

SERGIO LUIZ CAIXETA

NUTRIÇÃO DE MUDAS DE CAFEEIRO COM N E K E INTENSIDADE DO
ATAQUE DE BICHO-MINEIRO (*Leucoptera coffeella*)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

Aos meus pais e familiares

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização dos cursos de graduação e de pós-graduação e pelas bolsas de alimentação e moradia concedidas durante a graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelas bolsas concedidas durante a graduação e pela bolsa de mestrado.

À professora Hermínia Emília Prieto Martinez, pela orientação, pelos incentivos, pelos ensinamentos, pela atenção e paciência, pelo exemplo de profissionalismo.

Aos professores conselheiros Marcelo Coutinho Picanço e Paulo Roberto Cecon pelas críticas e sugestões e pelos ensinamentos.

Aos colegas de república Luiz Carlos Prezotti, Iraci Fidelis Reis, Robson Mendes de Paula, Lincon, Arlete Teixeira e em especial ao José Francisco Teixeira do Amaral, Marlon Dutra Degli Esposti e Tiago Pinto Trindade pela agradável convivência e pela ajuda na realização deste trabalho.

À Adélia Azziz de Alexandre Pozza, José Francisco Teixeira do Amaral, Sebastião Marcos de Mendonça, Mairon Moura, Raunira Araujo da Costa e

Ronessa Bartolomeu de Souza por permitir que participasse de seus trabalhos, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia: Domingos Sávio, Itamar, Mara, Jino, Cássia, Copertino, Assis, José Carlos, Ribeiro pela colaboração.

Ao professor Darci e ao funcionário Monteiro do Departamento de Zootecnia, pela permissão de uso do laboratório e equipamentos.

Aos colegas do Setor de Entomologia Alfredo, André, Eliseu, Ivênio, Leandro, Maurílio e Tederson pela colaboração na realização do trabalho.

Ao Departamento de Fitopatologia, na pessoa do funcionário José Carlos, pelas mudas de café fornecidas para o trabalho.

À EPAMIG, na pessoa do Dr. Antônio Alves Pereira, pelas sementes fornecidas para o trabalho

Aos meus pais, pelo esforço para que seus filhos pudessem estudar, pelo amor, pela compreensão de minha ausência e pelas orações.

Às minhas irmãs Sandra, Sirlene e ao meu irmão Luis; aos meus avós Liberino e, Deodato, Angelina, Jesuina (in memoriam) e aos meus tios, em especial ao tio Jair e Altamir pelo carinho e pelos incentivos.

Ao José Almir, Braulio, Nivaldo, Vicente e à Dona Francisca (in memoriam) pela ajuda a nossa família.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Sergio Luiz Caixeta, filho de Lázaro Caixeta Sobrinho e Maria Helena Caixeta, nasceu em 15 de outubro de 1973, em Guimarães, Estado de Minas Gerais.

Concluiu o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Uberaba, Uberaba, Estado de Minas Gerais.

Em março de 1995, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa. Foi bolsista do Departamento de Fitotecnia de 1997-1999, sob a orientação da professora Hermínia Emília Prieto Martinez. Colou grau em janeiro de 2000.

Em março de 2000, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na área de Nutrição Mineral de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Local e condução do experimento	15
3.2. Tratamentos e Análise estatística	16
3.3. Características avaliadas	17
3.4. Análises em laboratório.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Intensidade do ataque de bicho-mineiro	19
4.2. Características de crescimento e de morfologia foliar.....	24
4.2.1. Análise de regressão	24
4.2.2. Análise de correlação	26

4.3. Teores foliares de nutrientes minerais	29
4.3.1. Análise de regressão	29
4.3.2. Análise de correlação	36
4.4. Teor foliar de proteína, amido, açúcares solúveis totais e lignina	39
4.4.1. Análise de regressão	39
4.4.2. Análise de correlação	42
5. RESUMO E CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
APÊNDICE	57

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 – Estimativa dos coeficientes de correlação linear simples entre o número total de folhas, tamanho médio da folha, peso foliar específico com o número de minas e de folhas minadas, em mudas de cafeeiro. 27
- Quadro 2 – Estimativa do coeficiente de correlação linear simples entre os teores foliares de nutrientes com o número de minas e de folhas minadas, em mudas de cafeeiro..... 36
- Quadro 3 – Estimativa do coeficiente de correlação entre os teores foliares de proteína, açúcares solúveis totais, amido e lignina com o número de minas e folhas minadas, em mudas de cafeeiro..... 43
- Quadro 1A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de N_{total} , NO_3^- , K, Ca, Mg, P, S; Zn, Mn, Fe, Cu e B, de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva. 58
- Quadro 2A. Resumo da análise de variância das características de crescimento: peso de matéria seca total (MST); peso foliar específico (PFE); número total de folhas (TF) e tamanho médio de folhas (TAMF); de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva..... 60
- Quadro 3A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de amido (AMD), proteína (PRT), lignina (LG), e açúcares solúveis totais (AT), de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva..... 61

Quadro 4A. Resumo da análise de variância das características de intensidade do ataque de bicho-mineiro (FM = número de folhas minadas, PFM = porcentagem de folhas minadas, LV = número de Larvas, MN = número de minas, PP = número de pupas, TAM = tamanho médio de minas), de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva..... 62

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Influência da nutrição mineral na interação inseto-planta (Modificado de ANDERSSON et al., 2000)..... 4
- Figura 2 - Estimativa do número de minas, folhas minadas, larvas e pupas e do tamanho médio de minas em mudas de cafeeiro, em função de doses de N..... 21
- Figura 3 - Estimativa do número de folhas minadas, da porcentagem de folhas minadas e do tamanho médio de minas em mudas de cafeeiro, em função de doses de K..... 23
- Figura 4 - Estimativa do número total de folhas, tamanho médio de folhas, peso de matéria seca total por planta e peso específico de folhas em mudas de cafeeiro, em função de doses de N..... 25
- Figura 5 - Estimativa do número total de folhas em mudas de cafeeiro, em função de doses de K. 26
- Figura 6 - Estimativa dos teores foliares de N, K, P, NO_3^- e S (dag.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N 30
- Figura 7 - Estimativa dos teores foliares de N, K, e S (dag.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de K..... 31
- Figura 8- Estimativa do teor foliar de cálcio (dag.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N e K..... 33
- Figura 9 - Estimativa do teor foliar de magnésio (dag.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N e K..... 34

Figura 10 - Estimativa do teor foliar de B, Cu, Mn, Fe e Zn (mg.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N.....	35
Figura 11 - Estimativa do teor foliar de proteína (%), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N e K.....	40
Figura 12 - Estimativa do teor foliar de lignina, amido e açúcares solúveis totais, em mudas de cafeeiro, em função de doses de N.	41
Figura 13 - Estimativa do teor foliar de lignina, amido e açúcares solúveis totais, em mudas de cafeeiro, em função de doses de K.	42

RESUMO

CAIXETA, Sergio Luiz., M.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2002.
Nutrição de mudas de cafeeiro com N e K e intensidade do ataque de bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*). Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez. Conselheiros: Marcelo Coutinho Picanço e Paulo Roberto Cecon.

Avaliou-se, em casa-de-vegetação, a influência da nutrição de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com nitrogênio (N) e potássio (K) sobre o ataque de *Leucoptera coffeella*. Foi utilizado um esquema fatorial 4x4, formado pela combinação de doses de N (3, 7, 11 e 15 mmol.L⁻¹) com as doses de K (3, 5, 7 e 9 mmol.L⁻¹), em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições e duas plantas por parcela. Plantas de Catuaí vermelho IAC 99 foram crescidas em solução nutritiva até seis meses, isentas de bicho-mineiro. Após este período foram infestadas, semanalmente, por 100 mariposas nas três primeiras semanas, e 200 mariposas, semanalmente, nas três semanas seguintes. Dois meses após o início das infestações determinaram-se: área foliar e área minada; número de minas, larvas e pupas; número total de folhas; porcentagem de folhas minadas; e tamanho médio de minas e folhas. Após estas avaliações, as folhas, caules e raízes foram secos, separadamente, a 70°C até atingirem peso constante. Desse material, obteve-se o peso de matéria seca total, o peso específico de folhas, os teores de macronutrientes e

dos micronutrientes Mn, Fe, B, Cu, Zn, bem como os teores de proteína, açúcares solúveis totais, amido e lignina em folhas. O aumento nas doses de N promoveu aumentos em: número de folhas minadas, de minas, de larvas e pupas; tamanho médio de folhas, número total de folhas; e teores de N_{total} , NO_3^- , P, S e proteínas. Ao contrário, o peso específico de folhas, os teores dos micronutrientes e os teores de lignina, amido e açúcares solúveis totais decresceram com o aumento nas doses de N. O tamanho médio de minas foi menor para as doses intermediárias de N. O maior peso de matéria seca total foi obtido para a dose $9,4 \text{ mmol.L}^{-1}$ de N, correspondente ao teor foliar de $3,71 \text{ dag.kg}^{-1}$ de N. O aumento nas doses de K promoveu aumentos no número de folhas minadas, porcentagem de folhas minadas, número total de folhas, teores de S, K, lignina e açúcares solúveis totais, mas, decréscimos nos teores de N, Ca e Mg. O número e tamanho de folhas e os teores de N, K, S, NO_3^- e proteínas apresentaram correlações positivas com as características de ataque do bicho-mineiro número de minas e/ou folhas minadas. Para o peso foliar específico e teores de Ca, Mg, B, Mn, Fe, Cu, amido, lignina e açúcares totais, as correlações foram negativas. Concluiu-se que adequada nutrição nitrogenada e o excesso de potássio favorecem o ataque do bicho-mineiro.

ABSTRACT

CAIXETA, Sérgio Luiz., M.S., Universidade Federal de Viçosa, may, 2002.
Nutrition of coffee seedlings with N and K and intensity of coffee leaf-miner attack (*Leucoptera coffeella*). Adviser: Hermínia Emília Prieto Martinez. Committee members: Marcelo Coutinho Picanço and Paulo Roberto Cecon.

This study aimed to evaluate the influence from nutrition of the coffee seedlings (*Coffea arabica* L.) with different doses of N and K on the damage caused by *L. coffeella*. The experiment was carried out on an entirely randomized design with a factorial scheme of 4 x 4, three replicates and two plants per plot. A total of sixteen treatments consisting of a combination between increasing doses of N (3, 7, 11 and 15 mmol.L⁻¹) and increasing doses of K (3, 5, 7 and 9 mmol.L⁻¹) were carried out. “Catuaí vermelho” plants cv. IAC 99 free from coffee leaf-miner were grown in nutritive solution for six months under greenhouse conditions. After this period, they were weekly infested with 100 moths a week over the first three weeks, and with 200 moths a week over the following three weeks. Two months after the beginning the infestations, the evaluations were performed. The leaf area and the injured area, mine numbers, larvae, pupae, total leaf number, mined-leaf percentages, and the average size of mines and leaves were scored. When these evaluations were performed, the leaves, stems and roots were separately dried at 70°C until reaching a constant

weight. The weights of the total dry matter and leaves were obtained from this material. The determination of the specific leaf weight was based on the relation between the total dry matter and total leaf area. There were either obtained the contents of both macronutrients and micronutrients (Mn, Fe, B, Cu, Zn), and the contents of the organic compounds (protein, total soluble sugars, starch and lignin) in the leaves. The numbers of the injured leaves, mines, larvae and pupae, the average leaf size, the leaf total number, the contents of N, NO_3^- , P and S, and the protein contents were increased with the increasing levels of N. Unlike, the specific leaf weight, the contents of micronutrients, and the contents of lignin, starch and total soluble sugars decreased with the same levels of N. The average size of the mines was smaller at the intermediary doses of N. The highest weight of the total dry matter was reached at N doses of 9.4 mmol.L^{-1} de N. The number of the injured leaves, the percentage of the injured leaves, the total leaf number, the contents of S, K, lignin and total soluble sugars were increased with the increasing doses of K, while the contents of N, Ca and Mg were decreased. The number and size of the leaves, the contents of the nutrients (N, K, S, NO_3^-), and protein contents presented positive correlations, while the specific leaf weight, the content of the nutrients (Ca, Mg, B, Mn, Fe, Cu), the contents of starch, lignin and total soluble sugars showed negative correlations with the injured leaf number and/or mine numbers. Thus, the adequate nitrogen and excessive potassium nutrition has favored the attack of the coffee leaf-miner.

1. INTRODUÇÃO

A produção de café é uma importante fonte de emprego e divisas para o Brasil, maior produtor mundial (Anuário Estatístico do Café, 1999-2000). No Brasil, o bicho-mineiro é tido como a principal praga do cafeeiro devido à: redução na produção, no rendimento do café produzido, na longevidade das plantas e aumento nos custos de produção (SOUZA et al.,1998).

Vários fatores podem afetar a intensidade do ataque de *L. coffeella* ao cafeeiro, como: clima (vento, temperatura, pluviosidade, umidade relativa, luminosidade), presença de predadores e parasitóides, densidade de plantio, tratos culturais (controle de plantas invasoras, fungicidas, inseticidas) e ciclo bienal de produção do café (VILLACORTA, 1980; AVILÉS, 1991; CARRACEDO,1991; BUSTILLO e VILLACORTA,1994; NESTEL et al., 1994). O estado fisiológico do cafeeiro em função de sua nutrição, também pode influenciar o ataque dessa praga (NESTEL et al., 1994).

No controle do bicho-mineiro são utilizados, geralmente, produtos químicos que, quando manejados de forma inadequada, oferecem riscos de intoxicação aos envolvidos na aplicação e riscos de contaminação do ambiente. Estes produtos podem também reduzir a população de inimigos naturais e favorecer o surgimento de populações do inseto resistentes aos inseticidas, conforme constatado por FRAGOSO (2000). Para amenizar estes

problemas, devem ser elaboradas estratégias e adotadas táticas de manejo integrado de pragas (MIP). Uma das melhores táticas de MIP recomendáveis é o controle cultural como, por exemplo, a adubação das culturas, por ser esta tática uma ação planejada e anterior à ocorrência do problema.

O cafeeiro é exigente em nutrientes, principalmente N e K. A época de adubação da cultura com estes nutrientes coincide com o período crítico de ataque do bicho-mineiro (VILLACORTA e RODRIGUES., 1984). Este aspecto é interessante, pois a nutrição mineral pode aumentar a área foliar e a resistência das plantas aos insetos neste período. Quando a planta apresenta mecanismos para compensar os danos sofridos pelo ataque de insetos, mantendo a produção, o nível de dano econômico e de controle também aumentam. Conseqüentemente, reduz-se o número de aplicações de inseticidas e favorece-se a atuação dos inimigos naturais no controle das pragas. Portanto, uma nutrição equilibrada do cafeeiro, além de ser importante para seu crescimento e produção, pode aumentar o vigor e a tolerância da cultura ao ataque dos insetos.

O K e o N são os nutrientes mais estudados quanto aos efeitos na interação inseto-planta, talvez devido às funções que desempenham no metabolismo vegetal. Por atuar direta ou indiretamente em muitos sistemas enzimáticos, o K é necessário para a síntese de amido e proteínas, além de participar no transporte de carboidratos e de nitrato das raízes para a parte aérea e promover maior lignificação dos tecidos. O N é essencial para a síntese de proteínas, sendo também um dos nutrientes que mais influenciam o metabolismo vegetal. Presente na forma de proteínas e aminoácidos, é um nutriente essencial e o que mais limita a nutrição dos insetos.

O estado nutricional da planta pode influenciar seus mecanismos de resistência e os mecanismos de seleção do hospedeiro pelo inseto (STOUT et al., 1998; WARING e COBB, 1992). Na interação inseto-planta, os mecanismos de defesa das plantas podem ser classificadas de duas formas: 1) defesas físicas, morfológicas e químicas; e 2) defesas constitutivas ou induzidas pelo ataque das pragas (BALDWIN e PRESTON, 1999; AGRAWAL, 1998; HERMANS e MATTSON, 1992; BRYANT et al., 1983). Os insetos, por sua vez, apresentam mecanismos para selecionar as plantas que melhor satisfaçam suas necessidades nutricionais (RENWICK e CHEW, 1994). Deste modo,

espera-se que a nutrição do cafeeiro com N e K influencie a intensidade do ataque de bicho-mineiro.

A Figura 1 ilustra a influência da nutrição mineral na interação inseto-planta. Observa-se que os fatores do ambiente, apesar de influenciarem a planta e o inseto, por não serem facilmente modificados, podem ser considerados fatores fixos. Os fertilizantes são utilizados de forma variável (quantidade e época de aplicação), para atender as exigências nutricionais das culturas. Portanto, o processo de crescimento das plantas poderá ser alterado principalmente por meio do manejo da adubação. Dependendo da disponibilidade de nutrientes, os órgãos da planta (raízes, caules e folhas) terão composição química, morfologia e anatomia variáveis. Podem ser citados como exemplo, o tamanho e espessura de folhas, resistência da cutícula, teor de fibras, teor e qualidade de proteínas e carboidratos (metabolismo primário), teor de alcalóides, de fenóis e de terpenos (metabolismo secundário). Em última análise, os nutrientes minerais podem induzir resistência nas plantas contra os insetos através de mecanismos de não-preferência (quando a planta é menos utilizada para oviposição, ou como alimento para o inseto), antibiose (efeito adverso da planta sobre o inseto) ou tolerância (regeneração da planta ou sua capacidade em suportar o ataque do inseto) (PAINTER, 1951); ou aumentar a suscetibilidade do hospedeiro. Na maioria dos trabalhos, o equilíbrio nutricional proporciona menor ataque de pragas, enquanto a deficiência de K ou o excesso de N conduzem ao maior ataque (PERRENOUD, 1990).

Este trabalho objetivou verificar se os níveis de nutrição de mudas de cafeeiro com N e K influenciam a intensidade do ataque de bicho-mineiro, bem como determinar alguns dos fatores que estão relacionados a este ataque. Com esta finalidade, avaliaram-se: os efeitos da disponibilidade de N e K sobre as características de crescimento das plantas; os teores de nutrientes minerais e teores de compostos do metabolismo primário; e a influência destas variáveis sobre o ataque do bicho-mineiro. A hipótese inicial é que as plantas deficientes em nutrientes, ou com desequilíbrio nutricional, são mais atacadas pelo inseto. Se esta hipótese for confirmada, ter-se-á um indicativo da validade da nutrição do cafeeiro como uma das táticas eficientes do MIP para esta cultura.

