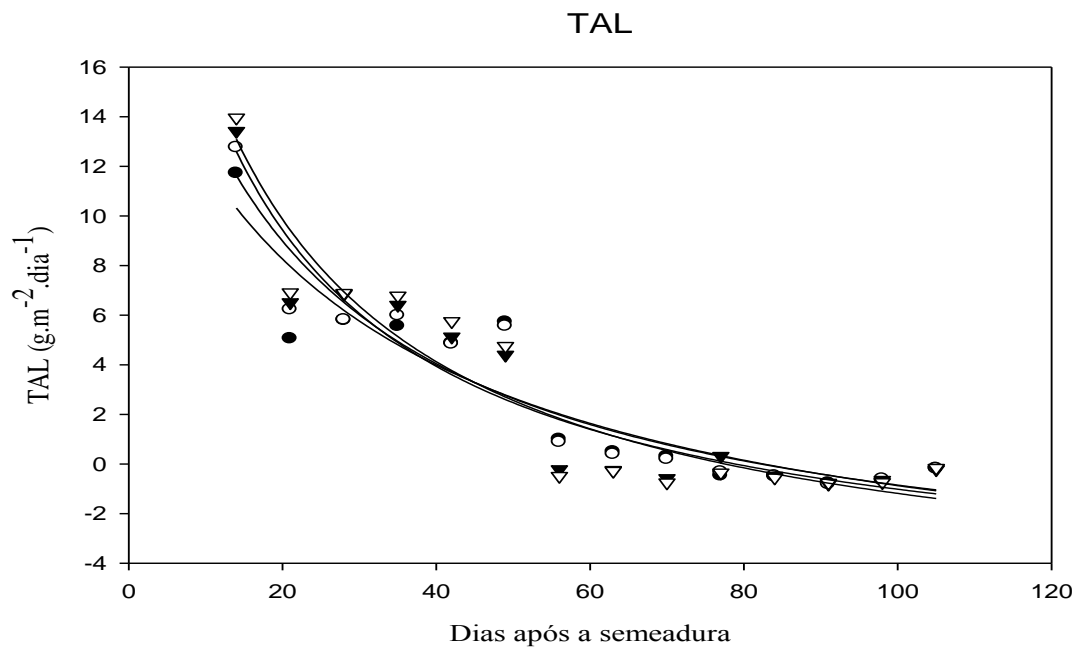


Figura 3. Taxa de Assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milho (▼) cultivo do feijão-caupi com 20 Kg de N e consorciado com o milho (▽).

Tabela 4. Taxa de assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$).

DAS	Tratamentos			
	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha^{-1}	Consortiado Sem N	Consortiado 20 kg de N ha^{-1}
14	11,72c	12,76b	13,42a	13,96a
21	5,05b	6,22a	6,51a	6,91a
28	5,79b	5,81b	6,85a	6,89a
35	5,55b	5,98b	6,41a	6,78a
42	4,87b	4,84b	5,13a	5,75a
49	5,72a	5,56a	4,40b	4,75b
56	0,99a	0,88a	-0,22b	-0,49b
63	0,49a	0,39a	-0,25b	-0,28b
70	0,30a	0,19a	-0,58b	-0,75b
77	-0,47a	-0,32a	-0,32a	-0,35a
84	-0,51a	-0,48a	-0,48a	-0,55a
91	-0,77a	-0,82a	-0,80a	-0,76a
98	-0,66a	-0,61a	-0,65a	-0,74a
105	-0,18a	-0,19a	-0,22a	-0,16a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Com relação ao potencial de fixação biológica do nitrogênio (FBN), nos diferentes tratamentos (Tabela 5), foram encontradas diferenças estatísticas entre eles para o número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN). Os maiores valores de NN e MSN foram encontrados nos sistemas de cultivo solteiro e no consórcio, ambos sem adição de ($20\text{ kg de N ha}^{-1}$) em relação aos cultivos solteiro e consorciado com $20\text{ kg de N ha}^{-1}$, indicando provável efeito negativo do N sobre a nodulação, conforme assinalado por diversos autores (SILVEIRA et al., 2001). Contudo, não há uma inibição total do potencial de FBN e, segundo Grange & Vance (2000), os nódulos formados, em menor número na presença do N, contribuem para o fornecimento de N, aumentando os seus teores na planta, com efeito positivo na produtividade das leguminosas.

Tabela 5. Número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) do potencial de fixação biológica do feijão-caupi na época da floração.

Variáveis	Tratamentos				CV%
	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha^{-1}	Consortiado Sem N	Consortiado 20 kg de N ha^{-1}	
NN	40,2a	26,7b	38,5a	29,2b	13,97
MSN (mg)	0,021a	0,014b	0,020a	0,015b	17,91

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Com relação à produtividade do caupi, houve diferença significativa para a massa de grãos (PG) entre os tratamentos (Tabela 6). O feijão-caupi, no sistema de cultivo solteiro, tanto adubado com 20 kg de N ha⁻¹ como sem adição de N, teve PG superior aos cultivos em consórcio com a cultura do milho. Essa maior produtividade (PG) obtida no cultivo de feijão-caupi solteiro se deve, principalmente, ao maior número de plantas por área experimental em comparação aos consórcios. Além disto, a adubação nitrogenada e o sistema de consórcio não interferiram nos componentes de produção avaliados no caupi, como o número de vagens por planta e de grãos por planta, assim como a massa de 100 grãos (Tabela 6), que foram similares entre os tratamentos, corroborando os resultados obtidos por Mohammed et al. (2008).

Tabela 6. Número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa em gramas de 100 grãos (M 100) e produtividade de grãos, em Kg.ha¹ (MG) do feijão-caupi.

Tratamentos	NVP	NGV	NGP	M100	PG
Caupi solteiro	7,9a	7,8a	61,4a	21,2a	1552,5a
Caupi solteiro 20 kg de N ha ⁻¹	7,9a	7,8a	62,3a	21,1a	1579,4a
Caupi consorciado	7,8a	7,8a	60,8a	21,2a	947,2b
Caupi consorciado 20 kg de N ha ⁻¹	7,8a	7,7a	61,6a	21,2a	963,7b
CV%	3,32	4,12	4,95	1,35	12,35

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.6 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada e o sistema de consórcio não interferiram nos componentes de produção avaliados no caupi, como o número de vagens por planta e de grãos por planta, assim como a massa de 100 grãos.

