

VICENTE LUIZ DE CARVALHO

INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE PRODUÇÃO SOBRE A EVO-
LUÇÃO DA FERRUGEM E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA
DAS FOLHAS DO CAFEIRO

*Grav. cat.
Bot. mf.*

Dissertação apresentada á Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia/Fitossanidade, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

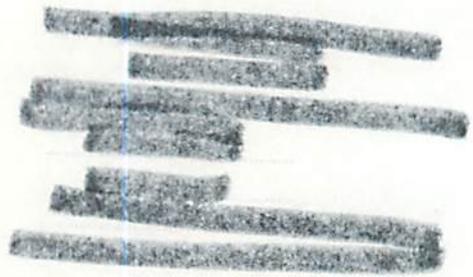




VICENTE LUIZ DE CARVALHO

1922
12
N.º 12

INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE PRODUÇÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DA FERRUGEM E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FOLHAS DO CAFEEIRO



Trabalho apresentado à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 1922.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS



INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE PRODUÇÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DA FERRUGEM
E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FOLHAS DO CAFEEIRO

APROVADA:

Hilário A. Castro

Prof. Dr. Hilário Antônio de Castro

Sara Maria Chalfoun de Souza

Pesq. Sara Maria Chalfoun de Souza

Vânia Déa de Carvalho

Pesq. Dr^a Vânia Déa de Carvalho

À minha esposa Valéria
e aos nossos filhos,
João Paulo, Maira e Lívia.

Aos meus pais,
Antônio e Josefina.

Aos meus irmãos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos Departamentos de Fitossanidade e Ciências dos Alimentos da ESAL pelo apoio material e técnico.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG - pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

Ao professor Dr. Hilário Antônio de Castro, a pesquisadora Dr^a Vânia Déa de Carvalho, e especialmente à pesquisadora Sara Maria Chalfoun de Souza, todos pela orientação.

Aos professores do Departamento de Fitossanidade pelos ensinamentos.

Aos professores Dr. José Oswaldo Siqueira e Dr. Gilnei de Souza Duarte.

Aos pesquisadores Aduino Ferreira Barcelos, Silvio Júlio Chagas, Dr. Paulo Gontijo Guimarães, Miralda Bueno de Paula.

Especialmente aos pesquisadores Antônio Nazareno,

Mendes, pelas sugestões e apoio, estatístico, ao Edson Marques da Silva e Walter Antonio Adão, sem os quais dificilmente conduziria os ensaios no campo.

À Eloisa Leite pelo apoio no desenvolvimento das disciplinas.

Aos laboratoristas Constantina Braga Torres, Sandra Mara Lacerda, Samuel Rosa de Brito, Ismael Alves e Messias Pimenta Freire, pela colaboração nas análises.

Aos funcionários do CPD Marco Antônio Torres e Luiz Antônio Mesquita.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação e demais amigos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Ensaio 1: Níveis de produção e evolução da ferru- gem do cafeeiro	23
3.1.1. Desbaste dos frutos	24
3.1.2. Avaliação dos índices de ferrugem	24
3.2. Ensaio 2: Estudo dos compostos foliares dos cafe- eiros, em função dos níveis de produção, época de desbaste e três estágios de desenvolvimento dos frutos	25
3.2.1. Coleta de folhas para análises e preparo das amostras	26
3.2.2. Análises de compostos foliares	26
3.2.3. Análises de correlação entre índices de ferrugens e compostos foliares	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30

4.1. Influência dos níveis de produção e épocas de desbaste na evolução da ferrugem	30
4.2. Teores de compostos foliares dos cafeeiros, em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e três estágios de desenvolvimento dos frutos ...	37
4.2.1. Nitrogênio	37
4.2.2. Potássio	40
4.2.3. Boro	43
4.2.4. Compostos fenólicos	46
4.2.5. Atividades enzimáticas	49
4.2.6. Amido e açúcares	52
4.2.7. Celulose e hemicelulose	55
4.3. Relação entre índices de ferrugem e compostos foliares	57
5. CONCLUSÕES	62
6. RESUMO	64
7. SUMMARY	66
8. LITERATURA CITADA	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1	Evolução da ferrugem durante o período dez/1989 a jan/1991 em Machado-MG	31
2	Porcentagem média de ferrugem em função das épocas de desbaste e meses de avaliação da ferrugem . Médias dos tratamentos 0 (zero), 50 e 100% de produção. Machado-MG, 1989/90, 1990/91	34
3	Evolução da ferrugem em função dos níveis de produção. Dados transformados em arco seno $x/100$. Machado-MG, 1989/90, 1990/91 ..	36
4	Teores médios de nitrogênio nas folhas de cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	38
5	Teores médios de potássio nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	41

FIGURAS

PÁGINA

6	Teores médios de boro nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	44
7	Teores médios de fenólicos extraíveis em metanol (A), metanol 50% (B), água (C) e fenólicos totais (D) nas folhas do cafeeiro, em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	47
8	Valores médios da atividade da polifenoloxidase (A) e peroxidase (B) nas folhas do cafeeiro, em função dos níveis de produção, época de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	50
9	Teores médios de açúcares redutores (A), açúcares não redutores (B), amido (C) e açúcares totais (D) nas folhas de cafeeiros em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	53
10	Teores médios de celulose (A) e hemicelulose (B) nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos	56

LISTA DE TABELAS

TABELAS		PÁGINA
1	Porcentagem de folhas com ferrugem em diferentes níveis de produção, épocas de desbaste e meses de avaliação da ferrugem, Machado-MG, 1989/90, 1990/91	32
2	Porcentagem média de folhas com ferrugem em função das épocas de avaliação da ferrugem (meses) e os níveis de produção. Machado-MG, 1989/90, 1990/91	35
3	Coefficientes de correlação entre o índice de ferrugem (% de folhas com ferrugem) e os compostos foliares, em três níveis de produção. Machado-MG, 1989/89 e 1990/91	59

1. INTRODUÇÃO

No continente Americano, a ferrugem foi constatada pela primeira vez, no Brasil, no município de Aurelino Leal, Estado da Bahia, por A.G. MEDEIROS em janeiro de 1970 (CHAVES et alii, 1970), e hoje encontra-se espalhada por quase todos os países da América do Sul; América Central e México (SCHIEBER & ZENTMEYER, 1984 e VASQUES, 1983). No Brasil, atualmente, a doença atinge todas as regiões cafeeiras, sendo que a maioria das cultivares comercialmente exploradas são suscetíveis à raça II que é predominante dentre as já identificadas no país (ESKES, 1983).

A ferrugem ocupa lugar de destaque com relação aos danos econômicos causados e ainda é considerada a principal doença do cafeeiro na maioria das regiões produtoras do Brasil, podendo ocasionar a redução de 20 a 30% na produção de café por hectare, (ZAMBOLIM et alii, 1985 e INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1985).

A importância da doença, que é tipicamente foliar, está relacionada com a desfolha das plantas por ela provocada. A presença de lesões de ferrugem nas folhas, causa redução da área fotossintética e abscisão prematura das folhas, (SCHIEBER, 1972;

MORAES, 1983 e CHALFOUN & ZAMBOJIM, 1985). Como consequência da desfolha, as plantas ficam debilitadas, ocorrendo por conseguinte o retardamento no desenvolvimento das folhas e dos ramos produtivos, influenciando no pegamento da florada com consequente redução na produção (MAGALHÃES, 1964; NUTMAN & ROBERTS, 1970; ALMEIDA et alii, 1976 e MIGUEL et alii, 1977b).

A ocorrência da ferrugem está condicionada a diversos fatores bióticos e abióticos. Segundo BOCK (1962), a distribuição e intensidade de chuvas, grau de enfolhamento da planta e a quantidade de inóculo no final da estação seca, imediatamente precedendo as chuvas, condicionam a incidência e a severidade da doenças. Outros estudos no entanto, além de confirmarem os resultados anteriores, demonstraram que fatores como temperatura, luminosidade, concentração de inóculo e natureza do substrato, bem como as interações entre eles, exercem função determinante sobre o processo de instalação e evolução da doença (NUTMAN & ROBERTS, 1963; RAYNER, 1961; ALFONSI et alii, 1977 e CHALFOUN, 1980).

Mais recentemente várias pesquisas têm mostrado que o nível de produção das plantas, é mais um fator que determina um maior ou menor grau de infecção do cafeeiro pela ferrugem (ORTOLONI, 1973; MIGUEL et alii, 1977a; MARIOTTO et alii, ESKES & SOUZA, 1981; MANSK & MATIELLO, 1984; MATIELLO et alii, 1984).