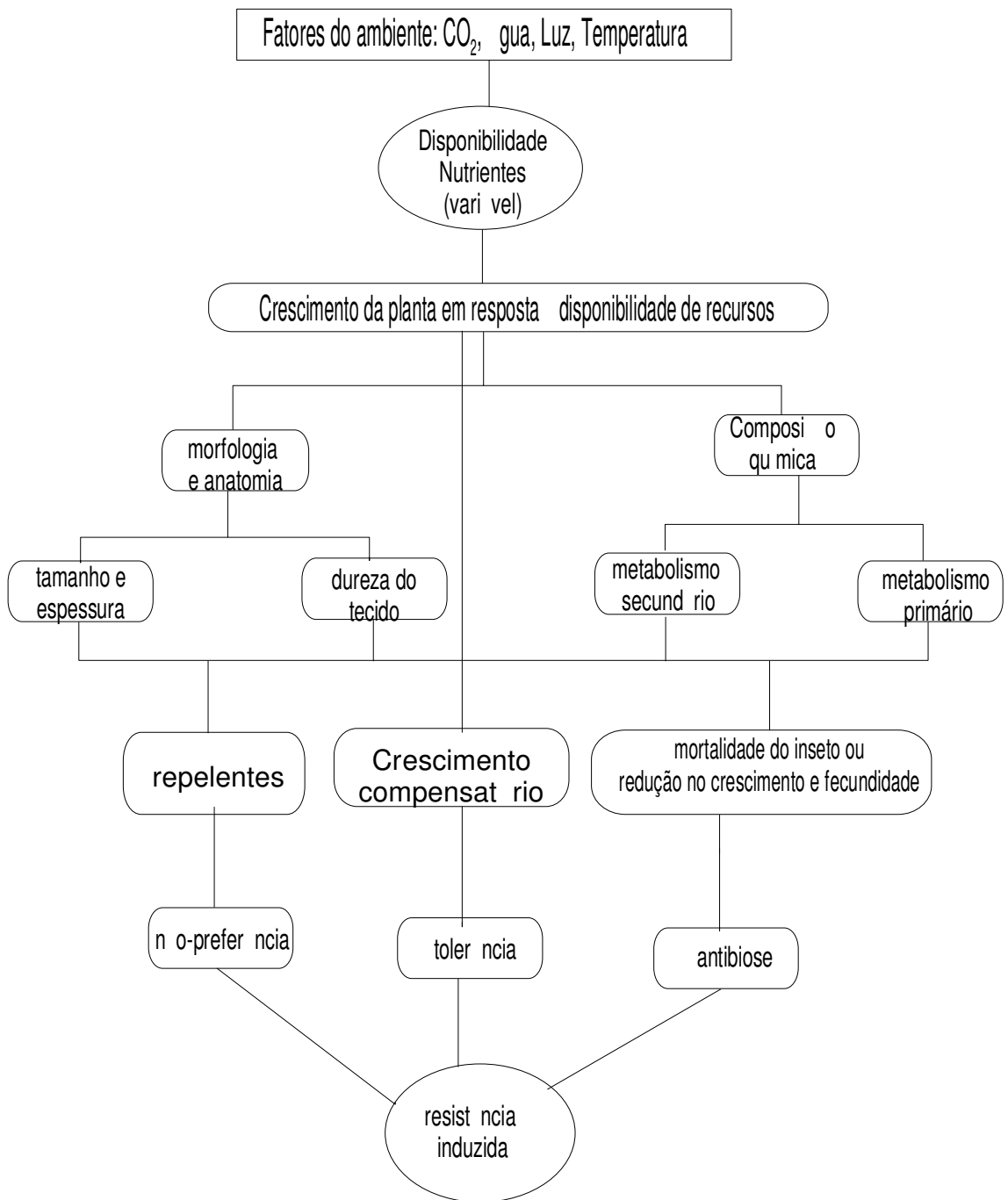


Figura 1 - Influência da nutrição mineral na interação inseto-planta (Modificado de ANDERSSON et al., 2000).

2. REVISÃO DE LITERATURA

O bicho-mineiro é uma praga monófaga ou especialista, originária da Ilha de Reunion, situada no continente africano (SOUZA et al., 1998; GREEN, 1984). Sua presença foi constatada no Brasil em 1851, mas até a década de setenta era considerada uma praga secundária. A partir daí, com o surgimento da ferrugem-do-cafeeiro e a utilização de produtos cúpricos em pulverização (tóxicos às vespas predadoras) para controlar esta doença, ocorreu desequilíbrio entre a população de inimigos naturais, e de bicho-mineiro, conduzindo ao aumento da população desta praga (GRAVENA, 1984). Desde então o bicho-mineiro tornou-se uma praga “chave” no cafeeiro.

A denominação “bicho-mineiro” advém do fato de haver a formação de minas, que são lesões entre a epiderme superior e inferior da folha. O hábito de vida no interior de minas resulta em vantagens e desvantagens para os minadores. Entre as principais vantagens estão a formação de um microambiente que os protege contra fatores externos, e a maior eficiência de alimentação, possivelmente devido ao consumo de partes das folhas mais nutritivas, contendo menor teor de compostos tóxicos. A principal desvantagem é a reduzida mobilidade, que resulta em alta predação (CONNOR e TAVERNER, 1997) .

O bicho-mineiro é holometábolo, ou seja, com metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, lagarta, crisálida e adulto, perfazendo um ciclo de 19-87 dias, dependendo das condições de ambiente. A fase larval é a única etapa do ciclo do inseto que causa dano direto ao cafeeiro. Os danos causados pelas larvas consistem de necrose no limbo foliar, redução da área fotossintética e queda de folhas. Os prejuízos causados consistem de queda na produção (30-40%), em virtude da formação de flores inviáveis; baixo vingamento dos frutos; menor rendimento dos frutos colhidos; e redução na longevidade dos cafeeiros atacados (SOUZA et al., 1998).

As mariposas de insetos tendem a escolher partes da planta e hospedeiros que proporcionem melhor sobrevivência e performance das larvas (RENEWICK e CHEW, 1994). Estes mecanismos são importantes principalmente para larvas de insetos pouco móveis, como as de bicho-mineiro. MICHEREFF (2000) observou que as fêmeas do bicho-mineiro preferem ovipositar nas folhas isentas de ovos, rejeitando aquelas ovipositadas e minadas. Segundo a autora, este comportamento sugere a existência de mecanismos, que minimizam a competição intra-específica e otimizam a seleção de hospedeiros com melhor qualidade nutricional para a prole do inseto.

No processo de oviposição, uma fêmea fecunda segue a seguinte seqüência: orientação (movimento em direção ao hospedeiro), encontro do hospedeiro, pouso, avaliação da superfície e aceitação ou rejeição do mesmo. Na localização do hospedeiro, os principais estímulos são o odor, a forma, o tamanho e a cor (RENEWICK e CHEW, 1994). As mariposas de insetos monófagos e oligófagos são atraídas, principalmente, pelo odor liberado pela planta (BERNAYS e CHAPMAN, 1994). Após a localização do hospedeiro, a aceitação ou rejeição da folha para oviposição depende de suas características químicas, morfológicas e físicas, percebidas pelo inseto através das sensilas presentes nas antenas, tarsos, probóscide e ovipositor (RENEWICK e CHEW, 1994).

A composição química da superfície foliar é uma das características mais utilizadas pelos mecanismos de decisão de oviposição dos insetos. Os estímulos da planta percebidos pelos insetos são positivos ou negativos, ou os dois simultaneamente. A razão entre estimulantes e deterrentes, que estão em

função das condições de crescimento do hospedeiro, idade e estágio fenológico, determinará a aceitação, ou não, da planta hospedeira (BERNAYS e CHAPMAN, 1994; RENWICK e CHEW, 1994).

As mariposas do bicho-mineiro ovipositam ao anoitecer, quando ainda há luz e, somente em folhas, além de preferirem o terço superior do cafeeiro (AVILÉS, 1991; WALKER e QUINTANA, 1969). Este comportamento indica que a qualidade da luz e as folhas possuem alguma forma de estímulo à oviposição. As mariposas visitam várias folhas antes de realizarem a postura, selecionando apenas uma para oviposição. Algumas folhas são praticamente imunes ao ataque pelo bicho-mineiro, em razão de sua idade e suculência, sendo as semimaduras do terceiro e quarto pares as preferidas para oviposição (WALKER e QUINTANA, 1969; BIGGER, 1969).

Após a seleção do hospedeiro, o crescimento, o desenvolvimento e a fecundidade dos insetos são limitados pelo teor foliar de proteínas, principalmente devido à composição dos aminoácidos contido nas mesmas. As proteínas, os esteróis, as vitaminas e alguns minerais são considerados nutrientes essenciais para o inseto, pois, os insetos não podem sintetizá-los. Os carboidratos e lipídios são considerados nutrientes não-essenciais, pois podem ser substituídos pelas proteínas como fonte de energia; entretanto há uma proporção ótima entre proteínas e carboidratos para o crescimento e reprodução dos insetos (BERNAYS e CHAPMAN, 1994; PARRA e PANIZZI, 1991).

A disponibilidade de nutrientes minerais para as plantas altera sua composição química, influenciando os teores e proporções dos nutrientes (proteínas, carboidratos, minerais) para os insetos. O N é o nutriente que mais altera a composição química da planta, sendo que sob alta disponibilidade de N, os teores de proteínas e aminoácidos solúveis na folha aumentam e o teor de açúcares diminui, além de retardar a maturação dos tecidos e diminuir sua lignificação (TAIZ e ZEIGER, 1998; MARSCHNER, 1995). O K, ao contrário, tende a aumentar a lignificação dos tecidos, tornando as plantas mais resistentes aos insetos (PERRENOUD, 1990). Portanto, é possível que a densidade populacional do bicho-mineiro esteja relacionada ao estado fisiológico da planta (NESTEL et al., 1994).

Quando as plantas são submetidas a algum estresse como, por exemplo, desequilíbrio ou deficiência de nutrientes, a eficiência das vias bioquímicas de síntese de compostos estruturais diminui, causando o acúmulo de aminoácidos e açúcares livres nos tecidos (PHELAN et al.,1996). Nesta condição, também há maior hidrólise de proteínas e o transporte de aminoácidos das folhas velhas para as novas, em decorrência da menor fosforilação de enzimas de síntese e aumento na atividade das enzimas de degradação, como as amilases e proteases (HILL, 1980). No entanto, a maior concentração de aminoácidos livres nos tecidos da planta favorece a sobrevivência de insetos sugadores, mas somente os primeiros ínstares dos mastigadores (COCKFIELD, 1988).

Os insetos mastigadores têm alta demanda por N, enquanto o teor de aminoácidos solúveis encontrados nos tecidos é baixo, quando comparado com o teor protéico (MILLS e JONES, 1979; PARRA e PANIZZI, 1991; BERNAYS e CHAPMAN, 1994). Além disso, os insetos mastigadores são capazes de extrair as proteínas foliares, tornando-se menos dependentes da disponibilidade de aminoácidos solúveis na dieta (COCKFIELD, 1988). Portanto, a disponibilidade de proteínas pode ser mais limitante, quando comparada àquela de aminoácidos livres, para a sobrevivência e reprodução dos insetos mastigadores, a exemplo do bicho-mineiro.

Quando os insetos alimentam-se de uma dieta pobre em nutrientes como, por exemplo, plantas deficientes em N, são obrigados a aumentar a velocidade de consumo, ou prolongar o período de alimentação e o estágio de desenvolvimento para compensar a baixa qualidade do alimento (WIER e BOETHEL, 1995; MATTSON, 1980). BENTZ et al. (1995) verificaram alta mortalidade dos primeiros ínstares de *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera) (Aleyrodidae) em plantas de *Euphorbia pulcherrima* não-adubadas, em comparação àquelas adubadas. Assim, a baixa disponibilidade de nutrientes pode ser prejudicial tanto ao inseto, por causar sua mortalidade ou aumentar a exposição aos inimigos naturais e ao ambiente, quanto à planta, que sofrerá maiores danos e terá menor capacidade para recuperar-se do dano sofrido.

Vários trabalhos mostram que as plantas mais vigorosas e com maior disponibilidade de N são mais atacadas, ou favorecem a sobrevivência de ácaros e insetos (BULTIMAN e CONARD, 1998; CARR et al. 1998; FLOATER,

1997; MAIA e BUSOLI, 1992). SALIM e SAXENA (1991) constataram que o crescimento, a longevidade, a fecundidade e a população de *Sogatella furcifera* Horváth (Hemiptera) (Delphacidae) aumentaram significativamente com o aumento nos teores de N em plantas de arroz, enquanto altos teores de K afetaram negativamente a biologia desta praga. A adubação das plantas tende a aumentar a intensidade de ataque das pragas em condições controladas, sem inimigos naturais; entretanto, em condições de campo, a adubação não afeta a população das pragas ou tende a reduzi-las (KYTÖ et al., 1996).

Experimentos com vários níveis de fertilização nitrogenada e, ou potássica têm mostrado que o N aumenta e o K diminui o ataque de pragas (PERRENOUD, 1990; WARING e COBB, 1992). Plantas de tomate com altas concentrações foliares de N foram preferidas por *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera:Chrysomelidae) e por *Aculops lycopersici* Masee (Acari: Eriophyidae) (HUNT, 1994; MOREIRA et al., 1999). Da mesma forma, OUDHIA et al. (1998) obtiveram correlação positiva entre a adubação nitrogenada, em arroz, e o ataque de *Orseolia oryzae* Wood-Mason. BASTOS (1999) avaliou a influência dos sistemas de cultivo e adubação do milho e feijão, em condições de campo, sobre o ataque de pragas. A autora observou correlações positivas entre os teores de N e S com o ataque da maioria das pragas estudadas e sugeriu que as correlações negativas do ataque das mesmas com os teores de P, K, Zn e Cu ocorreram em razão da influência destes nutrientes no metabolismo do N. SINGH et al. (1995) observaram que o aumento na disponibilidade de N induz a um maior ataque de *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hemiptera:Aphididae) em *Brassica juncea*, e que a adubação com P e K reduz, significativamente, o ataque desta praga. O mesmo efeito foi verificado por RAM e GUPTA (1998) na densidade populacional de *Lipaphis erysimi* Kalt. e de *Athalia proxima* klug. em *Brassica campestris* L., e por CISNEROS et al. (2001) no ataque de *Aphis gossypii* (Hemiptera:Aphididae) em algodão. VOS e FRINKING (1997) concluíram que doses moderadas de N, juntamente com doses adequadas de P e K, são recomendadas como uma das táticas do MIP da pimenta.

Há resultados que divergem do esperado, isto é, a intensidade do ataque de pragas diminui com o aumento da fertilização nitrogenada, e aumenta com a fertilização potássica. GRAHAM e GAYLOR (1997),

observaram que as mariposas de *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera:Noctuidae) preferiram ovipositar sobre plantas de algodão crescidas em solos com alta disponibilidade de K. A postura de *Gastrophysa viridula* Degeer (Coleoptera) (Crysomelidae) sobre as folhas de *Rumex obtusifolius* L. decresceu com o aumento da fertilização com nitrato (HATCHER et al., 1997). Na cultura da soja, a população de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera) (Noctuidae) aumentou com os acréscimos nas doses de N e K aplicadas (FUNDERBURK et al.,1991). Os resultados desses trabalhos mostram que o efeito dos níveis de fertilização com N e K sobre o ataque de pragas é específico para cada interação inseto-plantas, podendo prejudicar, beneficiar, ou não afetar a intensidade de ataque das pragas.

Na literatura disponível, foi encontrado somente um relato da influência da adubação do cafeeiro sobre o ataque do bicho-mineiro. Parra, 1975, citado por FANTON (1991), observou que o N e o K reduziram o ataque desta praga no período seco do ano, enquanto no período chuvoso não houve influência do N, sendo que o K diminuiu a intensidade de ataque do inseto.

Os mecanismos específicos de seleção e resistência do hospedeiro aos insetos fitófagos geralmente não são conhecidos (BERNAYS e CHAPMAN, 1994). Entretanto, podem estar relacionados às suas características anatômicas, morfológicas e de crescimento. Podem relacionar-se também a substâncias do metabolismo primário ou secundário da planta ou, à combinação destes fatores (WAIT et al. 1998; BEREMBAUM, 1995; EDWARDS e WRATTEN, 1981).

No metabolismo primário estão presentes compostos comuns a todas as famílias de plantas, tais como os aminoácidos, vitaminas, esteróis, minerais. Esses compostos das plantas podem funcionar como aleloquímicos contra insetos. Um sistema de defesa baseado em determinados teores de metabólitos primários, apresenta a vantagem de causar menor autotoxicidade em relação aos compostos secundários (BEREMBAUM, 1995). Por exemplo, linhagens de soja resistentes a *Epilachna varivestis* Mulsant apresentaram baixos teores foliares de P, Ca e Fe (ELDEN e KENWORTHY,1994). ZOU e CATES (1994) verificaram que a concentração de carboidratos, mais especificamente a presença de galactose, estava relacionada à mortalidade de larvas de *Choristoneura occidentalis* Freeman (Lepidoptera:Tortricidae). Mas,

devido à falta de resultados de pesquisa disponíveis, não é possível afirmar que os mecanismos de defesa da planta baseados nos metabólitos primários, são raros ou comuns (BEREMBAUM, 1995).

Os compostos secundários (CS) são aqueles específicos para cada família vegetal (BERENBAUM, 1995). Estes compostos são utilizados como substância de reserva, na tolerância ao estresse do ambiente e, ou contra o ataque de pragas e doenças (HERMANS e MATTSON, 1992). Porém, não são muito efetivos contra insetos especialistas, como observado por GUERREIRO FILHO e MAZZAFERA (2000).

A disponibilidade de nutrientes, principalmente do N, está relacionada à presença e níveis dos CS, conforme relatado por vários pesquisadores (BJORKMAN et al., 1998; KERSLAKE et al., 1998; KORICHEVA et al., 1998; WILKENS et al. 1996; FELLER et al. 1995; ESTIARTE et al. 1994; BRYANT et al., 1993; BRYANT et al., 1983). O excesso de N no tecido foliar tende a mudar o metabolismo de carboidratos e N, conduzindo a partição dos fotoassimilados preferencialmente para a síntese de aminoácidos e proteínas, em relação à síntese de sacarose e amido (MARSCHNER, 1995). Ao contrário, sob deficiência de N, ocorre maior acúmulo de carboidratos (MENGEL e KIRKBY, 1987). O equilíbrio entre carboidratos e compostos nitrogenados na planta irá influenciar a síntese de compostos de defesa (SCD). O aumento no teor de carboidratos favorece a SCD que contém somente carbono e reduz a síntese daqueles que contém C e N (KORICHEVA et al., 1998). No entanto, nas plantas estressadas o metabolismo normal é comprometido e, menos metabólitos fotossintéticos são destinados à SCD, condição esta que aumenta a suscetibilidade da planta aos insetos. (EDWARDS e WRATTEN, 1981).

Entre as principais hipóteses utilizadas para explicar o efeito da adubação no teor de CS e no ataque de pragas, pode-se citar a hipótese do balanço carbono/nitrogênio (BCN) (BRYANT et al., 1983) e a hipótese do balanço de crescimento-diferenciação da planta (BCD) (HERMANS e MATTSON, 1992). De acordo com a hipótese do BCN a produção de CS baseados em carbono (terpenos, fenóis, etc) aumenta com o acréscimo da relação C/N, enquanto a produção de CS baseados em nitrogênio (inibidores de proteases, alcalóides, e outros) diminui com o aumento da relação C/N. A hipótese do BCN, na maioria das vezes, explica a presença e concentração

dos compostos de defesa da planta, pois a disponibilidade de N é, geralmente, o fator limitante para o crescimento. Mas, se outro nutriente for limitante, o N não determinará a alocação dos compostos de defesa e, portanto, a confirmação da hipótese poderá não ocorrer (FELLER, 1995). Na hipótese do BCD, a velocidade de crescimento e os níveis de defesa da planta são mutuamente exclusivos. A alta disponibilidade de nutrientes estimula o crescimento de folhas novas e aumenta a força do dreno e sua demanda por carboidratos, e conseqüentemente, diminui a quantidade de compostos orgânicos destinados à síntese de CS de defesa.

Ao nível ecológico e evolucionário, plantas que crescem em ambientes com boa disponibilidade de recursos adotam a estratégia de rápido crescimento e diferenciação, em detrimento da síntese de compostos de defesa (COLEY et al., 1985). É possível que o aumento na disponibilidade de nutrientes durante determinado período também apresente a mesma resposta, ou seja, torne as plantas mais susceptíveis ao ataque dos insetos. Deve-se considerar também que no melhoramento das culturas conseguem-se plantas mais produtivas, porém com maior exigência por nutrientes minerais, alocando os fotoassimilados preferencialmente para crescimento e reprodução que para defesa. Conseqüentemente, as plantas domesticadas são mais produtivas e mais suscetíveis aos insetos (ROSENTHAL e DIRZO, 1997)

Os tecidos jovens, ricos em N, contêm defesas qualitativas (alcalóides, glicosídeos cianogênicos, peptídeos e aminoácidos não-protéicos, etc.), enquanto as folhas maduras são protegidas pelo aumento na concentração de compostos redutores de digestibilidade (lignina, fenóis, taninos, terpenos, etc.) (HERMANS e MATTSON, 1992). As folhas maduras têm menor conteúdo de proteínas, menor tempo de duração e são menos ativas fotossinteticamente que as folhas novas (Harper, 1989 citado por JENSEN et al., 1997). Assim, o decréscimo na concentração de aleloquímicos com a maturação da folha, provavelmente é devido à menor importância dessas folhas para a performance da planta que a das folhas novas (Harper, 1989, citado por JENSEN et al., 1997; SCRIBER e SLANSKY, 1981). Talvez o cafeeiro apresente boa capacidade para compensar a perda de folhas velhas pela produção de folhas novas quando as condições nutricionais da planta e ambientais são adequadas.

