

UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS COMO FONTE DE NITROGÊNIO
PARA A CULTURA DA BANANEIRA

NATANAEL SANTIAGO PEREIRA

AGOSTO - 2009
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS COMO FONTE DE NITROGÊNIO
PARA A CULTURA DA BANANEIRA

NATANAEL SANTIAGO PEREIRA

Dissertação submetida à
Coordenação do Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, da
Universidade Federal do Ceará - UFC,
como parte das exigências para a obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

AGOSTO - 2009
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciência e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Natanael Santiago Pereira

Dissertação aprovada em 24/08/2009

Prof. Ismail Soares, D.S. (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Profa. Mírian Cristina Gomes Costa, D.S. (Conselheiro)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Fred Carvalho Bezerra, D.S. (Conselheiro)

Embrapa Agroindústria Tropical

É uma experiência como nenhuma outra que eu possa descrever, a melhor coisa que pode acontecer a um cientista, compreender que alguma coisa que ocorreu em sua mente corresponde exatamente a alguma coisa que acontece na natureza.

— LEO KADANOFF

AGRADECIMENTOS

A meus pais, Espedito e Fátima, e irmãos, pelo apoio, incentivo e compreensão.

Ao Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal do Ceara, pela oportunidade e pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas e a todos os professores e funcionários do DCS que, de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Ao professor Ismail Soares, pela orientação, e dedicação à concretização da pesquisa e a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho, João Paulo Cajazeiras, Daniel Barbosa e demais colegas de curso, pelo apoio e companheirismo.

A ETENE-FUNDECI – BNB, pelo apoio a pesquisa.

A Agroempresa Frutacor Ltda. pela área concedida e pelo apoio necessário para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de utilização de seis espécies leguminosas *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformes* (Feijão-de-porco), *Cajanus cajan* (Guandu anão); *Crotalaria spectabilis*, *Dolichos lab lab* (Labe-labe) e *Mucuna deeringiana* (Mucuna anã) como fonte de N, bem como o efeito de doses de N (80, 180, 280, 380 e 480g planta⁻¹ ano⁻¹) sobre a cultura da bananeira ‘Pacovan’. Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, em blocos casualizados com cinco repetições. Foram determinadas a produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes das leguminosas em dois ciclos consecutivos. A decomposição e a liberação de nutrientes da fitomassa das leguminosas foram monitoradas por meio de coletas aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a instalação das bolsas de decomposição. Por volta dos 120 dias após o transplântio das bananeiras, foram avaliadas as características ecofisiológicas das plantas. Foram realizadas avaliações mensais do crescimento da bananeira, a partir dos 60 dias após o transplântio (DAT) até a floração. Os teores de N, P e K das folhas da bananeira analisados foram avaliados considerando os níveis críticos e faixas de suficiência indicados na literatura. Os cachos foram colhidos, despencados e pesados, sendo realizada a contagem do número de pencas e de frutos. Nas condições edafoclimáticas em que o trabalho foi realizado pode-se concluir que a *C. juncea* apresentou-se como a mais promissora em termos de aporte de fitomassa e acúmulo de nutrientes. As leguminosas apresentaram distintas taxas de decomposição e liberação de nutrientes. O feijão-de-porco e a *C. spectabilis* apresentaram as maiores taxas de decomposição. De maneira geral, as maiores taxas de liberação de nutrientes foram observadas na *C. spectabilis*. A produtividade das bananeiras associadas com leguminosas foi equivalente a dose de 220g N planta⁻¹ ano⁻¹.

Palavras-chave: Adubação verde, ciclagem de nutrientes, biometria, nutrição, banana

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the potential to use of six leguminous species *Crotalaria juncea*; *Canavalia ensiformes*; *Cajanus cajan* cv. añã; *Crotalaria spectabilis*; *Dolichos lab lab*; and *Mucuna deeringiana* as N source, as well the effect of N doses (80, 180, 280, 380 e 480g plant⁻¹ year⁻¹) under 'Pacovan' banana crop. The experiments were carried out in field conditions, in a randomized block design with five replicates. Leguminous biomass and its nutrients accumulation were determined for two consecutive cycles. Biomass leguminous decomposition and its nutrients liberation were monitored taking samples at 30, 60, 90, 120, 150 e 180 days after litterbags installation. At 120 days after banana planting, plants ecophysiological characteristics of plants were evaluated. Evaluations of growing banana plants were done monthly, from 60 days after transplanting until flowering phase. Nitrogen, phosphorus and potassium leaf contents of banana plants were evaluated recording the critical standard and sufficiency levels described on literature. Banana bunches were harvested, dehusked and weighed. The number of fruits and hands were counted. Under climate and soil conditions on which this work research we can conclude that treatment with *C.juncea* showed better potential biomass and accumulate nutrients. The leguminous showed different decomposition and nutrients liberation rates. The *C.ensiformes* and the *C.spectabilis* had higher decomposition rates. In a general way the higher nutrient liberation rates were observed for *C.spectabilis*. The productivity banana crop under association with leguminous plants was equivalent for 220g N planta⁻¹ year⁻¹ dose.

Keywords: Green manure, cycle of nutrients, biometry, nutrition, banana

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção de matéria seca (MS) e acúmulo de nitrogênio por leguminosas no Submédio São Francisco, nas respectivas épocas de corte	24
Tabela 2. Atributos químicos e físicos do solo da área experimental coletado antes da instalação do experimento. Quixeré, CE , 2007.....	29
Tabela 3. Média, intervalo de confiança (I.C), coeficiente de variação (C.V.) e tamanho da amostra (N) para as características: altura, circunferência do pseudocaule e número de folhas das mudas da bananeira ‘Pacovan’. 13/06/2008.....	34
Tabela 4. Massa verde e seca, e percentagem de matéria seca na biomassa dos tratamentos com leguminosas no primeiro (92 DAP) e segundo cultivo de cultivo (78 DAP).	42
Tabela 5. Relação C/N e acúmulo de nutrientes na biomassa dos tratamentos com leguminosas no primeiro (92 DAP) e segundo ciclo de cultivo (78 DAP).....	43
Tabela 6. Características químicas das leguminosas adicionadas na bolsa de decomposição	46
Tabela 7. Coeficientes da equação ($Y = Y_0 \cdot e^{-kt}$) em função do material vegetal remanescente das leguminosas na bolsa de decomposição durante 180 dias.	47
Tabela 8. Coeficientes da equação ($Y = Y_0 \cdot e^{-kt}$) em função dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S no material vegetal remanescente das leguminosas na bolsa de decomposição durante 180 dias	48
Tabela 9. Temperatura da folha (Temp.folh), concentração interna de CO ₂ na folha (CIC), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática foliar (gs), taxa de fotossíntese (A) e eficiência fotossintética do uso da água em bananeira ‘Pacovan’ sob influência de diferentes leguminosas ¹ . Experimento I.	55
Tabela 10. Temperatura da folha (Temp.folh), concentração interna de CO ₂ na folha (CIC), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática foliar (gs), taxa de fotossíntese (A) e eficiência fotossintética do uso da água em bananeira ‘Pacovan’ sob influência de diferentes doses de N na forma de uréia ¹ . Experimento II.	55
Tabela 11. Teor de N, clorofila (SPAD) nas folhas de bananeira e coeficientes de correlação (r), para cada tratamento (leguminosa associada), aos 129 dias após o transplântio ⁽¹⁾ . Experimento I.	57

Tabela 12. Teor de N, clorofila (SPAD) nas folhas de bananeira e coeficientes de correlação (r), para cada tratamento (doses de N), aos 129 dias após o transplântio⁽¹⁾.
Experimento II.57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição das chuvas durante no período de janeiro de 2008 a abril de 2009. Quixeré, CE.....	29
Figura 2. Representação esquemática da distribuição espacial das leguminosas e densidade de semeadura.....	30
Figura 3. Croqui da parcela experimental com a disposição das plantas de bananeira nos Experimentos I e II, mostrando as respectivas áreas total e útil.....	31
Figura 4. Arranjo espacial dos tratamentos relativos aos experimentos I (espécie leguminosa – L) e II (doses de nitrogênio- N), dentro de cada bloco (B).....	32
Figura 5. Incorporação das leguminosas em pré-plantio, do segundo cultivo. Fazenda Cercado do meio, Quixeré, CE. 07/06/2008.....	33
Figura 6. Bolsas de decomposição instaladas sobre o solo na época do transplântio das bananeiras. Fazenda Cercado do meio, Quixeré, CE. 16/06/2008.....	37
Figura 7. Altura (A), perímetro do pseudocaule (B) e do número de folhas (C), em bananeiras ‘Pacovan’ sob influência de diferentes leguminosas (Experimento I).....	52
Figura 8 Altura (A), perímetro do pseudocaule (B) e do número de folhas (C), em bananeiras ‘Pacovan’ sob influência de doses de N (Experimento II).....	53
Figura 9. A: Estimativa da transpiração (E); B: estimativa da condutância estomática (gs) das folhas de bananeira, em função das doses de N, na fase vegetativa. Experimento II.....	56
Figura 10. Teores foliares de N (A), P (B), K (C) e de Ca (D) em bananeiras ‘Pacovan’ em função de doses de N, sem aplicação de N (Testemunha) e da associação com leguminosas.....	59
Figura 11. Pencas/cacho (A), produtividade (B), número de pencas/cacho (C), número de bananas/cacho (D) e peso médio de penca (E), em bananeiras ‘Pacovan’, em função de doses de N.....	62

ANEXO

ANEXO 1 Altura, perímetro do pseudocaule e número de folhas das plantas nos tratamentos com leguminosas (experimento I), aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após o transplântio das mudas para o local definitivo.	73
ANEXO 2 Altura, perímetro do pseudocaule e número de folhas em bananeira cv. Pacovan em função da adubação nitrogenada (experimento II), aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após o transplântio das mudas para o local definitivo. 2009.	74
ANEXO 3 Leituras das condições ambientais por ocasião das avaliações das características ecofisiológicas da bananeira pelo aparelho ADC BioScientific LCI Analyser Serial No. 31586, em 20 de Outubro de 2008. Experimento I.	75
ANEXO 4 Leituras das condições ambientais por ocasião das avaliações das características ecofisiológicas da bananeira pelo aparelho ADC BioScientific LCI Analyser Serial No. 31586, em 27 de Outubro de 2008. Experimento I.	76
ANEXO 5 Produtividade de bananeira cv. Pacovan em função da adubação nitrogenada (experimento I). 20 de Abril de 2008.	77

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	x
ANEXO	xi
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Aspectos gerais e ecofisiológicos sobre a cultura da bananeira	16
2.2. Manejo do nitrogênio nos sistemas de produção agrícola.....	18
2.2.1. Dinâmica do nitrogênio.....	19
2.2.2. Economia do nitrogênio.....	20
2.3. Uso de Leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas....	21
2.3.1. Adubação verde.....	22
2.3.2. Potencial de uso dos adubos verdes para as culturas.....	25
2.3.3. Avaliação do potencial das espécies leguminosas.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1. Área de estudo	28
3.2. Descrição dos experimentos	30
3.2. Condução dos experimentos.....	31
3.2.1. Preparo da área, semeadura e manejo das leguminosas	32
3.2.2. Transplântio e tratos culturais da bananeira	33
3.3. Coleta de dados e análises.....	34
3.3.1. Matéria seca, teores de carbono e nutrientes.....	34
3.3.2. Produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição do material vegetal	36
3.3.3. Avaliações da bananeira	37
3.4. Análise estatística	38

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1.	Avaliação do potencial das leguminosas como adubo verde	39
4.1.1.	Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes	40
4.1.2.	Decomposição e liberação de nutrientes	44
4.2.	Influência de leguminosas e de doses de N sobre a Bananeira.....	50
4.2.1.	Avaliações biométricas.....	50
4.2.2.	Avaliações ecofisiológicas e nutricionais	54
4.2.3.	Avaliação da produção	59
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6.	CONCLUSÕES	64
7.	LITERATURA CITADA	65

1. INTRODUÇÃO

A região do Baixo Jaguaribe, no estado do Ceará, é uma das regiões zoneadas com maiores potencialidades para a agricultura irrigada no Estado (AGROPOLOS), tendo se destacado como pólo de desenvolvimento da fruticultura irrigada, sendo a banana uma das frutas elegidas pelo Estado, com maior potencial, com base em análise de mercado (Seagri, 2008).

O uso intensivo do solo e da água na região do Baixo Jaguaribe, particularmente nas áreas produtoras localizadas na chapada do Apodi, pode ter concorrido para a redução do potencial produtivo dessas áreas por provocar salinização, ou ainda por causa da compactação desses solos. Cabe destacar que os sistemas de produção de frutas na região utilizam de quantidades de insumos, particularmente os adubos, os quais podem chegar a representar grande proporção dos custos de produção.

O cultivo da banana (*Musa* spp.), por sua importância econômica e social, através da geração de riquezas e absorção de mão-de-obra, é uma atividade que usa intensivamente os recursos naturais, solo e água, e, nesse aspecto, tem crescido o interesse em desenvolver tecnologias alternativas de produção que sejam menos danosas ao ambiente, como a busca de alternativas para fontes minerais de nitrogênio (N).

A adubação orgânica pode contribuir, direta ou indiretamente, para a maior absorção de nutrientes pelas culturas, além de vários outros efeitos benéficos sobre o solo (Primavesi, 2002). Por outro lado, a disponibilidade de fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, como esterco de bovino é muito pequena, haja vista a ausência de pecuária expressiva no estado do Ceará.

Outra alternativa como fonte de nitrogênio para as culturas é a adubação verde. Esta é uma das práticas mais simples de adubação orgânica, tendo como objetivos

básicos a melhora ou manutenção do potencial produtivo dos solos, o controle da erosão e a preservação do ambiente, pelo uso racional do solo e da água, principalmente (Amabile & Carvalho, 2006). A utilização de espécies da família das leguminosas tem sido considerada como alternativa promissora para atender a demanda de nitrogênio das culturas, devido ao potencial de muitas dessas espécies em fixar o nitrogênio atmosférico, por meio do estabelecimento de relação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*.

Na avaliação do potencial de espécies leguminosas como adubo verde, o maior desafio está em estabelecer a melhor espécie, sob um determinado manejo, de forma a atender a demanda de N pelas culturas comerciais de maneira equilibrada, razão pela qual foi conduzido este estudo para avaliar o potencial de utilização de seis espécies leguminosas como fonte alternativa de nitrogênio para a cultura da bananeira 'Pacovan'.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos gerais e ecofisiológicos sobre a cultura da bananeira

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis pertencem ao Reino Vegetal; Ramo Phanerogamae; Classe Monocotiledoneae; Ordem Scitaminales; Família Musaceae; na qual se encontram as Subfamílias Heliconioideae, Strelitzioideae e Musoideae. Esta última inclui, além do gênero *Ensete*, o gênero *Musa*, constituído por quatro séries ou seções: Australimusa, Callimusa, Rhodochlamys e (Eu-) Musa (Dantas & Soares Filho, 2000). Nesta seção estão incluídas as bananas comestíveis a qual pertencem as espécies selvagens *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, que deram origem a nove grupos de cultivares com diferentes níveis de poliploidia e diferentes combinações de genomas (A=acuminata e B=balbisiana) (Soto, 1992). Elas apresentam três níveis cromossômicos distintos: diplóide, triplóide e tetraplóide, respectivamente, com dois, três e quatro múltiplos do número básico ou genoma de 11 ($X = N$) (Dantas & Soares Filho, 2000).

A maior parte das cultivares originou-se no Continente Asiático, contudo, são encontrados centros secundários de origem na África Oriental e nas ilhas do Pacífico e um importante centro de diversidade na África Ocidental. As cultivares Prata e Pacovan são responsáveis por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil (Dantas & Soares, 2000). De acordo com Borges (2000a), a região Nordeste é a maior produtora e, nos perímetros irrigados no Ceará, as altas produtividades obtidas, acima de 40t/ha/ano, são uma demonstração do potencial e da competitividade do agronegócio da banana. Para o Agropólo Jaguaribe-Apodi, as principais cultivares recomendadas são a Prata anã, a Pacovan e a Prata Graúda ou Pacovan Apodi, podendo ser ainda

recomendadas novas cultivares, desde que com características de resistência a pragas e doenças.

As etapas do ciclo da bananeira são marcadas por mudanças estruturais no sistema foliar e pseudocaule, bem como no rizoma e raízes. A fase vegetativa é uma das fases mais críticas do ciclo, principalmente devido a alta demanda por água e nutrientes, notadamente o nitrogênio. Nesta fase, primeiramente a planta se utiliza das suas reservas para a rápida emissão de raízes e folhas, posteriormente a planta acelera seu metabolismo fotossintético de modo a alcançar a máxima produção e acumulação de assimilados. Na última etapa desta fase o meristema passa do estado vegetativo para o reprodutivo, quando ocorre a redução do ritmo de emissão foliar, sendo um momento decisivo para a produção de frutos (Soto, 1992; Simmonds, 1966).

O início do alongamento do pedúnculo floral ocorre após a definição das flores femininas, cujo o número pode ser reduzido em condições de baixa nutrição potássica e nitrogenada, estresse hídrico após a diferenciação, baixas temperaturas e pelo tamanho e duração do meristema da planta. Posteriormente, na fase de enchimento e maturação, as condições ambientais e as intervenções técnicas deverão assegurar um rendimento final próximo do máximo estabelecido na fase anterior. O peso do cacho está relacionado com o vigor da planta, podendo ser encontrada correlação linear direta com a circunferência do pseudocaule (Soto, 1992; Borges, 2000b; Borges & Oliveira, 2000).

A bananeira, sendo uma planta tipicamente tropical, exige calor constante, precipitações bem distribuídas e elevada umidade para o seu bom desenvolvimento. A temperatura influi diretamente nos processos respiratório e fotossintético da planta, estando relacionado com altitude, luminosidade e ventos. A intensa luminosidade na região Nordeste acelera o desenvolvimento da planta, reduzindo o ciclo da bananeira. O grau que a radiação luminosa é utilizada dependerá da concentração de clorofila e de outros pigmentos fotossintéticos ativos. Em condições de sombreamento, o crescimento e o desenvolvimento foliar dessincronizam-se, alterando a relação altura/número de folhas. Problemas nutricionais também podem alterar essa relação, resultando em “entrenós falsos” mais curtos (Borges, 2000b; Soto, 1992).

A alta umidade relativa do ar, acima de 80%, acelera a emissão das folhas, prolonga sua longevidade, favorece a emissão da inflorescência e uniformiza a coloração dos frutos (Alves & Oliveira, 1997), enquanto os ventos secos podem provocar excesso de transpiração e déficit hídrico dos limbos foliares, acelerando a senescência das folhas (Borges, 2000b).

A disponibilidade de oxigênio tem grande importância para o bom desenvolvimento do sistema radicular, pois com a falta de oxigênio, as raízes perdem a rigidez, adquirem coloração cinza-azulada pálida e apodrecem rapidamente (Borges et al., 2000), de modo que é importante que o solo seja profundo, com mais de 75cm, não apresente camada impermeável, pedregosa ou endurecida, nem lençol freático a menos de um metro de profundidade (Borges & Oliveira, 2000).