Segundo MORAES (1983), a produção abundante, promove um desequilíbrio nutricional, tornando os cafeeiros mais suscetíveis à ferrugem, sendo que na época de formação dos frutos os

desequilíbrios são mais intensos,

O "stress" causado na planta de café pela carga pendente, segundo ZAMBOLIM et alii (1985), debilita e reduz sua resistência ao desenvolvimento da ferrugem, condicionando o nível da doença.

Portanto avaliar e conhecer isoladamente o papel de cada um dos fatores que atuam sobre a evolução da ferrugem e as correlações entre eles, conforme MIGUEL & MATIELLO (1985) é de fundamental importância, pois o conhecimento de um maior número de variáveis que regem o complexo ferrugem versus cafeeiro, permitirá que a escolha e adoção de programas de controle da enfermidade, sejam cada vez mais eficazes e econômicos.

Dentro deste aspecto, o presente trabalho teve como objetivos:

1º - estudar a evolução da ferrugem em cafeeiros com diferentes cargas pendentes;

2º - correlacionar os teores de compostos foliares em diferentes fases de desenvolvimento dos frutos e diferentes cargas pendentes, com a evolução da ferrugem;

3º - estudar os possíveis mecanismos que condicionam a maior ou menor incidência da ferrugem, sob condições de diferentes cargas pendentes e diferentes épocas de desbaste dos frutos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Avaliar e conhecer isoladamente o papel de cada um dos fatores envolvidos na evolução da ferrugem e as correlações entre eles é de fundamental importância, pois o conhecimento de um maior número de variáveis do complexo ferrugem-cafeeiro, permitirá que a escolha e adoção de programas de controle da enfermidade, sejam cada vez mais eficazes e econômicos (MIGUEL & MATIELLO, 1985).

Entre os vários fatores considerados importantes na ocorrência e severidade da ferrugem do cafeeiro, a produção tem efeito direto sobre a incidência da doença. Diversos trabalhos têm mostrado a relação entre a carga pendente e a evolução da ferrugem. ORTOLANI (1973) observou correlação entre a produção e a incidência da ferrugem, que era sempre maior nos anos de maior produção. Trabalho realizado por MARIOTTO et alii (1974), demonstrou que o efeito da produção aumentou em 5,68% a mais de ferrugem, em relação ao tratamento sem produção. Resultados semelhantes foram conseguidos por MIGUEL et alii (1977a), sendo o controle da ferrugem relativamente menos eficiente quanto maior a produção, resultando em índices de infecção de 28,00%, 17,00% e

11,50%, respectivamente nos níveis de produção alta, média e baixa. A influência da carga pendente na evolução da ferrugem foi confirmada por MIGUEL & MATIELLO em 1985.

Estudando a incidência da ferrugem do cafeeiro em ramos com e sem produção, ESKES & SOUZA (1981), observaram um grau de ataque duas vezes maior nos ramos com produção, em relação aos ramos sem produção, dentro de uma mesma planta.

Comparando alguns fatores como: enfolhamento, inóculo residual e produção, que são importantes no desenvolvimento da ferrugem, MANSK & MATIELLO (1984), confirmaram que a produção foi o fator de maior influência sobre a evolução da ferrugem, quando comparado com a eliminação do inóculo e com nível de enfolhamento. Resultados semelhantes foram obtidos por MATIELLO et alii (1984).

Em trabalho mais recente ZAMBOLIM et alii (1985), observaram que o grau de enfolhamento não influenciou o desenvolvimento da doença, porém em cafeeiros com frutos, a doença não limitou-se apenas aos ramos inoculados, mas atingiu toda planta, causando índice de infecção de até 90%.

Embora os estudos realizados até agora indiquem que a produção é um fator que predispõe as plantas ao ataque da ferrugem, especificamente quais os processos que ocorrem nessas plantas e que afetam a susceptibilidade, não estão bem esclarecidos.

MORAES (1983), sugere que a produção abundante promove um desequilíbrio nutricional, tornando os cafeeiros mais

susceptíveis a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., sendo que à época de formação dos frutos, em que os desequilíbrios nutricionais são mais intensos, a planta fica particularmente susceptível.

À conclusão semelhante chegaram ZAMBOLIM et alii (1985), de que o fator condicionante do nível da doença foi o estresse causado na planta do cafeeiro pela carga pendente, debilitando-a e reduzindo sua resistência ao desenvolvimento do patógeno.

Os desequilíbrios nutricionais e as variações das concentrações de nutrientes nas folhas de cafeeiro, apresenta correlação com a produção, sendo portanto, mais intensa por ocasião de grandes colheitas (MALAVOLTA, 1979).

Confirmando o desequilíbrio de nutrientes nas folhas, CHAVES & SARRUGE (1984), demonstraram que ocorre grandes reduções nas concentrações foliares de N, P e K na fase de crescimento dos frutos, com os valores atingindo níveis abaixo dos considerados adequados e que 80% de N, P, K, Ca e Mg foram acumulados nos frutos durante os 120 a 150 dias a partir do início da frutificação.

Com relação ao N e K, Medcalf et alii (1955) citados por MALAVOLTA (1986), confirmaram que durante o período de crescimento dos frutos, parte do N foliar é mobilizado para eles: o teor pode cair de 4,10 para 2,85% nessa fase. No período seco o teor de K nos ramos diminui devido os efeitos combinados de falta de umidade no solo para a absorção e a remoção pelos grãos cereja.

A falta de boro, muito comum nos cafeeiros pode ser devida, entre outros fatores, a seca que dificulta a mineralização da matéria orgânica e, portanto, a liberação do boro para as raízes, de acordo com MALAVOLTA (1986).

O estado nutricional da planta de café pode ser julgado segundo o Quadro 1, adaptado de MALAVOLTA (1986).

QUADRO 1 - Níveis críticos e adequados de nutrientes foliares dos cafeeiros.

Elementos	Nível		
	Baixo ou deficiente	Adequado	Alto ou excessivo
N %	2,0 - 2,5	2,6 - 3,0	> 3,0
P %	0,05 - 0,12	0,13 - 0,15	> 0,15
K %	1,5 - 2,0	2,1 - 2,5	> 2,5
B ppm	10 - 40	41 - 90	> 90

Segundo KRÜGNER (1978), a nutrição mineral do hospedeiro pode afetar a sua susceptibilidade de diversas maneiras:

- a) influenciando nas reservas de alimentos do

hospedeiro, disponíveis ao patógeno;

b) causando variações nos mecanismos bioquímicos de defesa do hospedeiro;

c) causando variações nos elementos estruturais do hospedeiro, como as paredes celulares.

Em uma situação de desequilíbrio nutricional, a planta é geralmente muito mais vulnerável à doença. Elementos minerais estão envolvidos nos mecanismos de aumento ou diminuição da susceptibilidade segundo COUCH & BLOOM (1960), HUBER & WATSON (1974), PRETTY (1982), AGRIOS (1969).

O aumento da resistência à doenças pelo suprimento de nutrientes, especialmente o K, tem sido amplamente estudado. O potássio, mais que outros elementos é conhecido como redutor de susceptibilidade de plantas à doenças pela influência no processo bioquímico e na estrutura do tecido. O efeito do potássio pode ser variável, dependendo da interação de fatores ambientais, susceptibilidade das plantas, incidência da doença e nível de outros elementos.

Recente revisão relata que altos níveis de K na nutrição, reduziu a severidade de mais de 20 doenças bacterianas, mais de 100 doenças fúngicas e 10 doenças causadas por vírus e nematóides. A deficiência de K usualmente resulta no acúmulo de compostos de N solúveis e açúcares nas plantas, que são adequadas fontes de alimento para parasitas. Enquanto que o fornecimento adequado de K resulta em tecidos rígidos, parede celular espessa, que são mais resistentes à penetração dos patógenos. O N tem

efeito oposto. Assim o balanço ,entre esses dois nutrientes nas plantas é especialmente importante na melhoria da resistência à doenças (POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA, 1988).

De um modo geral, teores elevados de nitrogênio tendem a aumentar a susceptibilidade, enquanto que altas quantidades de potássio reduzem a susceptibilidade a muitas doenças, segundo KRUGNER (1978) e PRETTY (1982).