As plantas podem compensar um baixo nível de desfolha sem redução na produção, sendo que o cafeeiro suporta perfeitamente até 25% de desfolha sem efeito significativo sobre a mesma (MACNAUGHTON, 1983; VILLACORTA, 1980). Os mecanismos de crescimento compensatório sob baixa intensidade de ataque de pragas estão relacionados à maior disponibilidade de luz e à maior relação raiz/parte aérea. Esta resposta, entretanto, é limitada sob baixa disponibilidade de nutrientes e água (HERMANS e MATTSON, 1992; MACNAUGHTON, 1983). A capacidade compensatória da planta aos danos causados pelos insetos depende de fatores endógenos como, por exemplo, a limitação da produção pela fonte, ou pelo dreno, bem como por fatores exógenos como a intensidade e época do ataque e a disponibilidade de nutrientes (TRUMBLE et al., 1993). Segundo ORIANI e FRITZ (1996), o genótipo da planta e a disponibilidade de nutrientes no solo determinam as características de crescimento e tolerância das plantas às pragas.

Os mecanismos de defesa da planta ainda podem ser classificados em defesas constitutivas, ou seja, aquelas já presentes nos tecidos do hospedeiro (BRYANT et al., 1983) ou defesas induzidas, aquelas sintetizadas após o ataque do inseto (AGRAWAL, 1998; KARBAN et al. 1997; KARBAN e MAYERS, 1989). As defesas induzidas são efetivas, principalmente, sobre os insetos pouco móveis como os minadores foliares (Fernandes, 1990, citado por HERMANS e MATTSON, 1992). Os compostos de defesa induzida pelo ataque de insetos, a exemplo dos inibidores de protease, dependem da codificação genética de proteínas para sua síntese (KORTH e DIXON, 1996; RYAN, 1990). Os nutrientes minerais, por participarem nesse processo, podem ser fundamentais para as respostas de defesa induzidas.

Os níveis de defesa ou a resistência da planta podem ser influenciados pela disponibilidade de nutrientes (STOUT et al., 1998; BRYANT et al., 1993; WARING e COBB, 1992), pela velocidade de crescimento da planta (HERMANS e MATTSON, 1992) e pela prévia herbivoria (AGRAWAL et al., 1998; BRYANT et al., 1993). Mas, o que determina a quantidade e a qualidade dos compostos de defesa é o custo metabólico de sua produção, que é favorecida por seleção natural somente quando este custo for menor do que os

benefícios promovidos pelo aumento de proteção do hospedeiro contra os insetos fitófagos (COLEY et al., 1985; EDWARDS e WRATTEN,1981).

Os mecanismos de defesa das plantas podem ser devidos à participação de um terceiro nível trófico, através da liberação de compostos voláteis, que atraem predadores e parasitóides (MORAES et al., 2000; PARÉ e TUMLINSON, 1998; RÖSE et al., 1998). Na presença do terceiro nível trófico, um baixo nível de resistência de plantas contra insetos pode ser induzido por mudanças fisiológicas do hospedeiro (Van ENMEDEN e WEARING, 1965). De acordo com esses autores, as plantas com baixo nível de resistência, quando comparadas a outras susceptíveis, cultivadas no mesmo ambiente, não têm seu nível de dano atingido, ou demora-se mais tempo para atingi-lo. Este fato está relacionado ao maior tempo requerido para o desenvolvimento larval nas plantas com alguma resistência, e à atuação mais eficiente dos inimigos naturais em relação às plantas susceptíveis.

Em geral, a nutrição mineral das plantas influencia seu processo de crescimento e altera suas particularidades físicas, químicas e estruturais, as quais são responsáveis pela capacidade regenerativa, pela atratividade e pelo valor nutricional do hospedeiro para as pragas, resultando em plantas mais resistentes ou susceptíveis. A otimização da relação crescimento/resistência do hospedeiro é determinante para uma produção sustentável. Mas, os mecanismos para uma interação balanceada entre insetos e plantas, bem como a relação desses mecanismos com as características de crescimento das plantas, ainda devem ser elucidados. Neste aspecto, é necessário um melhor entendimento sobre a relação entre a nutrição da planta e seu crescimento, composição e ataque por insetos (ANDERSON et al. 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, durante o período de outubro de 1997 a abril de 1998, em Viçosa-MG. Para produção das mudas as sementes da variedade Catuaí Vermelho IAC 99 foram embebidas em água, à temperatura ambiente, por 12 horas. Após este período, fez-se o semeio em bandejas contendo areia como substrato. Antes do semeio, a areia recebeu um tratamento com solução de HCl a 5% (V/V) por uma semana, e posterior enxágüe com água corrente até atingir pH 5,5. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento à temperatura constante de 30°C e 12 horas de luz, até o início da germinação.

Quando as plântulas atingiram o estágio “orelha-de-onça” foram transferidas para vasos contendo nove litros de solução nutritiva. Utilizou-se o sistema hidropônico, fechado, não-circulante e em água (desionizada), com aeração artificial da solução nutritiva (compressor). Os vasos foram pintados com tinta metálica cinza, para evitar o aquecimento excessivo da solução nutritiva e formação de algas.

Nos primeiros 15 dias após a instalação do experimento utilizou-se solução nutritiva meia força (metade das concentrações). Nas demais fases foi

utilizada solução nutritiva uma força, preparada a partir de soluções-estoque, conforme descrito por MARTINEZ (1997). As soluções-estoque foram preparadas com os seguintes sais: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NH_4NO_3 , MgSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KCl , Na_2EDTA , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Na condução do experimento, o volume e o pH da solução nutritiva foram verificados diariamente em todos os vasos. Quando necessário adicionou-se água desionizada para completar o volume, e HCl ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$) ou NaOH ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$) para corrigir o pH, mantendo-o próximo a 5,5. A solução nutritiva foi substituída quando a concentração de K atingiu 50% da concentração inicial no tratamento com menor dose deste nutriente.

Para estabelecimento da criação dos insetos necessários ao experimento foram coletadas folhas com pupas e, capturadas mariposas do inseto em lavouras em produção. A unidade de criação foi composta por gaiolas de madeira, com um metro cúbico, teladas com organza, onde colocaram-se mudas de café para postura das mariposas e alimentação das larvas. Essas gaiolas foram mantidas dentro da casa-de-vegetação.

As plantas permaneceram livres do ataque da praga até atingiram seis meses de idade, pois a casa-de-vegetação era telada, não permitindo a entrada de mariposas do inseto. Após este período foram realizadas liberações dos adultos de bicho-mineiro dentro da mesma. As mariposas do inseto tinham livre acesso e podiam selecionar qualquer uma das plantas dos tratamentos. Por esta razão não foi realizada a sexagem, nem padronizada a idade das mariposas liberadas. Foram liberadas 100 mariposas por semana nas três primeiras semanas, e 200 mariposas por semana nas três semanas seguintes, totalizando 900 mariposas para 96 mudas de cafeeiro. O período de ataque dos insetos desde o início da liberação das mariposas foi de dois meses.

3.2. Tratamentos e Análise estatística

Os tratamentos consistiram da combinação de doses crescentes de N (3, 7, 11, 15 mmol.L^{-1}), sendo 20% na forma de NH_4^+ e 80% na forma de NO_3^- , com doses crescentes de K (3, 5, 7, 9 mmol.L^{-1}). Os demais nutrientes foram

adicionados à solução nutritiva, em concentrações suficientes à nutrição das plantas, e nas mesmas concentrações para todos os tratamentos. As concentrações dos demais macronutrientes em mmol.L^{-1} e dos micronutrientes em $\mu\text{mol.L}^{-1}$ foram: Ca = 4; Mg = 2; P = 0,5; S = 2; Zn = 1,5; B = 46; Cu = 0,3; Mo = 0,5, Fe = 60 e Mn = 36.

O experimento foi instalado em esquema fatorial 4X4, no delineamento inteiramente ao acaso com três repetições e duas plantas por parcela, totalizando 48 vasos e 96 plantas. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação linear simples, utilizando-se o programa SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética (EUCLYDES, 1983). Os modelos foram escolhidos com base no coeficiente de determinação, no fenômeno em estudo e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste "t". Adotaram-se os níveis de significância de 1 e 5% de probabilidade, exceto para a característica de intensidade do ataque de bicho-mineiro para a qual adotou-se o nível de 10% de probabilidade.

3.3. Características avaliadas

As plantas foram colhidas aos oito meses de idade. Após a colheita, foram avaliadas as seguintes características: área foliar (AF), área minada (AM), número de minas (NM), número de folhas com minas (FM) e número total de folhas (NTF). A partir desses valores, obtiveram-se a porcentagem de folhas minadas $[(\text{FM}/\text{TF}) \times 100]$, o tamanho médio de minas (AM/NM) e o tamanho médio de folhas (AF/TF).

Em seguida, as folhas, caules e raízes foram lavadas com água desionizada e secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C , até atingirem peso constante. Em seguida, foi obtido o peso da matéria seca de folhas (MSF) e o peso de matéria seca total por planta. Essas folhas foram moídas em moinho de aço inoxidável tipo Willey, padronizadas em peneiras de 20 mesh e acondicionadas em sacos de papel, para posterior determinação dos teores foliares dos nutrientes minerais, proteínas, açúcares solúveis totais, amido e lignina. O peso foliar específico (PFE) foi obtido pela relação (MSF/AF).

A área foliar foi determinada em medidor de área foliar (Model 3100 Area meter). Para obtenção da área foliar minada as lesões foram copiadas em folhas de acetato e coloridas com caneta de retroprojeter preto, conforme utilizado por POZZA (1999). As folhas de acetato foram então levadas ao medidor de área foliar para determinar a área minada por planta (AM).

3.4. Análises em laboratório

Para extração dos nutrientes minerais o material vegetal seco e moído foi submetido às seguintes digestões: sulfúrica para extração do N-orgânico; nitroperclórica para extração de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn e Mn (JOHNSON e ULRICH, 1959); banho-maria a 45°C durante uma hora, para a extração de NO_3^- e digestão das amostras por via seca (calcinação em mufla a 550 °C) para extração do B.

Após a digestão do material vegetal seco, determinaram-se os teores dos nutrientes pelos seguintes métodos: N orgânico pelo método colorimétrico de Nessler (JACKSON, 1958); nitrato por colorimetria (CATALDO et al., 1975); P pelo método da vitamina C, modificado por BRAGA e DEFELIPO (1974); K por fotometria de chama; Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica, segundo ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC (1975); S por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958) e B por colorimetria, pelo método da azometrina-H (BINGHAM, 1982).

Os teores de proteína, em porcentagem na matéria seca, foram obtidos pela multiplicação dos teores de N-orgânico pelo fator 6,25 (WATT e MERRIL, 1975). Os açúcares totais e amido na matéria seca foram extraídos com álcool etílico 80% e determinados por colorimetria pela reação glicose-antrona-ácido sulfúrico (MCCREADY et al., 1950). A extração da lignina foi realizada em detergente ácido, sendo seus teores determinados pelo método do permanganato de potássio, como descrito por SILVA (1998).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão das características: intensidade de ataque do bicho-mineiro, crescimento e morfologia das mudas de cafeeiro, teores foliares dos nutrientes minerais, e teores foliares de proteínas, açúcares solúveis totais, amido e lignina são apresentados em tópicos.

4.1. Intensidade do ataque de bicho-mineiro

O número de minas por planta reflete a preferência de oviposição das mariposas do bicho-mineiro, isto é, quanto maior o número de minas, maior o número de posturas realizadas no hospedeiro. As características número de larvas e pupas indicam a performance do inseto sobre o hospedeiro, ou seja, quanto maior o número destas, provavelmente, maior será a sobrevivência e crescimento da população do inseto. A variável tamanho de minas pode ser utilizada para classificar a qualidade do hospedeiro para as larvas dos minadores. Quando os insetos alimentam-se de dieta de baixa qualidade, eles tendem a consumir maior quantidade de tecido e produzir minas de maior tamanho. Entretanto, o número de folhas minadas por planta é o índice que melhor expressa a intensidade de danos causados pela praga, pois uma folha

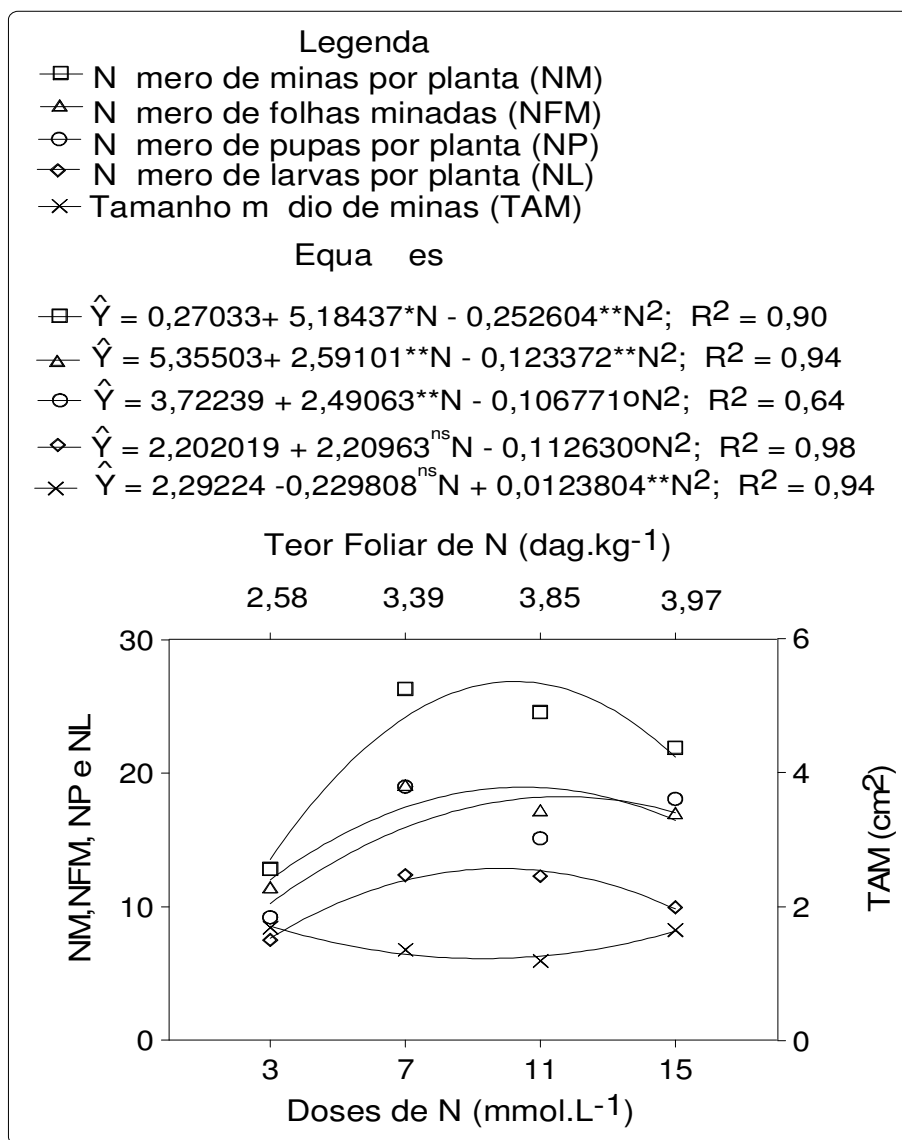
minada, independentemente do tamanho e número de minas, irá senescer primeiro do que as folhas não atacadas, causando a redução da área fotossinteticamente ativa (GRAVENA,1983).

As características de ataque do bicho-mineiro em função das doses de N ajustaram-se ao modelo quadrático. O maior número de minas (27) foi obtido para a dose 10,26 mmol.L⁻¹ de N; de folhas minadas (19) para a dose 10,5 mmol.L⁻¹ de N; de larvas (13) para a dose 9,8 mmol.L⁻¹ de N e de pupas (18) para a dose 11,6 mmol.L⁻¹ de N. O menor tamanho médio de minas (1,22 cm²) foi obtido para a dose 9,28 mmol.L⁻¹ de N. Observa-se que as doses próximas a 10 mmol.L⁻¹ de N, correspondendo a teores foliares de N de 3,77 dag.kg⁻¹, favoreceram o ataque do bicho-mineiro (Figura 2).

Os resultados apresentados sugerem que o teor de N influencia os mecanismos de seleção da planta hospedeira pelo inseto no momento da oviposição, bem como a sobrevivência das larvas. Em vários trabalhos envolvendo outras culturas verificaram-se respostas positivas do ataque de insetos com a nutrição nitrogenada (BARROS e ZUCOLOTO,1999; OUDHIA et al., 1998; HUNT et al., 1994). A oviposição de *B. tabaci* em *Euphorbia pulcherrima* foi maior nas plantas adubadas com N que naquelas não fertilizadas (BENTZ et al., 1995). A performance de *Agromyza nigripes* (Diptera:Agromyzidae) em plantas de *Holcus lanatus* L. foi melhor nos tratamentos com níveis médios de adubação utilizados (.BRUYN et al., 2002). De acordo com WARING e COBB (1992), a resposta positiva dos insetos à disponibilidade de nutrientes é limitada, ou seja, acima de um determinado teor do nutriente, a preferência dos insetos pelo hospedeiro diminui, conforme constatado neste trabalho.

Segundo MICHEREFF (2000), as mariposas de bicho-mineiro, possivelmente apresentam mecanismos para selecionar o hospedeiro mais adequado para a prole, pressuposição esta confirmada neste experimento. Há vários relatos sobre o efeito benéfico da adubação das plantas sobre o desenvolvimento e sobrevivência de larvas e pupas, e sobre o crescimento da população de pragas (RAM e GUPTA, 1998; BULTIMAN e CONARD, 1998; CARR et al., 1998; KERSLAKE et al., 1998; FLOATER, 1997; KYTÖ et al., 1996). WARING e COBB (1992) relatam que o crescimento, sobrevivência, fecundidade ou abundância de artrópodes em plantas fertilizadas, aumentou

em 60% dos 186 estudos revisados e decresceu em apenas 11% dos trabalhos. Portanto, é provável que a fertilização do cafeeiro favoreça a proliferação do bicho-mineiro, apesar de não ter sido avaliada a biologia do inseto.



^{ns}, °, * e ** = não significativo e significativo a 10, 5 e 1%, respectivamente

Figura 2 - Estimativa do número de minas, folhas minadas, larvas e pupas e do tamanho médio de minas em mudas de cafeeiro, em função de doses de N.