Sendo uma planta de crescimento rápido, a bananeira requer para seu crescimento e produção, quantidades adequadas de nutrientes disponíveis no solo (Borges, 2004), que irá refletir no seu status nutricional. Os níveis adequados de nutrientes encontrados pela análise foliar são ainda incipientes, tendo em vista a grande variação nas informações apresentadas (Fontes et al., 2003), devendo ser levado em consideração diversos fatores, como cultivar, estágio fenológico, clima, solo, tratos culturais, entre outros (Martin-Prével, 1977).

O nitrogênio (N) é o nutriente cuja carência se verifica, em geral, mais precocemente na bananeira (Moreira, 1987), sendo considerado muito importante para o crescimento vegetativo da planta e sua deficiência pode ser causada, entre outros fatores, pela pobreza em matéria orgânica do solo, sendo o valor de 20g kg^{-1} considerado baixo (Borges & Oliveira, 2006). Desse modo, o conhecimento de práticas de manejo de solo e de adubação é de suma importância quando se trata de disponibilizar N de forma racional e equilibrada para a cultura.

2.2. Manejo do nitrogênio nos sistemas de produção agrícola

Em virtude das transformações químicas e biológicas pelas quais passa o nitrogênio no solo, é atribuído a esse elemento um caráter dinâmico, sendo por isso, difícil de se calcular a quantidade que deve ser aplicada por meio da adubação (Malavolta, 2006).

No solo, o nitrogênio encontra-se, em sua maior parte (85 a 95%), sob a forma orgânica e, em pequena proporção (5 a 15%), sob a forma mineral (NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+), sendo o NO_3^- a forma predominante utilizada pelos vegetais (Stevenson, 1982). Dessa forma, uma maneira de aumentar a capacidade do solo em fornecer N às culturas é pela elevação e manutenção de teores adequados de matéria orgânica no solo.

O desafio do manejo do nitrogênio consiste em aumentar a quantidade do N absorvido pelas culturas e, simultaneamente, diminuir as perdas de N no sistema

(Amado et al, 2000).

2.2.1. Dinâmica do nitrogênio

O nitrogênio é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas plantas. Apesar de existir em grande quantidade na forma de N₂-atmosférico, a fonte de N para as plantas que não estabelecem relação simbiótica para fixação do N do ar, é o solo.

No solo em que existe uma cobertura nativa ocorre um balanço entre as taxas de adição e perda de nitrogênio. O uso do solo para fins agrícolas rompe esse equilíbrio dinâmico, podendo comprometer os níveis de nitrogênio do solo quando há revolvimento, decorrente da diminuição da proteção física da matéria orgânica do solo (Bayer, 1996). Entretanto, com a adoção de um manejo adequado da matéria orgânica, após ocorrer o restabelecimento do equilíbrio das transformações no solo, o balanço entre adição e perda de nitrogênio é mais equilibrado, havendo maior liberação de nitrogênio às plantas (Sá, 1995).

Caso não haja um equilíbrio entre a quantidade de nitrogênio adicionada ao solo e a quantidade perdida anualmente, pode ocorrer redução da capacidade do solo em fornecer nitrogênio para as culturas, levando a um declínio progressivo da produtividade do sistema (Dalal & Mayer, 1986). A adição de nitrogênio via fixação de N₂-atmosférico pela utilização de leguminosas melhora o balanço de nitrogênio no solo de forma mais acelerada (Bayer, 1992).

Dentre os fatores que afetam a disponibilidade de N no solo estão os processos microbianos de mineralização e imobilização, os quais estão relacionados com a composição bioquímica dos resíduos culturais, relação C/N, biomassa microbiana, temperatura, entre outros (Heinzmann, 1985; Mary et al., 1996 citados por Aita et al., 2004).

A mineralização é a passagem do N da forma orgânica para a forma mineral, enquanto que a imobilização é o caminho inverso. Quando a relação C/N é elevada, maior é a imobilização do N pelos microrganismos do solo, ou seja, a mineralização se processará mais lentamente. A presença de compostos recalcitrantes associados ao N orgânico, como os grupos aromáticos e alquilas, causam o mesmo efeito (Carvalho & Amabile, 2006).

Muito pouco do nitrogênio que é adicionado ao solo é recuperado pelas plantas, devido aos processos naturais de perda, como volatilização, lixiviação, desnitrificação e erosão (Stevenson, 1982). Em virtude disso, para a maioria das culturas, a eficiência de extração desse nutriente não chega a 50%. A quantidade de nitrogênio recuperado pelas plantas dependerá, entre outros fatores, das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais e do tipo de manejo adotado.

Nas condições tropicais as perdas por lixiviação podem ser significativas, razão pela qual faz necessário manter sempre as plantas em crescimento, com potencial para reciclagem de nutrientes e cobertura do solo (Elbelhar et al., 1984).

2.2.2. Economia do nitrogênio

Os riscos de poluição ambiental decorrente da adubação nitrogenada podem ser elevados, especialmente em condições de intensa precipitação e altas doses de adubação. Dessa forma, em uma agricultura sustentável, torna-se necessário aprimorar a recomendação da adubação nitrogenada, tanto para atender à demanda da cultura, como para reduzir ao mínimo a possibilidade de contaminação ambiental (Stanford, 1973).

A análise foliar pode servir como subsídio para a recomendação das adubações, pelo estabelecimento dos níveis adequados dos nutrientes na planta. A utilização desta técnica como instrumento para avaliação do estado nutricional das plantas parte do princípio da existência de uma correlação entre a taxa de crescimento ou produção da planta e o teor de nutrientes nos seus tecidos (Malavolta et al., 1989; Marinho et al., 2002).

A recomendação de nutrientes minerais para as culturas com base na análise de solo baseia-se em curvas de calibração, de onde se constroem tabelas com as recomendações do nutriente para os vários níveis de fertilidade do solo.

Para a cultura da bananeira são empregadas doses de até 600kg N ha⁻¹ ano⁻¹, em Israel e na Austrália. Já as doses usadas na América Latina e no Caribe variam de 160 a 300kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que no Brasil as recomendações variam de 90 a 350kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo da textura do solo, do teor de matéria orgânica e do manejo adotado (Borges & Oliveira, 2000b).

Devido à dificuldade de se determinar por métodos analíticos a disponibilidade de nitrogênio, tem-se usado outros atributos do solo, como o teor de matéria orgânica.

No entanto, em alguns sistemas agrícolas, este atributo, quando utilizado isoladamente, tem-se mostrado inadequado (Pottker & Roman, 1994).

Nos sistemas de produção agrícola, os solos são normalmente pobres em matéria orgânica, principalmente nas condições tropicais, em que as taxas de decomposição da matéria orgânica do solo são bastante altas. Dessa forma, é comum nas tabelas de adubação serem apresentadas as doses de recomendação do N independente do seu teor no solo.

De acordo com Mielniczuk et al. (2003), têm-se dado ênfase à inclusão de leguminosas em sistemas de culturas a fim de recuperar os estoques de C e N do solo. Estas espécies são as mais utilizadas na adubação verde, devido principalmente a capacidade de incorporar quantidades significativas de nitrogênio através da fixação de N atmosférico pela simbiose com bactérias diazotróficas e da recuperação do N lixiviado para camadas mais profundas do solo (Borges, et al, 2003; Malavolta et al., 2000).

2.3. Uso de Leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas

Um agroecossistema é um ecossistema agrícola, cujo objetivo primário é a manipulação dos recursos naturais existentes no mesmo a fim de captar e transferir a energia solar para a produção agrícola, de forma equilibrada e eficiente (Kozioski & Ciocca, 2000).

Esse equilíbrio pode originar-se, em parte, da complexidade dos ecossistemas e da diversidade das espécies. Dessa forma, atualmente, existe uma necessidade crescente de aumento da biodiversidade nos sistemas agrícolas, fazendo uso de sistemas de cultura cada vez mais complexos, utilizando as plantas de forma intensiva, possibilitando um maior aporte de resíduos culturais sobre o solo (Mielniczuk, 2003).

A produção industrial de adubos nitrogenados necessita de elevadas temperaturas (cerca de 200° C) e alta pressão (em torno de 200 atm), envolvendo o consumo de grande quantidade de energia, obtida a partir da queima de combustíveis fósseis, com significativa emissão de gases para atmosfera.

Além de consumirem maior quantidade de energia na forma de petróleo para a sua manufatura (2,00; 0,33 e 0,21kg de combustível fóssil kg⁻¹ de fertilizante nitrogenado, fosfatado e potássico, respectivamente (FAO, 1980)), os adubos

nitrogenados também são adicionados em maiores quantidades, reduzindo a eficiência do uso da energia no ecossistema, pela redução da relação output/input (saída/entrada) de energia (Kozioski & Ciocca, 2000).

Como estratégia para aumentar a eficiência energética do ecossistema e para a redução da emissão de poluentes, podem ser utilizadas leguminosas como alternativa aos fertilizantes minerais nitrogenados. Além disto, a possibilidade de diminuição das perdas de N na forma de N_2O , em sistemas que envolvem o uso de leguminosas como plantas de cobertura, comparativamente a sistemas baseados no uso exclusivo de fertilizantes minerais, também deve ser considerada do ponto de vista de impacto ambiental (Li, 1995).

2.3.1. Adubação verde

Um adubo verde é uma cultura utilizada primariamente como um condicionador do solo e como uma fonte de nutrientes para culturas subseqüentes (Cherr et al, 2006). O termo condicionador de solo refere-se a materiais que visam melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, no intuito de favorecer o desenvolvimento das plantas (Curie et al, 1993 apud Carvalho & Amabile, 2006).

De acordo com Fageria (1998), a adubação verde é uma das práticas que podem contribuir para o uso eficiente de nutrientes, devendo estar associada com outras práticas de manejo de solo e planta para a otimização da eficiência nutricional das culturas.

A adubação verde desempenha várias funções como: incremento da fertilidade natural; aumento e manutenção dos teores de matéria orgânica do solo; redução das perdas de nutrientes por volatilização e lixiviação; mobilização e reciclagem de nutrientes; proteção do solo contra as erosões hídrica e eólica; controle das variações térmicas das camadas superficiais do solo, reduzindo as perdas de água por evaporação; controle de plantas daninhas; fixação do nitrogênio atmosférico, no caso das leguminosas, e sua liberação de forma gradual para as culturas subseqüentes ou em consórcio (Amabile & Carvalho, 2006).

Todas essas funções dificilmente seriam desempenhadas por outras tecnologias e insumos agrícolas (práticas mecânicas e fertilizantes químicos) comumente utilizados na agricultura convencional.

Para Tanaka (1981), as espécies mais adequadas para a adubação verde são as leguminosas, por terem um rendimento elevado de fitomassa por área e por serem ricas em nutrientes, possuindo um sistema radicular capaz de recuperar os nutrientes lixiviados das camadas mais profundas do solo.

Oliveira et al (2002) recomendam espécies que apresentem o sistema radicular pivotante (*Canavalia ensiformes* D.C.; *Cajanus cajan* L.), pois, além de exercerem menor competição com as fruteiras, proporcionam maior reciclagem de nutrientes das camadas subsuperficiais do solo.

Amabile & Carvalho (2006) justificam a preferência por leguminosas pela sua capacidade de fixar nitrogênio através de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, além de proporcionar liberação gradativa do nitrogênio para a cultura associada ou subsequente. Dessa forma, na adubação verde, as leguminosas apresentam maior potencial de transferência de nitrogênio para as culturas.

Normalmente, as leguminosas contêm altos teores de N em seus tecidos no período de floração, o que significa uma contribuição acima de $150\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ de N, com um percentual de 60% a 80% do N proveniente da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Giller, 2001 apud Castro et al, 2004).

Entre as espécies de leguminosas que tem se destacado como adubos verdes, podem-se citar as crotalárias (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth); o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.); o labe-labe (*Dolichos lablab* L.); o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* DC); a mucuna anã (*Stilozobium deeringianum* Bort.) e a mucuna preta (*Stilobium aterrimum* Piper e Tracy) (Pereira & Peres, 1986 apud Alcântara & Furtini Neto, 1998).

Existem muitas espécies com potencial para utilização como adubos verdes, contudo, em sistemas agrícolas onde poucos dados existem sobre o uso da adubação verde, necessitam-se, primeiramente, desenvolver pesquisas com aquelas espécies para as quais haja suficiente informação de caráter científico que possa ser utilizada como base para discussão dos resultados, realizando-se as devidas comparações e inferências sobre o potencial de utilização dessas espécies nos agroecossistemas.

Existe grande variação na produtividade de biomassa e acumulação de nitrogênio pelas leguminosas, as quais devem estar relacionadas às características intrínsecas de cada espécie, ao manejo dos resíduos culturais e às condições edafoclimáticas predominantes de cada local. Na Tabela 1 são apresentados resultados

de trabalhos de pesquisa com algumas leguminosas indicadas para adubação verde realizados pela Embrapa Semi-Árido.

Tabela 1. Produção de matéria seca (MS) e acúmulo de nitrogênio por leguminosas no Submédio São Francisco, nas respectivas épocas de corte

Leguminosas	Época de corte *	MS	N
	dias	----- kg ha ⁻¹ -----	
Crotalária júncea	75	8.120	270
Crotalária spectábilis	73	4.710	113
Mucuna preta	120	7.460	250
Mucuna anã	70	4.540	100
Guandu forrageiro	165	13.080	527
Guandu D2 TYPE	108	5.890	214
Caupi	65	3.790	116
Feijão-de-porco	80	5.690	245

* Corte realizado por ocasião da floração plena. Fonte: Batista (2007).

A crotalária tem o porte ereto, crescem muito e tem um sistema radicular raso, estando sujeitas ao tombamento (Batista, 2007). A sua acelerada velocidade inicial de crescimento resulta em rápida cobertura do solo com efeito supressor às plantas daninhas (Burle et al, 2006).

O feijão-de-porco parece adaptar-se a condições ambientais diversas, resistente ao estresse hídrico, sendo utilizada na região semi-árida do Nordeste brasileiro como planta de cobertura. O guandu tem um sistema radicular profundo e com capacidade de romper camadas adensadas do solo, sendo por isso considerada como planta subsoladora. Por apresentar teores mais elevados de carbono recalcitrante e elevada relação C/N apresenta uma menor decomponibilidade (Burle et al, 2006).

O labe-labe, por ser uma leguminosa de hábito de crescimento rasteiro, é indicado para intercalar com culturas perenes, produzindo ainda grande quantidade de fitomassa, mas que pode oscilar bastante, a depender das condições edafoclimáticas (Burle et al, 2006).

A mucuna preta, além de ser tardia, é considerada muito agressiva, por enrolar

seus ramos em qualquer suporte que esteja próximo, não sendo indicada para ser utilizada em consórcio. Enquanto a mucuna anã, por ter um hábito de crescimento determinado e menor produção de biomassa, em relação às outras espécies de mucuna, é indicada para ser intercalada em culturas perenes (Batista, 2007; Burle et al, 2006).

2.3.2. Potencial de uso dos adubos verdes para as culturas

Resultados de pesquisa indicam contribuições em nitrogênio dos adubos verdes para as culturas equivalentes ao fertilizante mineral. Em estudos básicos de marcação isotópica, demonstrou-se um aproveitamento de até 40 % do N proveniente do adubo verde pela cultura em seqüência (Wutke et al., 2001 apud Faria et al., 2004).

Outras pesquisas já sugerem que o N do adubo verde pode ser absorvido mais eficientemente que o do fertilizante ou que os adubos verdes modificam o ambiente do solo, estimulando o crescimento da planta, ou ambos, de maneira que torna possível uma maior absorção de N pela cultura (Cherr et al, 2006). Scivittaro et al (2003), em experimento com adubo verde em pré-plantio, em um Latossolo Vermelho, verificaram que, embora o aproveitamento do N pelo milho proveniente da mucuna-preta tenha sido menor que o da uréia, constatou-se maior eficiência de utilização do N da uréia quando associada ao adubo verde.

A depender das particularidades de cada ecossistema agrícola, interferindo nos processos de mineralização e imobilização, nem todo o nitrogênio liberado fica disponível para a cultura econômica associada, além do mais, esta precisa estar suficientemente desenvolvida para absorver o nitrato produzido antes que o mesmo seja lixiviado do solo (Ceretta et al., 1994, Russel, 1973 citados por Alcantara & Furtini Neto, 1998).

A baixa relação C/N das leguminosas implicará na mais rápida mineralização do N no tecido dessas espécies, através da decomposição, podendo dificultar o sincronismo entre esta liberação e a absorção pela cultura associada. Nas condições tropicais, a completa decomposição com liberação do N pelas leguminosas incorporadas ao solo pode se processar em apenas duas a seis semanas (Thonissen et al., 2000).

Para reduzir a velocidade de decomposição, podem-se adotar práticas de manejo que reduzam a superfície de contato dos restos com o solo, deixando-os a superfície ou incorporando superficialmente. Em algumas culturas perenes essas espécies são incorporadas a uma profundidade de aproximadamente 12 a 15cm nas ruas

da cultura principal, ou ainda roçadas e deixadas sobre o solo e espalhadas entre as linhas de plantas (Oliveira et al., 2002).

2.3.3. Avaliação do potencial das espécies leguminosas

O maior desafio nesse estudo está em estabelecer a melhor espécie, sob um determinado manejo, de forma a atender a demanda de N pelas culturas comerciais de forma equilibrada.

Existem diferentes formas de se avaliar o potencial de uso de leguminosas em sistemas agrícolas, podendo-se considerar: a produção de matéria seca; o acúmulo de N na biomassa; a fixação biológica do N atmosférico; a taxa de liberação do N; a velocidade inicial e porcentual de cobertura do solo; nutrição da cultura econômica; o rendimento da cultura comercial em consórcio ou em sucessão; e a equivalência em nitrogênio mineral, entre outros.

A produção de fitomassa evidencia a capacidade de transformação da energia luminosa em química e o potencial de extração e ciclagem de nutrientes (Carvalho & Amabile, 2006)

Favero et al. (2000), avaliando o potencial produtivo de cinco leguminosas na região de Sete Lagoas-MG, observaram que o feijão bravo-do-ceará apresentou maior produtividade de massa seca ($8,8\text{Mg ha}^{-1}$) e maior acúmulo de nitrogênio (222 kg ha^{-1}), seguido por feijão-de-porco ($7,6\text{Mg de MS ha}^{-1}$ e $206\text{kg de N ha}^{-1}$), mucuna preta ($6,6\text{Mg de MS ha}^{-1}$ e $196\text{kg de N ha}^{-1}$), feijão guandu ($5,1\text{Mg de MS ha}^{-1}$ e $137\text{kg de N ha}^{-1}$) e lab lab ($3,7\text{Mg de MS ha}^{-1}$ e $109\text{kg de N ha}^{-1}$).

Para uma maior eficiência na absorção do N das leguminosas pela cultura comercial, deverá haver um sincronismo entre o N liberado pelas leguminosas e o absorvido pela cultura. Em estudos sobre o padrão de mineralização em condições de Cerrado, foram destacadas três fases distintas: uma fase inicial muito rápida em até 40 dias, em seguida uma fase lenta, entre 40 e 100 dias e, finalmente, uma fase estável, entre 100 e 170 dias (Quintana, 1987 apud Ribeiro Jr. & Ramos, 2006).

Em ensaio de decomposição com diferentes espécies consorciadas com a bananeira, Espíndola et al. (2006) obtiveram os seguintes tempos de meia-vida para nitrogênio em amendoim forrageiro, cudzu tropical e siratro, respectivamente, 44, 110 e 86 dias, na estação seca, e de 30, 56 e 32 dias, na estação chuvosa.