De acordo com HUBER (1980), alto nível de potássio reduz a severidade de algumas doenças de plantas e que cultivares resistentes podem conter mais potássio que cultivares susceptíveis.

Em cafeeiros, poucos estudos foram feitos relacionando o aumento ou diminuição da resistência das plantas à ferrugem, com alteração dos níveis de nutrientes das folhas. A importância deste fato é acrescido, quando se considera que a fonte de nutrientes proporcionada pelo hospedeiro é especialmente crítica quando se trata de parasita obrigatório (KRÜGNER, 1978; HUBER & WATSON, 1974).

Trabalho realizado em solução nutritiva por FIGUEIREDO et alii (1976), mostrou que a omissão de N e P proporcionou maior porcentagem de folhas com pústulas, quando comparadas com a omissão de K e com o excesso de N e P ou solução padrão. Os tratamentos com excesso de P ou K apresentaram número mais elevado de pústulas por folha do que os tratamentos com excesso ou com omissão de K.

CRUZ & CHAVES (1973) estudando a incidência da ferrugem

em mudas de cafeeiro, submetidas a uma adubação com macro e micronutrientes (F.T.E.), concluíram que os nutrientes não apresentaram efeitos sobre a incidência da ferrugem.

Estudos realizados por MORAES et alii (1974), concluíram que houve diferença significativa e positiva na porcentagem de folhas atacadas nos tratamentos que receberam a dose maior de K, relativamente àqueles que não receberam esse nutriente, e que N e P não influenciaram nos graus de ataque da ferrugem do cafeeiro.

Segundo MUTHAPA & RAJENDRAN (1978), a aplicação de macronutrientes foliares, não teve nenhuma influência direta na incidência da ferrugem.

Em muitas outras relações patógeno-hospedeiro, a variação da resistência ou susceptibilidade pelo suprimento de nutrientes tem sido amplamente discutida, especialmente o potássio como redutor de susceptibilidade e o nitrogênio com efeito inverso. ISMAILOV (1956), concluiu que combinações de B, Mn, Cu, Zn aplicados no solo com e sem N e P, reduziram os ataques da ferrugem amarela (*Puccinia glumarum*) em trigo e pulverizações de plantas com B e Mn também conteve o desenvolvimento da ferrugem.

A aplicação de NH_4NO_3 como fertilizantes em grandes quantidades, tende a aumentar a susceptibilidade do trigo à ferrugem do caule (*Puccinia graminis* var. *tritici*) e decresce os fenóis contidos nas plantas sadias entre 60 a 70% (KIRALY, 1964).

Trabalhando com diferentes níveis de N, P e K e a

ferrugem do caupi, causado por *Uromyces phaseoli* var. *vignae*, RAWAL et alii (1974) concluíram que o N teve efeito significativo na severidade da doença em doses mais baixas, as doses elevadas de N tiveram efeito indireto e negativo enquanto que o K e P não demonstraram qualquer efeito no grau de ataque da ferrugem.

Cloreto de potássio aplicado no solo aumentou a resistência de algumas variedades de trigo de inverno à ferrugem em comparação com plantas não tratadas, segundo RUSSELL (1978).

Conforme HUBER & WATSON (1974) a reação das plantas ferrugem do trigo e cereais causada pela *Puccinia graminis*, depende da fonte de N, sendo que NH_4 reduz e NO_3 aumenta a susceptibilidade das plantas à doença enquanto que o K e B diminuem. A susceptibilidade às ferrugens *Puccinia recondita* e *Puccinia striiformis* do trigo e cereais aumenta independente da fonte de N e diminui com o K e B.

RAWAISHED (1985) concluiu em seu trabalho que níveis crescentes de N e P aumentaram a incidência do oídio em trigo de inverno enquanto que níveis crescentes de K diminuíram esta incidência.

Uma das relações nutrição-severidade da doença bem estudada e conhecida é a interação brusone-arroz. Trabalho realizado por FARIA et alii (1982) demonstrou que a intensidade da brusone nas folhas e na panícula do arroz, aumentou com o aumento dos níveis de N, quando aplicados no sulco de plantio. SANTOS et alii (1986) confirmaram resultados anteriores de que a brusone nas folhas e na panícula aumenta com o aumento do N.

Trabalhando com a murçha do algodoeiro RAFEZ et alii (1975), concluíram que a fertilização de K no solo, reduz significativamente a doença causada por *Verticillium dahliae*.

Outro aspecto em que a nutrição pode influenciar na susceptibilidade do hospedeiro segundo KRÜGNER (1978), é causando variações nos mecanismos bioquímicos de defesa do hospedeiro. As células das plantas podem conter, normalmente, altas concentrações de substâncias tóxicas ou inibidoras dos patógenos.

Conforme RODRIGUES Jr. (1980), a presença de compostos químicos inibidores nos tecidos das plantas superiores têm sido largamente documentada no passado. As substâncias inibidoras preformadas encontram-se presentes em quase todas as plantas, em concentrações muitas vezes inferiores às necessárias para inibir muitas espécies patogênicas, quando presente em concentrações adequadas, podem se constituir em fortes barreiras microbianas.

Vários trabalhos têm mostrado a função dos compostos fenólicos na fisiologia das doenças de plantas, sua resistência ou susceptibilidade (FARKAS & KIRALY, 1962; TOMIYAMA, 1963; KOSUGE, 1969; INGHAN, 1979; VIDHYASEKARAN, 1988). O exemplo clássico de fenólicos determinando a resistência à fitopatógenos foi verificado por WALKER & STAHMANN (1955) quando demonstraram que as escamas externas de variedades de cebola resistente, pigmentadas de vermelho ou amarelo, continham grandes quantidades de catecol e ácido protocatecuico que eram altamente tóxicos para os esporos de *Colletotrichum circinans*, e que os fungos cresciam normalmente em cebolas com escamas incolores.

Poucos estudos, no, entanto, foram feitos com resistência de cafeeiros à ferrugem e a outros patógenos, envolvendo compostos fenólicos como mecanismos de defesa bioquímica.

No Brasil um dos primeiros trabalhos realizados foi por MORAES et alii (1971), numa avaliação dos teóres totais de fenóis e flavonóides em folhas da cv. Mundo Novo, inoculado com *H. vastatrix* raça II, revelou no decorrer da infecção, um aumento de até 6 vezes o teor inicial do momento da inoculação. O mesmo, entretanto, não ocorreu com folhas inoculadas da cv. IAC 1120-26 (resistente a raça II). Houve um aumento grande (100%) nas primeiras 24 horas decrescendo em seguida para voltar a aumentar após 20 dias de inoculação, reação esta não explicada na ocasião. Observaram também que as folhas jovens de ambas as cultivares apresentaram maiores valores tanto para o teor total de fenóis como para o teor total de flavonóides, do que aqueles encontrados para folhas adultas.

RODRIGUES Jr. & MEDEIROS (1975), demonstraram que a resistência de cultivares de cafeeiros portadores de loci SH₁ e SH₂, foi associada com o acúmulo de substâncias antifúngicas em difusatos de folhas de café.

Em trabalho semelhante MAXEMIUC & DIETRICH (1985) concluíram que nas combinações compatíveis (SH₃ x V₃), houve um aumento gradual de fenóis durante as 4 semanas de observação que culminou com a esporulação do parasita nos discos de folhas. Nas combinações incompatíveis (SH₁ x V₃ e SH₄ x V₃) os níveis de

fenóis e das enzimas já elevaram-se consideravelmente durante a primeira ou segunda semana após a inoculação, sugerindo uma correlação com a resistência.

Maxemiuc (1977) citado por MORAES (1983), estudando a atividade de algumas enzimas produzidas por *H. vastatrix*, verificou que a celulase, entre outras enzimas, destacou-se como a mais importante na instalação do processo parasitário, tendo sua ação máxima favorecida em temperatura próxima à do ambiente na época de maior desenvolvimento de infecções. Segundo o mesmo autor, esta enzima pode sofrer uma inibição efetiva de sua atividade, por ação de componentes de folhas de plantas resistentes ou mesmo susceptíveis (ácido clorogênico complexado a polipeptídio), admitindo-se que estes componentes podem ser diferenciados pela fase em que são sintetizados nas folhas.

ECHANDI & FERNANDEZ (1962), demonstraram que a resistência de *Coffea canephora*, *Coffea liberica* e o híbrido *C. dewevrei* x *C. arabica* à *Cerotocystis fimbriata* ELL & HALST está associada ao conteúdo de ácido clorogênico mais alto, em comparação com plantas susceptíveis de *C. arabica*.