Os insetos consomem maior quantidade de alimento e demoram mais tempo para completar o estágio larval quando submetidos a dietas pobres em

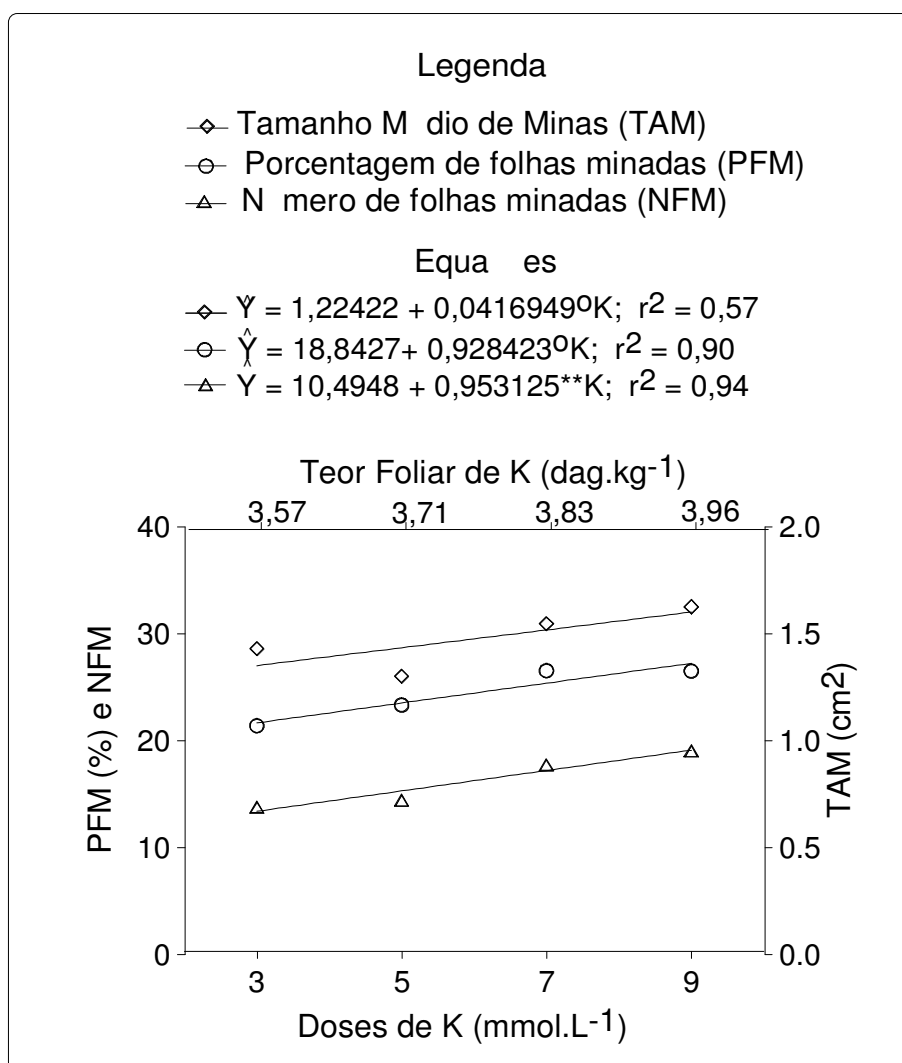
N, ou quando estão presentes compostos redutores de digestibilidade, tais como a celulose e a lignina (MATSSON, 1980). O menor tamanho médio de minas, constatado neste trabalho, deve estar relacionado à dieta mais adequada para o inseto, com menor quantidade de compostos redutores de digestibilidade, condição em que as larvas atendem suas necessidades nutricionais com menor consumo de tecido foliar. Ao contrário, quando as larvas alimentam-se em plantas com desequilíbrio nutricional, devem obter uma dieta de pior qualidade, necessitando consumir maior área foliar para completar este estágio de desenvolvimento.

O número de folhas minadas, a porcentagem de folhas minadas e o tamanho médio de minas aumentaram linearmente com o acréscimo nas doses de K (Figura 3). Esta resposta, provavelmente, deve-se à participação do K na síntese de proteínas e compostos secundários (PERENOUD, 1990). A proteína é um nutriente essencial para o inseto, enquanto os compostos secundários, geralmente, não têm efeito adverso sobre insetos especialistas, além de serem utilizados por estes na identificação da planta hospedeira (EDWARDS e WRATTEN, 1981).

No campo, a porcentagem de folhas minadas é utilizada como índice para avaliação da necessidade de controle do bicho-mineiro em plantas adultas. Segundo SOUZA et al. (1998), o nível de dano econômico (NDE) é de 20% de folhas minadas e não predadas na amostragem do terço superior da planta, e de 30% quando se avaliam os dois terços superiores, em amostras coletadas em plantas adultas. Porém, em mudas, não há um valor estabelecido para o NDE. No entanto, com base nos valores de porcentagem de folhas minadas obtidos (22-27%) pode-se afirmar que o nível de dano foi atingido, e que a quantidade de mariposas liberadas foi suficiente para a avaliação da intensidade de ataque do bicho-mineiro.

A maior intensidade de ataque do bicho-mineiro, considerando todas as características de ataque avaliadas, foi observada para as doses de N entre 9,28-11,26 mmol.L⁻¹ de N, e para a dose de 9 mmol.L⁻¹ de K (Figuras 2 e 3). O resultado deste experimento diverge do obtido por Parra, 1975, citado por FANTON (1991), que observou uma redução no ataque do bicho-mineiro em plantas adubadas com N e K. A discordância de resultados destes trabalhos é

devida às condições em que foram realizados, casa de vegetação e campo, respectivamente.



[°] e ^{**} = significativo a 10 e 1%, respectivamente

Figura 3 - Estimativa do número de folhas minadas, da porcentagem de folhas minadas e do tamanho médio de minas em mudas de cafeeiro, em função de doses de K.

Segundo KYTÖ et al. (1996), em condições controladas a fertilização das plantas aumenta o ataque de pragas, porém, não influencia ou reduz esse ataque em condições de campo. Em cultivo no campo as plantas estão sujeitas às variações do clima (temperatura, pluviosidade), do solo (disponibilidade variável de nutrientes), à ocorrência de pragas e doenças, etc. Estes fatores e

o controle exercido por inimigos naturais afetam a população do bicho-mineiro no campo. Em casa-de-vegetação as plantas são expostas a menores variações de ambiente, a disponibilidade de nutrientes é mais facilmente controlada, além do inseto estar livre de predadores. Portanto, apesar de não refletir a realidade de campo, este experimento permitiu avaliar a influência dos nutrientes tanto sobre o crescimento do cafeeiro quanto sobre o ataque do bicho-mineiro, isoladamente, sem interferência dos demais fatores que afetam o ataque da praga.

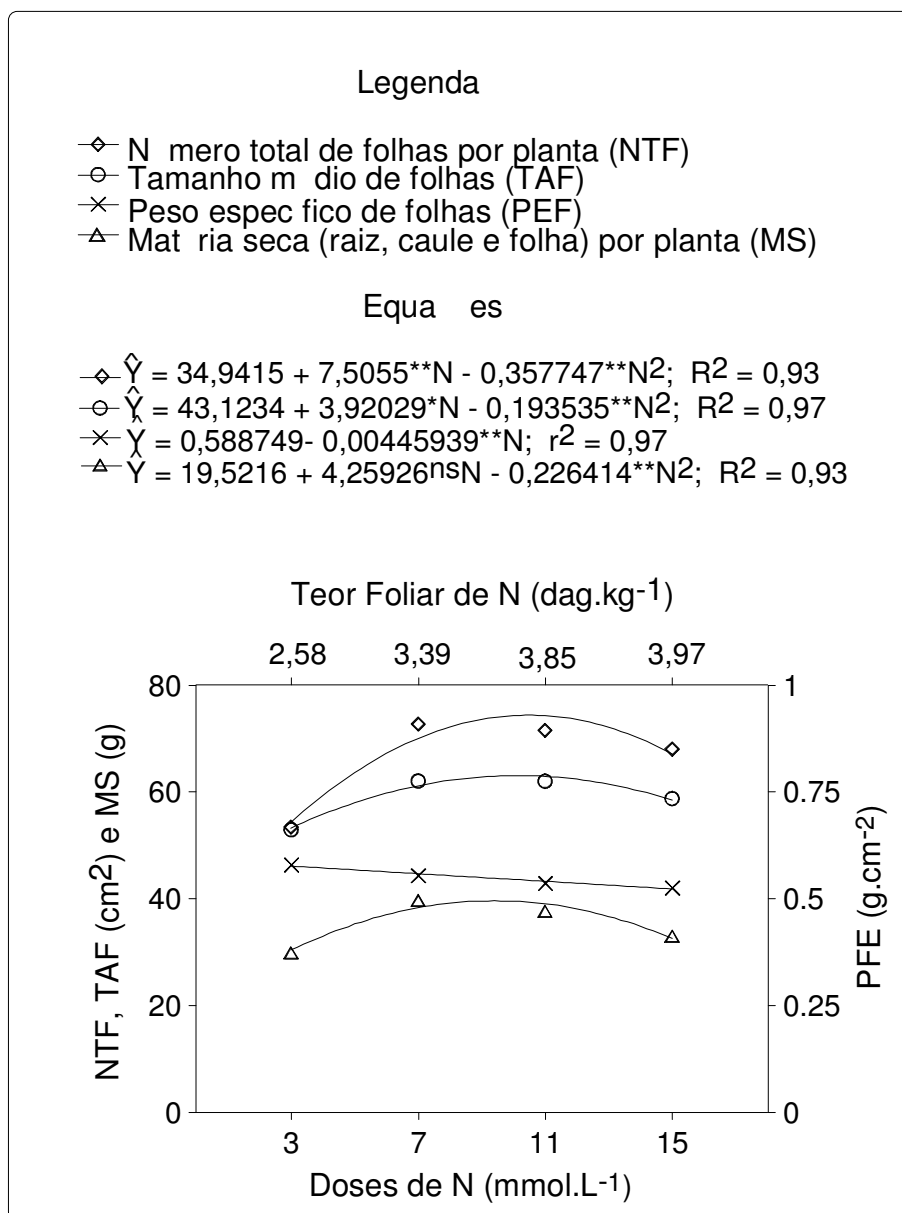
4.2. Características de crescimento e de morfologia foliar

4.2.1. Análise de regressão

As características de crescimento, em função das doses de N, ajustaram-se ao modelo quadrático. A maior produção de matéria seca (39,55 g) foi obtida para a dose 9,4 mmol.L⁻¹ de N; número total de folhas (63) para a dose 10,48 mmol.L⁻¹ de N; e o tamanho médio de folhas (75,26 cm²) para a dose 10,12 mmol.L⁻¹ de N (Figura 4). A dose de 9,4 mmol.L⁻¹ de N, correspondendo ao teor foliar de 3,71 dag.kg⁻¹ de N, foi considerada a mais adequada para nutrição das plantas, pois proporcionou maior produção de matéria seca por planta. O peso foliar específico decresceu linearmente com o aumento nas doses de N. O total de folhas foi a única característica de crescimento das mudas de café influenciada pelas doses de K, aumentando linearmente com as doses deste nutriente (Figura 5).

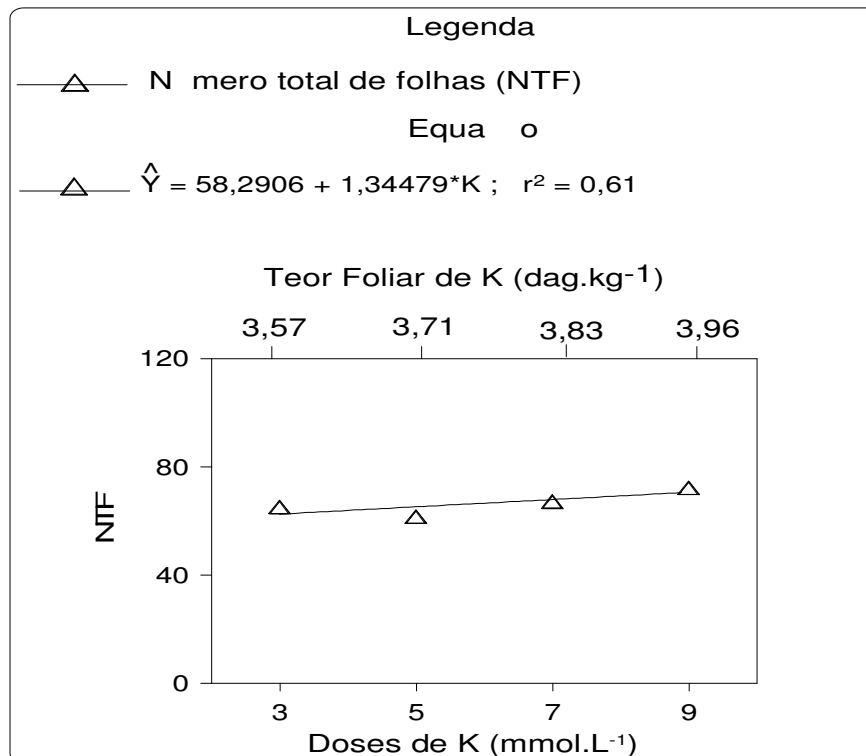
O crescimento das plantas é fortemente influenciado pela disponibilidade de N e K, pois estes nutrientes são importantes para aumentar a atividade fotossintética, a multiplicação, a expansão e diferenciação celular. Em baixa disponibilidade de N o crescimento é reduzido (Figura 4). À medida que essa disponibilidade aumenta, a produção e expansão de folhas novas são estimuladas, porém, o peso foliar específico e a relação raiz/parte aérea são reduzidos (MARSCHENER,1995; WERF e NAGEL, 1996). O excesso de N causa desequilíbrio nutricional, autosombreamento e aumento da taxa respiratória, causando queda na produção de matéria seca (HIROSE, 1988). A

nutrição potássica é importante para estimular o crescimento meristemático das plantas contribuindo para aumentar a produção de ramos e folhas (PERRENOUD, 1990), sendo o último observado neste trabalho (Figura 5).



* e ** = significativo a 5 e 1%, respectivamente

Figura 4 - Estimativa do número total de folhas, tamanho médio de folhas, peso de matéria seca total por planta e peso específico de folhas em mudas de cafeeiro, em função de doses de N.



* = significativo a 5 %

Figura 5 - Estimativa do número total de folhas em mudas de cafeeiro, em função de doses de K.

4.2.2. Análise de correlação

O Quadro 1 apresenta os valores de correlação entre o número de minas e de folhas minadas com o número total de folhas, tamanho médio de folhas e peso específico de folhas.

As mariposas de bicho-mineiro preferem ovipositar em folhas isentas de ovos (MICHEREFF, 2000). Quanto maior o número total de folhas e o tamanho médio de folhas, maior será a disponibilidade de áreas não atacadas para oviposição dos adultos, o que pode ser uma explicação para as correlações obtidas (Quadro 1). No entanto MEDINA FILHO et al. (1977), não verificaram diferenças quanto ao ataque do bicho-mineiro às espécies de cafeeiros com folhas de tamanho e espessura variáveis.

Quadro 1 – Estimativa dos coeficientes de correlação linear simples entre o número total de folhas, tamanho médio da folha, peso foliar específico com o número de minas e de folhas minadas, em mudas de cafeeiro.

Características de Crescimento	Intensidade do ataque de bicho-mineiro	
	Número de minas	Número de folhas minadas
Número total de folhas	0,319*	0,442**
Tamanho médio de folhas	0,447**	0,349**
Peso foliar específico	-0,357**	-0,273*

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste “t”.

A espessura da folha, inferida neste trabalho por meio do peso foliar específico, mostrou correlação negativa com as características de intensidade do ataque de bicho-mineiro (Quadro 1). A ocorrência de maior ataque do inseto a folhas mais finas pode ser devida ao fato de estas folhas serem mais tenras e suculentas em virtude de maior disponibilidade de N. Segundo WALKER e QUINTANA (1969), um dos prováveis mecanismos de seleção do local de oviposição pela mariposa do bicho-mineiro, é a detecção da suculência do tecido. Para MILLS e JONES (1979), o excesso de N aumenta a suculência do tecido tornando-o mais sujeito ao ataque dos insetos. Ao contrário, uma maior dureza ou rigidez dos tecidos está associada a uma menor disponibilidade de água e nutrientes, sendo considerada um importante mecanismo de defesa contra insetos (FERNANDES,1994).

A espessura da folha, isoladamente, não deve ser um fator importante para a sobrevivência das larvas deste inseto, pois estas larvas alimenta-se somente do parênquima paliçádico, ou seja, de uma camada pouco espessa (SOUZA et al., 1998). KIMMERER e POTTER (1987) e POTTER (1992) observaram que folhas de *Ilex opaca* expostas ao sol apresentavam três a quatro camadas de células de tecido paliçádico e, as sombreadas duas camadas. Observaram ainda, que houve maior abundância e sobrevivência do minador *Phytomyza ilicicola* Loew (Diptera:Agromyzidae) em folhas de *I. opaca* a pleno sol do que nas sombreadas. Em folhas mais espessas as larvas conseguiam evitar o consumo de cristais de oxalato de Ca, que nesta planta

ocorre na camada inferior das células do parênquima paliçádico. É possível que para o cafeeiro a espessura das folhas se correlacione negativamente com o ataque do bicho-mineiro, se associada à presença de cristais de oxalato de cálcio no parênquima paliçádico, como ocorre na espécie referida anteriormente.

Portanto, as alterações que ocorrem nas características de crescimento das mudas de cafeeiro em resposta à disponibilidade de N, influenciaram o ataque do bicho-mineiro. Há resultados semelhantes a estes para outras culturas, nas quais as plantas com maior comprimento do internódio e maior velocidade de expansão da folha e área foliar foram mais atacadas por insetos (WAIT et al., 1998; ORIANIS e FRITZ, 1996; CHIANG e NORRIS, 1983). PRICE (1991) propôs a hipótese do vigor da planta, segundo a qual os insetos, particularmente os especialistas, preferem plantas de crescimento vigoroso àquelas sob estresse. Segundo HERMANS E MATTSON (1992), o aumento na disponibilidade de nutrientes estimula o crescimento, mas reduz os níveis dos compostos de defesa das plantas, tornando-as mais susceptíveis ao ataque de pragas. Neste experimento, constatou-se maior ataque do bicho-mineiro em plantas mais vigorosas (Figuras 2 e 4), resultado este que concorda com os trabalhos relatados e com as hipóteses propostas por HERMANS E MATTSON (1992) e PRICE (1991).

As plantas mais vigorosas foram mais atacadas, mas provavelmente suportaram maior ataque. Segundo TRUMBLE et al. (1993), a disponibilidade de nutrientes é essencial para que a planta se recupere do ataque de pragas por meio de mecanismos de crescimento compensatório. Magalhães, 1964, citado por VILLACORTA (1980) relata que o cafeeiro suporta até 25% de perda de área foliar sem comprometer seu potencial produtivo. Porém, não foi encontrado nenhum trabalho que tenha avaliado o efeito da disponibilidade de nutrientes sobre a tolerância do cafeeiro ao bicho-mineiro. Esta escassez de trabalhos talvez ocorra devido ao grande número de fatores que afetam os mecanismos de tolerância da planta, tais como: época e intensidade do ataque, idade da planta, quantidade e época de aplicação de fertilizantes e condições climáticas (TRUMBLE et al., 1993; MCNAUGHTON, 1983).

Assim, verifica-se que as doses de N que proporcionaram maior produção de matéria seca ($9,4 \text{ mmol.L}^{-1}$ de N) estão próximas às doses que

causaram maior intensidade do ataque do bicho-mineiro (9,26-11,6 mmol.L⁻¹ de N) (Figuras 2 e 4). Nestas doses, apesar do maior ataque do bicho-mineiro, não houve prejuízo quanto ao crescimento das plantas. Logo, a nutrição nitrogenada e potássica de mudas de café não é uma tática eficiente para evitar o ataque do bicho-mineiro; entretanto em níveis adequados, poderá ser importante para a tolerância da planta ao ataque desta praga.