A maior massa seca de folhas e de ramos no cultivo consorciado com (20 kg de N ha⁻¹) não resultou em maior produtividade, avaliada por área cultivada.

O feijão- caupi, no sistema de cultivo solteiro, tanto adubado com (20 kg de N ha⁻¹) como sem adição de N, teve MG superior aos cultivos em consórcio com a cultura do milheto, ao maior número de plantas por área.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVEY S, BAGAYOKO M, NEUMANN G, BUERKERT A (2001) Cereal/legume rotations affect chemical properties and biological activities in two West African soils. *Plant Soil* 231:45–54.

ASIWE, J.A.N. Insect mediated outcrossing and geneflow in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): Implication for seed production and provision of containment structures for genetically transformed cowpea. *African Journal of Biotechnology*. v.8, n.2, p.226-230, 2009.

BADO B, BATIONO A, CESCAS M (2006) Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum yields in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa). *Biol Fertil Soils* 43:171–176.

BARRIOS, P.A; Estrada, J.A.S.E; González, M. T. R. Growth and yield of cowpea bean in relation to trellises type and climate. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v.13, p.307 -315, 2011.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

DORAISWAMY, P.C.; HATFIELD, J.L.; JACKSON, B.; AKHMEDOV, B.; PRUEGER, J.; STERN, A. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. *Remote Sensing of Environment*, v.92, p.548-559, 2004.

FAVARIN, J.L.; DOURADO-Neto, D.; Y GARCIA, A.G.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M.G.G.V. Equacoes para a estimativa do indice de area foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasilia, v.37, n.6, p.769-773, jun. 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519 p.

GOMES A.A. et al. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*., Brasília, v.35, n.10, p.1927-1937, 2000.

GRAHAM, P. H.; VANCE, C. P. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Research*, Warwick, v.65, n.2-3, p.93-106, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. *Biology and Fertility of Soils*, Florença, v.39, p.88-93, 2003.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, v.90, n.4, p.485-488, 2002.

KVET, J.; ONDOK, J. P.; NECAS, J.; JARVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P. G. (Ed.). *Plant photosynthetic production: manual of methods*. The Hague: W. Junk, 1971. p.343-391.

LABERGE, G., BETINA, G.I., HAMBUS, H. P.; JENSEN, H. H. Cowpea N rhizodeposition and its below-ground transfer to a co-existing and to a subsequent millet crop on a sandy soil of the Sudano-Sahelian eco-zone. *Plant Soil*, v.340, p.369–382, 2011.

LANGYINTUO, A. S.; LOWENBERGDEBOER, J.; FAYE, M.; LAMBERT, D.; IBRO, G.; MOUSSA, B.; KERGNA, A.; KUSHWAHA, S.; MUSA, S.; NTOUKAM, G. Cowpea supply and demand in west and central Africa. *Field Crops Research*, v.82 p.215231, 2003.

MAINA, Y.T.; NES Lale. Integrated management of *Callosobruchus maculatus* (F.) infesting cowpea seeds in storage using varietal resistance, application of neem (*Azadirachta indica*A. Juss), seed oil and solar heat *International Journal of Agriculture and Biology*. v.6, n.3, p.440 – 446, 2004.

MELO, F. B. et al. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R. et al. (Eds.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa, 2005. p.231-242.

MISHILI F.J, FULTON J, SHEHU M, KUSHWAHA S, MARFO K, Jamal M, Kergna A and J Lowenberg-DeBoer Consumer preferences for quality characteristics along the cowpea value chain in Nigeria, Ghana, and Mali *Agribusiness*.v.25, n.1, p.16–35, 2009.

MOHAMMED, I. B. et al. Productivity of Millet / Cowpea Intercrop as Affected by Cowpea Genotype and Row Arrangement. *World Journal of Agricultural Sciences*, Zaira, v.4, n.S, p.818-824, 2008.

MUSHAGALUSA, G.N.; LEDENT, J.F.; DRAYE, X. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*, v.64, p.180-188, 2008.

OGUNTUNDE, P.G.; ·Giesen, N.V. Crop growth and development effects on surface albedo for maize and cowpea fields in Ghana, West Africa. *Int J Biometeorol*. v.49, p.106–112, 2004.

OLIVEIRA, W.S. et al. Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *sinorhizobium meliloti*. *Scientia Agricola*, v.61, p.433-438, 2004.

OROKA, F.O Responses of Rice and Cowpea Intercropping to Nitrogen Fertilizer and Plant Population (1): Nodulation, Nitrogen Fixation and Agronomic Efficiency. *World J. Agric. Sci.*, v.6, n.2, p.154-159, 2010.

SAN JOSE, J. J.; MONTES, R. A.; NIKONOVA, N.; VALLADARES, N.; BUENDIA, C.; MALAVE, V.; BRACHO, R. Dry-matter partitioning and radiation-use efficiency in cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. Cvs TC-9-6 and M-28-6-6) during consecutive seasonal courses in the Orinoco llanos. *Journal of Agricultural Science*, v.142, p.163–175, 2004.

SEPASKHAH, A.R.; Sh. REZAEI-POUR; KAMGAR-HAGHIGHI A.A.. Water Budget Approach to quantify Cowpea Yield using Crop Characteristic Equations. *Biosystems Engineering* (2006) 95 (4), 583–596.

SILVEIRA, J.A.G.D.; COSTA, R.C.L.D. & OLIVEIRA, J.T.A. Drought-induced effects and recovery of nitrate assimilation and nodule activity in cowpea plants inoculated with *Bradyrhizobium* spp. under moderate nitrate level. *Braz. J. Microbiol.*, 32:187-194, 2001.

SINGH, B.B.; AJEIGBE, H.A.; TARAWALI, S.A.; FERNANDEZ-RIVERA, S. MUSA ABUBAKA. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder, v. 84, p.169-177, 2003.

SPRENT, J. I. et al. African legumes: a vital but under-utilized resource. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.61, n.5, p.1257–1265, 2010.

SUMMERFIELD, R.J.; PATE, J.S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H.C. The physiology cowpea. 13 In: 14 SINGH, S.R.; RACHIE, K.O. (Eds.). *Cowpea research, production and utilization*. 15 Chichester: John Wiley, p.66-101, 1985.

SULLIVAN, P. *Intercropping principles and production practices*. Fayetteville: ATTRA, 2003. 12p.

URCHEI, M.A. et al. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VOISIN, A. S.; SALON, C.; JEUDY, C.; WAREMBOURG, F. R. Symbiotic N₂ fixation activity in relation to C economy of *Pisum sativum* L. as a function of plant phenology. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster, v.54, p.2733-2744, 2003.