Perin (2005), em um plantio de milho sobre os resíduos vegetais de um adubo

verde, encontrou uma meia vida de apenas 15 dias para o nitrogênio contido na crotalária, com uma constante de decomposição igual a 0,0176g g⁻¹, tendo um aproveitamento de 15 % do nutriente da leguminosa pelos grãos do milho.

As condições de nutrição da cultura comercial, principalmente com relação ao nitrogênio, evidenciam o potencial da leguminosa no suprimento deste nutriente para a cultura em consórcio ou sucessão.

O rendimento da cultura é sem dúvida o principal fator a ser considerado quando se trata de avaliar o potencial de uso de leguminosas em sistemas de produção agrícola, pelo que expressa o resultado final do sistema cultural.

Utilizando leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura de milho, em Chapecó-SC, durante cinco anos, Spagnollo et al. (2002) atribuíram ao cultivo intercalar de mucuna cinza, feijão-de-porco, feijão guandu anão e soja preta um aumento na quantidade de nitrogênio na fitomassa do milho de 23, 54, 69 e 123% e rendimento de grãos de 17, 47, 70 e 93%, respectivamente, no tratamento sem aplicação de nitrogênio mineral no solo.

Uma outra maneira de se avaliar o potencial das leguminosas em fornecer nitrogênio às culturas comerciais é pela determinação da equivalência em nitrogênio mineral (EqN) das leguminosas, sendo a forma mais apropriada de se conhecer a eficiência dos adubos verdes em relação aos fertilizantes (Singh, 1984 apud Alcantara e Furtini Neto, 1998).

Em Chapecó-SC, Spagnollo et al. (2002), trabalhando com as leguminosas mucuna cinza, feijão-de-porco, guandu anão e soja preta, observaram que EqN para produção de milho foi de 120, 63, 37 e 12kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral, respectivamente, em sistema de preparo convencional de solo, e de 86, 65, 60 e 50kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral, respectivamente, em sistema de preparo mínimo de solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido na da Fazenda Frutacor Ltda, no município de Quixeré-CE, na região da Chapada do Apodi, distante cerca de 200km da cidade de Fortaleza-CE, com as coordenadas 5°07'30"S e 37°57'15"W.

A região caracteriza-se pela predominância de solos da classe dos Cambissolos, com relevo plano (Brasil, 1973). O clima é quente e semi-árido, com temperatura superior a 18°C no mês mais frio, classificado como BSw.h. segundo Köppen, caracterizada por uma estação chuvosa, nos meses de janeiro a maio, sendo janeiro e abril os mais chuvosos, e outra, seca, de julho a dezembro. A temperatura média anual é de 28,5°C, com mínima de 22°C e máxima de 35°C, a precipitação média anual é de 772mm e a evapotranspiração atinge a média anual de 3.215mm, tendo uma insolação de 3.030 horas ano⁻¹. A umidade relativa do ar chega a valores superiores a 84% no mês de abril e inferiores a 50% em setembro (CPMR, 1999). Os dados pluviométricos da região durante o período de janeiro de 2008 a abril de 2009, segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), são apresentados na Figura 1.

As análises químicas do solo da área experimental (Tabela 2) foram realizadas no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo da UFC, segundo a metodologia da Embrapa (1999). As amostras foram coletadas em setembro de 2007, com o auxílio de trado holandês.

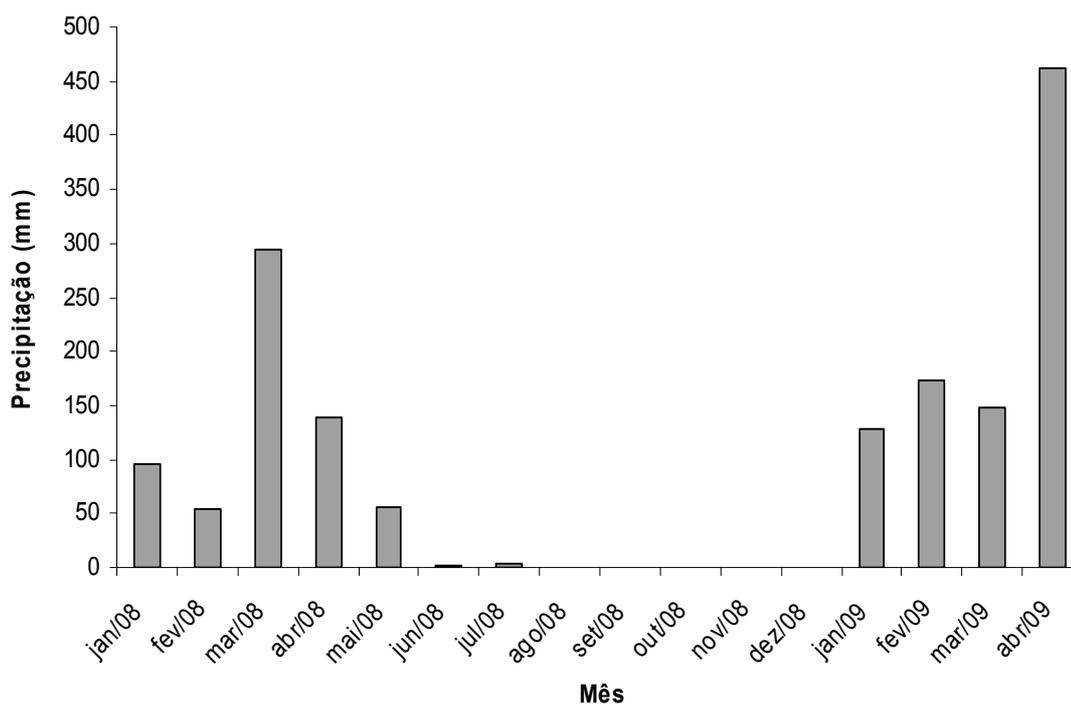


Figura 1. Distribuição das chuvas durante no período de janeiro de 2008 a abril de 2009. Quixeré, CE.

Tabela 2. Atributos químicos e físicos do solo da área experimental coletado antes da instalação do experimento. Quixeré, CE , 2007.

Atributos	Profundidade (cm)	
	0 - 20	20 - 40
pH (H ₂ O)	7,0	6,3
M.O. (mg kg ⁻¹)	18,82	14,99
P (mg kg ⁻¹)	48,0	4,0
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,29	0,24
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,66	0,27
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	1,26	0,85
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	7,9	5,5
Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,5	2,3
S (cmol _c kg ⁻¹)	11,3	8,3
m (%)	-	1
V (%)	88	79
C.E (dS m ⁻¹)	1,26	0,85
Grau de flocculação (%)	50	90
Areia (g kg ⁻¹)	510	470
Silte (g kg ⁻¹)	250	310
Argila (g kg ⁻¹)	360	250
Classe textural	Franca	Franca

3.2. Descrição dos experimentos

3.2.1. Experimento I

A área experimental foi dividida em duas, sendo que, em uma das áreas foram cultivadas seis espécies de leguminosas associadas a bananeira, correspondendo aos tratamentos: *Crotalaria juncea* (Crotolária juncea), L1; *Canavalia ensiformis* (Feijão-de-porco), L2; *Cajanus cajan* (Feijão guandu cv. Anão), L3; *Crotalaria spectabilis* (Crotalaria spectabilis), L4; *Dolichos lab lab* (Lab lab), L5; *Mucuna deeringiana* (Mucuna anã), L6.

Antes do transplântio das mudas de bananeira para a área, foram semeadas as espécies leguminosas (pré-plantio), sendo, posteriormente ao seu desenvolvimento, incorporadas ao solo, com auxílio de grade acoplada ao trator. Devido a problemas de disponibilidade de água para irrigação na propriedade, optou-se por fazer uma nova semeadura das espécies leguminosas antes do transplântio das mudas de bananeira para a área.

No primeiro cultivo, foram semeados a Mucuna preta no lugar da Mucuna anã, e o Guandu cv. Kaqui, no lugar da *Crotalaria spectabilis*. A semeadura manual das leguminosas foi realizada em linhas espaçadas de 0,50m, com profundidade de 2 a 3cm, com densidade de semeadura de acordo com a espécie, seguindo recomendações da Pirai Sementes, de onde as mesmas foram obtidas (Figura 2).

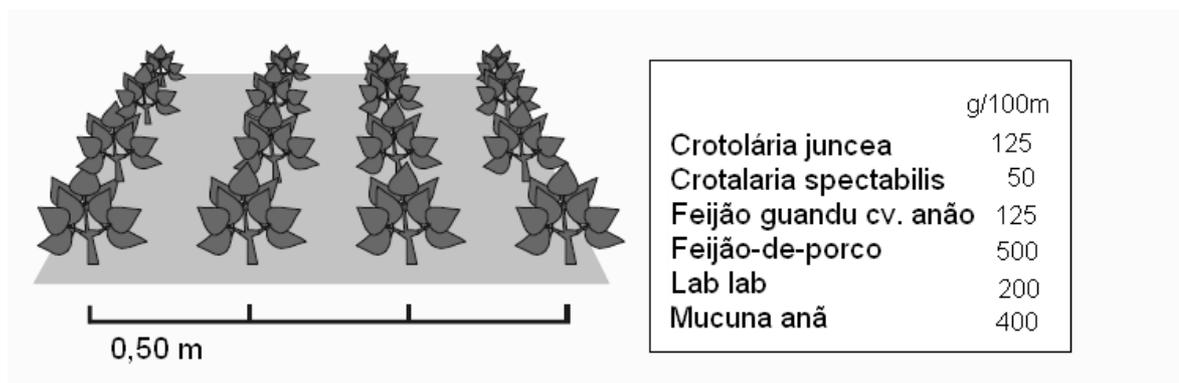


Figura 2. Representação esquemática da distribuição espacial das leguminosas e densidade de semeadura.

Após a incorporação das leguminosas do segundo cultivo, mudas de bananeira, ‘Pacovan’, foram transplântadas para as parcelas.

Um ensaio de decomposição e liberação de N foi realizado a partir dos resíduos vegetais da parte aérea de leguminosas em pré-plantio, segundo cultivo, instalado nas respectivas parcelas onde os mesmos foram coletados.

3.2.2. Experimento II

Na área adjacente ao experimento I, foi conduzido um ensaio de adubação nitrogenada na bananeira em monocultivo, utilizando cinco doses de N na forma de uréia: 80, 180, 280, 380 e 480g planta⁻¹ ano⁻¹, equivalente a 103, 231, 359, 487 e 615kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, as quais foram parceladas em vinte e quatro vezes e aplicadas a cada quinze dias, tendo início em 12 de julho de 2008, aos 29 dias após o transplântio das mudas de bananeira. Esta adubação foi realizada manualmente e distribuídas na periferia da projeção da copa, em semi-círculo.

3.2. Condução dos experimentos

As mudas de bananeira foram transplantadas para a área na mesma época, em fileira dupla, no espaçamento 2,4 x 2,5 x 4,0m (Figura 3). Aos 31 dias após plantio da bananeira, entre as linhas duplas, realizou-se a semeadura das leguminosas, mantendo-se a posição das leguminosas nas parcelas de acordo com a espécie.

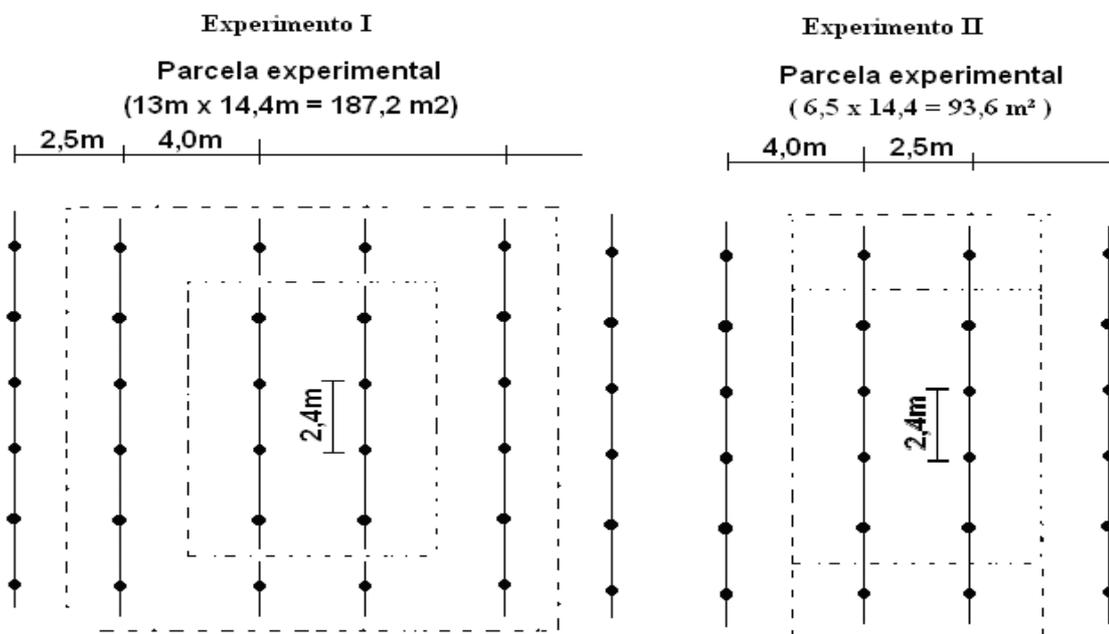


Figura 3. Croqui da parcela experimental com a disposição das plantas de bananeira nos Experimentos I e II, mostrando as respectivas áreas total e útil.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições, em ambos os experimentos. Na Figura 4 são apresentados os arranjos espaciais dos tratamentos, em cada bloco, para ambos os experimentos I e II.

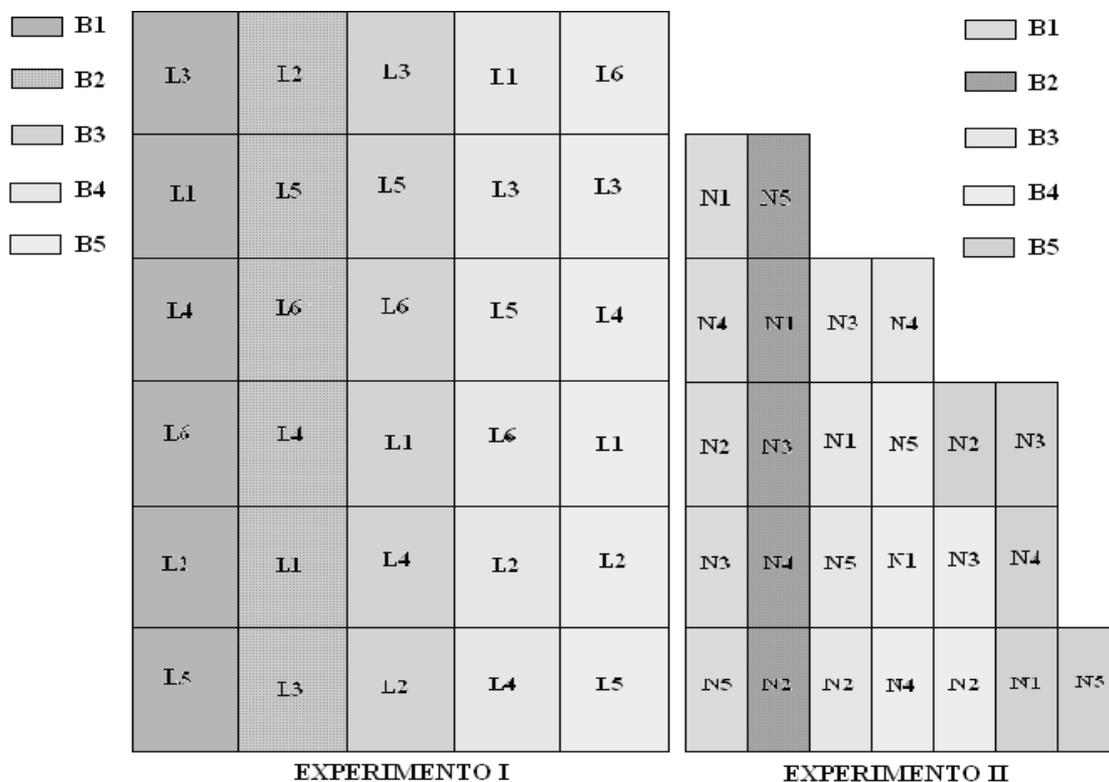


Figura 4. Arranjo espacial dos tratamentos relativos aos experimentos I (espécie leguminosa – L) e II (doses de nitrogênio- N), dentro de cada bloco (B).

3.2.1. Preparo da área, semeadura e manejo das leguminosas

As áreas experimentais foram preparadas com subsolador, seguido de grade, acoplados ao trator, anterior a data de plantio das leguminosas do primeiro ciclo.

As espécies leguminosas em pré-plantio do primeiro cultivo foram incorporadas no dia 07/02/08, aos 104 dias após a semeadura das mesmas. No segundo cultivo, a semeadura das leguminosas foi realizado no dia 10/02/08 e a incorporação aos 88 dias após a sua semeadura, e imediatamente a área foi preparada para o transplântio das mudas de bananeira (Figura 5). Em seguida, foi instalado novamente o sistema de irrigação das leguminosas (microaspersão), com duas linhas de distribuição entre as fileiras duplas, e o sistema de gotejamento pra a bananeira.



Figura 5. Incorporação das leguminosas em pré-plantio, do segundo cultivo. Fazenda Cercado do meio, Quixeré, CE. 07/06/2008.

As leguminosas em consórcio foram roçadas manualmente, a uma altura de 20 a 25cm do colo, por ocasião do florescimento, ou, no máximo aos 90 dias após o plantio.

O plantio das leguminosas em consórcio foi realizado após o estabelecimento das mudas de bananeira, no dia 14 de julho de 2008, aos 31 dias após o transplântio. As leguminosas foram cultivadas nos 3m centrais dos 4m de largura da entrelinha maior, totalizando aproximadamente 46,15% da parcela experimental.

3.2.2. Transplântio e tratos culturais da bananeira

No preparo do terreno para o transplântio das mudas da bananeira, foram levantados camalhões, com o auxílio de um rotoencanteirador, acoplado ao trator. É usual o cultivo em camalhões na propriedade, mesmo para bananeira, devido a problemas de drenagem, resultado da compactação do solo. As mudas da variedade 'Pacovan', obtidas por cultura de tecidos, foram transplântadas no dia 13/06/2008. Dados de altura, circunferência do pseudocaule e número de folhas das mudas

transplantadas para a área, coletados logo após o transplântio, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Média, intervalo de confiança (I.C), coeficiente de variação (C.V.) e tamanho da amostra (N) para as características: altura, circunferência do pseudocaule e número de folhas das mudas da bananeira ‘Pacovan’. 13/06/2008

Característica	Média	I.C. (95%)	C.V (%)	N
Altura (cm)	17,38	± 1,61	13,39	8
Circunferência (cm)	6,03	±0,51	12,09	8
Número de folhas	4,25	±0,32	10,89	8

O controle de pragas, doenças e os tratos culturais nas bananeiras foram realizados conforme indicadores de campo.

As covas foram preparadas nas dimensões de 30x30x30cm, não sendo realizada adubação de fundação com fósforo, em razão dos altos teores verificados na análise do solo.