Trabalho realizado por VENKTASUBBIAH et alii (1983) com mudas de café inoculadas com *Rhizoctonia solani*, indicou que o total de compostos fenólicos aumenta com a infecção das mudas. Foram altamente susceptíveis à doença até os 60 dias e tornaram-se resistentes gradualmente com o passar dos dias e com o aumento dos fenólicos contidos nas mesmas.

Estudos de idade das folhas e susceptibilidade do

cafeeiro a *Pseudomonas cichorii* e a *P. syringae* p.v. *garçae*, OLIVEIRA (1988) sugerem que compostos fenólicos são um dos possíveis mecanismos de resistência de folhas velhas a *P. syringae* pv. *garçae* e que a atividade da peroxidase e polifenoloxidase foi maior nas folhas velhas.

A função dos compostos fenólicos, suas relações com a resistência das plantas às doenças, vem sendo estudadas em muitas relações patógeno-hospedeiro.

LU et alii (1963) não encontraram correlação entre o conteúdo de fenol e a resistência de variedades de trigo a ferrugem, embora variedades resistentes inoculadas, tiveram maiores teores de fenóis em relação as não inoculadas enquanto que o inverso ocorreu com variedades susceptíveis.

Substâncias fenólicas como ácido clorogênico, quercetina e cianidina do epicarpo dos frutos de cacau, em cultivares resistentes e tolerantes, possuem um alto poder inibidor sobre a germinação dos zoosporos de *Phytophthora palmivora* (BUTL) BUTL (ROCHA, 1966).

Em batata, o ácido clorogênico e caféico são oxidados pela ação da polifenoloxidase e os compostos formados inibem a ação da poligalacturonase produzida pelo *Verticillium albo-atrum*, durante a infecção (PATIL & DIMOND, 1967).

De acordo com SATHIANATHAN & VIDHYASEKARAN (1981) apenas os fenólicos e não as enzimas peroxidase e catalase, estão envolvidas no mecanismo de defesa ao *Helminthosporium oryzae*, patógeno da mancha marrom do arroz.

ALFENAS et alii (1982), concluíram em seus trabalhos, que o crescimento do micélio e a germinação de esporos de *Cryphonectria cubensis* (BRUNER) HODGES foram inibidos por compostos fenólicos do *Eucalyptus* sp. A atividade inibitória dos ácidos caféico, p-cumárico, ferúlico, gálico, protocatécúico, benzóicos, variou com a concentração, a presença e número de radicais -OH e -COH₂ substituintes presos a cadeia aromática dessas substâncias.

Trabalho realizado por WEIDENDORNER et alii (1990) sugere que os isoflavonóides e biochanin A demonstraram alta atividade antifúngica contra *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii* em solos diferentes.

Os compostos fenólicos podem ser oxidados pelas enzimas do hospedeiro, tais como a polifenoloxidase e peroxidase. Os produtos da oxidação, as quinonas, são substâncias altamente fungitóxicas e tem sido relatados como sendo responsáveis pela resistência à doenças.

Segundo BATEMAN & MILLAR (1966), os compostos fenólicos, em particular os seus produtos de oxidação, têm sido considerados como potentes inativadores enzimáticos, principalmente das enzimas pécticas, através da formação de complexos e conseqüentemente precipitação dessas enzimas durante o processo de melanização dos tecidos danificados.

PATIL et alii (1964) observaram os efeitos de produtos oxidados do ácido clorogênico na germinação dos esporos de *Verticillium albo-atrum* e concluíram que embora o ácido

clorogênico não seja tóxico ao patógeno, os produtos de sua oxidação, as quinonas, inibem a germinação dos esporos. Os mesmos autores afirmam que quando o ácido clorogênico entra em contato com a polifenoloxidase, quinonas são rapidamente formadas, porém em variedades susceptíveis com alta atividade dessa enzima, ocorre rápida polimerização das quinonas, diminuindo sua quantidade.

Os resultados obtidos por TURNER (1965) em estudo realizado com seleção de cacau resistente, tolerante e susceptível a *Phytophthora palmivora*, indicam que houve diferenças significativas com respeito a atividade do sistema polifenoloxidase nos três tipos de plantas. O autor concluiu que a atividade da polifenoloxidase é o fator que confere resistência ao fruto de cacau à *P. palmivora*.

LAVREKOVICH et alii (1967) em trabalho realizado com *Erwinia carotovora* em batata, estudando a atuação das células bacterianas inibindo a polifenoloxidase e conseqüentemente a oxidação do catecol em mistura ou não com glicose, concluíram que as bactérias são inibidas pela oxidação dos fenóis apenas na presença do açúcar, o qual poderia servir como doador de hidrogênio para reduzir os sistemas que são capazes de reverter a oxidação dos fenóis. A inibição pela atividade da polifenoloxidase ocorreu apenas na presença da glicose.

Trabalhando com podridão da maçã do algodoeiro pelo fungo *Diplodia gossypina*, WANG & PINCKARD (1973) sugerem que apesar de não haver relação entre compostos fenólicos e

resistência a podridão, a atividade da peroxidase esteve diretamente correlacionada com a resistência à doença.

VIDHYASEKARAN (1988) citando Vidhyasekaran (1977) observou que compostos fenólicos não inibiram a germinação de esporos de *Helminthosporium nodulosum* em milho e que o crescimento foi inibido significativamente apenas a 1000 ppm. Mas esses compostos fenólicos oxidados inibiram marcadamente a germinação dos esporos e o crescimento do patógeno a 100 ppm.

Normalmente os hospedeiros constituem uma fonte de nutrientes para o patógeno invasor, sendo possível então que a ausência de nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento ou a sua incapacidade em absorvê-los atuem como fator de resistência.

Entre os macronutrientes, o carbono é requerido em grandes quantidades na nutrição dos fungos. Compostos orgânicos, que podem ser usados pelos fungos como fonte de carbono, inclui os carboidratos e ácidos orgânicos. Carboidratos constituem a mais importante fonte de carbono. Entre os carboidratos, a D-glucose é o açúcar que suporta o crescimento de quase todos os fungos. Entre os dissacarídeos, a maltose e celobiose são largamente disponíveis para os fungos, alguns usam a sacarose e poucos a lactose. Os polissacarídeos que são largamente utilizados, como fonte de carbono são o amido e celulose, sendo a hemicelulose e lignina complexos pobres e dos quais pouco se sabe (LANDECKER, 1982).

Em trabalho sobre o metabolismo de carboidrato por patógeno biotrófico de plantas, FARRAR (1986) afirma que a

sacarose é a maior fonte de carbono "in vivo".

Durante o desenvolvimento de doenças foliares das plantas, vários desses metabólitos (carboidratos) se acumulam imediatamente na área de infecção. Trabalhos relacionados a seguir, evidenciam a função desses carboidratos na patogenese, possivelmente suprindo de nutrientes, para suportar o crescimento dos fungos, após a penetração no hospedeiro ou durante a esporulação.

LYLES et alii (1959) analisando linhas isogênicas de trigo que diferenciavam quanto à resposta a raça 15 B da ferrugem do caule, concluíram que o alto nível de carboidrato solúvel foi rigorosamente associado com a resistência.

Trabalho realizado por KROG et alii (1961), concluiu que o açúcar contido nas folhas de trigo e especialmente a fração sacarose, decrescia com a infecção da ferrugem do caule, fracamente nos hospedeiros resistentes e altamente nos susceptíveis. O decréscimo do açúcar foi finalmente relacionado com a severidade e espécies de infecção da ferrugem.

Estudando o desenvolvimento e intensidade da doença e o nível de carboidratos nas folhas de plantas de feijão com ferrugem, INMAN (1962) observou que o nível de carboidrato nas folhas, depende do estágio e intensidade da infecção. Os açúcares redutores, sacarose e amido aumentaram com a infecção no estágio de clorose e declinaram a seguir. O nível dos açúcares declinou com o início da esporulação.

Segundo SHAW (1963), a hidrólise do amido nos tecidos

do hospedeiro durante a penetração do fungo, pode ser considerada como suprimento de nutriente para o patógeno. O fungo da ferrugem utiliza primeiramente a reserva endógena, durante a germinação do uredosporo. A limitada reserva dos uredosporos pode ser severamente consumida no período de penetração no hospedeiro.