5 CAPITULO III

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO- CAUPI EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM MILHETO, NA ÉPOCA DAS ÁGUAS .

5.1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento, por meio da análise de crescimento, e a produtividade do feijão-caupi no cultivo solteiro e em consórcio com o milho, na época da seca. O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos: T1- cultura solteira de feijão caupí sem adubação nitrogenada; T2- cultura solteira de feijão caupí com adubação nitrogenada no plantio (20 kg de N ha⁻¹); T3- cultivo consorciado tendo duas linhas de feijão-caupi, sem adubação nitrogenada, entre linha de milho; T4- cultivo consorciado tendo duas linhas de feijão-caupi, com adubação nitrogenada no plantio (20 kg de N ha⁻¹), entre linha de milho. No feijão-caupi foram efetuadas amostragens semanais da área foliar e da biomassa da parte aérea, e avaliação do número e massa seca de nódulos, assim como foram avaliados os componentes de produção, na maturação. A adubação nitrogenada e o sistema de consórcio não interferiram nos componentes de produção avaliados no feijão caupi. O feijão-caupi, no sistema de cultivo solteiro, tanto adubado com 20 kg de N ha⁻¹ como sem adição de N, teve produtividade superior aos cultivos em consórcio com a cultura do milho, devido ao maior número de plantas por área.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., Análise de crescimento, Biomassa acumulada, *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown, produtividade,

5.2 ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the growth, using growth analysis, and yield of cowpea in single crop or intercropped with pearl millet, in the dry season. The experiment was conducted at the experimental field of the Crop Science Department of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, in a randomized block design, with four replication and four treatments: T1- Cowpea in single crop, without nitrogen fertilization; T2- Cowpeain single crop, with nitrogen fertilization (20 kg de N ha⁻¹); T3- Cowpea Intercropped, with two rows between the pearl millet rows, without nitrogen fertilization; T4- Cowpea Intercropped with two rows between the pearl millet rows, with nitrogen fertilization (20 kg de N ha⁻¹). In the cowpea rows plant material was collected every week for leaf area and shoot biomass evaluation, as well as the number and mass of nodules formed and yield components were assessed at maturity. The nitrogen fertilization and cultivation system did not interfered in the yield components of cowpea. However, the yield of cowpea, with or without nitrogen fertilization, was higher than for intercropped cowpea due to the higher plant population per area.

Key words: *Vigna unguiculata* L., growth analysis, Biomass accumulation, *Penisetum glaucum* (L.) R. Brown, Yield.

5.3 INTRODUÇÃO

O consórcio do caupi com outras culturas é prática tradicional entre os pequenos e médios produtores rurais em todo o Brasil, principalmente na região Nordeste, (SOUZA et al., 2004). E na África o cultivo consorciado do feijão-caupi com o milheto é um sistema predominante comum entre os produtores (SPRENT et al., 2010).

Segundo Cardoso et al. (1992), a razão da preferência do feijão-caupi por este tipo de cultivo no Brasil, além de constituir um dos alimentos básicos para população, prende-se ao fato de ser esta uma cultura de ciclo curto e pela sua rusticidade, como maior resistência a doenças, maior tolerância à seca e com o custo de produção bem baixo em relação às demais.

Assim o consórcio de culturas quando comparados aos monocultivos, destacam-se por apresentar menor risco de insucesso em virtude das incertezas climáticas, por agruparem culturas de diferentes ciclos, além de conferir maior proteção ao solo, através da redução do crescimento de plantas daninhas, aumenta a produção por unidade de área em um determinado período de tempo, otimiza a utilização da mão de obra, melhora a distribuição temporal de renda e diversificar a produção, em virtude da maior variedade de alimentos (AMBROSI et al., 2001; SULLIVAN, 2003).

A interação entre os vários fatores que influenciam os processos fisiológicos é bastante complexa e, dessa forma, a análise de crescimento tem sido uma técnica bastante utilizada e fundamental para entender os efeitos dos sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com um simples registro de rendimento (URCHEI et al., 2000). Além disso, essa técnica permite identificar diferenças morfológicas, assim como, quantificar a produção líquida resultante do processo fotossintético (BENINCASA, 2003). Entre os mais utilizados, encontram-se a taxa de crescimento da cultura (TCC), o índice de área foliar (IAF) e a taxa assimilatória líquida (TAL) (HUNT et al., 2002).

A cultura do milheto como a cultura do feijão-caupi são plantas adaptadas às regiões semiáridas, sendo eficiente no uso de água e nutrientes e ambas podem ser usadas tanto na alimentação humana como para animal, uma como fonte de proteínas e a outra como carboidratos. Portanto, o cultivo do feijão-caupi com o milheto em consórcio, surge como uma alternativa para que se possa conduzir uma agropecuária mais viável e competitiva, principalmente para os pequenos produtores de baixa renda e

com pequenas áreas para o cultivo, principalmente na região nordeste (PIMENTEL, 2006). Por isso, a presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o crescimento e produtividade de grãos do feijão-caupi, no sistema de cultivo solteiro e consorciado com milho ENA 1 na época das águas .

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), O experimento foi instalado no mês de setembro de 2011 no plantio das águas, em um argissolo, cuja análise química revelou: pH em água 5,3; Ca, 1,5 cmol dm⁻³; Mg, 0,5 cmol dm⁻³; H + Al, 3,5 cmolc dm⁻³; Al, 0,5 %; P, 4,0 mg/L; K, 6,0 mg/L; matéria orgânica, 0,9 %; e saturação de bases (V), 37%. Durante o primeiro experimento, a precipitação total, a evaporação total e a temperatura média da máxima e mínima durante o experimento foram: 402 mm, 318 mm, 30,9° e 21,8° respectivamente.

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, onde os blocos foram compostos por quatro tratamentos com feijão-caupi, cultivar (EPACE 10), e milheto, cultivar ENA 1: T1- cultura solteira de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (0,50 m entre as linhas), T2- cultura solteira de feijão-caupí com 20 kg de N ha⁻¹ (0,50 m entre as linhas), T3- cultura consorciada com o milheto, tendo duas linhas de feijão-caupi, sem adubação nitrogenada, e uma de milheto (1,50 m entre linhas de milheto e 0,50 m entre as linhas de feijão-caupi: 1M x 2C-0,50) e T4- cultura consorciada com o milheto, tendo duas linhas de feijão-caupi, com 20 Kg de N no plantio, e uma de milheto (1,50 m entre linhas de milheto e 0,50 m entre as linhas de feijão-caupi: 1M x 2C-0,50).