Foram aplicados em torno de 200kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 5kg ha⁻¹ de ácido bórico, utilizados como fontes de K₂O e B, respectivamente, através de fertirrigação e seguindo a metodologia empregada na Fazenda Frutacor Ltda, onde se divide o ciclo em quatro fases distintas, de acordo com o desenvolvimento da planta: Crescimento 1 (C1), até 90 dias após o transplântio; Crescimento 2 (C2), de 90 a 210 dias após o transplântio, com 0 a 30% das plantas com cachos; Produção 1 (P1), de 210 a 270 dias após o transplântio, com 30 a 50% das plantas com cachos; e Produção 2 (P2), de 270 dias após o transplântio até a colheita dos frutos, com mais de 50% das plantas com cachos.

3.3. Coleta de dados e análises

3.3.1. Matéria seca, teores de carbono e nutrientes

Aos 92 dias após a semeadura das leguminosas, no primeiro cultivo das leguminosas, e aos 78 dias, no segundo cultivo, foram coletadas amostras da parte aérea das leguminosas e das plantas espontâneas em uma área de 0,5m², de cada parcela, com o auxílio de um quadrado de PVC. O material vegetal foi cortado rente ao solo, sendo

então determinada a massa de matéria fresca. Uma subamostra de cada material vegetal, de aproximadamente 250g, foi acondicionada em saco de papel, levada ao laboratório para determinação da porcentagem de matéria seca, dos teores de carbono e dos nutrientes minerais.

Amostras da parte aérea das leguminosas, aproximadamente 1kg de massa verde, foram coletadas nas respectivas parcelas para o ensaio de decomposição, por ocasião da coleta da amostragem da fitomassa total no segundo ciclo, e então determinados os teores de carbono e de nutrientes na matéria seca.

As coletas das folhas para avaliação dos teores foliares de nutrientes da bananeira foram realizadas na época da emissão da inflorescência, retirando-se a porção mediana (10cm de largura) clorofilada da terceira última folha (abaixo e oposta às flores) (Malavolta et al., 1989), eliminando a nervura central e metades periféricas, das plantas úteis de cada parcela.

Todo o material vegetal amostrado foi colocado em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório em até 48h, onde foi para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até massa constante e moídas em moinho tipo Wiley. Após a mineralização, as amostras foram submetidas às análises químicas, conforme metodologias descritas por Silva (1999).

Da biomassa das leguminosas foram determinados os teores de C, N, P, K, Ca e Mg e das folhas-índice da bananeira foram determinados os teores de N, P, e K.

Os teores de carbono e dos nutrientes minerais foram determinados a partir de uma amostra composta de material vegetal seco e moído de cada parcela. Os teores de carbono foram determinados, pelo processo de Walkley-Black com aquecimento, descrito por Yeomans & Bremner (1988). O nitrogênio foi determinado, após digestão sulfúrica, pelo método micro Kjeldahl, descrito por Silva (1999). Os demais nutrientes foram mineralizados pela mistura nítrico-perclórica, e, no extrato, o fósforo foi quantificado por colorimetria, pelo método azul de molibdênio, o enxofre por turbidimetria do cloreto de bário, o potássio através de fotometria de chama, conforme descrito por Silva (1999).

3.3.2. Produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição do material vegetal

A produção de matéria seca da fitomassa (leguminosas + plantas espontâneas), obtida após secagem do material vegetal em estufa, foi extrapolada para 1ha, a partir dos dados de produção. Da mesma forma para obtenção do acúmulo de nutrientes.

Das amostras de material vegetal oriundo das leguminosas em pré-cultivo, foram pesadas 6 porções de 12g do material seco em estufa e acondicionadas em bolsas de decomposição de 400 cm² (20 x 20cm) confeccionadas com tela de náilon (“litterbags”) com abertura de malha de 2mm. O restante do material foi moído em moinho tipo Willey para as determinações analíticas no tempo 0.

A instalação das bolsas de decomposição na área experimental foi em 16 de junho de 2008, logo após o plantio das bananeiras, no centro da fileira dupla (Figura 6). As bolsas foram distribuídas na superfície das parcelas, sendo a decomposição de matéria seca e a liberação de nutrientes monitoradas por meio de coletas realizadas aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a instalação dos ensaios de decomposição para a determinação do ritmo de decomposição e de liberação de nutrientes. Os valores obtidos foram transformados em percentagem relativa à massa e ao total de nutrientes no início da decomposição.

Foi aplicado o modelo exponencial simples $Y = Y_0 e^{-kt}$, descrito por Wieder e Lang (1982), utilizado por Thonnissen et al. (2000), em que Y é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t, em dias, e Y_0 é a quantidade de matéria seca ou nutriente inicial e k é a constante de decomposição.

Este modelo baseia-se na hipótese de que a variação da massa ou da quantidade de nutrientes é proporcional à massa ou quantidade de nutrientes remanescente, respectivamente, tendo então um decaimento exponencial que tende assintoticamente a zero quando o tempo tende para o infinito. Reorganizando os termos da equação é possível calcular os tempos de meia vida a partir da equação $T_{1/2} = \ln(2)/k$, sendo $T_{1/2}$ o tempo necessário para que metade do resíduo vegetal inicial seja mineralizado e do nutriente inicial seja liberado.



Figura 6. Bolsas de decomposição instaladas sobre o solo na época do transplântio das bananeiras. Fazenda Cercado do meio, Quixeré, CE. 16/06/2008.

3.3.3. Avaliações da bananeira

Foram realizadas avaliações mensais do crescimento da bananeira, sendo mensurados a altura do colo a roseta foliar, o diâmetro do pseudocaule (a 0,30m da superfície do solo), e o número de folhas expandidas.

Aos 120 dias após o transplântio da bananeira, na parte mediana da quarta folha, a partir do ápice, mediu-se a temperatura, concentração de dióxido de carbono (CO_2), taxa de transpiração, condutância estomática e taxa de fotossíntese, através do medidor de trocas gasosas IRGA, utilizando a radiação natural, e o teor de clorofila foi medido com o SPAD-502. A seguir, na mesma seção da quarta folha, retiraram-se amostras para avaliação do teor de N, conforme metodologia descrita anteriormente.

Foram coletadas amostras das folhas das bananeiras para avaliação das condições de nutrição, na época da floração, como descrito anteriormente. Os teores dos nutrientes analisados foram avaliados considerando os níveis críticos e faixas de suficiência indicados na literatura.

As avaliações do crescimento e desenvolvimento foram realizadas por meio de curvas de crescimento logístico para todos os tratamentos, em ambos os experimentos, ao longo do período experimental, também adotadas por Pereira et al. (2000).

Os cachos foram colhidos, despencados e pesados, sendo realizada a contagem do número de pencas e de frutos, doze semanas após a floração.

Procedeu-se á análise de variância e, em seguida, realizada comparação de médias, no experimento I e análise de regressão, no experimento II. A partir das médias de produtividade foi obtida a dose equivalente em nitrogênio nos tratamentos do experimento I, através das curvas geradas a partir dos dados de produtividade do experimento II.

3.4.Análise estatística

As análises de variância e regressão dos dados foram feitas utilizando o programa SISVAR e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de 5% de significância. As significâncias dos coeficientes de correlação e de determinação foram testadas pelo teste de t a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estruturar melhor a análise dos resultados, optou-se por dividir este capítulo em duas partes: a primeira trata da avaliação da produção da fitomassa, acúmulo de nutrientes do material vegetal das parcelas cultivadas com leguminosas, bem como da decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos dessas espécies; na segunda parte são avaliadas as características de crescimento, desenvolvimento, nutrição e produção da bananeira associada com leguminosas e sob doses de nitrogênio.

4.1. Avaliação do potencial das leguminosas como adubo verde

Considerando a importância de se obter dados sobre o potencial de acumulação de nutrientes, bem como da taxa de decomposição dos resíduos das leguminosas no solo para a predição da ciclagem dos mesmos, foi realizado um ensaio com resíduos da parte aérea das leguminosas, a partir do material coletado oriundo do segundo cultivo antes da sua incorporação para o transplantio da banana, para fins de avaliação do potencial de uso dessas espécies como adubo verde.

No primeiro cultivo das leguminosas em pré-plantio, observou-se que as leguminosas *Crotalaria juncea* e feijão-de-porco estavam bem desenvolvidas em todas as parcelas, mostrando boa capacidade de competição com a vegetação espontânea, apesar dos problemas que ocorreram no fornecimento de água para irrigação e pressão nos emissores.

Na época da incorporação das leguminosas do segundo cultivo foram realizadas as seguintes observações para as espécies:

A *C. juncea* estava em floração plena, com stand variando entre 4 a 6 plantas/m, atingindo altura superior a 3m em algumas parcelas.

O feijão-de-porco apresentou e stand entre 3 e 4 plantas/m, mostrando boa capacidade competitiva com as ervas espontâneas, com estágio fenológico variando entre início de floração a início de frutificação.

O Guandu anão apresentou floração plena e apresentou stand variando entre 0,5 e 3 plantas m⁻¹, sendo afetada pela competição com as ervas espontâneas,.

A *C. spectabilis* apresentou problemas de germinação, não ultrapassando 0,2 plantas/m.

O labe-labe apresentou-se bem desenvolvido com boa capacidade de cobertura do solo e apresentou uma densidade de 3 plantas/m.

A mucuna anã apresentou frutificação e em algumas parcelas cultivadas apresentou alta infestação de ervas daninhas, provavelmente por proporcionar fraca cobertura do solo. O stand variou entre 0,6 e 3 plantas/m. Em experimento para avaliar os efeitos da adubação verde em pré-plantio, Resende et al. (2000) observaram baixo crescimento dessa espécie, sendo então naturalmente substituída por uma leguminosa nativa.

4.1.1. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes

Não houve diferenças significativas entre as espécies leguminosas quanto a produção de matéria verde e seca do primeiro ciclo de cultivo (Tabela 4). Isto pode ser atribuído ao alto coeficiente de variação, provavelmente, devido ao déficit hídrico no primeiro cultivo das leguminosas.

No segundo cultivo, o tratamento L1 (*C. juncea*) não diferenciou estatisticamente do L2 (feijão-de-porco) e do L5 (Labe-labe) quanto a produção de matéria verde, contudo o L1 foi superior aos demais quanto a produção de matéria seca (Tabela 4). De fato, vários trabalhos têm confirmado o potencial da *C. juncea* em produção de massa seca (Torres et al., 2005; Resende et al., 2005; Perin, 2005; Cáceres & Alcarde, 2005).

A produtividade de massa seca no tratamento L4 (*C. spectabilis*) foi inferior àquela obtida por Batista (2007), em trabalhos com leguminosas no Submédio São Francisco, enquanto a produtividade de massa seca para a L1 (*C. juncea*) foi superior.

Trabalhando com as mesmas espécies, Cáceres & Alcarde (2005), obtiveram produtividades de massa verde e seca inferiores aos do presente experimento, com

exceção da *C. spectabilis*, para a qual as produtividades foram superiores, podendo ser explicado pela alta disponibilidade de nutrientes no solo estudado.

As menores produtividades de massa seca e verde no L4 (*C. spectabilis*), no segundo cultivo (Tabela 4), podem ser atribuídas ao atraso na germinação observado em todas as parcelas.

A diferença observada na produtividade de massa seca no L3 (Guandu anão) entre os dois ciclos de cultivo (Tabela 4), pode ser atribuída ao fato da coleta do material vegetal ter sido realizada em períodos diferentes. Fávero et al. (2000) também encontraram baixas produtividades de massa seca para esta espécie, aos noventa dias após a emergência.

Foram constatadas diferenças quanto ao acúmulo de nutrientes na fitomassa da parte aérea das leguminosas apenas no segundo cultivo (Tabela 5). Provavelmente, no primeiro cultivo, o déficit hídrico contribuiu para a maior variabilidade da produção de fitomassa, desfavorecendo a verificação de diferenças significativas entre as espécies.

Durante o primeiro cultivo das leguminosas, mais de 200kg ha⁻¹ de N foram acumulados na parte aérea da biomassa das parcelas, em média (Tabela 5). No segundo cultivo das leguminosas a quantidade de N acumulado foi menor, apesar de coincidir o plantio com o período chuvoso na região. Deve-se considerar, contudo, o menor período de crescimento e as diferenças genéticas entre as espécies cultivadas dos dois cultivos.

De modo geral, os tratamentos apresentaram elevados acúmulos de N na fitomassa, o que torna interessante a utilização dessas espécies como fonte de nitrogênio nos agroecossistemas da região estudada.

As plantas espontâneas podem ter influenciado a produção de biomassa nos dois cultivos das leguminosas, particularmente no primeiro, no qual, alguns resíduos apresentaram alta relação C/N (Tabela 5). Por outro lado, as condições climáticas, que podem ter restringido o crescimento das leguminosas no primeiro cultivo, possivelmente afetaram a extração de nutrientes, bem como a fixação biológica de nitrogênio, influenciando, portanto, na partição de matéria seca. Trabalhando com várias espécies leguminosas utilizadas como adubo verde, Fávero et al. (2000) não constataram influência das plantas espontâneas sobre a produtividade de massa seca da parte aérea, demonstrando que a presença das plantas espontâneas não reduziu a produtividade total de biomassa.

Torres et al. (2005) encontraram variações na relação C/N de leguminosas utilizadas como plantas de cobertura em dois anos agrícolas, sendo esta variação

explicada por um possível desfavorecimento da fixação de N, pelas leguminosas. De acordo com Ribeiro Jr. & Ramos (2006), qualquer fator que afete o crescimento da planta poderá influenciar na fixação simbiótica do nitrogênio.

Tabela 4. Massa verde e seca, e percentagem de matéria seca na biomassa dos tratamentos com leguminosas no primeiro (92 DAP) e segundo cultivo de cultivo (78 DAP).

Tratamento ⁽¹⁾	Massa verde ----- Mg ha ⁻¹ -----	Massa seca	Matéria seca (%)
Primeiro cultivo			
L1	67,28 a	17,24 a	24,70
L2	42,24 a	7,99 a	18,94
L3	47,90 a	11,21 ^a	22,38
L4	60,40 a	12,26 a	19,04
L5	48,18 a	6,14 a	13,10
L6	50,00 a	8,44 a	17,30
Média	52,67	10,55	19,24
C.V. (%)	35,17	64,33	35,78
Segundo cultivo			
L1	45,76 a	12,82 a	28,02
L2	33,16 ab	5,83 b	17,61
L3	23,80 b	5,76 b	24,15
L4	20,90 b	3,51 b	16,88
L5	28,54 ab	4,80 b	16,98
L6	27,42 b	4,83 b	17,78
Média	29,93	6,26	20,24
C.V.(%)	30,54	38,00	23,23

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾L1, *C.juncea*; L2, Feijão-de-porco; L3, Guandu anão; L4, Guandu (primeiro ciclo) e *C.spectabilis* (segundo ciclo); L5, Labe-labe; L6, Mucuna preta (primeiro ciclo) e Mucuna anã (segundo ciclo).

Tabela 5. Relação C/N e acúmulo de nutrientes na biomassa dos tratamentos com leguminosas no primeiro (92 DAP) e segundo ciclo de cultivo (78 DAP)

Tratamento ⁽¹⁾	C/N	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg ha ⁻¹ -----							
Primeiro cultivo							
L1	28,54ab	390,61a	37,33a	278,95a	258,07a	84,4a	24,85a
L2	15,85b	198,04a	15,40a	176,16a	159,32a	24,36a	9,51a
L3	36,68a	156,82a	20,36a	236,91a	103,39a	41,19a	24,29a
L4	29,25ab	193,50a	19,69a	257,66a	141,71a	51,43a	14,45a
L5	23,18ab	125,28a	27,51a	252,36a	90,03a	28,86a	10,76a
L6	18,70b	228,20a	20,89a	230,08a	135,19a	28,97a	15,68a
Média	25,37	215,41	23,53	238,69	147,95	43,21	16,59
C.V.(%)	29,42	84,47	79,40	43,57	65,06	72,90	83,27
Segundo cultivo							
L1	14,97ab	377,67a	28,72a	184,46a	113,08ab	50,74a	17,46a
L2	11,92b	234,71b	16,10abc	139,48a	132,69a	19,87b	13,64ab
L3	15,82ab	185,76bc	15,59abc	145,68a	34,90b	16,74b	10,30ab
L4	19,41a	78,24c	8,87c	104,55a	37,31b	16,71b	8,24b
L5	17,39a	123,41bc	25,08ab	145,48a	48,41ab	15,93b	9,61ab
L6	14,88ab	136,73bc	11,47bc	119,99a	67,66ab	15,78b	8,68b
Média	15,73	189,42	17,64	139,94	72,34	22,63	11,32
C.V.(%)	15,29	33,63	39,48	32,72	62,99	62,91	36,56

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾L1, *C.juncea*; L2, Feijão-de-porco; L3, Guandu anão; L4, Guandu (primeiro ciclo) e *C.spectabilis* (segundo ciclo); L5, Labe-labe; L6, Mucuna preta (primeiro ciclo) e Mucuna anã (segundo ciclo).

O plantio seqüenciado de leguminosas pode também ter aumentado o potencial de inóculo do solo, o que favoreceu a fixação simbiótica, explicando, dessa forma, as menores relações C/N na biomassa no segundo cultivo.

No segundo cultivo, o tratamento L2 (F.porco) apresentou menor relação C/N, mas apresentando diferença significativa apenas com o L4 (Guandu) e L5 (labe-labe). Estes, ainda assim, apresentaram relação C/N baixa (<20), característica que pode ser determinante para velocidade de liberação do N orgânico no solo.

Os menores valores da relação C/N devem estar associados a maiores quantidades de N na fitomassa, sugerindo assim potencial para a rápida mineralização dos resíduos dessas espécies (Ribeiro & Ramos, 2006).

O acúmulo de N no tratamento L1 (*C. juncea*) foi superior ao obtido por outros autores para esta leguminosa (Torres et al., 2005; Resende et al., 2000; Perin, 2005), provavelmente em função da alta produtividade de massa seca obtida neste experimento.

Os nutrientes acumulados na fitomassa das leguminosas obtidos por Cáceres e Alcarde (2005), aos 110 dias após o plantio, foram inferiores aos obtidos no presente experimento, com exceção do N e do Ca, para a *C. spectabilis* e do S, para o feijão-de-porco, no primeiro cultivo.

O tratamento L1 (*C. juncea*) apresentou maiores acúmulos dos nutrientes estudados nos dois ciclos, com exceção ao Ca no segundo cultivo, no qual o tratamento L2 (Feijão-de-porco) apresentou maior acúmulo (Tabela 5). De maneira geral, pode-se dizer que o tratamento L1 destacou-se como o mais promissor em termos de aporte de fitomassa e de nutrientes. No entanto, os resíduos do L2 apresentaram menor relação C/N, apesar da baixa produção de fitomassa em relação a L1, maximizada, no entanto, pela capacidade competitiva do feijão-de-porco com as plantas daninhas, devido ao seu potencial alelopático (Batista, 2007).

O acúmulo de P no tratamento L5 (Labe-labe) foi semelhante ao do L1 (*C. juncea*), no segundo cultivo, apesar deste ter apresentado uma produtividade de massa seca 2,7 vezes superior ao L5 (Tabela 5), podendo ser explicado pela alta capacidade de absorção de P pela espécie.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao acúmulo de K (Tabela 5), podendo ser explicado pelo alto teor de K no solo (Tabela 5).

O elevado acúmulo de K apresentado pelas leguminosas pode ser de grande importância quando se deseja utilizar essas espécies associadas às plantas frutíferas, evitando a perda desse nutriente por lixiviação, permitindo a sua reciclagem.