Alguns estudos indicam uma redução no teor de amido inicialmente após a inoculação e continua no período de esporulação. Isto foi observado em plantas de feijão com ferrugem (MIROCHA & ZAKI, 1966) e em repolho atacado por *Plasmodiophora brassicae* Wor. (KEEN & WILLIAMS, 1969).

Em variedades resistentes de feijão inoculadas com esporos da ferrugem, o amido acumulou imediatamente após a inoculação e diminuindo a seguir. Nas variedades susceptíveis, o acúmulo foi mais lento após a inoculação e foi associado com o desenvolvimento da esporulação da colônia (SCHIPPER & MIROCHA, 1969).

Segundo MACDONALD & STROBEL (1969) o amido em plantas de trigo infectadas com *Puccinia striiformis*, declinou entre 6 a 9 dias após a inoculação e aumentou rapidamente de 9 a 12 dias, durante a esporulação, decrescendo a seguir. A sacarose acumulou nos locais da pústula antes e durante o estágio de esporulação.

Apesar das evidências de muitos trabalhos, quanto a influência dos carboidratos na resistência ou susceptibilidade de plantas às ferrugens, muitas variações e resultados controversos deixam dúvidas. Com relação à ferrugem do cafeeiro, poucos trabalhos foram realizados e estes não

apresentaram resultados conclusivos. CARVALHO & RIBEIRO (1975) verificaram que em cafeeiros susceptíveis à ferrugem, o teor de sacarose aumentou até o oitavo dia após a inoculação, diminuindo em seguida para teores menores que os das plantas testemunhas. Esse decréscimo coincidiu com o início da esporulação do patógeno. Nas combinações resistentes houve um aumento até o 20º dia, após o que estabilizou-se em nível inferior ao da combinação susceptível. Os níveis de açúcares redutores, quer nas combinações susceptíveis ou resistentes apresentaram sempre a mesma tendência. Os açúcares totais, por serem fortemente influenciados pelo teor de sacarose, apresentaram uma curva similar à da sacarose.

Segundo Carvalho (1972) citado por CARVALHO & RIBEIRO (1975), três hipóteses poderiam explicar essa diminuição no teor de sacarose nas plantas resistentes inoculadas:

- 1) a sacarose seria desviada para a formação de substâncias de defesa tais como os fenóis, fitoalexinas e outros;
- 2) a sacarose seria desviada para outras partes da planta, num processo semelhante ao das plantas em senescência;
- 3) haveria um aumento da respiração e metabolismo dos tecidos doentes, com o implícito consumo de energia armazenada.

Em trabalho mais recente ACUÑA (1985) concluiu que a variação nos teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores, em cafeeiros com níveis de carga diferentes, é influenciada pela época de amostragem. Foi observado efeito do tratamento especificamente para o teor de amido, que teve uma

correlação negativa em relação ao nível de carga e ao desenvolvimento da epifítia da *Hemileia vastatrix*. As informações obtidas sobre carboidratos, não foram suficientes para explicar a maior ou menor incidência da ferrugem do cafeeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho constou da condução de dois ensaios. No primeiro estudou-se a evolução da ferrugem em três níveis de produção do cafeeiro e duas épocas de desbaste. Paralelamente conduziu-se o segundo sobre os estudos dos compostos foliares em três estágios de desenvolvimento dos frutos, duas épocas de desbaste e três níveis de produção.

3.1. Ensaio 1: Níveis de produção e evolução da ferrugem do cafeeiro

Os estudos basearam-se em ensaio instalado no município de Machado-MG, Fazenda Experimental da EPAMIG, no ano agrícola 1989/90. Foram utilizadas plantas da cultivar Mundo Novo LCP 379-19 com 8 anos de idade e espaçamento 4,00 x 1,00 m.

Selecionou-se um talhão bem uniforme, bom estado de enfolhamento e com carga pendente alta. Os tratamentos culturais foram efetuados segundo as recomendações para a cultura, sem efetuar qualquer medida de controle da ferrugem.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, analisado sobre o esquema fatorial 3 x 2 e parcela subdividida no tempo. Três tratamentos de níveis de produção (0%, 50% e 100%) em duas épocas de desbaste na parcela e quatorze meses de avaliações dos índices de ferrugem como parcela subdividida no tempo, submetidos a três repetições.

3.1.1. Desbaste dos frutos

Os desbastes para definir os níveis de produção, foram feitos em grupos de cinco plantas que formaram as unidades experimentais. Retirou-se os frutos alternadamente das rosetas de toda planta, após a contagem do número de frutos de cada ramo, deixando 0% (desbaste total), 50% e 100% da carga pendente nas plantas dentro de cada grupo.

Os desbastes foram realizados em duas épocas e em grupos diferentes de plantas, sendo:

- primeira época com os frutos no estágio de chumbinho;
- segunda época no estágio de fruto verde.

3.1.2. Avaliação dos índices de ferrugem

Os índices de ferrugem foram avaliados através de coletas mensais de 20 (vinte) folhas por planta, localizadas no

terço médio da planta, durante o período de dezembro de 1989 a janeiro de 1991. Coletou-se as folhas ao acaso, totalizando 100 (cem) folhas por parcela, registrando-se a porcentagem de folhas com ferrugem (pústulas esporuladas) segundo RAYNER (1961).

3.2. Ensaio 2: Estudo dos compostos foliares dos cafeeiros, em função dos níveis de produção, época de desbaste e três estágios de desenvolvimento dos frutos

Os estudos do segundo ensaio desenvolveram-se no mesmo delineamento experimental (blocos ao acaso) e mesmo esquema fatorial de análise utilizado no primeiro ensaio, diferindo apenas quanto aos tratamentos das parcelas subdivididas no tempo, as quais foram as amostras de folhas retiradas em três estágios de desenvolvimento dos frutos.

Os compostos analisados foram açúcares redutores e não redutores, amido, açúcares totais, compostos fenólicos nas frações metanol, metanol 50% e H₂O e fenólicos totais, nitrogênio, potássio, boro celulose, hemicelulose, atividades proteolíticas da polifenoloxidase e peroxidase.

3.2.1. Coleta de folhas para análises e preparo das amostras

As folhas foram coletadas na parte mediana das plantas, o 3º ou 4º pares de folhas, por serem os mais representativos segundo HUERTA (1963), em torno das cinco plantas que compuseram a parcela em cada tratamento de níveis de produção e desbaste. As amostragens de folhas seguiram sempre o mesmo padrão estabelecido, acondicionadas em sacos de papel com aproximadamente 150 g, levadas para o laboratório de produtos vegetais da EPAMIG/ESAL-DCA em Lavras, secas em estufa a 60°C até atingir peso constante, moídas e acondicionadas em vidros.

Realizou-se três coletas, sendo:

- primeira com frutos no estágio de chumbinho, na mesma época do primeiro desbaste e com as plantas do experimento nas mesmas condições (época zero):

- segunda coleta, com os frutos no estágio de desenvolvimento verde;

- terceira coleta, com os frutos no estágio de desenvolvimento maduro ou frutos no ponto de colheita.

3.2.2. Análises de compostos foliares

Celulose e hemicelulose

- A extração e determinação da celulose e hemicelulose

seguiu a metodologia descrita por BAILEY (1967) e DUBOIS et alii (1956).

Compostos fenólicos

- Os compostos fenólicos foram extraídos pelo método de SWAIN & HILLIS (1959) e identificados pelo método de Folin-Denis, descrito pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (1970).

Açúcares totais, redutores e não redutores

- Os açúcares foram extraídos pelo método de Lane-Enyon citado pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1970), e determinados segundo a técnica de Somogy, adaptada por NELSON (1944).

Amido

- O amido foi extraído segundo a técnica de Lane-Enyon, citada pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (1970) utilizando-se a hidrólise ácida e determinado pela técnica de Somogy, adaptada por NELSON (1944).

Atividade da polifenoloxidase

- A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por PONTING & JOSLYING (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem 3,4-DIHYDROXY-L-PHENYLALANIN (L-DOPA).

Atividade da peroxidase

- A atividade da peroxidase foi determinada segundo o método descrito por FERHAMANN & DIAMOND (19657), utilizando-se o extrato da amostra sem o Guaiacol como branco.

Nitrogênio

- A determinação do nitrogênio foi feita pelo método de micro-kjeldahl descrito pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (1970).

Potássio

- O potássio foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, após o material vegetal sofrer uma digestão nitroperclórica na proporção de 10 ml de HNO_3 e 1 ml de HClO_4 , para 0,75 g de amostra, segundo SARRUGE & HAAG (1974).