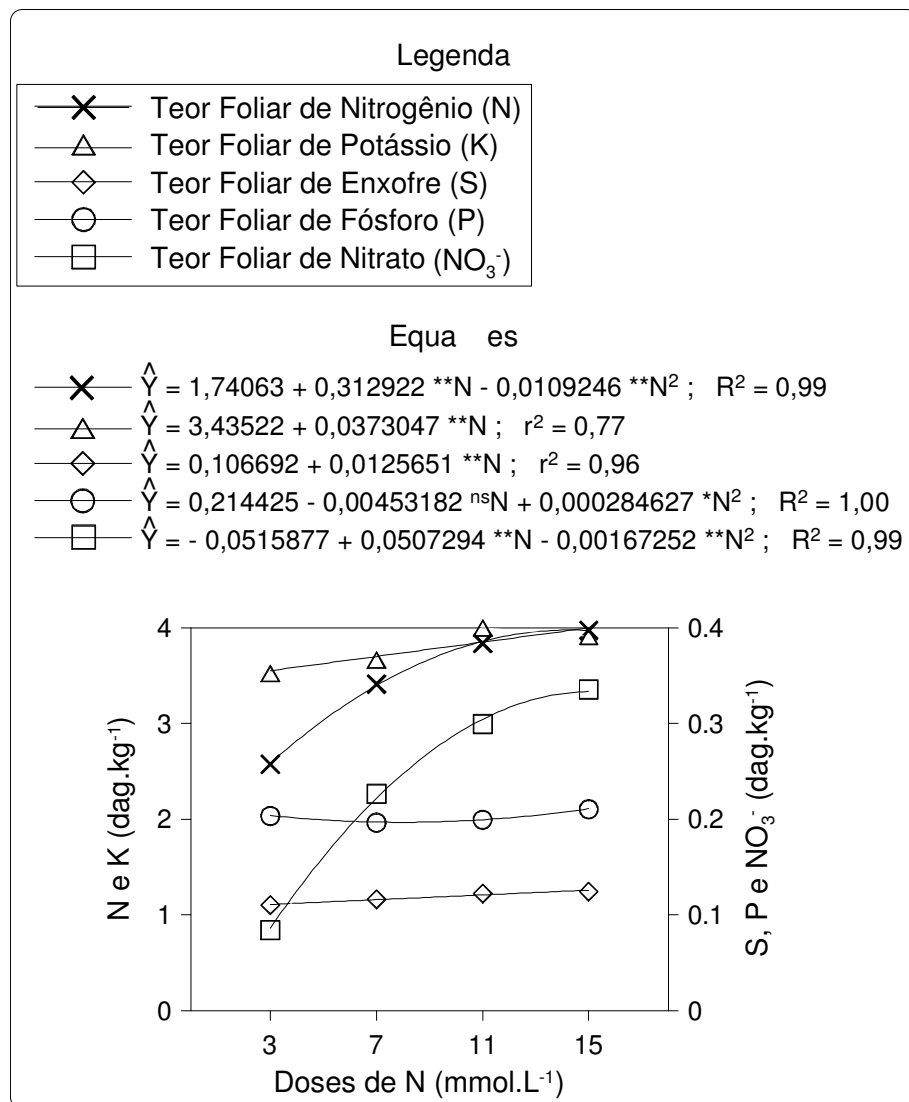
4.3. Teores foliares de nutrientes minerais

4.3.1. Análise de regressão

Os teores foliares de N, em função das doses de N e de K, ajustaram-se ao modelo quadrático. Os maiores teores foliares de N foram obtidos para as doses 14,3 mmol.L⁻¹ de N e 4,42 mmol.L⁻¹ de K, correspondendo a teores foliares de 3,97 e 3,58 dag.kg⁻¹ de N, respectivamente. Os teores de K em função das doses de N e K aumentaram linearmente, apresentando valores entre 3,55 e 3,99 dag.kg⁻¹ de K, para as doses de N, e entre 3,6 e 3,95 dag.kg⁻¹ de K para as doses de K. Os teores foliares de P, em função das doses de N, ajustaram-se ao modelo quadrático, apresentando ponto de mínimo na dose 7,96 mmol.L⁻¹ e teor de 0,19 dag.kg⁻¹ de P. Os teores foliares de S, em função das doses de N e de K, aumentaram linearmente, porém ficaram numa faixa estreita, entre 0,11-0,13 dag.kg⁻¹ de S. Os teores foliares de NO₃⁻, em função das doses de N, variaram de 0,08 a 0,33 dag.kg⁻¹, atingindo o maior valor na dose de 15 mmol.L⁻¹ de N (Figuras 6 e 7).

O teor foliar de N associado ao maior crescimento das mudas de cafeeiro foi 3,71 dag.kg⁻¹ de N. Este valor está um pouco acima do obtido por POZZA (1999), que verificou teores foliares de 3,29 dag.kg⁻¹ de N associados à maior produção de matéria seca por mudas de café crescidas em solução nutritiva com diferentes doses de N e K. Quanto ao K, os teores obtidos neste trabalho estão acima do teor foliar considerado adequado (2,8 dag.kg⁻¹ de K) para mudas de cafeeiro (RODRIGUES, 1997). Os teores de P obtidos (0,19-0,22 dag.kg⁻¹), são considerados adequados (próximo a 0,2 dag.kg⁻¹ de P) por RODRIGUES (1997). Os teores de S (0,11-0,13 dag.kg⁻¹) estão próximos ao

nível crítico foliar para o nutriente ($0,16 \text{ dag.kg}^{-1}$ de S), em mudas de café Catuaí cultivadas em solo (SOUZA,1999).

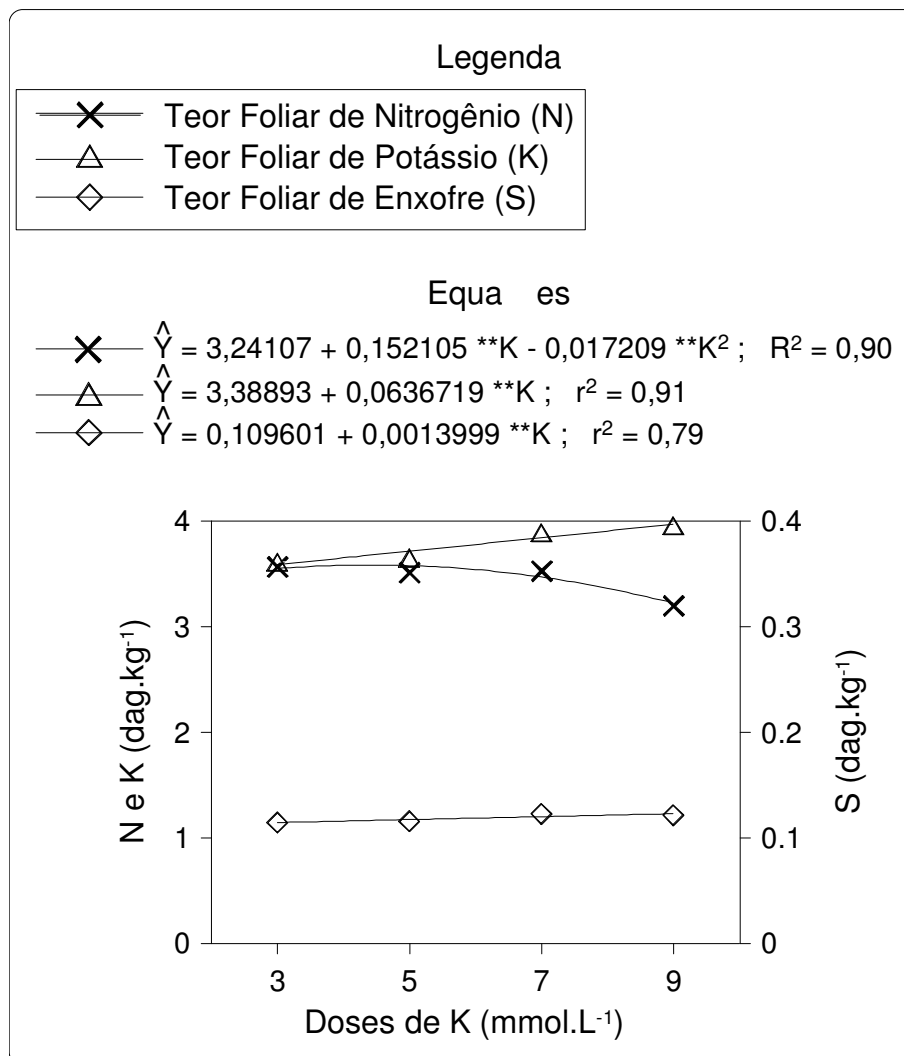


^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente

Figura 6 - Estimativa dos teores foliares de N, K, P, NO_3^- e S (dag.kg^{-1}), em mudas de café, em função de doses de N.

Observa-se que os teores de K apresentaram menor variação que os teores de N em função dos tratamentos (Figuras 6 e 7). As menores doses de K provavelmente foram suficientes para suprir a demanda deste nutriente para as mudas de café. Além disso, o cultivo das plantas em solução nutritiva por um longo período, pode ter facilitado o ajuste dos mecanismos de absorção

de K, ou outra resposta fisiológica à disponibilidade do nutriente. Por isso muitas das características avaliadas não apresentaram resposta significativa às doses de K.



** = significativo a 1%

Figura 7 - Estimativa dos teores foliares de N, K, e S (dag.kg⁻¹), em mudas de cafeeiro, em função de doses de K.

O nitrogênio, juntamente com o carbono, são os dois principais componentes estruturais da planta, além disso é o nutriente exigido em maior quantidade pelo cafeeiro (MALAVOLTA, 1986 e 1997). Quando se aumenta a disponibilidade de N, maior quantidade do nutriente é absorvida, aumentando-se a fração de N solúvel e de compostos nitrogenados. Neste experimento, os

maiores teores foliares de N foram atingidos com as maiores doses de N. Este resultado está de acordo com POZZA (1999), que verificou maior teor foliar de N em mudas de cafeeiro cultivadas na maior dose utilizada na solução nutritiva.

O acúmulo de nitrato nas folhas está diretamente relacionado com a quantidade de NO_3^- suprida às raízes (MILLS e JONES, 1979). Em mudas de cafeeiro, metade da redução do nitrato ocorre na raiz e metade nas folhas (QUEIROZ et al. 1993). É provável que as maiores doses de N utilizadas tenham excedido a capacidade de redução do nitrato no sistema radicular e, então, uma maior proporção do N na forma de nitrato tenha sido transportada para a parte aérea. Além disso, como 20% do N foi fornecido na forma de amônio (NH_4^+), e este apresenta absorção e incorporação mais rápidas do que o nitrato, menos nitrato foi reduzido na raiz, aumentando-se sua translocação, acúmulo e redução na parte aérea (Figura 6).

O excesso de N pode causar desequilíbrio ou induzir deficiência nutricional nas plantas (MILLS e JONES, 1979). O antagonismo entre ânions é menos intenso que o de cátions, mas a absorção de SO_4^{2-} é estimulada quando a absorção de NO_3^- é reduzida (MENGEL e KIRKBY, 1987). De acordo com esses autores, quando as plantas são supridas com nitrogênio na forma de NH_4^+ , a concentração de cátions (Ca, Mg e K) no tecido foliar tende a diminuir e a dos ânions (S e P) tende a aumentar. O pequeno acréscimo observado nos teores de S e P podem ser devidos à redução no antagonismo entre estes nutrientes e o NO_3^- , mediante o aumento nas doses de N, pois parte do N foi adicionado na forma de amônio.

Os teores de Ca variaram entre $1,1 \text{ dag.kg}^{-1}$ e $1,8 \text{ dag.kg}^{-1}$ para as maiores e menores doses de N e K, respectivamente (Figura 8). Estes teores estão próximos aos teores considerados adequados por RODRIGUES (1997), que obteve valores de $1,24$ e $1,91 \text{ dag.kg}^{-1}$ de Ca para folhas superiores e inferiores de mudas de Catuaí, respectivamente.

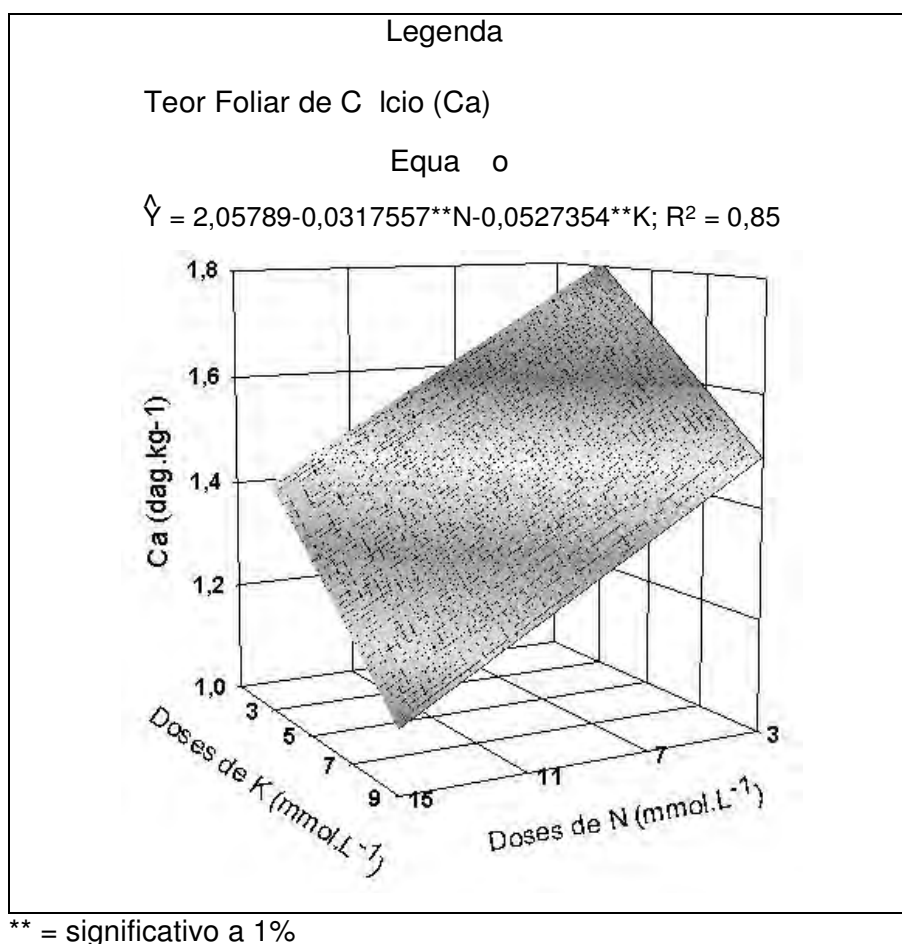
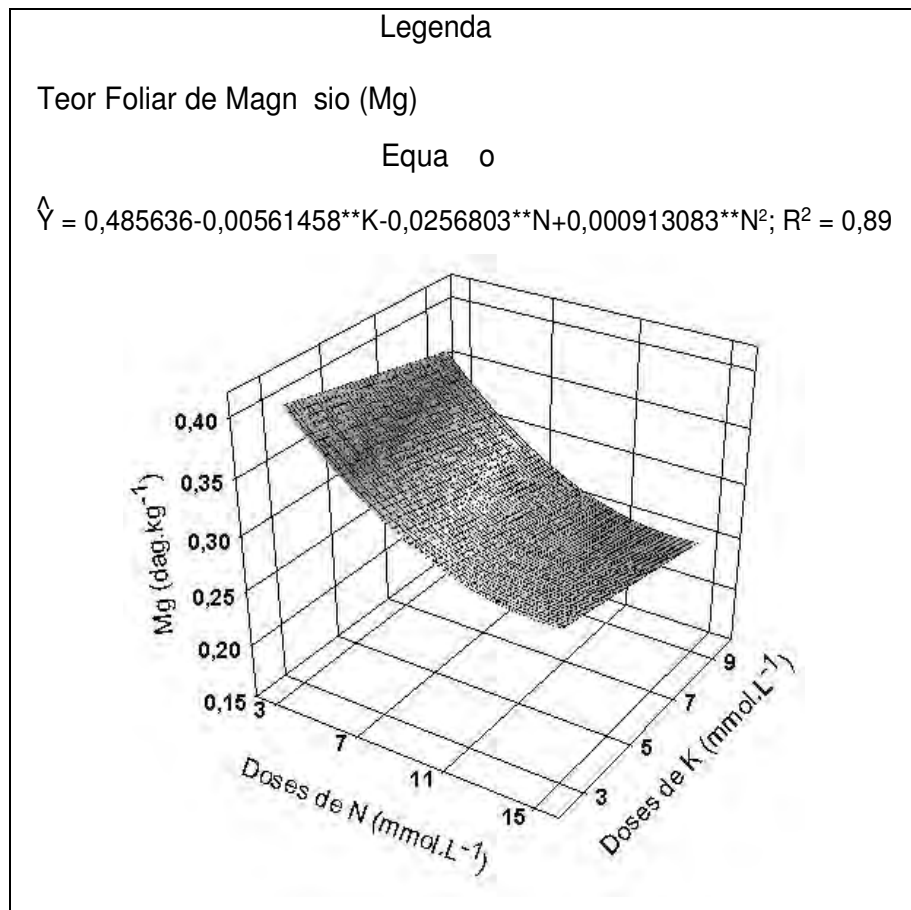


Figura 8- Estimativa do teor foliar de cálcio (dag.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N e K.

Os teores de Mg variaram entre $0,25$ e $0,40 \text{ dag.kg}^{-1}$ para as maiores e menores doses de N e K, respectivamente (Figura 9). Os teores de Mg estão próximos à faixa obtida por POZZA (1999), RODRIGUES (1997) e BOLIVAR (1993), que encontraram teores foliares de Mg entre $0,27$ e $0,38 \text{ dag.kg}^{-1}$ em mudas de cafeeiro.

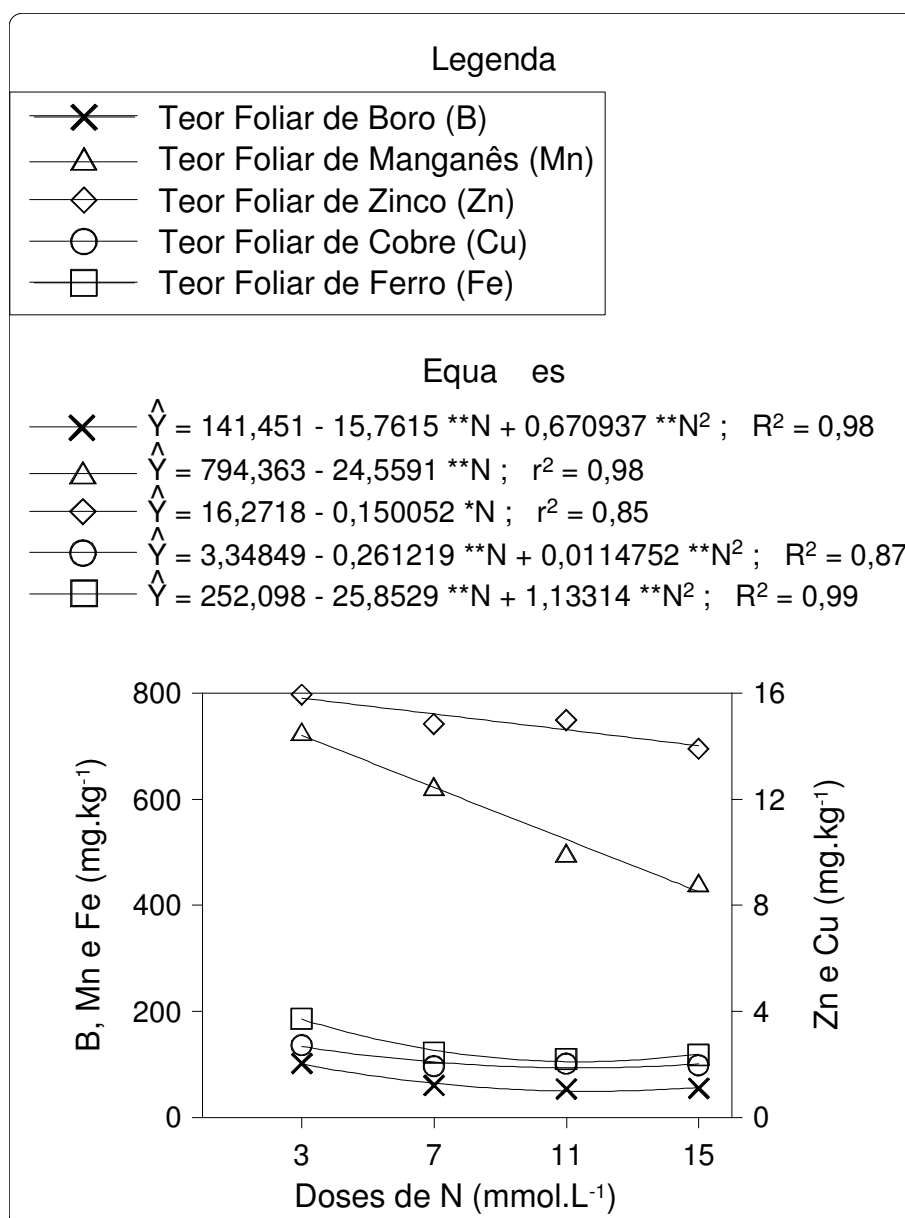
As concentrações de Ca e Mg foram reduzidas, possivelmente, devido à competição entre estes cátions e os íons K^+ e NH_4^+ pelos sítios de absorção. A absorção de cátions é um processo não muito específico, dependendo principalmente da concentração dos nutrientes catiônicos no meio externo. Por ser absorvido pela célula rápida e ativamente ou por difusão facilitada, o K^+ compete fortemente com a absorção dos outros cátions (MENGEL e KIRKBY, 1987). Por esta razão, nos tratamentos em que foram adicionadas as maiores doses de K, observaram-se os menores teores foliares de Ca e Mg.