De maneira geral, as características avaliadas mostram que as espécies de leguminosas estudadas apresentaram elevado acúmulo de nutrientes, evidenciando o seu potencial para a ciclagem dos mesmos no sistema agrícola.

4.1.2. Decomposição e liberação de nutrientes

As leguminosas apresentaram relação C/N inferior a 20 (Tabela 6). O teor de N no feijão-de-porco foi semelhante ao obtido por Saminêz et al. (2006), e foi significativamente superior ao encontrado no guandu anão, na *C. juncea* e no Labe-labe os quais apresentaram os menores teores. A *C. spectabilis* não se diferenciou das demais espécies quanto ao teor de N.

Não houve diferença significativa quanto ao teor de P entre as leguminosas (Tabela 6), sendo em média de 3,09g kg⁻¹ de P, provavelmente em consequência do alto teor de P no solo estudado.

O teor de K na biomassa do labe-labe foi significativamente superior às demais leguminosas, seguido pelos teores deste nutriente na biomassa da *C. spectabilis* e do feijão-de-porco, os quais diferiram do guandu anão e da *C. juncea* (Tabela 6). Cáceres e Alcarde (2005) também encontraram maiores teores de K em resíduos da *C. spectabilis*, mas foram inferiores aos encontrados neste trabalho, em virtude da alta disponibilidade de K no solo.

O maior teor de Ca foi encontrado no feijão-de-porco, o qual diferiu dos demais, com exceção da *C. spectabilis*, enquanto o menor teor foi encontrado no guandu anão, o qual não se diferenciou da *C. juncea* (Tabela 6). Martí (2007) também encontrou altos teores de Ca na parte aérea do feijão de porco.

Com relação ao Mg o maior teor foi atingido pela *C. juncea* que, no entanto, apenas diferenciou-se estatisticamente da Mucuna anã, com o menor teor (Tabela 6). Os resultados indicam uma tendência para a maior capacidade de absorção de Ca e Mg pelo Feijão-de-porco e *C. juncea*, respectivamente, concordando com os dados obtidos por Saminêz et al. (2000).

Labe-labe apresentou o maior teor de S que, no entanto, não diferenciou da mucuna anã (Tabela 6). Os teores de S foram superiores aos obtidos por Cáceres & Alcarde (2005), trabalhando com as mesmas espécies. Provavelmente a matéria orgânica do solo tenha elevado a disponibilidade deste elemento. A alta absorção de cátions também pode ter influenciado a absorção do S na forma de SO₄²⁻ como íon acompanhante.

A leguminosa *C. juncea* foi a que apresentou a menor constante de decomposição (Tabela 7), o que pode ser explicado pela sua maior relação C/N (Tabela 6). Além dos fatores ambientais, a composição química do material vegetal, como a relação C/N e a concentração de N, afetam a decomposição (Aita & Giacomini, 2007).

Tabela 6. Características químicas das leguminosas adicionadas na bolsa de decomposição

Leguminosas	C/N	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----							
<i>Crotalaria juncea</i>	17,6a	25,28c	2,74a	17,67d	12,48cd	3,35a	2,21b
Feijão-de-porco	11,6b	36,06a	3,04a	26,85b	24,75a	2,50ab	2,74a
Guandu anão	14,4ab	29,99bc	3,00a	19,91cd	7,21d	2,50ab	2,19b
<i>Crotalaria spectabilis</i>	12,6b	30,57abc	2,90a	29,74b	20,19ab	3,09ab	2,74a
Labe-labe	15,7ab	25,02c	3,75a	39,86a	17,56bc	2,85ab	2,91a
Mucuna anã	12,5b	32,38ab	3,11a	24,50bc	14,73bc	2,17b	2,52ab
Média	14,1	29,88	3,09	26,42	16,15	2,74	2,55
C.V.(%)	15,49	9,75	17,59	10,41	21,68	18,56	9,17

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

Torres et al. (2005) verificaram uma taxa de decomposição para a *C. juncea* superior a encontrada neste experimento, com meia-vida variando entre 94 e 103 dias. As condições climáticas podem ter sido determinantes para a taxa de decomposição, além disso, no experimento citado as plantas foram dessecadas com herbicida e a cobertura morta, permanecendo sobre o solo, pode então ter contribuído para a manutenção da umidade do solo, favorecendo a decomposição.

O feijão-de-porco apresentou a maior constante de decomposição, com meia-vida de 120 dias (Tabela 7), sendo a espécie que apresenta a menor relação C/N (Tabela 6). Apesar dos baixos valores das relações C/N, pode-se considerar que a decomposição dos resíduos das espécies vegetais foi bastante lenta, sendo justificada pela ausência de precipitação pluviométrica. Dados de Espíndola et al. (2006) sobre a decomposição de leguminosas herbáceas perenes indicam tempos de meia-vida de 36 e 68 dias na estação seca, para resíduos com relação C/N entre 16,1 e 22,7, respectivamente.

A partir dos valores médios de k pode-se estabelecer a seguinte ordem geral de liberação dos nutrientes: S > Mg > K > P > N > Ca (Tabela 8). Na literatura, de forma

geral, o K é referenciado como o nutriente mais rapidamente liberado (Espíndola et al., 2006; Boer et al., 2007; Gama-Rodrigues et al., 2007; Resende et al., 2000), em função de ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural no tecido vegetal, encontrando-se na forma iônica. No presente experimento, a primeira tomada de dados, realizada apenas 30 dias após a instalação das bolsas de decomposição, pode ter afetado os valores dos parâmetros das equações.

Tabela 7. Coeficientes da equação ($Y = Y_0 \cdot e^{-kt}$) em função do material vegetal remanescente das leguminosas na bolsa de decomposição durante 180 dias.

Leguminosas	Y ₀	k	r ²	t _{1/2} ⁽¹⁾
	%	dia ⁻¹		Dias
<i>Crotalaria juncea</i>	92,2	0,0023	0,80**	301
Feijão-de-porco	91,2	0,0058	0,94**	120
Guandu anão	89,1	0,0025	0,82**	277
<i>Crotalaria spectabilis</i>	91,3	0,0053	0,93**	131
Labe-labe	87,6	0,0030	0,85**	231
Mucuna anã	93,5	0,0030	0,96**	231

⁽¹⁾ t_{1/2} = tempo de meia-vida. * e **, significativo a 5 e 1%, pelo teste t, respectivamente.

Quanto a ordem de liberação de N dos resíduos, pode-se verificar, em ordem decrescente: *C.spectabilis* > Feijão-de-porco > *C.juncea* > G.anão > Labe-labe > M. anã (Tabela 8).

Diferente do que foi observado por Torres et al. (2005), não está clara a relação inversa entre a taxa de liberação do N dos resíduos e a razão C/N. Pode-se notar que a *C. juncea*, com maior relação C/N ficou entre as espécies com menor meia-vida, estimada pela equação em 86 dias, podendo ser explicado pela maior parte do N desta espécie estar associado a compostos mais facilmente decomponíveis (Resende et al., 2000).

A liberação mais lenta do N dos resíduos da M. anã pode ser consequência da baixa taxa de decomposição (Tabela 8). A reduzida velocidade de liberação do N pode ser uma demonstração do potencial da espécie em promover a reciclagem e liberação gradativa de nutrientes (Boer et al., 2007).

Tabela 8. Coeficientes da equação ($Y = Y_0 \cdot e^{-kt}$) em função dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S no material vegetal remanescente das leguminosas na bolsa de decomposição durante 180 dias

Espécie	Nutriente	Xo	k	r ²	t _{1/2} ⁽¹⁾
		%	dia ⁻¹		dias
<i>Crotalaria juncea</i>	N	64,8	0,0081	0,80**	86
Feijão-de-porco	N	92,5	0,0104	0,97**	67
Guandu anão	N	78,8	0,0075	0,87**	92
<i>Crotalaria spectabilis</i>	N	95,3	0,0106	0,92**	65
Labe-labe	N	77,9	0,0067	0,87**	103
Mucuna anã	N	94,3	0,0034	0,90**	203
<i>Crotalaria juncea</i>	P	60,8	0,0119	0,84**	58
Feijão-de-porco	P	94,7	0,0099	0,97**	70
Guandu anão	P	65,1	0,0085	0,78**	82
<i>Crotalaria spectabilis</i>	P	84,9	0,0132	0,94**	53
Labe-labe	P	80,0	0,0077	0,91**	90
Mucuna anã	P	75,0	0,0049	0,76*	141
<i>Crotalaria juncea</i>	K	53,8	0,0095	0,72*	73
Feijão-de-porco	K	67,1	0,0127	0,89**	55
Guandu anão	K	58,9	0,0099	0,79**	70
<i>Crotalaria spectabilis</i>	K	67,5	0,0129	0,86**	54
Labe-labe	K	55,6	0,0101	0,76*	69
Mucuna anã	K	73,7	0,0072	0,86**	96
<i>Crotalaria juncea</i>	Ca	73,3	0,0068	0,77**	102
Feijão-de-porco	Ca	98,1	0,0088	0,96**	79
Guandu anão	Ca	107,3	0,0013	0,10 ^{ns}	-
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Ca	100,0	0,0108	0,91**	64
Labe-labe	Ca	82,1	0,0050	0,67*	139
Mucuna anã	Ca	110,9	0,0058	0,76*	120
<i>Crotalaria juncea</i>	Mg	75,6	0,0174	0,76*	40
Feijão-de-porco	Mg	87,0	0,0170	0,89**	41
Guandu anão	Mg	78,7	0,0078	0,59*	89
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Mg	82,3	0,0143	0,86**	48
Labe-labe	Mg	79,2	0,0115	0,71*	60
Mucuna anã	Mg	92,0	0,0097	0,85**	71
<i>Crotalaria juncea</i>	S	41,5	0,0074	0,33 ^{ns}	-
Feijão-de-porco	S	73,0	0,0099	0,87**	70
Guandu anão	S	68,7	0,0067	0,48 ^{ns}	-
<i>Crotalaria spectabilis</i>	S	114,0	0,0235	0,78**	29
Labe-labe	S	59,2	0,0066	0,50 ^{ns}	-
Mucuna anã	S	79,4	0,0077	0,68*	90

(1) t_{1/2} = tempo de meia-vida; ns = não significativo. * e **, significativo a 5 e 1%, pelo teste t, respectivamente.

Observa-se comportamento semelhante de liberação dos nutrientes N, K e Mg para o feijão-de-porco e a *C. spectabilis* (Tabela 8). Esta última espécie apresentou ritmo de liberação de P próximo ao da *C. juncea*.

A baixa precisão da curva gerada para a liberação de Ca de resíduos do guandu anão pode ser devido a reduzida taxa de decomposição, bem como a baixa mobilidade desse nutriente, prolongando o tempo de liberação.

Da mesma forma que o K, a rápida mineralização do S pode ter dificultado o ajuste do modelo exponencial simples para descrever a sua liberação. Alguns estudos têm confirmado esse aspecto do S quanto a mineralização (Aita & Giacomini, 2007).

Gama-Rodrigues et al. (2007) encontraram correlações positiva e negativa entre as constantes de decomposição e os teores de Ca e K, respectivamente, sendo considerados os fatores mais limitantes da decomposição. No presente experimento, apenas os teores de Ca do material vegetal correlacionaram-se com as taxas de decomposição ($r = 0,876^*$). Espíndola et al (2006), correlacionando valores de k com diferentes características químicas dos materiais vegetais constataram que alguns coeficientes de correlação mostraram-se dependentes da época do ano.

Houve correlação linear significativa entre os teores de Mg e as taxas de liberação de P ($r = 0,820^*$), também constatado por Gama-Rodrigues et al. (2007), trabalhando com resíduos culturais de plantas de cobertura.

As correlações apresentadas podem não indicar uma relação de causa-efeito, provavelmente deve haver uma relação entre formas de C recalcitrante e os teores dos nutrientes e, além disso, embora estas associações possam ser usadas para predição da decomposição e liberação de nutrientes, são aplicáveis apenas localmente, por serem obtidas de modelos empíricos (Gama-Rodrigues et al., 2007).

Apenas a taxa de liberação de K correlacionou-se com a taxa de decomposição da matéria seca ($r = 0,815^*$), indicando que a liberação desse nutriente acompanharia a perda de matéria seca e, ou, a mineralização de C (Gama-Rodrigues et al., 2007).

4.2. Influência de leguminosas e de doses de N sobre a Bananeira

4.2.1. Avaliações biométricas

Não houve diferença significativa para altura, perímetro do pseudocaule e número de folhas expandidas, em cada época de avaliação, entre os tratamentos, em ambos os ensaios. Com isso, utilizaram-se as médias dessas características, dentro de cada época, como os pontos observados nas curvas (Figuras 7 e 8).

Este resultado contrasta com o de outros trabalhos, onde foi encontrado influência do nitrogênio sobre a altura e circunferência do pseudocaule, para as cultivares ‘Pioneira’ (Brasil et al., 2000) e ‘Grand Naine’ (Melo et al., 2006). Já Borges et al (2002), não encontraram efeito de doses de N nem da adubação orgânica sobre o crescimento vegetativo da cultivar ‘Terra’, atribuído ao alto teor de M.O. e de N total do solo, bem como a aplicação do esterco na cova de plantio.

Considerando que no presente trabalho não foi realizada adubação de fundação, a ausência de efeito das doses de N mineral e do N proveniente da adubação verde podem ser consequência do histórico de uso de fertilizantes na área e do efeito residual da matéria orgânica adicionada sobre o solo, oriunda dos restos culturais da bananeira, em cultivo anterior, embora o teor de M.O. do solo seja considerado baixo para a cultura (Borges e Oliveira, 2006).

O número de folhas geralmente correlaciona-se com o peso do cacho. Bananeiras saudáveis possuem, normalmente, de 10 a 15 folhas verdes, diminuindo após a floração quando não existe mais a compensação entre produção e perda, pela senescência (Moreira, 1987). A média encontrada, de aproximadamente 16 folhas na época da floração, pode então ser um bom indício do potencial produtivo das plantas.

É possível que diferentes efeitos dos tratamentos possam ser evidenciados apenas nos ciclos seguintes, apesar da bananeira não armazenar o N absorvido (Martin-Prével, 1980). Teixeira et al. (2007) só encontraram efeito da fertirrigação e adubação convencional sobre o número de folhas, contadas na época da emissão floral, no segundo ciclo, para o tratamento sem adubação. Deve-se considerar que a produção também poderá ser afetada pela senescência foliar pode ser acelerada em condições de desequilíbrio entre N e K, por afetar o enchimento dos cachos (Teixeira et al., 2001).

Aos 104 DAT, as plantas atingiram a metade da altura máxima e, aos 210 DAT, ultrapassou os 240 cm (Figura 7A), estabilizando-se após a emissão de cachos. Após atingir a taxa de crescimento de $1,7\text{cm dia}^{-1}$, houve decréscimo contínuo dessa taxa até o

florescimento. O perímetro do pseudocaule apresentou comportamento similar à altura das plantas, atingindo metade do perímetro máximo aos 105 DAT, com taxa de $0,5 \text{ cm dia}^{-1}$, estabilizando a partir desta época (Figura 7B).

Teixeira et al. (2007), estudando os efeitos da fertirrigação e da adubação com N e K observaram que a época de crescimento máximo foi antecipada pela adubação, embora não tenham encontrado diferenças entre os tratamentos para a altura máxima. O padrão de evolução da altura e do perímetro do pseudocaule no experimento I (leguminosas) foi semelhante foi observado para as plantas submetidas as doses de N (Figuras 8A e 8B).

Dessa forma, pode se deduzir que neste primeiro ciclo, as características de crescimento da cultura da bananeira tem pouca dependência com o sistema cultural adotado, o que possibilita a utilização das leguminosas como alternativa às fontes de N mineral, sem prejuízo para a cultura, podendo ainda proporcionar o maior aproveitamento dos nutrientes adicionados no sistema, por permitir sua reciclagem, evitando as perdas, principalmente do N (Mielniczuk et al., 2003; Cherr et al., 2006; Faria et al., 2004; Thonissen et al., 2000) e, com as plantas do primeiro ciclo bem nutridas, a necessidade de adubação para as bananeiras no ciclo seguinte poderá ser reduzida (Crisostomo et al., 2008).

De acordo com Oliveira et al. (2002), o maior acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes ocorrem a partir do quinto mês. Neste trabalho, as máximas taxas de crescimento observadas entre o terceiro e quarto mês podem indicar que essa fase é crítica quanto a demanda por nutrientes.

No experimento I, aproximadamente aos 54 DAT as plantas atingiram a metade do seu número máximo de folhas (Figura 7C), atingindo uma taxa de produção equivalente a uma folha a cada nove dias. Esta taxa máxima foi próxima a obtida no experimento II, contudo, ocorreu alguns dias depois (Figura 8C). Quando se considera o tempo necessário para emissão de 60% do máximo de folhas, pode-se estimar em 72 e 57 dias, aproximadamente, para os experimentos I e II, respectivamente. A diferenciação floral ocorre quando a bananeira emite 60% das suas folhas totais (Moreira, 1987). A partir daí existe um forte declínio no crescimento vegetativo pela mudança do padrão de distribuição dos assimilados (Raven et al., 1996; Soto, 1992).

Entretanto, como as características avaliadas foram comparadas dentro de cada experimento, não se pode afirmar que o uso de N mineral tenha reduzido o tempo para

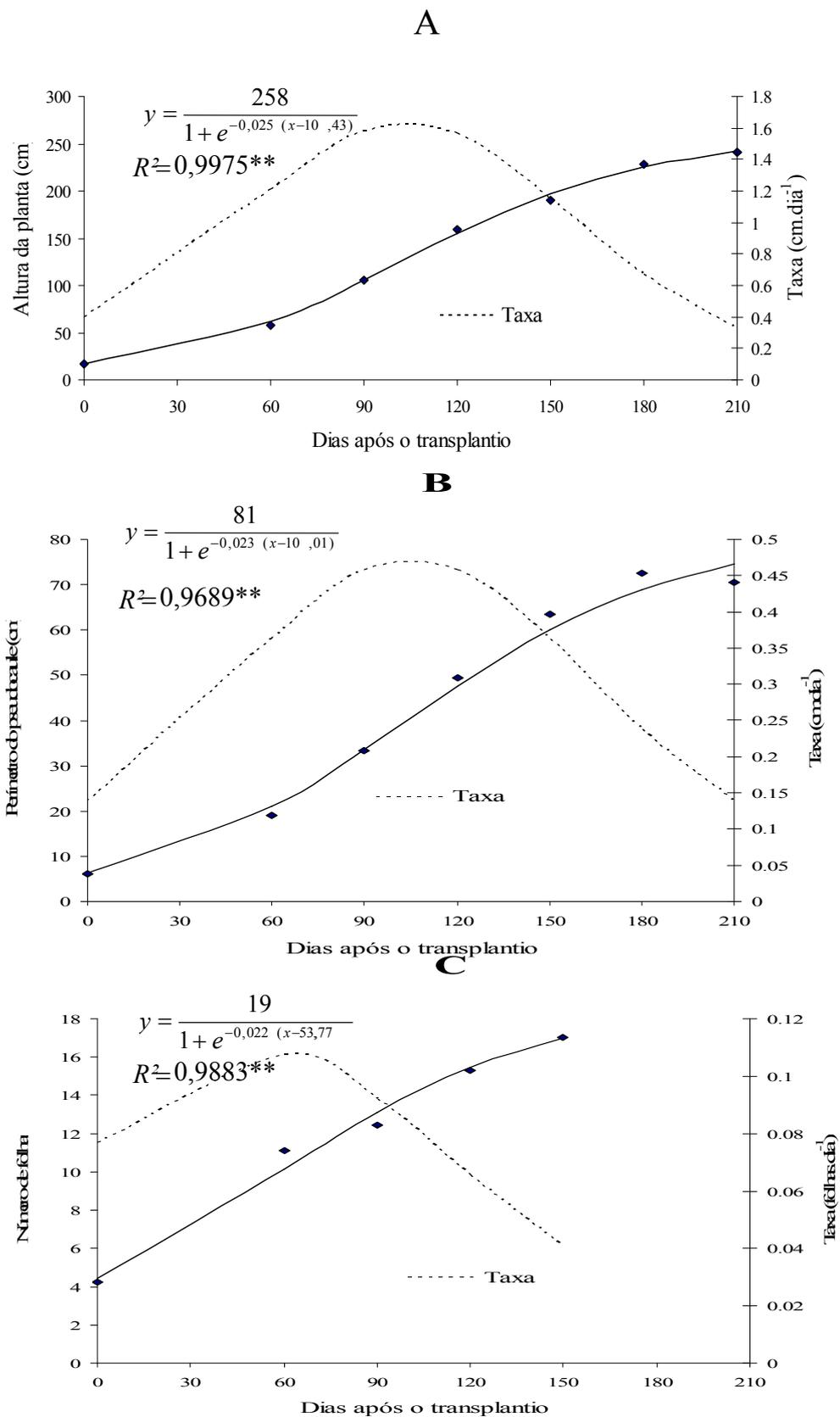


Figura 7. Altura (A), perímetro do pseudocaule (B) e do número de folhas (C), em bananeiras ‘Pacovan’ sob influência de diferentes leguminosas (Experimento I).