Boro

- O boro foi dosado por colorimetria com curcumina, segundo SARRUGE & HAAG (1974).

3.2.3. Análises de correlação entre índices de ferrugens e compostos foliares

Para verificar o comportamento da ferrugem em relação

aos compostos foliares, determinou-se o coeficiente de correlação entre os índices de ferrugem e os teores de compostos foliares em cada nível de produção (0%, 50% e 100%).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Influência dos níveis de produção e épocas de desbaste na evolução da ferrugem

O comportamento da ferrugem, no período em que foi desenvolvido o ensaio, está representado na Figura 1. Observa-se que a ferrugem atingiu níveis elevados (94,66% de folhas infectadas em julho) em condições normais de lavoura com carga alta e sem controle da doença.

Através da análise estatística dos resultados, expressos na Tabela 1, o tratamento com 0% de produção apresentou índice de ferrugem significativamente menor em relação aos tratamentos 50 e 100% de níveis de produção, com média de 5,64 e 11,59 kg de café cereja por planta, respectivamente, mas não diferiram entre si. Confirma com isto resultados anteriores (ORTOLONI, 1973; MIGUEL et alii, 1977a; MARIOTTO et alii, 1974; ESKEF & SOUZA, 1981; MANSK & MATIELLO, 1984; MATIELLO et alii, 1984) de que existe correlação entre produção e índice de ferrugem do cafeeiro. Os resultados indicam também que 50% da carga pendente alta foi suficiente para predispor os cafeeiros ao ataque máximo da ferrugem.

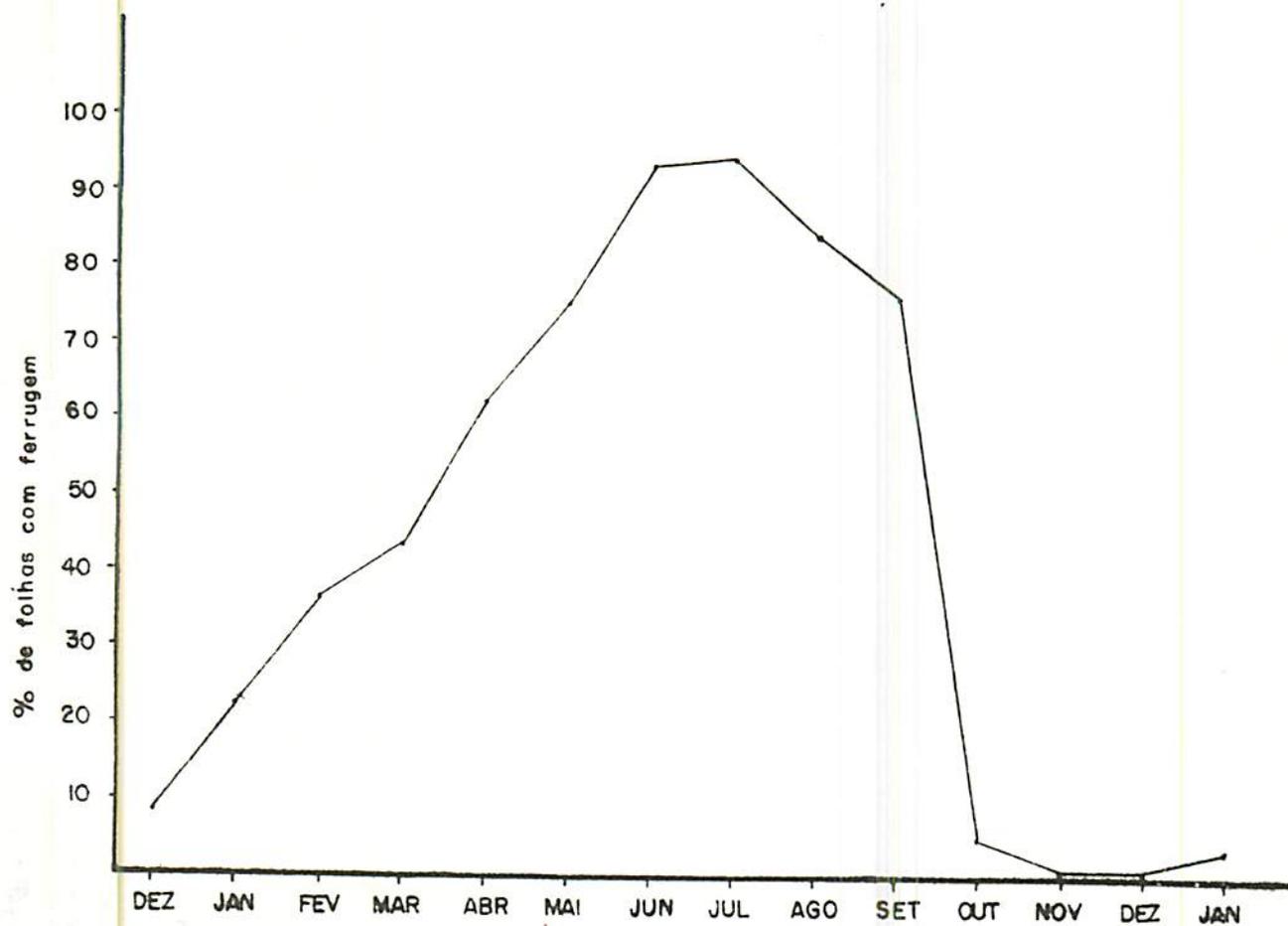


FIGURA 1 - Evolução da ferrugem durante o período dez/1989 a jan/1991 em Machado-MG.

TABELA 1 - Porcentagem de folhas com ferrugem em diferentes níveis de produção, épocas de desbaste e meses de avaliação da ferrugem. Machado-MG, 1989/90, 1990/91.

Tratamentos		% de folhas com ferrugem*
Níveis de produção	0%	20,22 b
	50%	33,84 a
	100%	40,38 a
Épocas de desbaste	D1 (dezembro)	27,64 a
	D2 (abril)	35,52 b
Meses de avaliação	Dez/89	8,33 f
	Jan/90	19,94 e
	Fev/90	25,44 e
	Mar/90	28,21 e
	Abr/90	43,78 d
	Mai/90	52,44 cd
	Jun/90	64,05 ab
	Jul/90	67,61 a
	Ago/90	61,89 abc
	Set/90	54,22 bcd
	Out/90	6,89 fg
	Nov/90	2,22 gh
	Dez/90	1,55 h
Jan/91	4,17 fgh	

* As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Dados foram transformados para arco seno $\sqrt{x/100}$.

Observa-se ainda pelos resultados da Tabela 1 que o desbaste em dezembro, com os frutos no estágio de chumbinho, provocou uma redução significativa no desenvolvimento da ferrugem, em relação ao desbaste realizado em abril, com frutos no estágio verde. Isto indica que quando realizou-se o desbaste em abril a presença de frutos já havia comprometido os cafeeiros, tornando-os mais susceptíveis. As diferenças foram significativas nos meses de março a julho (Figura 2). A partir daí não houve mais diferenças significativas, assim como os índices de ataque da ferrugem começaram a decrescer até os mais baixos em novembro, dezembro. Esse período é normalmente o mais desfavorável para doença, coincidindo com pós-colheita, desfolhas e fatores climáticos desfavoráveis à doença.

Os dados da Tabela 2 confirmam o que foi exposto anteriormente de que em cafeeiros com 0% de produção, a percentagem de folhas com ferrugem foi significativamente menor que 50 e 100% de produção, principalmente nos meses de março a setembro, período em que ocorreu os maiores índices de ataque da doença. Houve 59,30 e 62,25% menos folhas com ferrugem em relação aos níveis 50 e 100% de produção respectivamente, em julho, mês de maior índice de infecção.