O preparo do solo foi constituído por uma aração e duas gradagens leves, sendo a primeira logo após a aração e a segunda um dia antes da semeadura. Em seguida foi realizada a abertura dos sulcos mecanicamente, com espaçamento 0,50 cm entre linhas. A semeadura do milheto, no consórcio, foi feita manualmente com espaçamento de 0,5 m entre plantas na linha, sendo cultivado sem adubação, e para o feijão-caupi a semeadura também foi feita manualmente obtendo uma stand de seis plantas por metro linear foi feita, com a adubação de fósforo e potássio diretamente ao lado sulco de plantio, de acordo com os resultados da análise de solo, em concordância com a recomendação para cultura (MELO et al., 2005). O experimento tanto na época da seca como na época das águas foram conduzidos sem irrigação e durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas capinas com auxílio de enxadas, procurando-se manter a cultura livre de plantas invasoras.

Para realizar a análise de crescimento e determinar a área foliar, foram coletadas ao longo do ciclo da cultura três plantas ao acaso entre as linhas ao lado da bordadura e das duas linhas centrais de cada, iniciadas aos sete DAS e espaçadas de sete dias umas das outras. Nestas, todas as folhas foram separadas do restante da planta e foram tirados discos de área conhecida de trifólios da folha mais jovem que tenha atingido sua expansão máxima. Os discos e o restante das folhas foram secos separadamente, em estufa a 60 ° C por 48 horas, até obter-se massa constante, que foi determinada tanto para o disco de área conhecida como para o total das folhas, obtendo-se a área foliar total da planta por regra de três simples. Além disto, a massa seca da parte área foi determinada após secagem onde os dados de massa seca e área foliar foram convertidos para biomassa por área de terreno e índice de área foliar (IAF: relação entre a área foliar e área de solo explorado), considerando a densidade final de plantas de cada parcela. Entre as funções testadas para ajuste dos dados ao longo do tempo, na análise de crescimento, foi escolhido o modelo exponencial polinomial do 2º grau para a biomassa da parte aérea, e do 3º grau para o índice de área foliar, devido ao maior coeficiente de correlação com os dados brutos. A partir dessas funções, foram derivadas as taxas de crescimento da cultura (TCC) e de assimilação líquida (TAL) (Hunt, 1982). Já a duração da área foliar, correspondente à área abaixo da curva de IAF (Hunt, 1982), foi calculada pelo somatório das médias de dois valores diários consecutivos de IAF, estimados pelas funções ajustadas.

No florescimento para a determinação do potencial de nodulação, foi avaliado o número e massa seca dos nódulos. Na maturação dos grãos, aos 112 DAS, foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, avaliando-se o número de plantas, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e rendimento de grãos. Para a análise estatística dos resultados foi realizada uma análise de variância e, quando detectada significância, a comparação entre as médias foi feita utilizando o programa estatístico Sisvar, com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao acúmulo de massa seca de folhas (MSF) e de ramos (MSR) em todos os tratamentos avaliados houve interação significativa entre os fatores do sistema de cultivo solteiro e consorciado e a aplicação da adubação em plantio de 20 kg de N ha⁻¹ (Tabela 1). Nos tratamentos tanto solteiro quanto consorciado, com 20 kg de N ha⁻¹, a MSF e MSR do feijão-caupi foram superiores dos 14 aos 42 dias após a semeadura (DAS), em relação aos tratamentos que não receberam a adubação de N. Contudo, dos 49 DAS em diante, os tratamentos em consórcio passaram a ter a MSF e a MSR superiores aos tratamentos em sistema de cultivo solteiro, sobretudo no tratamento com adubação 20 kg de N ha⁻¹ em plantio. Este fato demonstra que o feijão-caupi seja em cultivo solteiro seja em cultivo consorciado, responde á adubação nitrogenada, como assinalado por Pimentel et al. (1999) e Pimentel (2006).

Esse maior ganho de massa seca de folha e de caule até aos 42 (DAS) nos tratamentos com 20 kg de N ha⁻¹, comparados aos tratamentos que não receberam a adubação nitrogenada, poderia ser explicado pela utilização em conjunto das duas fontes de nitrogênio, adubação mineral e fixação biológica do nitrogênio (FBN), das bactérias nativas, contribuindo para essa maior massa seca, uma vez que a adubação de 20 kg de N ha⁻¹ não inibiu o numero de nódulos (Tabela 5). Já o ganho de massa seca de folha e de caule a partir dos 49 DAS, pode ser devido ao efeito da competição entre plantas no consorcio, pois aos 49 DAS, o milho já começa a acumular mais biomassa competindo com o feijão-caupi. Também observou-se que a acumulação preferencial de massa seca no feijão-caupí ocorreu primeiro nas folhas até os 42 DAS e depois nos ramos (tabela 1), como observado por Gomes et al. (2000), com feijão comum.

Tabela 1. Massa seca de folhas e ramos por planta no feijão-caupi nos quatros tratamentos: solteiro sem nitrogênio, solteiro com 20 Kg de N, consorciado sem nitrogênio e consorciado com 20 kg de N.

Dias após a semeadura	Solteiro sem Nitrogênio	Solteiro com 20 kg de N ha ⁻¹	Conсорciado sem Nitrogênio	Conсорciado com 20 kg de N ha ⁻¹
Massa seca de folhas por planta (g)				
14	0,576b	0,648a	0,554c	0,656a
21	1,705c	1,913b	1,745c	2,010a
28	2,909b	3,500a	2,890b	3,572a
35	4,759b	5,463a	4,712b	5,445a
42	7,602b	8,415a	7,446c	8,470a
49	9,557d	10,680c	10,882b	11,559a
56	11,188c	12,475c	13,395b	14,511a
63	11,244d	12,660c	13,496b	14,665a
70	10,445d	11,415c	12,597b	13,487a
77	10,091c	10,657b	10,546b	13,404a
84	9,327d	10,290c	11,749b	12,723a
91	8,334d	10,215c	10,605b	11,824a
98	7,267c	9,864b	9,876b	10,808a
105	7,230c	8,617b	8,587b	9,694a
112	7,712c	8,002b	7,934b	9,355a
Massa seca de ramos por planta (g)				
14	0,292b	0,326a	0,297b	0,331a
21	0,932b	1,171a	0,925b	1,192a
28	1,975b	2,125a	1,997b	2,103a
35	3,865b	4,064a	3,899b	4,050a
42	5,915d	6,588b	7,175c	7,879a
49	9,036d	9,751c	10,985b	12,022a
56	12,696d	13,101c	13,658b	15,057a
63	12,975d	13,150c	14,154b	15,147a
70	12,876d	13,112c	14,002b	15,100a
77	12,793d	13,036c	13,425b	14,038a
84	12,476d	12,717c	13,527b	13,787a
91	12,277d	12,409c	12,956b	13,370a
98	11,273d	11,985c	12,670b	13,032a
105	11,071c	11,799b	12,626a	12,638a
112	11,054c	11,696b	11,767b	12,295a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