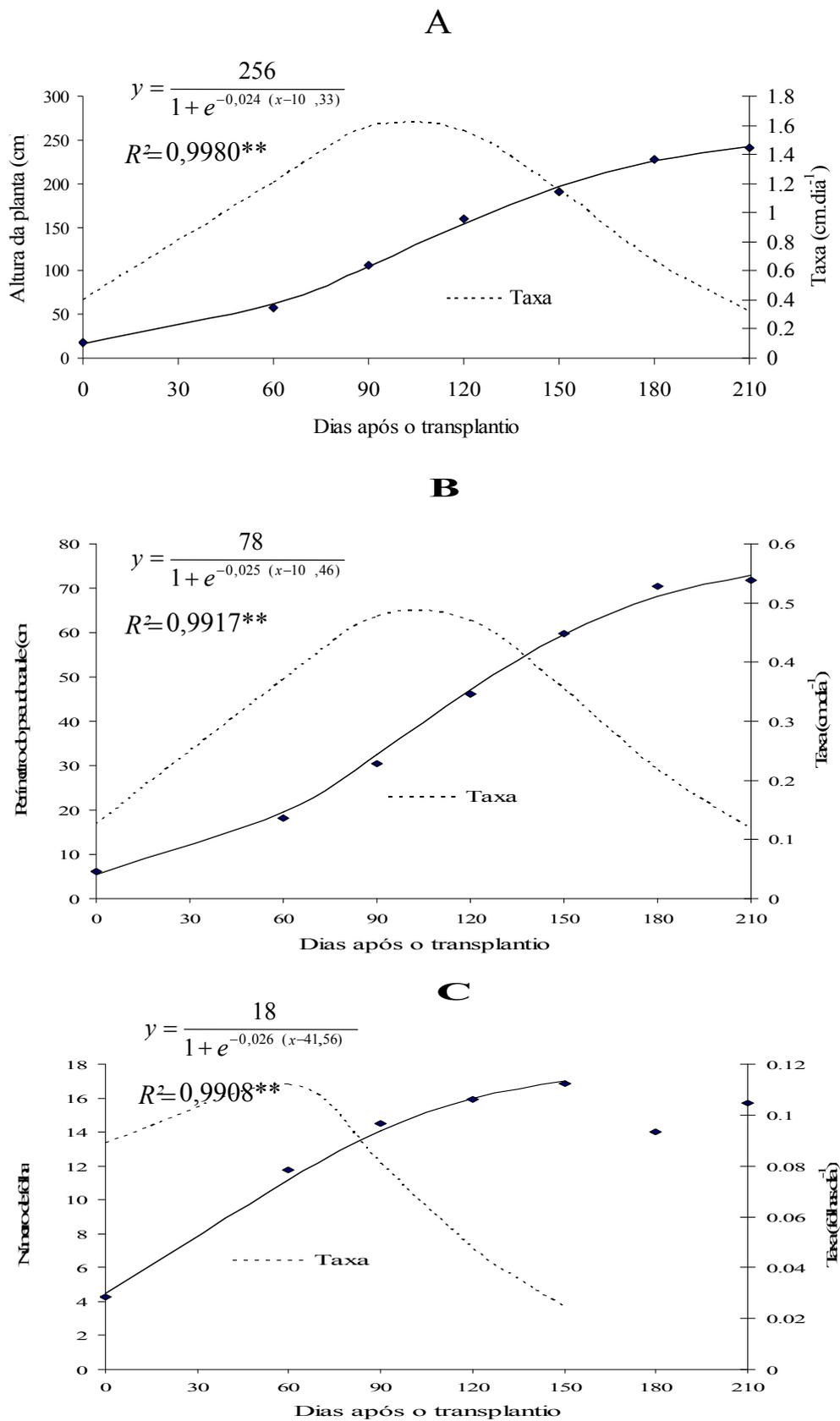


Figura 8 Altura (A), perímetro do pseudocaule (B) e do número de folhas (C), em bananeiras ‘Pacovan’ sob influência de doses de N (Experimento II).

emissão da inflorescência. De fato, existem ainda divergências quanto ao papel regulador do N sobre o ciclo da bananeira (Teixeira et al., 2007), apesar da variação do aporte deste ser normalmente associada a um encurtamento do ciclo (Teixeira et al., 2002).

Estudando o comportamento da 'Prata anã', em cultivo irrigado, Pereira et al. (2000) observaram que a máxima taxa de emissão de novas folhas foi de 4,6 folhas mês⁻¹, que ocorreu no quarto mês após o transplântio, havendo decréscimo até o florescimento a partir de então. Esta taxa, bem como tempo para o seu máximo, foram superiores aos obtidos neste trabalho, evidentemente por tratar-se de uma variedade diferente. Além disso, as desfolhas realizadas por volta dos 180 DAT podem ter afetado o ajuste das curvas obtidas para a evolução do número de folhas, ou ainda, as condições edafoclimáticas, provavelmente, permitiram o rápido desenvolvimento da bananeira, o que causou a desaceleração precoce da produção de folhas, culminando assim na floração das plantas aproximadamente aos 210 dias após o transplântio.

4.2.2. Avaliações ecofisiológicas e nutricionais

Não houve efeito das leguminosas sobre as características ecofisiológicas avaliadas (Tabela 9). Entretanto, houve influência das doses de N sobre a taxa de transpiração foliar (E) e sobre a condutância estomática (gs) (Tabela 10). Contudo, as influências sobre E e gs são de pouca magnitude (Figura 9). Era de esperar que fossem encontrados efeitos na taxa fotossintética, pela função do N sobre o processo fotossintético.

As mudanças nos valores da transpiração foliar e da condutância estomática em função das doses de N parecem ser adaptações, como uma forma de regular o estado fisiológico, principalmente no que se refere a capacidade fotossintética (Taiz & Zeiger, 2004).

As variações da condutância estomática (gs) são importantes para a regulação da transpiração na planta e para o controle das trocas gasosas durante a fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2004). O aumento da taxa de transpiração (E) ocorreu até a dose de 281g N planta⁻¹ ano⁻¹ (Figura 10A), sendo inferior ao ponto de máximo para a gs (Figura 10B), de 349g N planta⁻¹ ano⁻¹, podendo ser devido a resistência criada pela camada de ar limítrofe, a qual restringiu a transpiração apesar do aumento dos valores da gs.

Tabela 9. Temperatura da folha (Temp.folh), concentração interna de CO₂ na folha (CIC), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática foliar (gs), taxa de fotossíntese (A) e eficiência fotossintética do uso da água em bananeira ‘Pacovan’ sob influência de diferentes leguminosas¹. Experimento I.

Leguminosa ²	Temp. Folh °C	CIC ppm	E ----- mmol m ⁻² s ⁻¹ -----	gs -	A	A/E
<i>C. Juncea</i>	37,22 a	199,8 a	6,15 a	0,37 a	19,26 a	2,91 a
F. porco	37,28 a	201,8 a	6,17 a	0,37 a	20,13 a	2,99 a
Guandu anão	37,88 a	209,4 a	6,45 a	0,38 a	20,34 a	3,11 a
<i>C. spectabilis</i>	37,42 a	209,6 a	6,48 a	0,38 a	20,37 a	3,11 a
Labe-labe	37,52 a	214,2 a	6,60 a	0,39 a	20,7 a	3,20 a
Mucuna anã	37,56 a	218,8 a	6,66 a	0,39 a	20,94 a	3,37 a
Média	37,48	208,93	6,41	0,38	20,29	3,12
C.V.(%)	10,44	10,44	8,53	16,02	8,46	18,2

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾L1, *C.juncea*; L2, Feijão-de-porco; L3, Guandu anão; L4, *C.spectabilis*; L5, Labe-labe; L6, Mucuna anã.

Tabela 10. Temperatura da folha (Temp.folh), concentração interna de CO₂ na folha (CIC), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática foliar (gs), taxa de fotossíntese (A) e eficiência fotossintética do uso da água em bananeira ‘Pacovan’ sob influência de diferentes doses de N na forma de uréia¹. Experimento II.

Dose de N g planta ⁻¹ ano ⁻¹	Temp. Folh °C	CIC ppm	E ----- mmol m ⁻² s ⁻¹ -----	gs	A	A/E
80	41,16	233,40	9,63	0,84	17,23	1,85
180	41,48	252,60	9,71	0,82	21,18	2,16
280	41,40	268,00	9,88	0,90	19,11	1,94
380	41,24	260,40	9,86	0,89	20,66	2,10
480	41,14	252,20	9,44	0,80	20,88	1,87
Média	41,28	253,32	9,70	0,85	19,81	2,07
C.V.(%)	0,73	23,28	2,81	6,47	24,71	21,23
Teste F(%)	ns	ns	ns	*	ns	ns
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	*	*	ns	ns
Cúbica	ns	ns	ns	*	ns	ns

⁽¹⁾ns, * e **, não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os valores em torno de 50% superiores da transpiração foliar no experimento II (Tabela 10), em relação ao experimento I (Tabela 9), podem ser explicados pela maior condutância estomática, contribuindo assim para a maior perda de água. A cobertura do solo proporcionada pelas leguminosas pode também ter reduzido o déficit de saturação de água da atmosfera e a temperatura da folha, diminuindo assim a demanda de

transpiração e, conseqüentemente, aumentando a eficiência fotossintética do uso da água (Tabelas 9 e 10)

No experimento I, observou-se que quanto maior a condutância estomática (gs), maior a eficiência fotossintética do uso da água ($r = 0,929^{**}$), podendo ser explicado por gs, além de influenciar positivamente a transpiração (E) ($r = 0,980^{**}$), pode ter favorecido as trocas gasosas.

No experimento II, o aumento da condutância estomática correlacionou-se apenas com a taxa de transpiração ($r = 0,914^*$), devido a redução da resistência estomática.

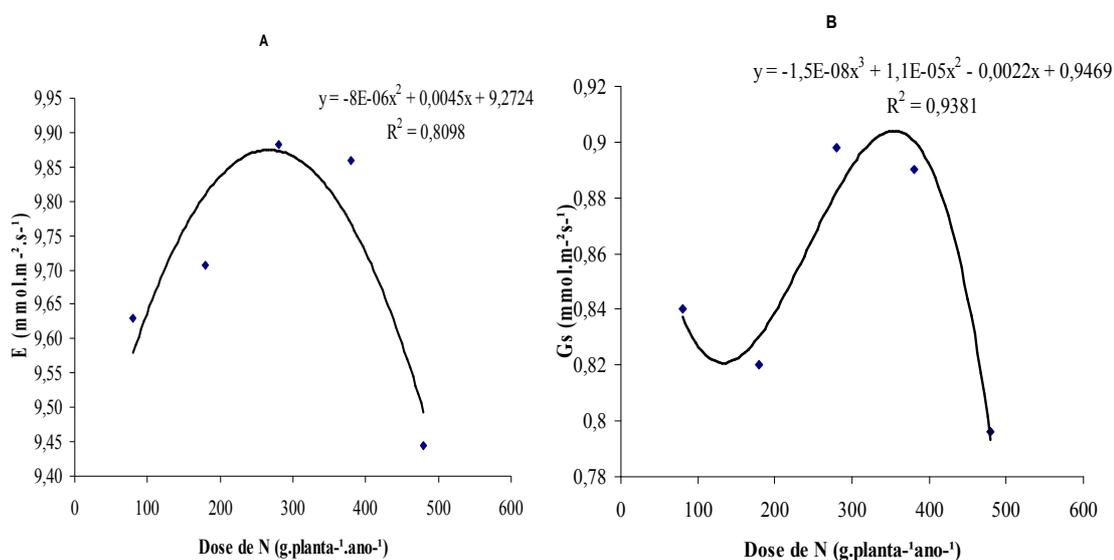


Figura 9. A: Estimativa da transpiração (E); B: estimativa da condutância estomática (gs) das folhas de bananeira, em função das doses de N, na fase vegetativa. Experimento II.

Não houve efeito dos tratamentos de leguminosa e das doses de N, sobre os teores de N foliar e clorofila (Tabelas 11 e 12). Os coeficientes de determinação para a relação entre o teor de N e clorofila também não foram significativas para os experimentos I ($R^2 = 0,0549$) e II ($R^2 = 0,6708$), explicada pela baixa variabilidade dos teores de N. Não foram detectadas correlações significativas entre clorofila e fotossíntese.

Tabela 11. Teor de N, clorofila (SPAD) nas folhas de bananeira e coeficientes de correlação (r), para cada tratamento (leguminosa associada), aos 129 dias após o transplântio⁽¹⁾. Experimento I.

Leguminosa ²	N g kg	Clorofila SPAD
<i>C. Juncea</i>	29,33 a	58.64 a
Feijão-de-porco	29,12 a	58.74 a
Guandu anão	31,63 a	60.64 a
<i>C. spectabilis</i>	30,27 a	55.62 a
Labe-labe	30,11 a	57.36 a
Mucuna anã	31,07 a	57.58 a
Média	30,26	58,10
C.V.(%)	5,02	4,97

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾L1, *C.juncea*; L2, Feijão-de-porco; L3, Guandu anão; L4, *C.spectabilis*; L5, Labe-labe; L6, Mucuna anã.

Tabela 12. Teor de N, clorofila (SPAD) nas folhas de bananeira e coeficientes de correlação (r), para cada tratamento (doses de N), aos 129 dias após o transplântio⁽¹⁾. Experimento II.

Dose de N g planta ⁻¹ ano ⁻¹	N g kg	Clorofila SPAD
80	29,78	58,72
180	30,04	59,18
280	29,42	59,72
380	31,12	61,28
480	29,48	58,24
Média	29,97	59,43
C.V.(%)	5,89	4,89
Teste F(%)	ns	ns
Linear	ns	ns
Quadrática	ns	ns
Cúbica	ns	ns

⁽¹⁾ns, * e **, não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Na fase de floração, não se verificaram diferenças significativas para o teor de N entre os tratamentos, em ambos os ensaios (Figura 10A), e as médias dos teores de N ficaram acima da faixa adequada para a cultura (Borges & Caldas, 2004), bem como do teor médio da cultivar para a região (Vasconcelos, 2002). Provavelmente, a alta disponibilidade de cátions no solo favoreceu a absorção do nitrato como íon acompanhante, contribuindo para a maior eficiência de absorção do N, consequência do histórico de uso de fertilizantes na área e do efeito residual da matéria orgânica

adicionada sobre o solo, oriunda dos restos culturais da bananeira, em cultivo anterior. Por outro lado, um provável desequilíbrio nutricional pode ter reduzido o desenvolvimento da planta, levando a concentração de N.

Na ausência de aplicação de N (testemunha), os teores N foram baixos (Figura 10A), podendo ser consequência da remobilização desse nutriente para órgãos em desenvolvimento.

Os tratamentos não influenciaram os teores de P e as médias desses teores nos dois ensaios foram semelhantes entre si e inferiores a média da região (Vasconcelos, 2002), estando também abaixo da faixa considerada adequada, enquanto que na testemunha está em condições de excesso (Borges & Caldas, 2004), que pode ser explicado pelo efeito concentração. Os altos teores de Ca no solo (Tabela 2) podem ter favorecido a precipitação de P, reduzindo então a sua absorção pela planta. Além disso, a exploração intensiva do solo pode ter levado a sua compactação, o que afeta negativamente o fluxo difusivo, principal forma de absorção de P pelas plantas.

Os teores foliares de K apresentaram variação apenas para as doses de N, com menor teor para dose de 80 g planta⁻¹ano⁻¹, sendo inferior ao teor encontrado para as bananeiras associadas às leguminosas (26,74g kg⁻¹) e para a testemunha (27,28g kg⁻¹).

Pode-se dizer, de modo geral, que os teores de K estiveram dentro da faixa adequada (Borges & Caldas 2004), e foram semelhantes a média encontrada por Vasconcelos (2002), avaliando o estado nutricional da cultivar 'Pacovan', na região da Chapada do Apodi, contudo, além do teor, deve ser considerada a relação entre os nutrientes.

Os tratamentos estudados apresentaram alta relação N/K (>0,9), podendo afetar negativamente a qualidade dos frutos, por tornar os pedicelos fracos, levando a queda de frutos amadurecidos do cacho, produzindo pencas espaçadas e facilmente danificadas no transporte (Borges, 2004), além de reduzir a durabilidade foliar, a qual tem importância na produção (Teixeira et al., 2007). Os teores de nutrientes seguiram a seguinte ordem de concentração: N>K>P. Vasconcelos (2002) também encontrou teor médio de K inferior ao de N, em 'Pacovan', na Região da Chapada do Apodi, o que reforça a tese de que esse nutriente pode estar limitando a produção na região, visto que, normalmente os teores de K são maiores do que os de N. Borges & Caldas (2004), encontrou teor de K maior que o de N, em bananeiras 'Pacovan' com cachos superiores a 20kg.