O comportamento da ferrugem durante os meses de avaliação, em função dos níveis de produção, está representado pelas curvas de regressão quadrática (Figura 3) e Tabela 2. Percebe-se que com 0% de carga nos cafeeiros, o grau de ataque da ferrugem não teve diferenças significativas no maior número de

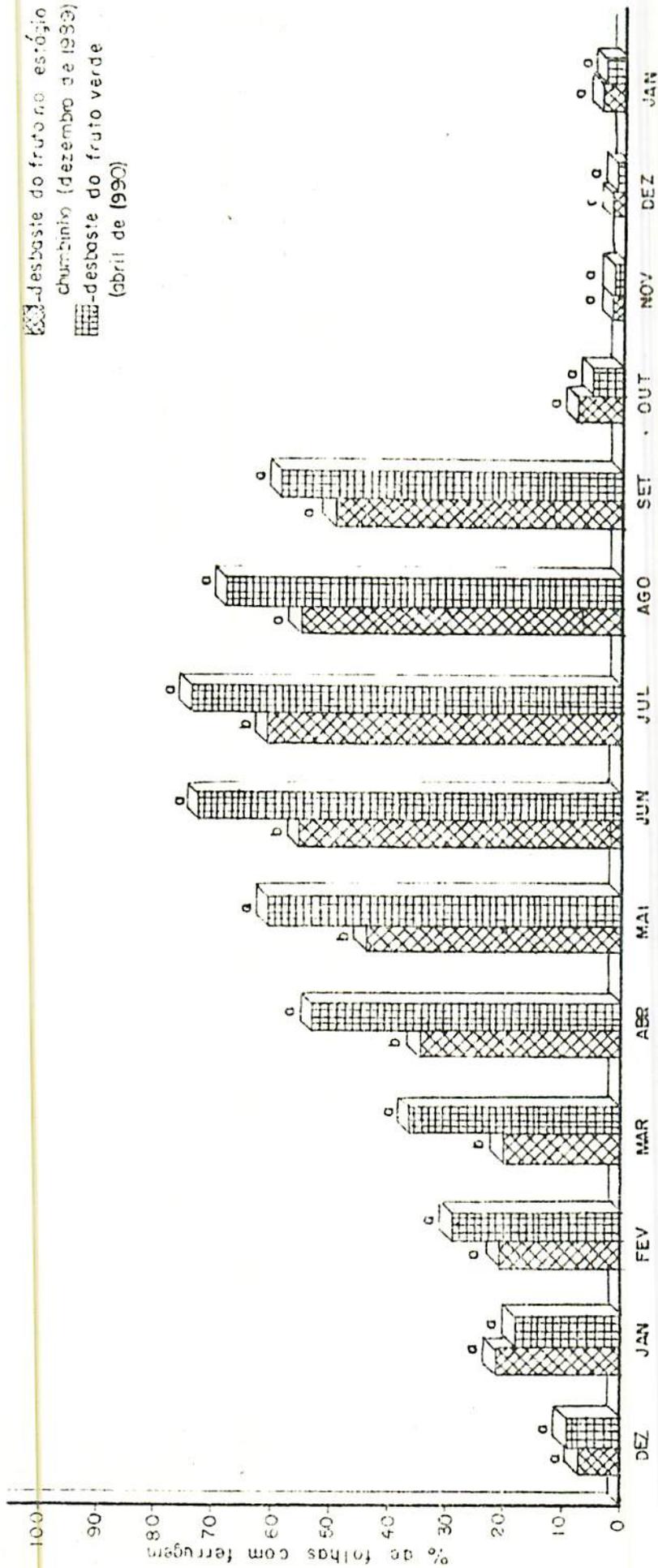


FIGURA 2 - Porcentagem média de ferrugem em função das épocas de desbaste e meses de avaliação da ferrugem. Médias dos tratamentos 0 (zero), 50 e 100% de produção. Machado-MG, 1989/90, 1990/91.

TABELA 2 - Porcentagem média de folhas com ferrugem em função das épocas de avaliação da ferrugem (meses) e os níveis de produção. Machado-MG, 1989/90, 1990/91.

Meses de avaliação da ferrugem	Níveis de produção*		
	0%	50%	100%
Dezembro	8,33 A cde	7,67 A fgh	8,99 A fg
Janeiro	22,33 A abc	15,33 A efg	22,16 A ef
Fevereiro	22,00 A abcd	20,65 A ef	33,66 A de
Março	22,00 B abcd	26,31 AB dc	36,33 A de
Abril	29,00 B ab	47,67 A cd	54,66 A cd
Maio	27,33 B ab	59,66 A bc	70,33 A bc
Junho	25,33 B abc	78,66 A ab	88,16 A a
Julho	32,83 B a	80,66 A a	89,33 A a
Agosto	38,66 B a	68,00 A abc	79,00 A ab
Setembro	34,00 B a	59,33 A bc	69,33 A bc
Outubro	9,67 A bcde	5,33 A fgh	5,66 A g
Novembro	3,33 A c	1,33 A h	1,99 A g
Dezembro	2,00 A e	1,33 A h	1,33 A g
Janeiro	6,33 A dc	1,83 A gh	4,33 A g

* As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Dados foram transformados para arco sen $\sqrt{x/100}$.

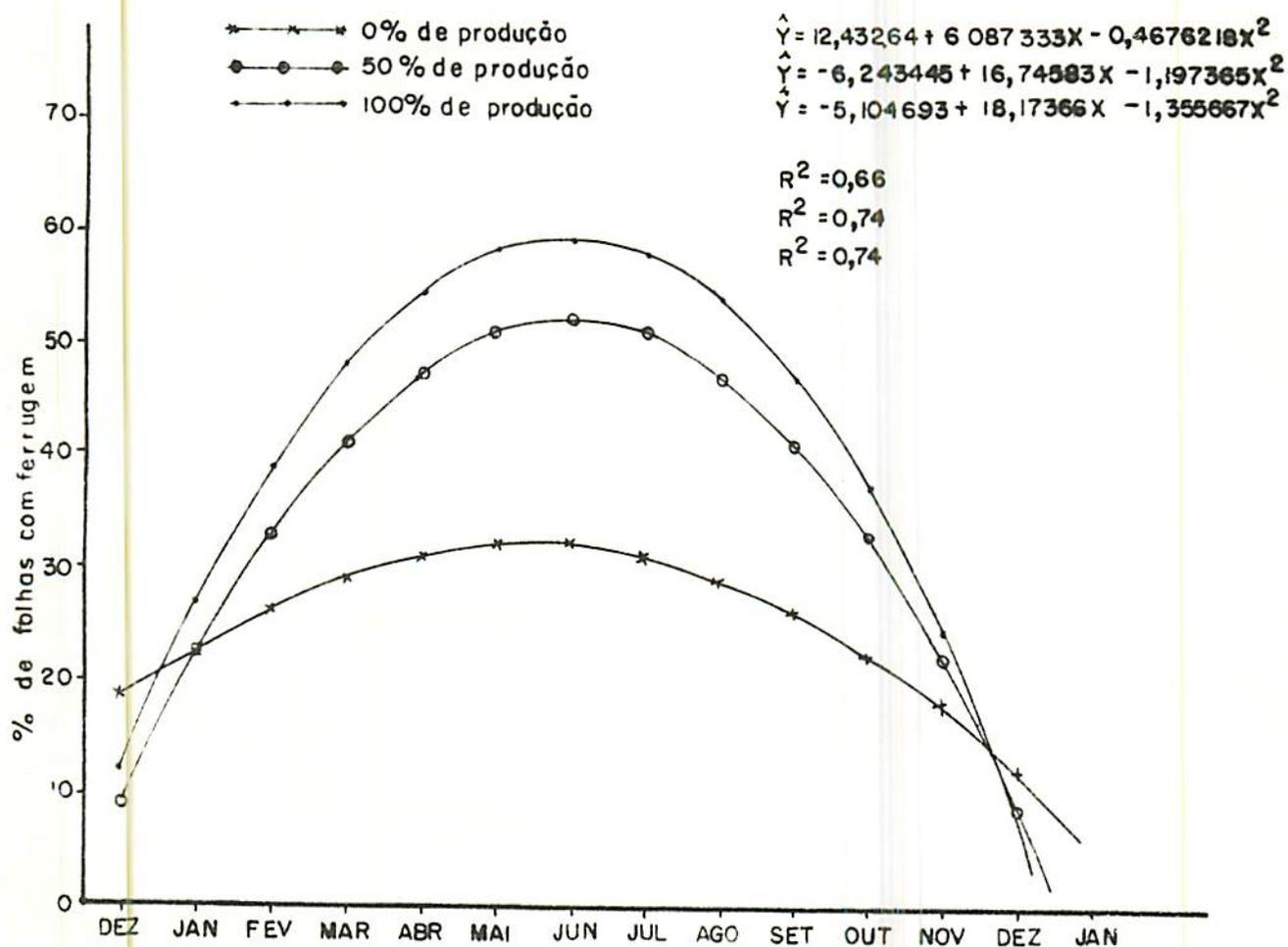


FIGURA 3 - Evolução da ferrugem em função dos níveis de produção.
 Dados transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$. Machado-MG,
 1989/90, 1990/91.

meses da avaliação, com índice máximo de 38,66% e mais ou menos constante durante o período favorável à doença. O comportamento da ferrugem foi semelhante entre os níveis de 50 e 100% de produção, com o grau de ataque subindo acentuadamente, atingindo valores respectivos de 80,66 e 89,33% de folhas com ferrugem no mês de julho.