As curvas da taxa de crescimento da cultura (TCC), em função do tempo, para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Figura 1. Verifica-se que essas curvas apresentaram comportamento bastante semelhante àquele observado para a variável IAF (Figura 2), além de correlacionar-se com os dados de MSF e do MSC (Tabela 1). Os maiores valores de TCC encontrados durante os estágios iniciais de desenvolvimento da cultura até aos 42 (DAS) foi observado no tratamento do feijão-caupi consorciado com adubação nitrogenada no plantio (20 kg de N ha⁻¹), ao passo,

que dos 49 aos 105 DAS a maior TCC passa ser encontrado nos tratamentos de cultivo consorciado em relação aos solteiros.

Os valores TCC encontrado nesse experimento foi semelhante aos relatos por Gomes et al. (2000) e superior ao de Barrios et al. (2011). Sendo que os maiores valores de TCC em todos os tratamentos ocorreram aos 49 DAS, o que também foi observado por Gomes et al. (2000). Nesse experimento, apesar da cultura do feijão-caupi atingir maior acúmulo de massa seca total (MST), da soma da massa seca das folhas e de ramos, aos 63 DAS, neste experimento (Tabela1), o maior ganho em MST foi entre o período dos 42 aos 49 DAP. Isto porque a TCC é o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes da planta, ou seja, da variação da matéria seca com o tempo, essa variável representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária (Benincasa 1988).

Entretanto, observa-se também que a partir dos 49 DAS ocorre um declínio das taxas de TCC até o final do ciclo da cultura, que, segundo Gomes et al. (2000), a redução da TCC no final do ciclo da cultura ocorre pela translocação de fotoassimilados para os grãos, e que os maiores valores de TCC ocorrem na fase vegetativa do feijão comum, apresentando uma tendência de redução com a expansão foliar, principalmente, em virtude do autossombreamento.

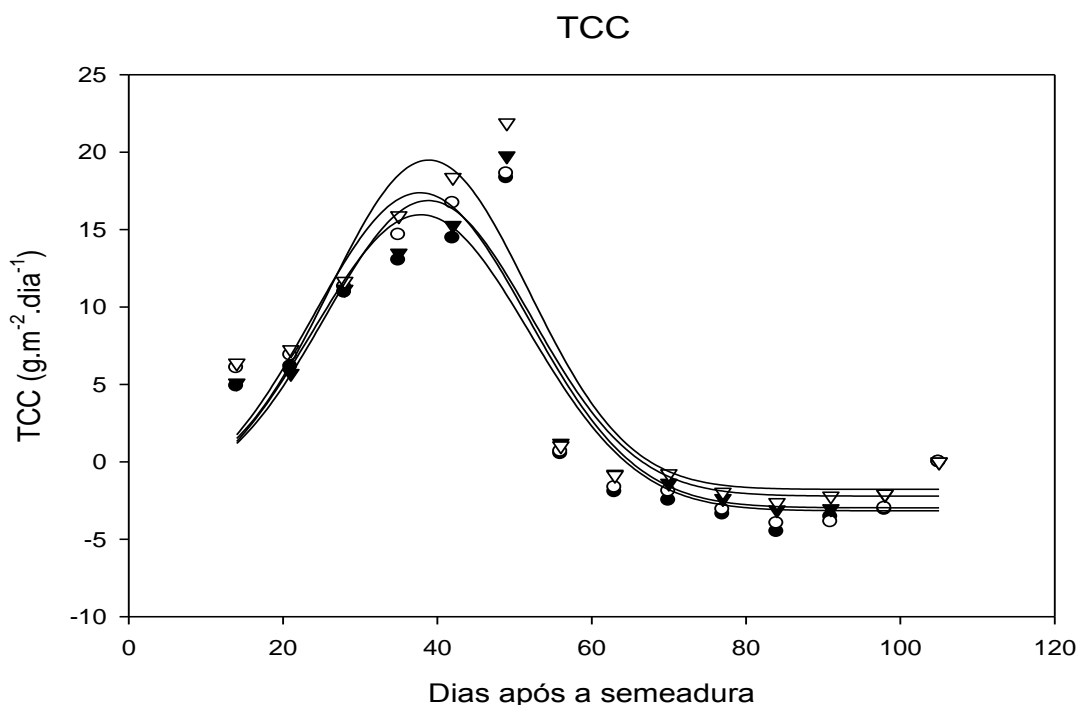


Figura 1. Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão caupí com 20 Kg de N ha¹ (○) - cultivo de feijão-caupi sem adubação nitrogenada e consorciado com o milho (▼) cultivo de feijão-caupi com 20 Kg de N ha¹ e consorciado com o milho (▽).

Tabela 2. Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS (em g. m⁻². dia⁻¹).