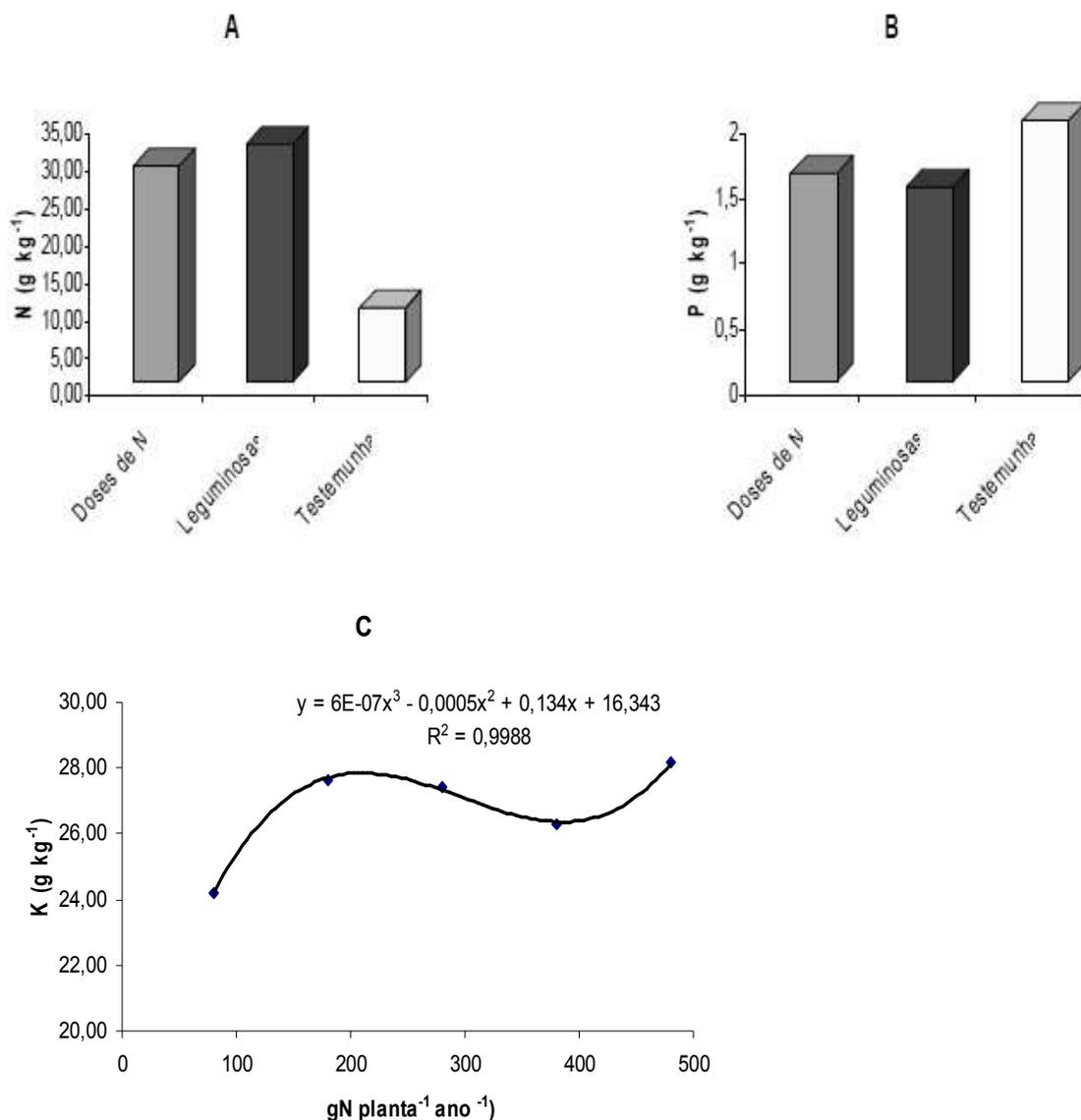


Figura 10. Teores foliares de N (A), P (B), K (C) e de Ca (D) em bananeiras ‘Pacovan’ em função de doses de N, sem aplicação de N (Testemunha) e da associação com leguminosas.

4.2.3. Avaliação da produção

Não houve diferença significativa para as características de produção, entre os tratamentos, em ambos os ensaios. No entanto, foram plotadas as equações de regressão dessas características em função das doses de N, para obter a dose equivalente em N mineral (EqN) (Figura 11).

Os efeitos dos tratamentos sobre a produção, poderão ser mais evidentes nos ciclos seguintes, apesar da bananeira não armazenar o N absorvido (Martin-Prével,

1980). Silva et al. (2003), só encontraram respostas às doses de N para a ‘Prata-anã’, somente a partir do segundo ciclo. Weber et al. (2006) também encontraram influência da adubação nitrogenada na produção apenas no segundo ciclo, atribuindo o efeito a absorção de N pela cultura no primeiro ciclo, trabalhando com a ‘Pacovan’, na Chapada do Apodi.

O peso de pencas por cacho e a produtividade em resposta a adubação nitrogenada foram menos acentuados que as outras características. A redução da produção com o aumento das doses de N (Figuras 11A e 11B) pode ser explicada pelo atraso na emergência do cacho, devido ao excesso de N, favorecendo a produção de cachos menores (Silva et al., 2003), que pode estar relacionado a manutenção da área foliar durante o enchimento dos cachos, desfavorecida pelo desequilíbrio entre N e K. O peso de pencas por cacho e a produtividade no ensaio com leguminosas foram equivalentes a dose de $220\text{g N planta}^{-1}\text{ ano}^{-1}$, aproximadamente, sendo 7% menor que a obtida na menor dose de N, contudo, 6% superior a testemunha.

O efeito pouco expressivo da adubação, tanto orgânica (adubação verde) quanto mineral (doses de N), pode ser consequência do efeito residual do material incorporado ao solo da área experimental, oriundo do ciclo anterior (banana), influenciando nos teores de M.O. do solo (Tabela 2) Borges et al. (1997), trabalhando com a ‘Prata-Anã’, em solo com teor de M.O. semelhante ao deste trabalho, verificaram que o aumento das doses de N não influenciou a produtividade do primeiro ciclo. Continuando o mesmo trabalho, Silva et al. (2003), constataram que o aumento das doses de N reduziu a produtividade do segundo e do terceiro ciclo, não havendo influência sobre o quarto ciclo.

É possível ainda que o efeito sobre a produção torne-se mais expressivo nos ciclos posteriores, com o esgotamento das reservas de N do solo. Teixeira et al. (2007), observaram diminuição da produtividade da bananeira ‘Nanicão’ em resposta a fertirrigação com N e K apenas no primeiro ciclo, apresentando efeito positivo no segundo ciclo, resultando em aumento da produção acumulada nos dois ciclos.

As produtividades obtidas nos ensaios foram próximas a média encontrada por Vasconcelos (2002), em áreas produtoras da região, mesmo tendo sido considerado, no presente trabalho, apenas o peso das pencas para o cálculo da produtividade. Weber et al (2006), encontraram produtividade média de $33,21\text{ t.ha}^{-1}$, no primeiro ciclo da ‘Pacovan’, na Chapada do Apodi, equivalente a aproximadamente 20 kg por cacho, no espaçamento adotado no trabalho, também considerando o peso total do cacho.

Em trabalho com a ‘Pacovan’, no pólo de irrigação Petrolina-PE/Juazeiro-BA, as bananeiras mais produtivas foram as que apresentaram cachos superiores a 20 kg (Borges & Caldas, 2004), também considerando o peso do engaço, que variou entre 800 e 1000g (Comunicação pessoal).

O aumento das doses de N favoreceu o aumento do número de pencas e de frutos por cacho até as doses de 205 e 258 g planta⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, contudo, para o número de bananas/cacho, não houve significância. No segundo ciclo da ‘Pacovan’, Weber et al., (2006), encontraram maior número de frutos por cacho em dose equivalente a 119 g planta⁻¹ ano⁻¹.

O número de frutos é definido ainda na fase de desenvolvimento, quando ocorre a definição das flores femininas. Dessa forma, as condições de nutrição nitrogenada poderão definir o rendimento potencial da bananeira (Soto, 1992; Borges, 2000b; Borges & Oliveira, 2000). Tanto para o número de pencas por cacho como para o número de frutos por cacho, a associação com leguminosas foi inferior a menor dose de N, em 4 e 8%, respectivamente, sendo semelhante a resposta obtida na testemunha quanto ao número de pencas por cacho, mas representou um acréscimo de 3% no número de frutos por cacho, em relação a esta. Borges et al. (2002), trabalhando com bananeira ‘Terra’, observou maior número de frutos por cacho em tratamento com N orgânico do que sem N. em solo com médio a alto teor de M.O. e efeito positivo das doses de N mineral sobre o número de frutos por cacho. Brasil et al. (2000), observaram aumento linear do número de pencas e de bananas por cacho, na ‘Pioneira’, com a adição de N.

Houve redução do peso médio de pencas com a elevação das doses de N até 205 g planta⁻¹ ano⁻¹, correspondendo a uma redução de 8%, em relação a menor dose de N. A associação com leguminosas foi equivalente às doses de 113g planta⁻¹ano⁻¹, para o peso médio de penca, semelhante, portanto, a menor dose de N, a qual proporcionou maior valor para essa característica, sendo superior em 19%, em relação a testemunha. O excesso de nitrogênio na fase de enchimento e maturação dos frutos pode ter afetado negativamente a área fotossinteticamente ativa (Teixeira et al., 2007), influenciando, assim, no peso médio das pencas. Efeito negativo das doses de N mineral sobre o peso médio de frutos também foi encontrado por Borges et al. (2002), em bananeira ‘Terra’.

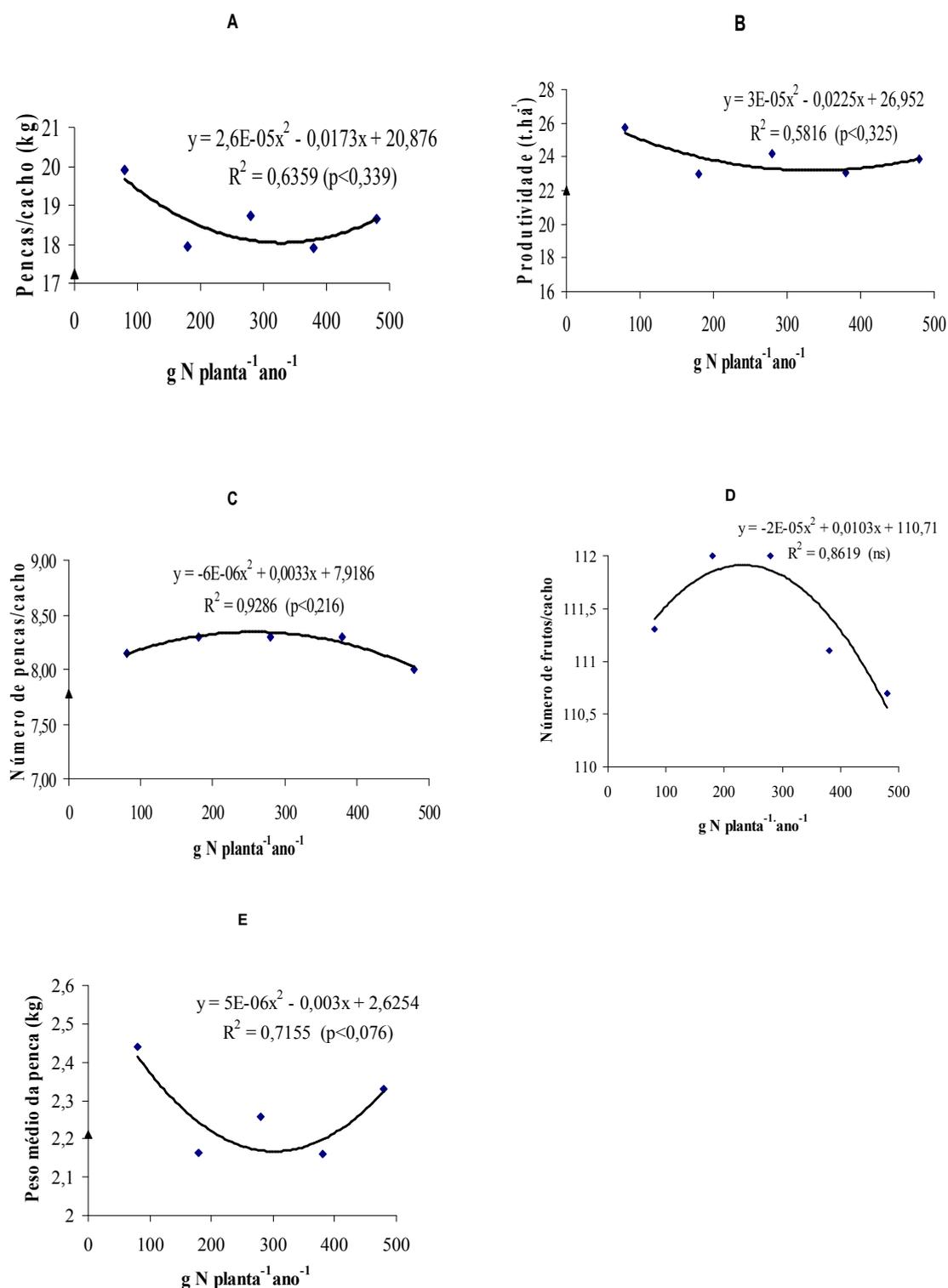


Figura 11. Pencas/cacho (A), produtividade (B), número de pencas/cacho (C), número de bananas/cacho (D) e peso médio de penca (E), em bananeiras ‘Pacovan’, em função de doses de N.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *C. juncea* se destacou como a mais promissora leguminosa em termos de produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes, podendo ser utilizada a contento, quando se trata de reciclar e adicionar (nitrogênio) nutrientes, bem como manter ou mesmo aumentar a capacidade produtiva do solo pela maior persistência dos seus resíduos. Vale ressaltar que a baixa decomposição dos resíduos pode reduzir temporariamente a disponibilidade de N no solo. Dessa maneira, são necessários novos estudos envolvendo diferentes formas de manejo dessa leguminosa, associando com outras espécies, em diferentes épocas.

Apesar das diferentes características de produção de fitomassa, e de acúmulo e liberação de nutrientes das leguminosas, as características de produção da bananeira não se diferenciaram pela utilização das diferentes espécies, sendo a produtividade da bananeira sobre esse sistema semelhante a obtida sob doses de N mineral. Esse resultado mostra a estabilidade que pode ser alcançada em sistemas de cultivo que fazem uso dessas espécies, mesmo com possíveis variações de suas características. Entretanto, é possível que diferentes efeitos dos tratamentos podem ser evidenciados apenas nos ciclos seguintes. Considerando esse aspecto, os maiores valores de produtividade da bananeira associada ao Feijão-de-porco (ANEXO 5) podem apontar para uma tendência de superioridade dessa espécie em relação às demais leguminosas, superando inclusive a menor dose de N, a qual proporcionou maiores valores de produtividade, no experimento II.

6. CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas em que o trabalho foi realizado pode-se concluir:

1- A *C. juncea* apresentou-se como a mais promissora em termos de aporte de fitomassa e acúmulo de nutrientes. As leguminosas apresentaram distintas taxas de decomposição e de liberação de nutrientes. O feijão-de-porco e a *C. spectabilis* apresentaram as maiores taxas de decomposição. De maneira geral, as maiores taxas de liberação de nutrientes foram observadas na *C. spectabilis*.

2- A produtividade das bananeiras associadas com leguminosas foi equivalente a dose de 220 g N planta⁻¹ ano⁻¹.

7. LITERATURA CITADA

- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:179-189, 2000.
- ANDRADE Jr, A.S. de; RODRIGUES, B.H.N.; BASTOS, E.A. Irrigação. In: Cardoso, M.J. (Org.). A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000.264p. il. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Matéria Orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In:YAMADA, T., STIPP e ABDALLA, S.R., VITTI, G.C., ORG. Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute – Brasil, 2007. 722p.: il. ISBN 978-85-98519-03-6.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER,A.P. I.;CHIAPINOTTO, I.C. & FRIES, M.R.. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I – Dinâmica do nitrogênio no solo. R. Bras. Ci. Solo, 28:739-749, 2004.
- ALCANTARA, F.A.; FURTINI NETO, A. E. Universidade Federal de Lavras/MG Adubacao verde na recuperacao da fertilidade de um solo degradado. Lavras/MG, 1998. 104p.
- BATISTA, C.M.F. de. Adubação verde no submédio São Francisco. Disponível em <<http://www.agronline.com.br>>. Acesso em 20 de abril de 2007.
- BAYER, C. Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 172p. (Tese de Mestrado).
- BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistema de manejo de solos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado).

- BOER, C. A.; ASSIS, R.L.de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; e PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesq. Agropec.bras.*, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, set.2007.
- BORGES, A. L. et al. Exigências edafoclimáticas. In: CORDEIRO, Z. J. M. *Banana produção: aspectos técnicos*. Brasília: EMBRAPA, 2000b.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. *Banana produção: aspectos técnicos*. Brasília: EMBRAPA, 2000.
- BORGES, A.L. & OLIVEIRA, A.M.G. 2006. Avaliação do estado nutricional da bananeira – diagnose visual. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 7p. (Embrapa-CNPMPF. Comunicado Técnico, 117).
- BORGES, A.L. Cultivo da Banana para o Agropólo jaguaribe-apodi, Ce. Embrapa: 2000a. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 7 de julho de 2009.
- BORGES, A.L. Interação entre Nutrientes em Bananeira. Embrapa. 2004.2p.
- BORGES, A.L. Recomendação de adubação para a bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 4p. (Embrapa-CNPMPF. Comunicado Técnico, 106)
- BORGES, A.L.; CALDAS, R.C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira, cv. Pacovan, sob irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28,n.5, 2004.
- BORGES, A.L.; RAIJ, B. van; MAGALHÃES, A.F. de J.; BERNARDI, A. C. de C. Nutrição e adubação da bananeira irrigada. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002a. 8p. (Embrapa-CNPMPF. Circular Técnica, 48).
- BORGES, A.L.; SILVA, J.T.A.; OLIVEIRA, S.L. Adubação nitrogenada e potássica para bananeira cv. “Prata-Anã” irrigada: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.19, n.2, p.179-184, 1997.
- BORGES, A.L.; SILVA, T.O.da; CALDAS, R.C.& ALMEIDA, I.E.de. Adubação nitrogenada para bananeira-‘terra’ (Musa sp. AAB, subgrupo Terra). *Rev.Bras. Frutic.*, Jaboticabal – SP, v.24, n.1, p. 189-193. 2002.
- BORGES, A.L.; TRINDADE, A.V.; SOUZA, L. da S.; SILVA, M.N.B. da. Cultivo Orgânico de Fruteiras Tropicais – Manejo do Solo e da Cultura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 12p. (Embrapa-CNPMPF. Circular Técnica, 64).
- BRASIL, E.C.; OEIRAS, A.H.L.; MENEZES, A.J.E.A.de; e VELOSO, C.A.C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.12, p.2407-2414, dez.2000.

- BURLE, M.L.; CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F., ORG. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p. il. color. ISBN 85-7075-027-8.
- CAMARGOS, L.S. de. Análises das alterações no metabolismo do nitrogênio em *Canavalia ensiformes* (L.) em resposta a variações na concentração de nitrato fornecida. Piracicaba, 2002. 113 p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Dissertação (mestrado).
- CÁCERES, N.T. e ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). Rev. STAB, v.13 n°5, p. 16-20, Ed. Maio-Junho/2005.
- CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras do solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F., Org. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p. il. color. ISBN 85-7075-027-8.
- CASTRO, C.M. de; ALVES, B.J.R.; ALMEIDA, D.L. de; e RIBEIRO, R. de L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.8, p.779-785, ago. 2004.
- CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; McSORLEY, R. Green Manure Approaches to Crop Production: A Syntesis. Agronomy Journal, Vol. 98: 302-319, March-April, 2006.
- COELHO, E. F.; LEDO, C.A. da S.; SILVA, S. de O. e. Produtividade da bananeira ‘Prata-Anã’ e ‘Grande Naine’ no terceiro ciclo sob irrigação por microaspersão em tabuleiros costeiros da Bahia. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, v.28, n.3. p. 435-438, Dezembro 2006.
- CPMR. Serviço Geológico do Brasil. Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará. Fortaleza. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará, 1999: CD-ROM.
- DALAL, R. C. & MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. Aust. J. Soil Res., 24:265-279, 1986.
- DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. S. S. Classificação botânica, origem e evolução. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana produção**: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2000. p.12-16.
- DECHEN, A.R.; NAVA, G.& BATAGLIA, O.C. Métodos de avaliação do estado nutricional das plantas para nitrogênio e enxofre. Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira (2006: Piracicaba, SP). Anais do simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira/ edição de Tsuioshi Yamada, Silvia Regina Stipp e Abdalla e Godofredo César Vitti. Piracicaba, IPNI Brasil, 2007. ISBN 978-85-

98519-03-6.