** = significativo a 1%

Figura 9 - Estimativa do teor foliar de magnésio (dag.kg^{-1}), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N e K.

Os teores foliares de Mn e Zn diminuíram linearmente com as doses de N. Os teores de B, Cu e Fe ajustaram-se ao modelo quadrático, em função das doses de N, com pontos de mínimo nas doses de 11,75; 11,38 e 11,40 mmol.L^{-1} de N, respectivamente. Os menores e maiores teores foliares de Mn, Fe, Zn, Cu e B, em função das doses de N, foram: 426-721; 104-185; 14-16; 1,8-2,7 e 49-100 mg.kg^{-1} , respectivamente (Figura 10). Os micronutrientes Zn e B são frequentemente associados a desordens nutricionais no cafeeiro. Neste experimento, os teores de Zn e B obtidos, exceto para a menor dose de N, estão próximos aos teores foliares destes micronutrientes (19,5 mg.kg^{-1} de Zn e entre 50-60 mg.kg^{-1} de B), relacionados com adequado crescimento e alto potencial produtivo de mudas dessa espécie (TANIGUCHI e CHAVES, 2000; LIMA FILHO e MALAVOLTA, 1998).



* e ** = significativo a 5 e 1%, respectivamente

Figura 10 - Estimativa do teor foliar de B, Cu, Mn, Fe e Zn (mg.kg⁻¹), em mudas de café, em função de doses de N.

Os teores foliares de Mn obtidos são considerados excessivos, enquanto os de Fe e Zn foram considerados adequados e os de Cu deficientes, quando comparados com valores de referência para café em produção (MALAVOLTA, 1986). O excesso de Mn ocorreu em razão da alta concentração do nutriente adicionada à solução nutritiva (36 μmol.L⁻¹), que poderia ser reduzida para 12 μmol.L⁻¹, conforme utilizado por POZZA (1999).

Não foram, porém observados sintomas de deficiência ou toxidez, por micronutrientes, durante a condução do experimento.

Os menores teores foliares de Zn e Mn foram obtidos nas maiores doses de N, e os de B, Cu e Fe em doses próximas à que promoveu o crescimento máximo das plantas, provavelmente devido ao efeito de diluição.

4.3.2. Análise de correlação

No Quadro 2, observa-se, em geral, que os teores de N_{total}, NO₃⁻, K e S apresentaram correlações positivas, enquanto os teores de Ca, Mg, B, Fe Mn e Cu apresentaram correlações negativas com o número de minas e folhas minadas. Os teores de P e Zn não se correlacionaram significativamente com essas duas características de intensidade do ataque do bicho-mineiro.

Quadro 2 – Estimativa do coeficiente de correlação linear simples entre os teores foliares de nutrientes com o número de minas e de folhas minadas, em mudas de cafeeiro.

Teor foliar	Intensidade do ataque de bicho-mineiro	
	Número de Minas	Número de Folhas Minadas
N _{total}	0,4074**	0,2970*
NO ₃ ⁻	0,4742**	0,4122**
K	0,2002 ^{ns}	0,2817*
Ca	-0,2270 ^{ns}	-0,4092**
Mg	-0,3948**	-0,4973**
S	0,2682*	0,2567*
P	0,1967 ^{ns}	-0,0251 ^{ns}
B	-0,5567**	-0,4971**
Cu	-0,3665**	-0,3565**
Zn	0,0364 ^{ns}	-0,0699 ^{ns}
Fe	-0,2900*	-0,2706*
Mn	-0,2846*	-0,3273*

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste “t”.

O aumento na síntese de proteínas e compostos nitrogenados, comparativamente àquela de carboidratos, de compostos redutores de digestibilidade e compostos secundários baseados em carbono, bem como o maior crescimento em função da maior disponibilidade de N, podem explicar as correlações obtidas para N_{total} , NO_3^- , K e S . Além disso, as plantas com mais rápido crescimento, ou que crescem com maior disponibilidade de nutrientes, apresentam menos compostos de defesa, tornando-se mais susceptíveis ao ataque por pragas (BERENBAUM, 1995; HERMANS e MATTSON, 1992; PARRA e PANIZZI, 1991; COLEY et al., 1985; BRYANT et al., 1983). A coloração verde mais intensa das folhas das mudas de cafeeiro crescidas com as maiores doses de N também podem ter sido mais atrativas para as mairiposas, pois estas preferem ovipositar sobre as folhas verdes que sobre as amarelas (MATOS, 2001).

A correlação negativa entre o teor de Ca e o número de folhas minadas pode estar associada à formação de cristais de oxalato de cálcio nos tecidos foliares das mudas de cafeeiro. Os cristais de Ca são estruturas sintetizadas na planta no processo de manutenção do equilíbrio entre o conteúdo de Ca e de oxalato. Estas estruturas podem também desempenhar a função de proteção das plantas contra o ataque de herbívoros (FLORES, 2001; FRANCESCHI e HORNER, 1980). A família do cafeeiro (Rubiaceae) apresenta cristais de Ca nos tecidos foliares (FLORES 2001; DEDECCA, 1955), sendo possível que o decréscimo na concentração de Ca diminua a formação destes compostos e aumente a intensidade de ataque do bicho-mineiro.

O Mg é requerido para formação da molécula de clorofila e para a atividade da rubisco. Assim, sob deficiência deste nutriente, ocorre queda na atividade fotossintética e na produção de fotoassimilados, inibição do transporte de carboidratos e acúmulo de amido (MARSCHNER, 1995; Fink, 1992, citado por ANDERSON et al. 2000). De acordo com ANDERSON et al. (2000), os distúrbios na reserva de carbono e a alocação de carboidratos estão relacionados à susceptibilidade e qualidade do alimento para os herbívoros. Ainda segundo esses autores, o excesso de N associado à deficiência de Mg conduz à menor produção de compostos de defesa e aumento na disponibilidade de nutrientes para herbívoros. Portanto, os menores teores de Mg, em função do aumento nas doses N, possivelmente tenham contribuído

para o aumento do ataque do bicho-mineiro e, conseqüentemente, para a correlação negativa deste com o teor de Mg.

O B é importante para síntese de lignina e transporte de carboidratos (MARSCHNER, 1995; ÇAKMAK e RÖMHELD, 1997). As melhores correlações entre os teores de nutrientes e as características de ataque do bicho-mineiro foram obtidas para o B (Quadro 2). Assim, as plantas com baixos teores de B, talvez tenham sido mais atacadas devido à menor lignificação dos tecidos e menores teores de carboidratos.

O Fe faz parte da clorofila e de enzimas de assimilação do N e S (MALAVOLTA et al., 1997; MARSCHNER, 1995). O decréscimo nos teores de Fe pode ter conduzido a um desequilíbrio nas vias metabólicas de síntese de proteínas e amido, e aumentado a produção de compostos solúveis intermediários como os aminoácidos. Possivelmente, esta seja a razão da correlação negativa constatada entre os teores de Fe e o número de folhas minadas e de minas.

O Mn ativa muitas enzimas do ciclo do ácido shiquímico, conduzindo à biossíntese de vários compostos do metabolismo secundário, dentre estes a lignina e os flavonóides (MARSCHNER, 1995). Os flavonóides foram encontrados predominantemente em folhas novas de cafeeiro (PERES, 1990). Estes compostos podem influenciar a seleção da planta hospedeira, pelo inseto, ou a seleção da parte da planta mais adequada para a oviposição, pois as folhas novas não são utilizadas pelas mariposas do bicho-mineiro para oviposição (WALKER, 1969; SIMMONDS, 2001). Portanto, apesar de os teores de Mn estarem acima do adequado, seu decréscimo possivelmente tenha diminuído a concentração daqueles compostos na planta e contribuído para o aumento do ataque do inseto.

De acordo com MARSCHNER (1995), a deficiência de Cu diminui a atividade da polifenoloxidase, enzima que contém Cu na estrutura, envolvida na biossíntese de lignina e alcalóides. Conseqüentemente, a lignificação da parede celular é reduzida, ficando a planta mais susceptível ao ataque por insetos (MARSCHNER, 1995; FERNANDEZ, 1994). Além disso, a polifenoloxidase está relacionada à resistência de plantas contra insetos, pois ela reduz o valor nutritivo do alimento para os herbívoros (Felton et al., 1992, citados por MAZZAFERA e ROBINSON, 2000). Os fatores citados podem ter

contribuído para o aumento do ataque do bicho-mineiro em plantas com menores teores de Cu.

Portanto, verifica-se que vários nutrientes contribuem para aumentar (N, NO_3^- , K e S) ou diminuir (Ca, Mg, B, Fe, Mn, Cu) o ataque do bicho-mineiro em mudas de cafeeiro. Entretanto, devido às baixas correlações observadas, nenhum destes nutrientes, isoladamente, deve ter um papel decisivo no ataque desta praga. Segundo PHELAN et al. (1996), é necessário considerar o equilíbrio entre os nutrientes, que inclui os níveis e razões entre eles, quando se avaliam os efeitos da nutrição das plantas sobre o ataque de pragas. Esse autor levanta a hipótese de que o balanço entre os nutrientes minerais é o determinante para maior resistência, ou susceptibilidade, do hospedeiro às pragas.

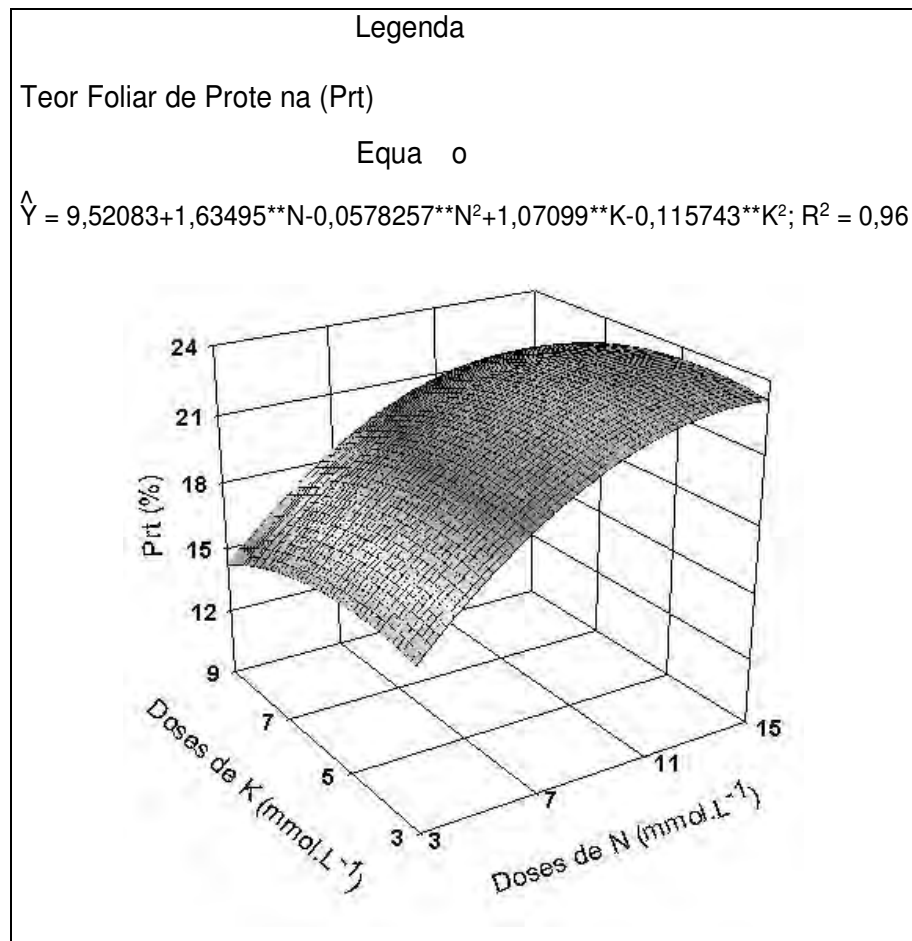
4.4. Teor foliar de proteína, amido, açúcares solúveis totais e lignina

4.4.1. Análise de regressão

O teor foliar de proteína, em função das doses de N e K, ajustou-se ao modelo de superfície de resposta. As doses de N e K que proporcionaram o máximo teor protéico (23,5%) foram 14,13 mmol.L^{-1} de N e 4,62 mmol.L^{-1} de K, respectivamente (Figura 11).

A resposta positiva dos teores foliares de proteínas às doses de N e K está diretamente relacionada às funções que estes nutrientes desempenham na síntese protéica. O N atua como um dos componentes estruturais destas macromoléculas, enquanto o K participa como ativador enzimático (MARSCHNER, 1995).

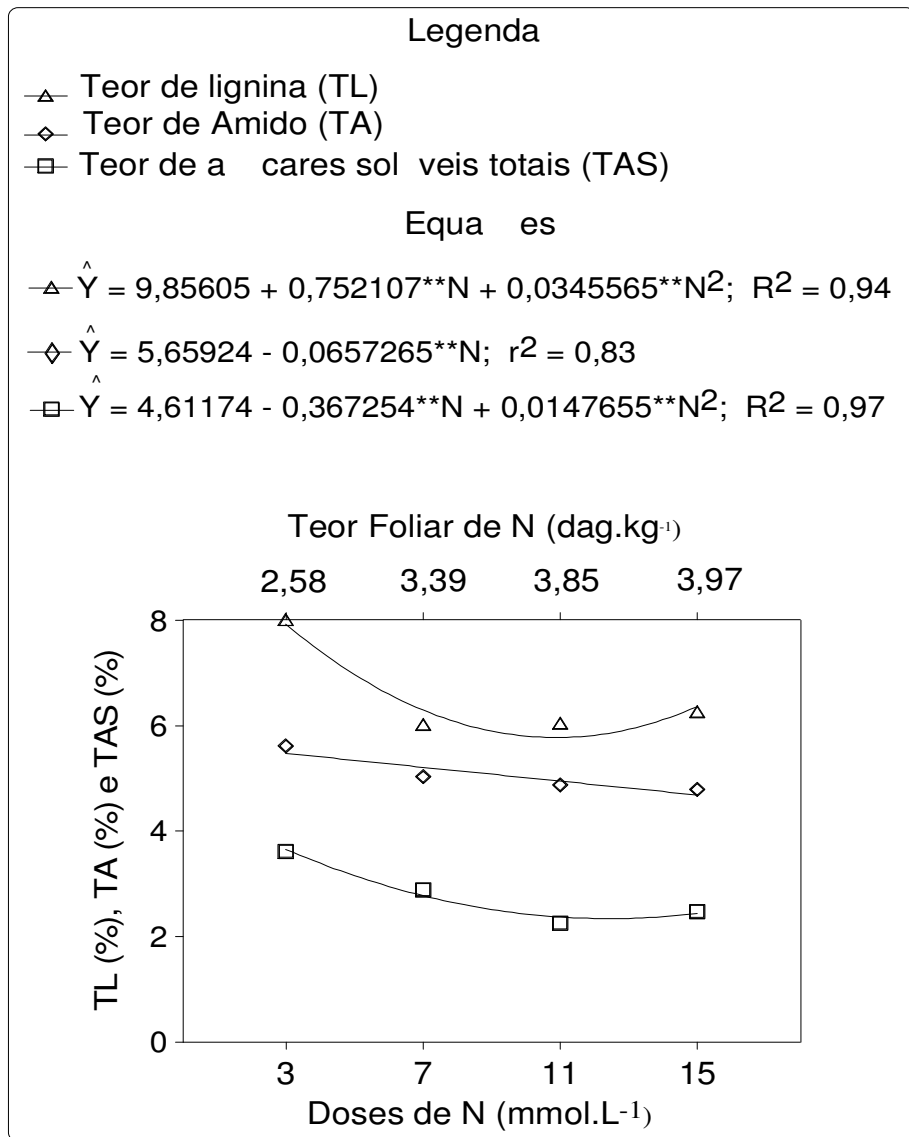
Os teores foliares de lignina e açúcares solúveis totais, em função das doses de N, ajustaram-se ao modelo quadrático. O menor teor de lignina (5,76%) foi obtido para a dose dose 10,88 mmol.L^{-1} de N, e o menor teor de açúcares solúveis totais (2,33%) foi obtido para a dose 12,4 mmol.L^{-1} de N (Figura 12). Os teores foliares de amido decresceram linearmente com as doses de N.



** = significativo a 1%

Figura 11 - Estimativa do teor foliar de proteína (%), em mudas de cafeeiro, em função de doses de N e K.