DAS	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha ⁻¹	Conso- ciado Sem N	Conso- ciado 20 kg de N ha ⁻¹
14	4,88b	6,04a	5,09b	6,38a
21	6,14b	6,88a	5,71b	7,24a
28	10,84b	11,29b	11,15b	11,66a
35	13,00c	14,64b	13,48c	15,89a
42	14,44c	16,70b	15,27bc	18,37a
49	18,13c	18,61c	19,76b	21,89a
56	0,51b	0,66b	1,20a	1,03a
63	-1,95b	-1,66b	-0,80a	-0,87a
70	-2,50d	-1,91c	-1,38b	-0,77a
77	-3,39b	-3,09b	-2,17a	-1,96a
84	-4,52c	-3,98b	-3,10a	-2,63a
91	-3,57c	-3,89c	-3,03b	-2,21a
98	-3,09b	-2,99b	-2,11a	-2,08a
105	-0,02a	-0,01a	-0,01a	-0,01a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Já o IAF representa a capacidade da comunidade explorar o espaço disponível, e pode ser calculado através da razão entre a área foliar (AF) e a área terreno ocupada

pela cultura (P), em função do espaçamento (HUNT, 1982). Segundo Gunton & Evenson (1980), o IAF e a produção de matéria seca (MS) estão altamente correlacionados, o que também foi observado neste experimento. Dos 14 aos 42 (DAP) os maiores valores de IAF foram encontrados nos tratamentos solteiros e em consorcio, que receberam adubação de plantio de 20 kg de N ha⁻¹ (Figura 2 e Tabela 3). Esses mesmos tratamentos tiveram maiores produção de massa seca nesse período. Portanto, a maior AF, produzindo maior IAF, se correlacionou com a maior produção de MS, provavelmente devido à maior taxa fotossintética das plantas com maior AF (Pimentel, 2006). Ao passo que dos 49 aos 105 DAP, já no final do ciclo da cultura, os maiores valores de IAF foram observados nos consórcios, principalmente no consorcio adubado com 20 kg de N ha⁻¹, e que também esses mesmos tratamentos consorciados tiveram maiores massa seca em relação aos tratamentos solteiros nesse período. A partir dos 49 DAS, o IAF do consórcio com 20 kg de N ha⁻¹ foi significativamente maior que o IAF do consórcio sem N, que por sua vez teve IAF significativamente maior que o cultivo solteiro com 20 kg de N ha⁻¹, que foi significativamente superior ao IAF cultivo solteiro sem N.

Os valores do IAF obtidos para todos os sistemas de cultivo, no presente trabalho, foram semelhantes aos encontrados por Oguntunde et al. (2004), e superiores aos obtidos por San Jose et al.(2004), para o caupí. Deve-se ressaltar também que neste experimento, todos os tratamentos apresentaram IAF acima de três, que de acordo com Summerfield (1985), significa que a planta atingiu o máximo de cobertura foliar para uma máxima interceptação de luz e produção de fotoassimilados.

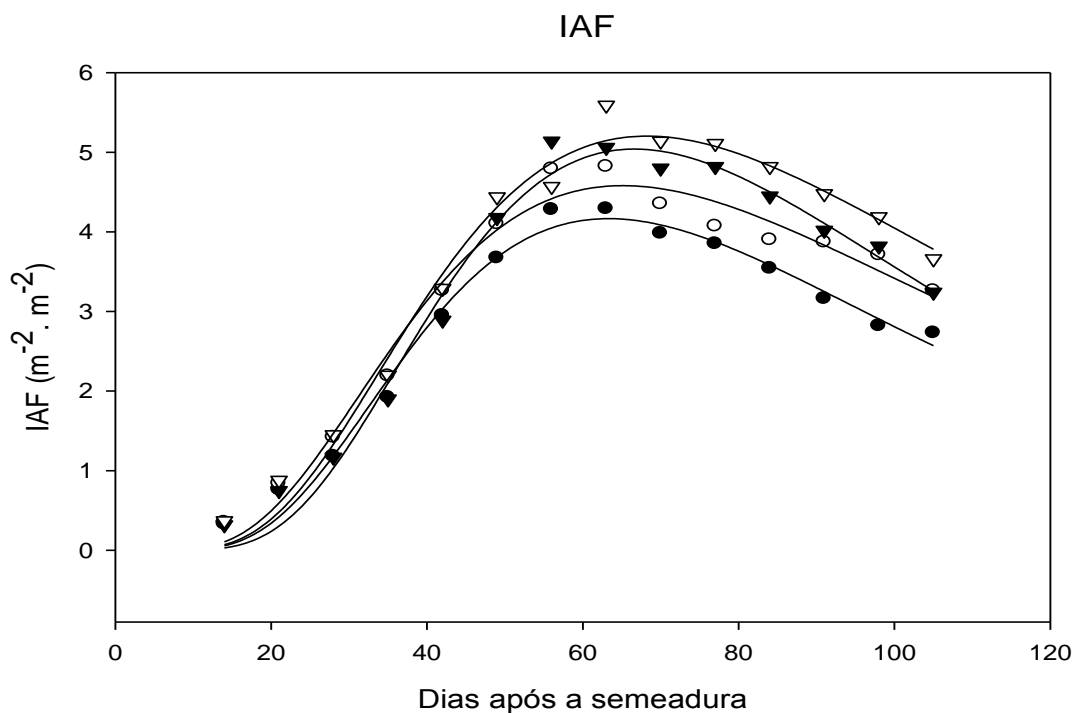


Figura 2. Índice da área foliar (IAF) do feijão-caupí nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupí sem adubação nitrogenada e consorciado com o milho (▼) cultivo de feijão-caupí com 20 Kg de N e consorciado com o milho (▽).

Tabela 3. Índice de área foliar (IAF) do feijão-caupí. Efeito da interação sistema de cultivo e época de coleta em função do dia após a semeadura (DAS).

DAS	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha ⁻¹	Consortiado Sem N	Consortiado 20 kg de N ha ⁻¹
14	0,33b	0,35a	0,32b	0,37a
21	0,76c	0,84b	0,75c	0,88a
28	1,18b	1,42a	1,17b	1,45a
35	1,92	2,19a	1,90b	2,20a
42	2,95b	3,26a	2,89c	3,29a
49	3,67d	4,10c	4,18b	4,44a
56	4,28d	4,79c	5,14b	5,57a
63	4,29d	4,82c	5,06b	5,59a
70	3,98d	4,35c	4,80b	5,14a
77	3,85d	4,07c	4,82b	5,11a
84	3,54d	3,90c	4,45b	4,82a
91	3,16d	3,87c	4,02b	4,48a
98	2,82d	3,71c	3,82b	4,19a
105	2,73c	3,26b	3,24b	3,66a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Com relação a TAL houve diferença significativa entre os tratamentos, com maior valor de TAL até aos 42 DAS observado no cultivo de feijão-caupí consorciado

com 20 kg de N ha⁻¹ em relação aos demais, e o cultivo solteiro adubado com 20 kg de N ha⁻¹ foi significativamente maior que o solteiro sem adubação com 20 kg de N ha⁻¹ (Figura 3 e Tabela 4). Em geral, há uma tendência para diminuição da TAL com a expansão do índice de área foliar (KING et al., 1979), Entretanto, neste experimento, até os 42 DAS, a TAL não acompanhou as modificações do IAF, indicando que o IEA não reduz a atividade fotossintética nesse estágio de desenvolvimento em todos os tratamentos, sendo que a TAL acompanhou o ganho de massa seca, e que no tratamento consorciado com 20 kg de N ha⁻¹ observa-se os maiores valores significativos (Tabela 1).