- DINIZ, S.F.; BASTOS, F.O.M.; LIMA, R.H.C.; JIMENEZ-RUEDA, J.R. Fontes de potássio não trocável e potássio total em quatro solos do estado do Ceará. São Paulo, UNESP, Geociência, v.26. n.4, p. 379-386, 2007.
- EBELHAR, S. A.; FRYE, W. W.; BLEVINS, R. L. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agronomy J.*, 76: 51-55, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412 p.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D., L. de; TEIXEIRA, M.G. & URQUIAGA, S. 2006. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:321-328.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D.L. de; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.3, p.415-420, mar. 2006.
- FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v.2, p.6-16, 1998.
- FARIA, C.M.B.; J. M. SOARES, J.M. & LEÃO, P.C.S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:641-648, 2004.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:171-177, 2000.
- FERNANDES, M.A.B.; SANTIAGO, M.M.F.; GOMES, D.F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H.; LIMA, J.O.G. de A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. *Águas Subterrâneas*, v. 19, n. 1, p. 25-34, 2005.
- FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: UFV, 2001. 122p.: il.; 22 cm. ISBN: 85-7269-107-3.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.da; GAMA-RODRIGUES, E.F.da; BRITO, E.C.de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). *R. Brás. Ci. Solo*, 31: 1421-1428, 2007.

- GRAHAM D,W,; KNAPP, C.W; VLECK,E.S.V.;BLOOR, K.; LANE, T.B. AND GRAHAM, C.E.. Experimental demonstration of chaotic instability in biological nitrification. *The ISME Journal* advance online publication, 12 July 2007; doi:10.1038/ismej.2007.45.
- JACOMINE, P.K.T.; ALMEIDA, J.C. & MEDEIROS, L.A.R. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 1973.
- KÖPPEN, W. Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1918. 478p.
- KOZIOSKI, G.V. & CIOCCA, M. de L. S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n.4, p.737-745. 2000.
- LANGE, A. Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no cerrado. Lavras: UFLA, 2002.148 p.: il. Dissertação (mestrado).
- LI, C. Modeling impact of agricultural practies on soil C and N2O emissions. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; ATEWART, B. A., eds. Soil management and greenhouse effect. Boca Raton, Advances in Soil Science, CCR Lewis Publishers, 1995. p. 101-112.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.:il.
- MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ALCARDE, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2000, 200p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARTÍ, J.F. 2007. Potencial de uso de leguminosas como fonte de nitrogênio para as culturas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 62p.
- MARTIN-PRÉVEL, P. La nutrition minerale du bananier dans le monde. Premier Partie. Fruties. *Fruits*, Paris, v.35, n.9, p.503-518, 1980.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. Tópicos em ciência do solo., eds. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.
- MOREIRA, R. S. Banana: teoria e prática de cultivo. São Paulo: Fundação Cargill, 1987.
- OLIVEIRA, F.N.S.; LIMA, A.A.C.; AQUINO, A.R.L.de; MAIS, S.M.F. Influência da cobertura no Desenvolvimento de Fruteiras Tropicais. Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24p. (Documentos, 49).

- PEREIRA, M.C.T.; SALOMÃO, L.C.C.; SILVA, S. de O. e; SEDIYAMA, C.S.; COUTO, F.A.D'A.; e SILVA NETO, S.P. da. Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira 'Prata anã' (AAB) em sete espaçamentos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.35, n. 7, p. 1377-1387, jul. 2000.
- PERIN, A. Desempenho de milho e brócolos em sucessão à adubação verde. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 86p. (Tese de Doutorado)
- PITOL, C.; BROCH, L.D.; CARVALHO, A.M; de, SPERA, S.T. Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no bioma cerrado. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F., ORG. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p. il. color. ISBN 85-7075-027-8.
- POTTKER, D. & ROMAN, E. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29: 763-770, 1994.
- PRIMAVESI, A., Agricultura em regiões tropicais. Manejo ecológico do solo. São Paulo: ed. Nobel. 2002. 549p.
- RAVEN, PH.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia vegetal*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 728p.
- RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; COELHO, C.H.M.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; GUERRA, J.G.M.; URQUIAGA, S. Incorporação de leguminosas para fins de adubação verde em pré-plantio de cana-de-açúcar. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, dez. 2000. 18p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 124). ISSN 1517-8498
- RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; OLIVEIRA, F.L. de; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; ALVES, B.J.R. & RIBEIRO, R. de L.D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. *Agronomia*, vol. 37, nº 2, p. 80 - 84, 2003.
- RIBEIRO Jr., W.Q. & RAMOS, M.L.G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F., ORG. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p. il. color.
- SÁ, J. C. M. Nitrogênio: transformações no solo, mobilização e imobilização. In: Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto. Castro, Fundação ABC, 1995. p. 205-212.
- SAMINÊZ, T.C.de O.; RESENDE, F.V.; SOUZA, A.F.; & CARVALHO, A.M.de. Extração de nutrientes por espécies de adubos verdes sob sistema orgânico de produção nas

- condições de verão dos cerrados. Ver.Bras. de Agroecologia/nov.2006. Vol.1, No 1. 4p.
- SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. Transformações do nitrogênio proveniente da mucuna-preta e uréia utilizados como adubo verde na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, n.12, p.1427-1433, 2003.
- SEAGRI. Fruticultura irrigada: Grande potencial para o Ceará. Secretaria da Agricultura e Pecuária – SEAGRI: Resumo do PROALCE – Programa de Algodão do Ceará Safra 2003/2004. Disponível em <www.seagri.ce.gov.br>. Acesso em 10 de fevereiro de 2008.
- SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
- SILVA Jr., G.de S. e. Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade. Recife: UFRPE, 2007. 106 f.: il. Tese (Doutorado).
- SILVA, L.M.S. O plantio associado entre banana (*Musa acuminata* cultivar Cavendish Grande Naine) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* (L.) D. C.): uma avaliação agrônômica dos efeitos da competição por água, nitrogênio e energia luminosa. Belém: UFPA – Centro Agropecuário/ Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 110fl.: il. Dissertação (Mestrado).
- SILVA, T. A. da S.; BORGES, A.L.; CARVALHO, J.G.; DAMASCENO, J.E.A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, v.25, n.1, p.152-155, Abril, 2003.
- SIMMONDS, N.W. *Bananas*. 2.ed. London: Longman, 1966. 512p.
- SOTO, M. *Bananos: cultivo y comercialización*. 2.ed. San José: LIL, 1992. 674 p.
- SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; PROENÇA, M. M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no sul do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, 26:417-423, 2002.
- STEVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F. J., ed. Nitrogen in agricultural soil. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p. 1-42.
- STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. J. Environ. Qual., 2: 159-166, 1973.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed
- TANAKA, R. T. Adubação verde. Inf. Agropec., 7:62-67, 1981.

- TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M.. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional - estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. Ver. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, v.29, n.1, p. 153-160, Abril 2007.
- THONNISSEN, C., D.J. MIDMORE, J.K. LADHA, AND D.C. OLK. 2000. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agronomy Journal*. 92: 253–260.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIODORO, J.C. & FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *R.Bras.Ci.Solo*, 29:609-618. 2005.
- RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; COELHO, C.H.M.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; GUERRA,
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza, 1993. 247p.
- VASCONCELOS, L.P. de. Avaliação do estado nutricional da bananeira cv.Pacovan na Região da Chapada do Apodi-CE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 79p. 2002.
- WEBER, O.B., MONTENEGRO, A.A.T., SILVA, Í.M.N. *et al.* Adubação nitrogenada e potássica em bananeira 'Pacovan' (musa AAB, subgrupo prata) na chapada do Apodi, Estado do Ceará. *Rev. Bras. Frutic.*,v.28, n.1, p. 154-157, 2006.
- WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A Critique of analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, v.63, p.1636-1642, 1982.
- WUTKE, E.B.; MASCARENHAS, A.A.; BRAGA, N.R.; TANAKA, R.T.; MIRANDA, M.A.C.; POMPEU, A.S. & AMBROSAND, E.J. Pesquisas sobre leguminosas no Instituto Agrônomo e sua contribuição para o desenvolvimento agrícola paulista. *O Agrônomo*, 53:34-37, 2001.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.

ANEXOS

ANEXO 1 Altura, perímetro do pseudocaule e número de folhas das plantas nos tratamentos com leguminosas (experimento I), aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após o transplântio das mudas para o local definitivo.

Tratamento	Dias após o transplântio					
	60	90	120	150	180	210
	Altura (cm)					
L1	60,3a	106,6a	159,3a	187,6a	215,3a	233,0a
L2	63,9a	112,9a	170,5a	199,8a	240,7a	245,5a
L3	59,7a	102,6a	157,6a	189,7a	232,1a	243,5a
L4	62,6a	109,0a	159,1a	191,3a	229,7a	238,4a
L5	58,9a	105,2a	153,1a	190,4a	226,2a	245,1a
L6	56,1a	99,3a	153,8a	185,1a	222,8a	236,1a
Média	60,3	106,3	159,3	187,6	227,8	240,3
C.V.(%)	6,76	6,39	5,99	5,71	5,85	6,65
	Perímetro do pseudocaule (cm)					
L1	19,5a	32,3a	50,8a	63,1a	69,5a	68,1a
L2	19,9a	34,3a	53,1a	66,3a	75,4a	72,6a
L3	19,1a	30,9a	48,8a	62,5a	74,3a	72,3a
L4	19,2a	33,1a	51,4a	64,4a	73,1a	70,8a
L5	18,9a	30,9a	48,4a	63,0a	71,1a	69,8a
L6	18,3a	30,2a	48,3a	61,5a	71,1a	69,2a
Média	19,1	33,4	49,4	63,5	72,4	70,5
C.V.(%)	11,95	24,94	7,08	18,95	5,51	5,87
	Número de folhas					
L1	11,1a	12,6a	15,7a	17,1a	13,8a	15,7a
L2	11,4a	12,9a	15,7a	17,6a	15,0a	16,1a
L3	10,5a	11,9a	14,7a	16,9a	13,9a	16,0a
L4	11,2a	12,7a	15,2a	17,3a	14,2a	15,8a
L5	12,0a	12,3a	15,2a	16,8a	13,9a	15,7a
L6	10,5a	12,2a	15,2a	16,8a	13,6a	16,1a
Média	11,1	12,4	15,3	17,1	14,1	15,9
C.V.(%)	11,12	5,99	6,00	3,82	6,35	3,5

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

ANEXO 2 Altura, perímetro do pseudocaule e número de folhas em bananeira cv. Pacovan em função da adubação nitrogenada (experimento II), aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após o transplântio das mudas para o local definitivo. 2009.

g N.planta ⁻¹ .ano ⁻¹	Dias após o transplântio					
	60	90	120	150	180	210
	Altura do pseudocaule					
80	54,9	100,6	150,5	182,0	219,6	240,3
180	56,3	99,4	148,2	183,9	218,8	239,0
280	54,3	100,4	148,4	172,1	215,1	235,4
380	52,9	98,9	144,7	174,9	215,3	228,4
480	54,8	101,4	153,4	186,8	222,0	240,1
Média	54,7	100,1	149,0	180,0	218,2	236,7
C.V.(%)	9,30	9,76	9,91	8,67	6,92	4,91
Teste F(%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Linear¹	0,616	0,948	0,912	0,975	0,954	0,513
Quadrática	0,849	0,766	0,475	0,205	0,468	0,263
Cúbica	0,361	0,895	0,641	0,317	0,668	0,218
	Perímetro do pseudocaule					
80	18,5	24,0	46,4	59,9	70,5	72,5
180	18,3	30,7	46,0	61,1	71,1	72,2
280	18,1	30,7	45,4	57,4	69,7	71,9
380	18,1	29,8	45,9	57,7	69,0	70,5
480	18,3	31,1	47,2	62,2	71,6	72,5
Média	18,3	29,3	46,2	59,7	70,4	71,9
C.V.(%)	7,85	18,90	10,75	8,67	5,94	4,65
Teste F(%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Linear	0,771	0,109	0,849	0,882	0,979	0,733
Quadrática	0,647	0,222	0,600	0,236	0,509	0,543
Cúbica	0,846	0,270	0,891	0,227	0,385	0,460
	Número de folhas					
80	12,0	14,7	16,4	17,2	14,2	16,0
180	11,8	14,8	16,3	16,9	13,8	15,3
280	12,0	14,6	15,4	16,5	13,9	16,0
380	11,1	13,6	15,1	16,4	13,9	15,8
480	11,9	14,8	16,3	17,2	14,1	15,5
Média	11,8	14,5	15,9	16,9	14,0	15,7
C.V.(%)	6,71	10,2	11,56	7,54	6,01	3,15
Teste F(%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Linear	0,384	0,588	0,572	0,726	0,998	0,557
Quadrática	0,594	0,603	0,335	0,284	0,487	0,943
Cúbica	0,299	0,248	0,410	0,631	0,804	0,053

¹Nível de probabilidade (p<).

ANEXO 3 Leituras das condições ambientais por ocasião das avaliações das características ecofisiológicas da bananeira pelo aparelho ADC BioScientific LCi Analyser Serial No. 31586, em 20 de Outubro de 2008. Experimento I.

Parcelas	Horário	eref (mBar)	De (mBar)	Cref (ppm)	Dc (ppm)	Qleaf mmol.m⁻².s⁻¹	m mmol. s⁻¹
L1R1	09:06:30	24.2	20.4	370	57	920	200.6
L1R2	09:15:28	26.6	19.3	372	66	1544	203.4
L1R3	09:21:46	25.5	18.5	373	62	1325	202.0
L1R4	09:28:01	27.1	20.6	369	61	665	202.3
L1R5	09:39:54	28.1	21.5	372	65	1619	202.3
L2R1	08:59:54	27.4	19.3	369	55	1240	201.6
L2R2	09:10:43	24.5	18.9	373	60	1557	201.6
L2R3	09:18:41	27.9	17.8	370	69	1576	201.6
L2R4	09:35:00	26.7	20.4	372	61	1648	201.0
L2R5	09:38:59	27.9	21.2	371	71	1480	200.6
L3R1	09:08:49	24.3	19.6	374	54	1519	203.0
L3R2	09:16:52	28.4	18.1	370	74	1699	202.7
L3R3	09:26:12	26.2	22.0	370	62	1596	202.0
L3R4	09:30:01	26.7	19.9	369	69	1418	200.3
L3R5	09:41:49	27.8	22.9	370	66	1890	200.6
L4R1	09:05:34	24.6	20.3	374	51	1124	199.6
L4R2	09:14:13	25.4	19.6	373	54	1482	201.6
L4R3	09:19:48	27.2	18.3	370	61	515	200.6
L4R4	09:36:06	27.3	19.7	370	63	1774	202.0
L4R5	09:40:50	28.2	22.1	374	70	1913	200.6
L5R1	08:55:16	33.0	13.2	367	55	1266	201.6
L5R2	09:12:02	24.6	18.9	373	69	485	203.0
L5R3	09:24:47	25.8	20.9	371	60	1423	201.3
L5R4	09:31:30	26.3	20.4	374	71	1447	202.3
L5R5	09:37:59	35.8	21.0	366	58	1867	201.6
L6R1	09:02:15	26.1	19.7	369	57	897	202.0
L6R2	09:13:16	25.2	19.2	373	64	1436	201.0
L6R3	09:23:22	25.7	20.1	372	63	1637	200.6
L6R4	09:32:49	26.5	20.8	372	59	1627	204.7
L6R5	09:42:49	28.1	23.0	373	77	1817	202.3

ANEXO 4 Leituras das condições ambientais por ocasião das avaliações das características ecofisiológicas da bananeira pelo aparelho ADC BioScientific LCI Analyser Serial No. 31586, em 27 de Outubro de 2008. Experimento I.

Parcelas	Horário	eref (mBar)	De (mBar)	Cref (ppm)	Dc (ppm)	Qleaf mmol.m⁻².s⁻¹	m mmol. s⁻¹
N1R1	09:04:12	36.0	25.9	371	77	1808	202.3
N1R2	09:08:34	35.5	26.3	372	51	1750	203.0
N1R3	09:19:40	36.0	30.3	373	46	1536	202.0
N1R4	09:28:36	36.0	32.3	373	49	1790	201.3
N1R5	09:41:05	35.6	34.4	371	45	1812	202.3
N2R1	09:00:35	36.5	25.5	371	45	1877	201.6
N2R2	09:13:36	36.7	28.3	371	73	1844	198.2
N2R3	09:15:39	36.8	29.7	371	53	1763	202.0
N2R4	09:31:55	36.7	33.1	371	76	1877	200.6
N2R5	09:35:32	37.2	33.4	371	82	1905	202.0
N3R1	08:58:41	36.9	25.1	369	38	1516	200.3
N3R2	09:10:06	35.7	28.0	371	76	1815	201.0
N3R3	09:23:17	35.7	31.8	374	77	1787	202.7
N3R4	09:34:01	37.8	33.5	372	51	1877	201.6
N3R5	09:37:10	36.9	34.6	372	56	1892	199.9
N4R1	09:02:14	36.2	24.9	370	49	1614	202.3
N4R2	09:11:57	36.7	28.2	371	74	1707	203.4
N4R3	09:25:07	35.4	31.9	373	70	1841	201.3
N4R4	09:30:23	36.4	32.1	372	51	1800	201.6
N4R5	09:38:21	36.3	35.1	374	75	1846	201.6
N5R1	08:56:23	38.2	23.3	369	69	1790	200.6
N5R2	09:06:42	35.8	25.9	372	48	1838	201.0
N5R3	09:18:20	36.7	29.5	371	66	1851	203.0
N5R4	09:26:43	35.5	32.8	373	75	1784	201.6
N5R5	09:47:03	35.1	34.2	373	64	1942	202.0

ANEXO 5 Produtividade de bananeira cv. Pacovan em função da adubação nitrogenada (experimento I). 20 de Abril de 2008.

Tratamento	Produtividade	Pencas/ cacho	Nº de pencas	Frutos/cacho	Peso médio da penca
	t.ha⁻¹	kg			
L1	21,69a	16,92a	7,45a	98,50a	2,26a
L2	26,58a	20,73a	7,90a	108,05a	2,60a
L3	24,60a	19,19a	8,10a	107,00a	2,36a
L4	22,28a	17,38a	7,60a	100,0a	2,28a
L5	23,72a	18,55a	7,95a	104,55a	2,31a
L6	21,82a	17,02a	7,65a	100,15a	2,23a
Média	23,46	18,30	7,78	103,04	2,34
C.V.(%)	16,46	16,45	5,92	7,14	12,60

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.