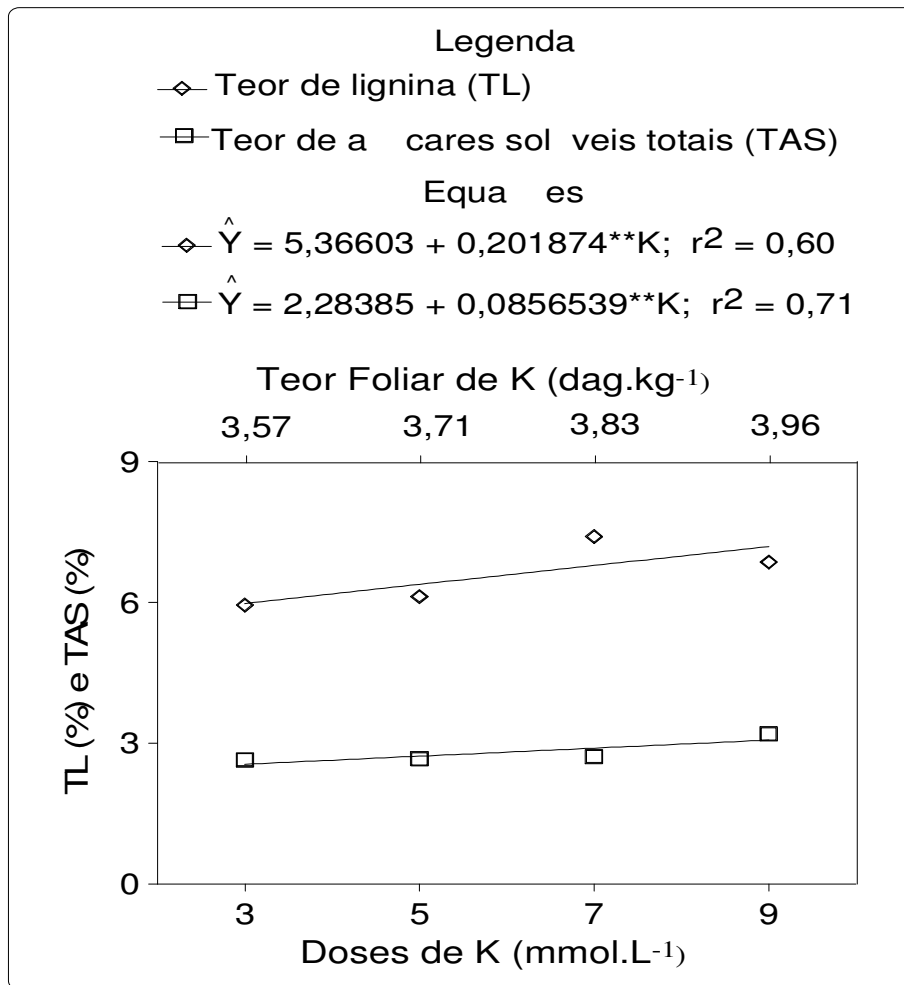
Os menores teores de lignina foram obtidos nas doses de N próximas àquela que proporcionou o maior crescimento das mudas de cafeeiro (Figuras 4 e 9). A maior produção de folhas novas e a menor lignificação das mesmas devem estar relacionadas com os menores teores de lignina verificados para essas doses de N. O decréscimo nos teores de açúcares solúveis totais e amido e o aumento nos teores de proteína, com o acréscimo na disponibilidade de N, provavelmente são devidos à partição de fotoassimilados, preferencialmente para a síntese de proteínas. Plantas fertilizadas com altas doses de N aumentam a síntese de proteínas e a demanda por carboidratos (MARSCHNER, 1995; PAHLSSON et al., 1992).



** = significativo a 1%

Figura 12 - Estimativa do teor foliar de lignina, amido e açúcares solúveis totais, em mudas de cafeeiro, em função de doses de N.

Em relação à disponibilidade de K, constatou-se efeito significativo somente para lignina e açúcares solúveis totais, os quais aumentaram linearmente com as doses de K (Figura 13). Provavelmente, esta resposta ocorreu devido à participação deste nutriente na síntese de açúcares e lignificação dos tecidos (MENGEL e KIRKBY, 1987).



** = significativo a 1%

Figura 13 - Estimativa do teor foliar de lignina, amido e açúcares solúveis totais, em mudas de cafeeiro, em função de doses de K.

4.4.2. Análise de correlação

O Quadro 3 apresenta os valores de correlação entre o número de minas e folhas minadas com os teores de lignina, açúcares solúveis totais e amido. Observa-se ocorrência de correlações significativas para as duas características de ataque do bicho-mineiro, somente para os teores de proteína e lignina. Tal resultado indica que estes são os principais compostos do metabolismo primário, dentre aqueles avaliados, que influenciam o ataque do bicho-mineiro.

Quadro 3 – Estimativa do coeficiente de correlação entre os teores foliares de proteína, açúcares solúveis totais, amido e lignina com o número de minas e folhas minadas, em mudas de cafeeiro.

Teor foliar (%)	Intensidade do ataque de bicho-mineiro	
	Número de minas	Número de folhas minadas
Proteína	0,3877**	0,2686*
Açúcares solúveis totais	-0,4791**	-0,1660 ^{ns}
Amido	-0,2973*	-0,2256 ^{ns}
Lignina	-0,3285*	-0,2404*

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste “t”.

A proteína é um nutriente essencial para os insetos, podendo, inclusive, substituir os carboidratos como fonte de energia (PARRA, 1991). A lignina é considerada uma substância redutora da digestibilidade do alimento, em insetos (APPEL, 1994; MATTSON e SCRIBER, 1987). Teores foliares elevados de lignina podem causar toxicidade às larvas ou reduzir a oviposição dos adultos, conferindo maior resistência à planta contra as pragas (TAIZ e ZAIGER, 1998; MATTSON e SCRIBER, 1987). Talvez por esta razão, em geral o aumento nos teores de proteínas favoreceram o ataque de bicho-mineiro, enquanto os teores dos carboidratos reduziram a intensidade desse ataque.

O teor protéico das folhas e a composição protéica em aminoácidos são dois fatores críticos na dieta dos fitófagos (MATTSON, 1980). O bicho-mineiro deve ser exigente quanto ao teor foliar de proteínas, durante o desenvolvimento larval, pois a espécie *C. stenophylla* G. Don., que é resistente ao bicho-mineiro, contém menor teor de proteínas solúveis do que a espécie *C. arabica*, suscetível à praga (VALENCIA-JIMENEZ et al., 1997; MEDINA FILHO et al., 1977). Além disso, a parte da planta onde é realizada a postura e o hábito minador do bicho-mineiro são indicativos da influência do valor nutritivo da planta hospedeira para a seleção e sobrevivência do inseto. As mariposas ovipositam preferencialmente no terço superior do cafeeiro e, no terceiro e quarto pares de folhas a partir do ápice do ramo (NANTES e PARRA, 1977). As larvas alimentam-se do parênquima paliçádico (SOUZA et al., 1998). Estas partes da planta apresentam maior atividade fotossintética e maior teor protéico (FAHAL et al., 1994; KIMMERER e POTTER, 1987).

Pelo exposto, supõe-se que o teor foliar de proteínas, dentre os compostos avaliados, deve ser determinante na seleção do hospedeiro pela praga, e sobrevivência das larvas da mesma, apesar das baixas correlações obtidas. O teor de lignina, ao contrário, é o principal responsável pela redução do ataque do bicho-mineiro. Entretanto, em função da especificidade do local de ataque deste inseto, observações histológicas aliadas à análise dos nutrientes e compostos de defesa, em cada porção da planta, devem ser mais informativas do que uma avaliação considerando todas as folhas, como a realizada neste experimento.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Os objetivos deste trabalho foram: avaliar a influência da nutrição de mudas de cafeeiro com nitrogênio e potássio, sobre a intensidade de ataque do bicho-mineiro; verificar os efeitos da disponibilidade de N e K sobre o crescimento (número total de folhas por planta, tamanho médio de folhas e peso foliar específico), teores dos nutrientes minerais (N, K, Ca, Mg, S, P, B, Zn, Mn, Cu e Fe) e dos compostos do metabolismo primário (proteína, amido, lignina e açúcares solúveis totais) nas folhas; e determinar se estas características predispõem as mudas de cafeeiro ao maior ataque do bicho-mineiro, ou podem induzir a resistência das plantas a esta praga. Tendo em vista estes objetivos, foi conduzido um experimento em casa-de-vegetação e em hidroponia, utilizando a variedade de café Catuaí Vermelho IAC 99. Os tratamentos consistiram de um fatorial 4x4, formado por doses de N (3, 7, 11 e 15 mmol.L⁻¹ de N) e doses de K (3, 5, 7 e 9 mmol.L⁻¹ de K), dispostos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com três repetições e duas plantas por parcela.

Após seis meses de cultivo das plantas, procedeu-se à sua infestação com adultos do bicho-mineiro. Quando as plantas estavam com oito meses, realizaram-se as avaliações da intensidade do ataque de bicho-mineiro, crescimento e composição das plantas. Os dados coletados foram submetidos

às análises de variância e regressão. Determinou-se também, a correlação linear simples entre as características de intensidade de ataque do bicho-mineiro, número de minas e de folhas minadas, com as características de crescimento da planta, e com os teores dos nutrientes minerais e dos compostos do metabolismo primário em suas folhas.

Os resultados obtidos neste experimento permitem concluir que: a nutrição do cafeeiro com doses adequadas de N e excessivas de K favorecem o ataque do bicho-mineiro; as mudas de cafeeiro vigorosas, com maior crescimento, são mais atacadas pelo bicho-mineiro; o acréscimo nos teores foliares de N e K aumentam a suscetibilidade das mudas de cafeeiro ao bicho-mineiro direta e indiretamente, sendo o efeito indireto resultante dos aumentos nos teores foliares de proteínas e S, e da redução nos teores de amido, lignina, açúcares solúveis totais, Ca, Mg, B, Cu, Fe e Mn. Assim sendo, a nutrição de mudas de cafeeiro com N e K não é uma tática eficiente para diminuir o ataque do bicho-mineiro. Entretanto, esta nutrição pode ser importante na recuperação dos danos sofridos pela planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAWAL, A. A. Induced responses to herbivory and increased plant performance. **Science**, v.279, p.1201-1202, 1998.
- ANDERSSON, F. O.; AGREN, G. I.; FÜHRER, E. Sustainable tree biomass production. **Forest Ecology and Management**, v.132, p.51-62, 2000.
- Anuário Estatístico do Café. Coffee Business. 1999-2000.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington, D. C., 1975. 1094p.
- APPEL, H. M. The chewing herbivore gut lumen: physicochemical conditions and their impact on plant nutrients, allelochemicals, and insect pathogens. In: BERNAYS, E. A. (Ed.) **Insect plant Interactions**. v.5, 202-223, 1994.
- AVILÉS, D. P. **Avaliação das populações do bicho-mineiro do cafeeiro, *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera : Lyonetiidae) e de seus parasitóides e predadores : metodologias de estudo e flutuação estacional**. Viçosa, UFV, 1991. 127p. Tese (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- BALDWIN, I. T.; PRESTON, C. A. The eco-physiological complexity of plant responses to insect herbivores. **Planta**, v.208, p.137-145, 1999.
- BARROS, H. C. H.; ZUCOLOTO, F. S. Performance and host preference of *Ascia monuste* (Lepidoptera, Pieridae). **Journal of insect physiology**, v.45, p.7-14, 1999.
- BASTOS, C. S. **Sistemas de adubação em cultivo de milho exclusivo e consorciado com feijão, afetando a produção, estado nutricional e**

- incidência de insetos fitófagos e inimigos naturais.** Viçosa, MG: UFV, 1999. 117p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- BENTZ, J.; REEVES, J.; BARBOSA, P.; FRANCIS, B. Nitrogen fertilizer effect on selection, acceptance, and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a host plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Environmental Entomology**, v.24, n.1, p.40-45, 1995.
- BERENBAUM, M. R. Turnabout is fair play: secondary roles for primary compounds. **Journal of Chemical Ecology**, v.21, n.7, 1995.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects.** Ed. CHAPMAN & HALL. 1994. 312p.
- BIGGER, M. Partial resistance of arabica coffee to the coffee leaf miner *Leucoptera meyricki* Ghesq. (Lepidoptera, Lyonetiidae). **East African Agricultural and Forestry journal**, p.441-445, 1969.
- BINGHAM, F. T. Boron. In: PAGE, A. L. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties.** Madson: American Society of Agronomy, 1982. p.431-447. (Serie Agronomy, 9)
- BJORKMAN, C.; KYTO, M.; LARSSON, S.; NIEMELA, P. Different responses of two carbon-based defences in Scots pine needles to nitrogen fertilization. **Ecoscience**, v.5, n.4, p.502-507, 1998.
- BOLIVAR, G. B. **Efeito de calcário, gesso e superfosfato triplo sobre a movimentação de cálcio, magnésio, enxofre e fósforo e o crescimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** Viçosa-MG, UFV, 1993. 136p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- BRUYN, L. DE; SCHEIRS, J.; VERHAGEN, R. Nutrient stress, host plant quality and herbivore performance of a leaf-mining fly on grass. **Oecologia**, v. 130, n.4, p.594-599, 2002.
- BRYANT, J. P.; REICHARDT, P. B.; CLAUSEN, T. P.; WERNER, R. A. Effects of mineral nutrition on delayed inducible resistance in Alaska paper birch. **Ecology**, v.74, n.7, p.2072-2084,1993.
- BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S.; KLEIN, D. R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, n.40, p.357-368, 1983.
- BULTIMAN, T. L.; CONARD, N. J. Effects of endophytic fungus, nutritional level, and plant damage on performance of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 27, n.3, p.631-635, 1998.

- BUSTILLO, A. E.; VILLACORTA, A. Manejo de las principales plagas del café en plantaciones de altas densidades. In: **Anais do Simpósio Internacional sobre Café Adensado**. Londrina, PR, Brasil. 1994. p.185-196.
- CAKMAK, I., RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v.193, p.71-83, 1997.
- CARR, T. G; ROININEN, H; PRICE, P. W. Oviposition preference and larval performance of *Nematus oligospilus* (Hymenoptera: Tenthredinidae) in relation to host plant vigor. **Environmental-Entomology**, v.27, n.3, p.615-625, 1998.
- CARRACEDO, C. J; ZORRILLA, M.; OLIVA, A. Influencia de algunos factores ecologicos en las fluctuaciones poblacionales del minador de la hoja del cafeto en el Tercer Frente, Santiago de Cuba. **Revista-Baracoa**, v. 21, n.1, p.7-29, 1991.
- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNES, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-80, 1975.
- CHIANG, H. S.; NORRIS, D. M. Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. **Environmental Entomology**, v.12, n.1, 1983.
- CISNEROS, J. J.; GODFREY, L. D. Midseason pest status of the cotton aphid (Homoptera: Aphididae) in California cotton: Is nitrogen a key factor? **Environmental Entomology**, v.30, n.3, p.501-510, 2001.
- COCKFIELD, S. D. Relative availability of nitrogen in host plants of invertebrate herbivores: three possible nutritional and physiological definitions. **Oecologia**. v.77, p.91-94, 1988.
- COLEY, P. D.; BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **SCIENCE**, v.230, n. 4728, p.895-899,1985.
- CONNOR, E. F.; TAVERNER, M. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **OIKOS**. v. 79, p.6-25, 1997.
- DEDECCA, D. M. **Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Típica Cramer**. Piracicaba, ESALQ- USP, 1955. 43p. Tese Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1955.
- EDWARDS, P.J.; WRATTEN, S. D. **Ecologia das interações entre insetos e plantas**. Coleção “Temas em biologia” Ed, Pedagógica e Universitária LTDA. v. 27, 1981, 71p.
- ELDEN, T. C.; KENWORTHY, W. J. Foliar nutrient concentrations of insect susceptible and resistant soybean germplasm. **Crop Science**, v.34, p.695-699, 1994.

- ESTIARTE, M.; FILELLA, I; SERRA, J; PENUELAS, J. Effects of nutrient and water stress on leaf phenolic content of peppers and susceptibility to generalist herbivore *Helicoverpa armigera* (Hubner). **Oecologia**, v.99, n.3-4, p.387-391, 1994
- EUCLYDES, R. F. **Sistema para análise estatísticas e genéticas (SAEG) – manual provisório**. CPD/UFV., Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento, Viçosa, MG, 1983, 74p.
- FAHAL, J.I.; CARELLI, M. L. C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A. C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.1, p.161-169, 1994.
- FANTON, C. J. **Efeito do déficit hídrico na biologia do bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)**. Viçosa, UFV, 1991. 32p. Tese (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- FELLER, I. C. Effects of nutrient enrichment on growth and herbivory of dwarf red mangrove (*Rhizophora mangle*). **Ecological Monographs**, v.65, n.4, p.47-55, 1995.
- FERNANDES, G. W. Plant mechanical defenses against insect herbivory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 38, n.2, p.421-433, 1994.
- FLOATER, G. J. Rainfall, nitrogen and host plant condition: consequences for the processionary caterpillar, *Ochrogaster lunifer*. **Ecological Entomology**, v.22, p.247-255, 1997.
- FLORES, B. M., Herbivory and calcium concentrations affect calcium oxalate crystal formation in leaves of sida (Malvaceae). **Annals of Botany**, v.88, p.387-391, 2001.
- FRAGOSO, D. B. **Resistência e sinergismo a inseticidas fosforados em populações de *Leucoptera coffeella* (Guer-Menev) (Lepidoptera-Lyonetiidae)**. Viçosa – UFV, 2000. 34p. Tese (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- FRANCESCHI, V. R.; HORNER JR., H.T. Calcium oxalate crystals in plants. **The botanical review**. v.46, p.361-427, 1980.
- FUNDERBURK, J. E.; TEARE, I. D.; RHOADS, F. M. Population dynamics of soybean insect pests vs. soil nutrient levels. **Crop Science Society of America**, v.31, n.6, p.1629-1633, 1991.
- GRAHAM, L. C.; GAYLOR, M. J. Effects of potassium fertility on beet armyworms. **Proceedings Beltwide Cotton Conferences**, New Orleans, LA, USA, January 6-10. National Cotton Council; Memphis; USA. v.2, p.1320-1323, 1997.

- GRAVENA, S. Estratégias do manejo integrado do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842). **Anais Sociedade Entomologica do Brasil**, v.13, n.1, p.117-127, 1984.
- GRAVENA, S. Táticas de manejo integrado do bicho-mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (guérin-Méneville, 1842): II – Amostragem da praga e de seus inimigos naturais. **Anais Sociedade Entomologica do Brasil**, v.12, n.2, p.273-281, 1983.
- GREEN, D. S. A proposed origin of the coffee leaf-miner, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera:Lyonetiidae). **Bulletin of the Entomological Society of American**, v.30, n.1, 1984.
- GUERREIRO FILHO, O.; MAZZAFERA, P. Caffeina does not protect coffee against the leaf miner *Perileucoptera coffeella*. **Journal of Chemical Ecology**, v.26, n.6, p.1447-1463, 2000.
- HATCHER, P. E.; PAUL, N. D.; AYRES, P. G.; WHITTAKER, J. B. Nitrogen fertilization affects interactions between the components of an insect-fungus-plant tripartite system. **Functional Ecology**, v.11, p.537-544, 1997.
- HERMANS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or to defend. **The Quarterly Review of Biology**, v. 67, n.3, 1992.
- HILL, J. The remobilization of nutrients from leaves. **Journal of Plant Nutrition**. n.2, p. 407-444, 1980.
- HIROSE, T. Modelling the relative growth rate as a function of plant nitrogen concentration. **Physiologia Plantarum**, v.72, p.185-189, 1988.
- HUNT, D. W. A.; LIPTAY, A.; DRURY, C. F. Nitrogen supply during production of tomato transplants affects preference by Colorado potato beetle. **Hortscience**, v. 29, n.11, p.1326-1328, 1994.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1958. 458p.
- JENSEN, K. S.; JACOBSEN, D.; DUARTE, C. M. Herbivory and resulting plant damage. **OIKOS**, v.69, n.3, p.545-549,1997.
- JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, v. 766, p.32-33,1959.
- KARBAN, R.; AGRAWAL, A. A.; MANGEL, M. The benefits of induced defenses against herbivores. **Ecology**, v.78, n.5, p.1351-1355, 1997.
- KARBAN, R.; MYERS, J. Induced plant responses to herbivory. **Annual Reviews of Ecology and Systematics**, v.20, p.331-348, 1989.
- KERSLAKE, J. E.; WOODIN, S. J.; HARTLEY, S. E. Effects of carbon dioxide and nitrogen enrichment on a plant-insect interaction: the quality of *Calluna vulgaris* as a host for *Operophtera brumata*. **New Phytologist**, v. 140, p.43-53, 1998.