O comportamento da TAL em todos os tratamentos obedeceu praticamente a mesma tendência, com diminuição progressiva ao longo do ciclo (Figura 3). Essa mesma tendência foi observado por Gomes et al. (2000), avaliando crescimento de cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro, e por e Barrios et al. (2011), avaliando crescimento e produtividade do feijão caupi. A diminuição da TAL se deve principalmente ao autosombreamento (GOMES et al., 2000), podendo ser atingidos valores zero a negativos em resposta à redução no acúmulo de biomassa ao final do ciclo (HUNT, 1982), o que foi observado em todos os tratamentos, após os 63 (DAP), neste experimento (Figura. 3 e Tabela 4). Essa resposta da planta é resultante do aumento da taxa respiratória pelas folhas mais velhas, que antes contribuía na produção de fotossimilados e com avanço do sombreamento e idade, a folha assume o papel de dreno, diminuindo a eficiência fotossintética da planta (HUNT, 1982; GOMILDE et al., 2003)

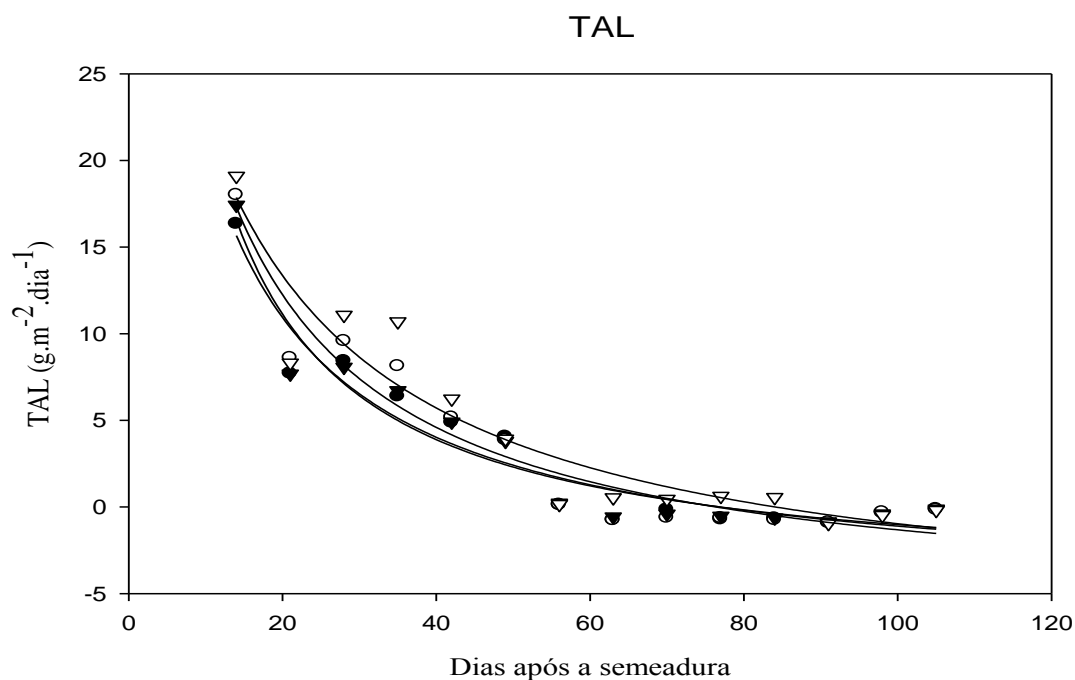


Figura 3. Taxa de Assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi nos tratamentos: cultivo solteiro de feijão-caupí sem adubação nitrogenada (●) - cultivo solteiro de feijão-caupí com 20 Kg de N (○) - cultivo de feijão-caupí sem adubação nitrogenada e consorciado com o milho (▼) cultivo de feijão-caupí com 20 Kg de N e consorciado com o milho (▽).

Tabela 4. Taxa de assimilação líquida (TAL) do feijão-caupi. Valores médios calculados em função de DAS ($\text{g.m}^{-1} \text{dia}^{-1}$).

DAS	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha^{-1}	Conso- rciado Sem N	Conso- rciado 20 kg de N ha^{-1}
14	16,34c	18,01b	17,43b	19,10a
21	7,70b	8,60a	7,68b	8,32a
28	8,42c	9,58b	8,08c	11,08a
35	6,38c	8,13b	6,72c	10,70a
42	4,87b	5,16b	4,91b	6,24a
49	4,06a	3,86a	3,80a	3,93a
56	0,11a	0,13a	0,23a	0,16a
63	-0,75a	-0,76a	-0,56a	-0,54a
70	-0,51a	-0,62a	-0,40a	-0,46a
77	-0,71a	-0,62a	-0,52a	-0,63a
84	-0,66a	-0,74a	-0,62a	-0,56a
91	-0,92a	-0,89a	-0,85a	-0,94a
98	-0,35a	-0,31a	-0,39a	-0,48a
105	-0,12a	-0,16a	-0,11a	-0,19a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Quanto ao potencial de fixação biológica do nitrogênio (FBN), nos diferentes tratamentos (Tabela 5), foram encontradas diferenças estatísticas entre eles para o número de nódulos (NN), e para massa seca de nódulos (MSN). Os maiores valores

significativos de NN foram encontrados nos sistemas de cultivo solteiro e no consórcio, ambos sem adição de (20 kg de N ha⁻¹) em relação aos cultivos solteiro e consorciado com 20 kg de N. ha⁻¹, indicando provável efeito negativo do N sobre a nodulação. Essa tendência de menor nodulação obtida no tratamento com N no plantio, em relação ao controle, mostra que esse nutriente aplicado no plantio restringiu a nodulação espontânea, fato também observado em outros trabalhos (Salvagiotii et al., 2008).

Tabela 5. Número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) do potencial de fixação biológica do feijão-caupi na época da floração.