- KIMMERER, T. W.; POTTER, D. A. Nutritional quality of specific leaf tissues and selective feeding by a specialist leafminer. **Oecologia**, v.71, p. 548-551, 1987.
- KORICHEVA, J. ; LARSSON, S. ; HAUKIOJA, E. ; KEINANEN, M. Regulation of woody plant secondary metabolism by resource availability: hypothesis testing by means of meta-analysis. **OIKOS**, v.83, p.212-226, 1998.
- KORTH, K. L.; DIXON, R. A. Evidence for chewing insect-specific molecular events distinct from a general wound response in leaves. **Plant Physiology**, v.115, p.1299-1305, 1996.
- KYTÖ, M.; NIEMELÄ, P.; LARSSON, S. Insects on trees: population and individual response to fertilization. **OIKOS**, v.75, p.148-159, 1996.
- LIMA FILHO, O. F. de; MALAVOLTA, E. Evaluation of extraction procedures on determination of critical soil and foliar levels of boron and zinc in Coffee plants. **Commun. Soil Sci. Plant Anal**, v. 29, n.7-8, p.825-833, 1998.
- MACNAUGHTON, S. J. Compensatory plant growth as a response to herbivory. **OIKOS**, v.40, p.329-336, 1983.
- MAIA, I. G.; BUSOLI, A. C. Efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre a fecundidade de *Tetranychus (T.) urticae* (KOCH, 1836) em algodoeiro Cv. IAC 20 (*Gossypium hirsutum* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.21, n.3, p.347-356, 1992.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. Eds: RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. Cultura do cafeeiro fatores que afetam a produtividade. POTAFOS. 1986. 447p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações. 2ª ed. POTAFOS. 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2th ed. Academic Press. 1995. 889p.
- MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em Pesquisa**. Caderno Didático. Editora UFV. Viçosa – MG. 37p. 1997.
- MATOS, J. W. **Expressão da resistência ao bicho-mineiro em Coffea canephora e Coffea congensis**. Campinas, SP. IAC, 2001. 75p. Tese (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal). Instituto Agrônomo de Campinas, 2001.
- MATTSON, W. J.; SCRIBER, J. M. **Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water, fiber, and mineral considerations**. In. F. Slansky and J. G. Rodriguez (eds.). Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. John Wiley, New York. p.105-146. 1987.
- MATTSON, W.J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review Ecology and Systematic**, v.11, p.119-161, 1980.

- MAZZAFERA, P.; ROBINSON, S. P. Characterization of polyphenol oxidase in coffee. **Phytochemistry**, v.55, p.285-296, 2000.
- McCREADY, R. M., GUGGOLZ, J., SILVEIRA, V., OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables application to peas. **Analytical Chemistry**, v.22, n.9, p.1156-158, 1950.
- MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MONACO, L. C. Observações sobre a resistência do cafeeiro ao bicho-mineiro. **Bragantia**, v.36, n.11, p.131-137, 1977.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. International Potash Institute. 1987. 687p.
- MICHEREFF, M. F. F. **Comportamento reprodutivo do bicho-mineiro do cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842)(Lepidoptera : Lyonetiidae)**. Viçosa-MG, UFV, 2000. 46p. Tese (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- MILLS, H. A.; JONES JR., J. B. J. Nutrient deficiencies and toxicities in plants: Nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.2, n.1, p.101-122, 1979.
- MORAES, C. M. de; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. Examining plant-parasitoid interactions in tritrophic systems. **Anais Sociedade Entomologica do Brasil**, v.29, n.2, 2000.
- MOREIRA, N. A.; OLIVEIRA, J. V. de; HAJI, F. N. P.; PEREIRA, J. R. Efeito de diferentes níveis de NPK na infestação de ***Aculops lycopersici*** (Masse) (Acari: Eriophyidae), em tomateiro no submédio do Vale São Francisco. **Anais Sociedade Entomologica do Brasil**, v.28, n.2, p.275-83, 1999.
- NANTES, J. F. D.; PARRA, J. R. P. Avaliação de danos causados por *Perileucoptera coffella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera-Lyonetiidae), em três variedades de café (*coffea* spp.). **O solo**, n.2, p.26-29, 1977.
- NESTEL, D.; DICKSCHEN, F.; ALTIERI, M. A. Seasonal and spatial population loads of a tropical insect: the case of the coffee leaf-miner in Mexico. **Ecological Entomology**, n.19, p.159-167, 1994.
- ORIAN, C. M.; FRITZ, R. S. Genetic and soil-nutrient effects on the abundance of herbivores on willow. **Oecologia**, v.105, p.388-396, 1996.
- OUDHIA, P.; PANDEY, N.; TRIPATHI, R. S.; GANGULI, R. N. Effect of different fertility levels on the gall midge (*Orseolia oryzae*) infestation in hybrid rice. **Insect-Environment**, v.4, n.3, p.66-67, 1998.
- PAHLSSON, A. B. Influence of nitrogen fertilization on minerals, carbohydrates, amino acids and phenolic compounds in beech (*Fagus sylvatica* L.) leaves. **Tree Physiology**, v.10, p. 93-100, 1992.
- PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. McMillan, New York. 1951. 520p

- PARÉ, P. W.; TUMLINSON, J. H. Cotton volatiles synthesized and released distal to the site of insect damage. **Phytochemistry**, v.47, n.4, p.521-526, 1998.
- PARRA, J.R.P.; PANIZZI, A. R., eds. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359p.
- PERES, V. **Cromatografia de fase gasosa e espectrometria de massa para análise de metabólitos secundários em folhas de cafeeiro**. Viçosa-MG, UFV, 1990. 81p. Tese (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- PERRENOUD, S. **Potassium and Plant health**. 2nd ed. IPI Research Topics No. 3. Bern/Switzerland, 1990. 365p.
- PHELAN, P. L.; NORRIS, K. H.; MASON, J. F. Soil-Management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: Evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. **Environmental Entomology**, v.25, n.6, p. 1329-1336, 1996.
- POTTER, D. A. Abundance and mortality of a specialist leafminer in response to experimental shading and fertilization of American holly. **Oecologia**, v.91, p.14-22, 1992.
- POZZA, A. A. A. **Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro**. Viçosa-MG, UFV, 1999. 70p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PRICE, P. W. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. **Oikos**, v.62, p.244-251, 1991.
- QUEIROZ, C. G. de S.; RENA, A. B.; CORDEIRO, A. T.; ALVES, J. D. Distribuição da atividade da redutase do nitrato no cafeeiro: a importância da raiz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, n. 1, p. 31-35, 1993.
- RAM, S., GUPTA, M. P. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on the population of insect pests of fodder mustard (*Brassica campestris* L.) and its seed yield in India. **Tropical Pest Management**, v.34, n.4, p.435-437, 1998.
- RENWICK, J. A. A.; CHEW, F. S. Oviposition behavior in lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v.39, p.377-400, 1994.
- RODRIGUES, L. A. **Crescimento e composição mineral na parte aérea e nas raízes de duas variedades de café em resposta à calagem na subsuperfície do solo**. Viçosa – MG, UFV, 1997. 89p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- RÖSE, U. S. R.; LEWIS, W.J.; TUMLINSON, J. H. Specificity of systemically released cotton volatiles as attractants for specialist and generalist parasitic wasps. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, n.2, 1998.

- ROSENTHAL, J. P.; DIRZO, R. Effects of life history, domestication and agronomic selection on plant defense against insects: Evidence from maize and wild relatives. **Evolutionary Ecology**, v. 11, p.337-355, 1997.
- RYAN, C. A. Protease inhibitors in plants: genes for improving defenses against insects and pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.28, p.425-429, 1990.
- SALIM, M.; SAXENA, R. C. Nutritional stresses and varietal resistance in rice: effects on Whitebacked Planthopper. **Crop Science**, v.31, p.797-805, 1991.
- SCRIBER, J. M.; SLANSKY, J. R. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, v.26, p.183-211, 1981.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Ed. UFV. 1998. 166p.
- SIMMONDS, M. S. J. Importance of flavonoids in insect-plant interactions: feeding and oviposition. **Phytochemistry**, v.56, p.245-252, 2001.
- SINGH, R. P.; YAZDANI, S. S.; VERMA, G.D.; SINGH, V. N. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potash on aphid infestation and yield of mustard. **Indian Journal of Entomology**, v.57, n.1, p.18-21, 1995.
- SOUZA, J. C. de; REIS, P. R.; RIGINATO, R. L. O. **Bicho-Mineiro do cafeeiro: biologia, danos e manejo integrado**. 2^a ed. EPAMIG. 1998. 48 p.
- SOUZA, R. B. de. **Níveis críticos de enxofre em solos e em folhas de cultivares de café**. Viçosa –MG, UFV, 1999. 88p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- STOUT, M. J.; BROVONT, R. A.; DUFFEY, S. S. Effect of nitrogen availability on expression of constitutive and inducible chemical defenses in tomato, *Lycopersicon esculentum*. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, n.6, 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamin Cummings (2nd.ed.), 1998,792p.
- TANIGUCHI, C. A. K.; CHAVES, J. C. D. Avaliação de extratores para determinar a disponibilidade de zinco no solo e desenvolvimento de mudas de cafeeiro. **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de Caldas-MG. Ed. Embrapa. v.2, p.1434-1437, 2000.
- TRUMBLE, J. T.; KOLODNY-HIRSCH, D. M.; TING, I. P. Plant compensation for arthropod herbivory. **Annual Review of Entomology**, v.38, p.93-119, 1993.
- VALENCIA-JIMENÉZ, A.; RIAÑO-HERRERA, N. M.; SOTO-AGUDELO, J. D. Actividade de la ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa y contenidos de clorofila y proteína foliar soluble en seis genotipos de *Coffea* sp. **Cenicafé**, v.48, n.1, p. 5-11, 1997.

- Van ENMDEN, H. F.; WEARING, C. H. The role of the aphid host plant in delaying economic damage levels in crops. **Annals of Applied Biology**, n. 56, p. 323-324, 1965.
- VILLACORTA, A. Alguns fatores que afetam a população estacional de *Perileucoptera coffeella* Guérin-Méneville, 1842 (Lepidoptera: Lyonetiidae) no norte do Paraná, Londrina, Pr. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v.9, n.1, p.23-32, 1980.
- VILLACORTA, A.; RODRIGUES, P. L. S. Limiar de ação na utilização de inseticidas no manejo do bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella* Guérin-Méneville, 1842) no Paraná (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.13, n.1, p.157-165, 1984.
- VOS, J. G. M.; FRINKING, H. D. Nitrogen fertilization as a component of integrated crop management of hot pepper (*Capsicum* spp.) under tropical lowland conditions. **International Journal of Pest Management**, v.43, n.1, p.1-10, 1997.
- WAIT, D. A.; JONES, C. G.; COLEMAM, J. S. Effects of nitrogen fertilization on leaf chemistry and beetle feeding are mediated by leaf development. **Oikos**, v.82, p.502-514, 1998.
- WALKER, D. W.; QUINTANA, V. Mating and oviposition behavior of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera:Lyonetiidae). **Proceedings Entomological Society of Washington**, v. 71 n.1, 1969.
- WARING, G. L.; COBB, N. S. **The impact of plant stress on herbivore population dynamics**. In: BERNAYS, E. (Ed.), *Insect-plant interactions*, v.4, CRC Press, Inc. p.167-226. 1992.
- WATT, B. K.; MERRIL, A. L. **Handbook of the nutrition contents of foods**. New York: United States Department of Agriculture, Dover, 1975.190p.
- WERF, A. V. D.; NAGEL, O. W. Carbon allocation to shoots and roots in relation to nitrogen supply is mediated by cytokinins and sucrose: Opinion. **Plant and Soil**, v.185, p.21-32, 1996.
- WIER, A. T.; BOETHEL, D. J. Feeding, growth, and survival of Soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae) in response to nitrogen fertilization of nonnodulating soybean. **Environmental Entomology**, v.24, n.2, p.326-331, 1995.
- WILKENS, R.T.; SPOERKE, J. M.; STAMP, N. E. Differential responses of growth and two soluble phenolics of tomato to resource availability. **Ecology**, v.77, n.1, p.247-258, 1996.
- ZOU, J.; CATES, R. G. Role of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) carbohydrates in resistance to budworm (*Choristoneura occidentalis*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n.2, p.395-405, 1994.

APÉNDICE

APÊNDICE

Quadro 1A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de N_{total}, NO₃⁻, K, Ca, Mg, P, S; Zn, Mn, Fe, Cu e B, de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		N _{total}	NO ₃ ⁻	P	S
N	3	4,774095**	0,1477713**	0,000444 ^{ns}	0,000526**
Linear	1	12,84629**	0,4083339**	0,000336 ^{ns}	0,001515**
Quadrático	1	1,466546**	0,0343738**	0,000995*	0,000056 ^{ns}
Cúbico	1	0,009448 ^{ns}	0,0006064 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000008 ^{ns}
K	3	0,347509**	0,0016137 ^{ns}	0,000149 ^{ns}	0,000594**
Linear	1	0,710314**	0,0029998 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	0,000470**
Quadrático	1	0,227443**	0,0013177 ^{ns}	0,000319 ^{ns}	0,000023 ^{ns}
Cúbico	1	0,104772*	0,0005236 ^{ns}	0,000106 ^{ns}	0,0001*
NxK	9	0,032981 ^{ns}	0,000810 ^{ns}	0,000415 ^{ns}	0,000304 ^{ns}
Resíduo	32	0,016842	0,0009388	0,000216	0,000731
C.V. (%)		3,76	12,98	7,30	4,05

Quadro 1A. Continuação ...

F. V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		K	Ca	Mg	Mn
N	3	0,576517**	0,3379215**	0,0307643**	196904,4**
Linear	1	1,335974**	0,9680898**	0,0820475**	579024,2**
Quadrático	1	0,161153 ^{ns}	0,0035535 ^{ns}	0,0102448**	6588,879*
Cúbico	1	0,232427 ^{ns}	0,0421223*	0,0000007 ^{ns}	5100,338 ^{ns}
K	3	0,354458*	0,2494907**	0,0033025**	1396,189 ^{ns}
Linear	1	0,972985**	0,6674456**	0,0075656**	2070,203 ^{ns}
Quadrático	1	0,002462 ^{ns}	0,0380390*	0,0001595 ^{ns}	1390,784 ^{ns}
Cúbico	1	0,087927 ^{ns}	0,4298738*	0,0021825*	727,5809 ^{ns}
NxK	9	0,050657 ^{ns}	0,1678050*	0,0010940**	3324,562*
Resíduo	32	0,091207	0,0062398	0,0002942	1517,719
C.V. (%)		8,01	5,42	5,48	6,80

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		Cu	Fe	Zn	B
N	3	1,7096**	15002,16**	8,449733 ^{ns}	63,29637**
Linear	1	2,868688**	28582,01**	21,61499*	13033,70**
Quadrático	1	1,618104**	15777,81**	0,002929 ^{ns}	5531,530**
Cúbico	1	0,6420099 ^{ns}	646,6488 ^{ns}	3,731269 ^{ns}	423,6856*
K	3	0,4224007 ^{ns}	1444,610 ^{ns}	10,53568 ^{ns}	272,8364*
Linear	1	0,4671955 ^{ns}	2690,051 ^{ns}	6,876627 ^{ns}	5,352108 ^{ns}
Quadrático	1	0,4149659 ^{ns}	1109,764 ^{ns}	9,035015 ^{ns}	131,4732 ^{ns}
Cúbico	1	0,3850408 ^{ns}	534,0194 ^{ns}	15,69542 ^{ns}	681,6841**
NxK	9	0,1770049 ^{ns}	1106,719 ^{ns}	6,379816 ^{ns}	131,4028 ^{ns}
Resíduo	32	0,1730696	1309,752	4,383177	73,94120
C.V. (%)		19,29	27,03	14,03	12,77

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 2A. Resumo da análise de variância das características de crescimento: peso de matéria seca total (MST); peso foliar específico (PFE); número total de folhas (TF) e tamanho médio de folhas (TAMF); de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		MST	PFE	TF	TAMF
N	3	237.5467**	0.006553**	953.5049**	221.5255**
Linear	1	32.43333 ^{ns}	0.019091**	1091.200**	183.0394*
Quadrático	1	629.9239**	0.000567 ^{ns}	1572.658**	460.2591**
Cúbico	1	50.28286 ^{ns}	0.0000005 ^{ns}	196.6564 ^{ns}	21.27802 ^{ns}
K	3	50.78246 ^{ns}	0.003100 ^{ns}	237.2409 ^{ns}	10.96112 ^{ns}
Linear	1	69.71854 ^{ns}	0.0023068 ^{ns}	434.0315*	21.52639 ^{ns}
Quadrático	1	70.56508 ^{ns}	0.000885 ^{ns}	224.2513 ^{ns}	3.515169 ^{ns}
Cúbico	1	12.06377 ^{ns}	0.006108*	53.43999 ^{ns}	7.841804 ^{ns}
NxK	9	30.33273 ^{ns}	0.000553 ^{ns}	146.8983 ^{ns}	27.97387 ^{ns}
Resíduo	32	26.68144	0.001161	89.50899	25.21774
C.V. (%)		14.76	6.21	14.26	8.53

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 3A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de amido (AMD), proteína (PRT), lignina (LG), e açúcares solúveis totais (AT), de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		AMD	PRT	LG	AT
N	3	1.671505**	126.7073**	10.96450**	4.301433**
Lin.	1	4.147181**	338.8271**	16.24655**	9.885363**
Quad.	1	0.792780*	41.08879**	14.67372**	2.679019**
Cúb.	1	0.074553 ^{ns}	0.2057524 ^{ns}	1.973231 ^{ns}	0.339919 ^{ns}
K	3	0.761138*	12.69348**	5.477386**	0.830587**
Lin.	1	0.215460 ^{ns}	24.25754**	9.780743**	1.760782**
Quad.	1	0.000000 ^{ns}	10.28846**	1.596398 ^{ns}	0.634529 ^{ns}
Cúb.	1	2.06796 ^{ns}	3.534435*	5.055046*	0.096450 ^{ns}
NxK	9	0.164898**	1.349982*	1.048531 ^{ns}	0.540557**
Res.	32	0.174424	0.4720106	0.771612	0.174532
C.V.(%)		8.24	3.42	13.36	14,93

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 4A. Resumo da análise de variância das características de intensidade do ataque de bicho-mineiro (FM = número de folhas minadas, PFM = porcentagem de folhas minadas, LV = número de Larvas, MN = número de minas, PP = número de pupas, TAM = tamanho médio de minas), de mudas de cafeeiro cultivadas com doses crescentes de N e K na solução nutritiva.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS					
		FM	PFM	LV	MN	PP	TAM
N	3	131,2583**	48,39209 ^{ns}	64,06077 ^{ns}	432,5001**	234,2569**	0,684793**
Linear	1	131,6461**	51,27478 ^{ns}	31,90102 ^{ns}	390,1503*	310,5373**	0,046509***
Quadrático	1	187,0326**	60,34650 ^{ns}	155,8802***	784,0834**	140,0834***	1,883438**
Cúbico	1	75,09605*	33,55498 ^{ns}	4,401041 ^{ns}	123,2666 ^{ns}	252,1501*	0,124432 ^{ns}
K	3	77,48744**	76,95377 ^{ns}	112,2552 ^{ns}	54,33332 ^{ns}	170,6181*	0,244541 ^{ns}
Linear	1	218,0275**	206,8724 ^o	48,15104***	38,39998 ^{ns}	426,6667**	0,4172316 ^{ns}
Quadrático	1	1,251298 ^{ns}	11,66499 ^{ns}	1,505207 ^{ns}	33,33334 ^{ns}	80,08331 ^{ns}	0,136117 ^{ns}
Cúbico	1	13,18373 ^{ns}	12,32386 ^{ns}	287,1096*	91,26680 ^{ns}	5,104220 ^{ns}	0,1802748 ^{ns}
NxK	9	26,81611 ^{ns}	79,172554 ^{ns}	56,58392 ^{ns}	74,87038 ^{ns}	80,50233***	0,5686877**
Resíduo	32	16,04036	49,97494	47,07813	64,60416	38,66667	0,1227536
C.V. (%)		24,70	28,96	65,15	37,53	40,50	23,76

^{ns}, ^o, * e ** = não significativo e significativo a 10, 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F