Variáveis	Tratamentos				CV%
	Solteiro. sem de N	Solteiro. 20 kg de N ha ⁻¹	ConSORCIADO Sem N	ConSORCIADO 20 kg de N ha ⁻¹	
NN	47,6a	31,1b	51,1a	32,1b	19,78
MSN (mg)	0,034b	0,031b	0,031b	0,049a	18,34

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Já a maior MSN foi encontrado no tratamento consorciado e com 20 kg de N ha⁻¹ em plantio em relação aos demais, sendo que este mesmo tratamento teve a maior área foliar, que provavelmente forneceu maior produção fotossintetizada para formação dos nódulos. É bom ressaltar também que houve nodulação expressiva neste experimento, sem a necessidade de inoculação, o que indica alta capacidade dos rizóbios estabelecidos no solo nodularem as plantas de caupí, como é frequentemente observado (Rumjanek et al., 2005; Hara & Oliveira, 2007; Zhang et al., 2007).

Com relação à produtividade do feijão-caupi, houve diferença significativa para a massa de grãos (PG) entre os tratamentos (Tabela 6). O feijão-caupi, no sistema de cultivo solteiro, tanto adubado com 20 kg de N ha⁻¹ como sem adição de N, teve PG superior aos cultivos em consórcio com a cultura do milho. Essa maior produtividade (PG) obtida no cultivo de feijão-caupí solteiro se deve, principalmente, ao maior número de plantas por área experimental em comparação aos consórcios. Além disso, a adubação nitrogenada no plantio e o sistema de consórcio não interferiram nos componentes de produção avaliados no feijão-caupi, como o número de vagens por planta e de grãos por planta, assim como a massa de 100 grãos (Tabela 6), que foram similares entre os tratamentos, corroborando os resultados obtidos por Mohammed et al. (2008).

Tabela 6. Produção de massa de grãos, em Kg.ha¹ (MG), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa, em gramas, de 100 grãos (M 100), numero de nódulos (NN) e massa seca de nódulos do feijão-caupi.

Tratamento	NVP	NGV	NGP	M100	PG
Caupi solteiro	8,1a	8,6a	68,1a	22,2a	2,474a
Caupi solteiro 20 kg de N ha ⁻¹	8,9a	8,6a	79,1a	21,9a	2,681a
Caupi consorciado	8,7a	8,8a	76,2a	22,1a	1,353b
Caupi consorciado 20 kg de N ha ⁻¹	9,4a	9,1a	85,5a	22,1a	1,511b
CV%	8,84	5,49	8,32	1,18	18,4

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

5.6 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada e o sistema de consórcio não interferiram em alguns componentes de produção avaliados no feijão-caupi, como o número de vagens por planta e de grãos por planta, assim como a massa de 100 grãos.

A maior massa seca de folhas e de ramos no cultivo consorciado com (20 kg de N ha⁻¹) não resultou em maior produtividade, avaliada por área cultivada.

O feijão-caupi, no sistema de cultivo solteiro, tanto adubado com (20 kg de N ha⁻¹) como sem adição de N, teve MG superior aos cultivos em consórcio com a cultura do milho, ao maior número de plantas por área

5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSI, I. et al. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.10, p. 1213-1219, 2001.

BARRIOS, P.A; Estrada, J.A.S.E; González, M. T. R. Growth and yield of cowpea bean in relation to trellises type and climate. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v.13, p.307 -315, 2011.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Unesp, 1988.

CARDOSO, M. J. et al. População de plantas no consórcio milho x feijão macassar sob regimes de sequeiro e irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.23 n.1/2, p. 21- 31, 1992.

SPRENT, J. I. et al. African legumes: a vital but under-utilized resource. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.61, n.5, p.1257–1265, 2010.

HARA, F.A. dos S.; OLIVEIRA, L.A. de. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álidos de Presidente Figueiredo, Amazonas. *Acta Amazônica*, v.34, p.343-357, 2007.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, v.90, n.4, p.485-488, 2002.

GOMES A.A. et al. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.10, p.1927-1937, 2000.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.32, p.795-803, 2003.

GUNTON, J. L.; EVENSON, J. P. Moisture stress in Navy beans II: Relationship between leaf water potential and growth and yield. *Irrigation Science*, New York, v. 2, n.1, p.59-65, 1980.

KING, J.; LAMB, W.I.C.; MCGREGOR, M.T. Regrowth of ryegrass swards subject to different cutting regimes and stocking densities. *Grass and Forage Science*, v.34, p.107-118, 1979.

MELO, F. B. et al. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R. et al. (Eds.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2005. p.231-242.

MOHAMMED, I. B. et al. Productivity of Millet / Cowpea Intercrop as Affected by Cowpea Genotype and Row Arrangement. World Journal of Agricultural Sciences, Zaira, v.4, n.S, p.818-824, 2008.

OGUNTUNDE, P.G.; Giesen, N.V. Crop growth and development effects on surface albedo for maize and cowpea fields in Ghana, West Africa. Int J Biometeorol. v.49, p.106-112, 2004.

PIMENTEL, C. Efficiency of nutrient use by crops for low input agro-environments. In: SINGH, R. P. et al. (Eds.). Focus on plant agriculture: 1 Nitrogen nutrition in plant productivity. Houston: Studium Press, 2006. p.277-328.

PIMENTEL, C.; HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. V.11, n.1, p.7-11, 1999.

RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R.; ARAUJO LIMA, J.A.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.) Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.279-335.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; WALTERS D.T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. Field Crops Research, v.108, p.1-13, 2008.

SAN JOSE, J. J.; MONTES, R. A.; NIKONOVA, N.; VALLADARES, N.; BUENDIA, C.; MALAVE, V.; BRACHO, R. Dry-matter partitioning and radiation-use efficiency in cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. Cvs TC-9-6 and M-28-6-6) during consecutive seasonal courses in the Orinoco llanos. Journal of Agricultural Science, v.142, p.163-175, 2004.

SOUZA, M. L. de O. et al. Efeito do consórcio do milho (*Zea mays* L.) com feijão de corda (*Vigna unguiculata* L.) no rendimento de grãos, uso eficiente da terra e ocorrência de pragas. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.35, p.196-205, 2004.

SULLIVAN, P. Intercropping principles and production practices. Fayetteville: ATTRA, 2003. 12p.

SUMMERFIELD, R.J.; PATE, J.S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H.C. The physiology cowpea. 13 In: 14 SINGH, S.R.; RACHIE, K.O. (Eds.). Cowpea research, production and utilization. 15 Chichester: John Wiley, p.66-101, 1985.

URCHEI, M. A; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de Crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

ZHANG, W.T.; YANG, J.K.; YUAN, T.Y.; ZHOU, J.C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Biology and Fertility of Soils*, v.44, p.201-210, 2007.