4.2. Teores de compostos foliares dos cafeeiros, em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e três estágios de desenvolvimento dos frutos

4.2.1. Nitrogênio

Verifica-se que houve diferença significativa na porcentagem de nitrogênio de 0 (zero) para 50% de nível de produção dos cafeeiros, porém essa diferença não foi observada de 0 (zero) para 100% de produção (Figura 4). Isto mostra que a influência dos níveis de produção sobre os teores de nitrogênio das folhas não ficou clara.

Na Figura 4, observa-se que, para as duas épocas de desbaste houve um decréscimo significativo no teor de nitrogênio, quando se retirou os frutos na época D2 (fruto no estágio verde).

Não se detectou diferenças significativas na porcentagem de nitrogênio das folhas, em função do estágio de desenvolvimento dos frutos.

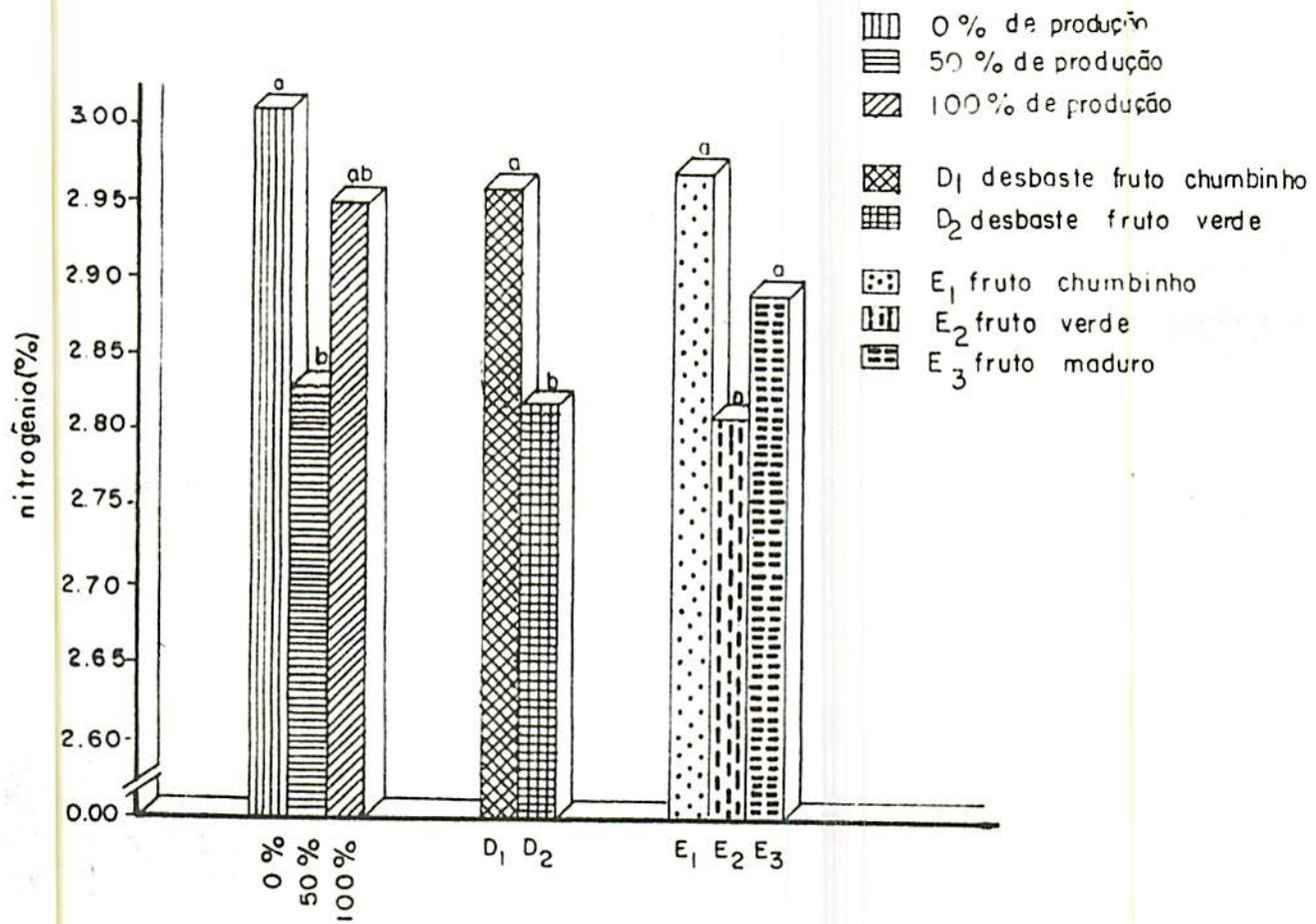
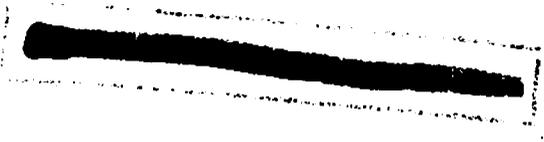


FIGURA 4 - Teores médios de nitrogênio nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.



O nível de nitrogênio das folhas dos cafeeiros variou de 2,86 a 3,06%, considerado adequado para a cultura, segundo MALAVOLTA (1986). Portanto, não caracterizou uma deficiência ou excesso desse nutriente nas plantas.

Geralmente o nitrogênio é tido com elemento que favorece o desenvolvimento das doenças quando em níveis elevados ou em desequilíbrio nas plantas (KRÜGNER, 1978; PRETTY, 1982; POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA, 1988). Porém, muitas contradições e particularidades existem. Alguns trabalhos mostram que o nitrogênio em doses maiores aumenta a severidade das doenças, como KIRALY (1964) com a ferrugem do colmo do trigo, RAWAISHED (1985) com oídio em trigo, HUBER & WATSON (1974) com a *P. recondita*, *P. struiformis* em trigo e cereais, FARIA et alii (1982) e SANTOS et alii (1986) com a brusone em arroz. Outros mostram que a reação das plantas depende da fonte de nitrogênio, de acordo com HUBER & WATSON (1974) com ferrugem, *P. graminis* em trigo. Também situação na qual a reação à doença não foi influenciada pelo nitrogênio, ISMAILOV (1956) com *P. glumarum* em trigo, CRUZ & CHAVES (1973), MORAES et alii (1974) e MUTHAPPA & RAJENDRAN (1978) trabalhando com ferrugem do cafeeiro. Já FIGUEIREDO et alii (1976) concluíram que a omissão de N e P propiciou maiores porcentagens de folhas com pústulas da ferrugem do cafeeiro.

Cabe ressaltar que no presente trabalho, os teores de nitrogênio ficaram dentro dos padrões normais para a cultura, não evidenciando uma deficiência ou excesso. Entretanto, pode haver

um desequilíbrio de N:K uma vez que, os teores de potássio nas folhas ficaram abaixo dos índices normais. Segundo KRÜGNER (1978); PRETTY (1982); POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (1988), os desequilíbrios nutricionais favorecem o desenvolvimento das doenças.

4.2.2. Potássio

Através da Figura 5, pode-se observar que os teores de potássio diminuíram significativamente de 0% de produção para 50 e 100%, que não diferiram entre si.

As épocas em que foram feitos os desbastes dos frutos, não influenciaram nos teores de potássio. Ainda na Figura 5, verifica-se que ocorreu um decréscimo significativo no teor de potássio das folhas, do primeiro estágio de desenvolvimento (E1), para E2 e E3 que não apresentaram diferenças significativas entre si.

Conforme Medcalf (1955) citado por MALAVOLTA (1985), MALAVOLTA (1979) e CHAVES & SARRUGE (1984), ocorrem grandes reduções do potássio nas folhas do cafeeiro, no período de crescimento dos frutos. Situação semelhante ocorreu no presente trabalho, onde os tratamentos com 50 e 100% de produção pendente e nos estágios E2 e E3, período em que ocorre o máximo de desenvolvimento dos frutos, o teor de potássio nas folhas foi significativamente menor.

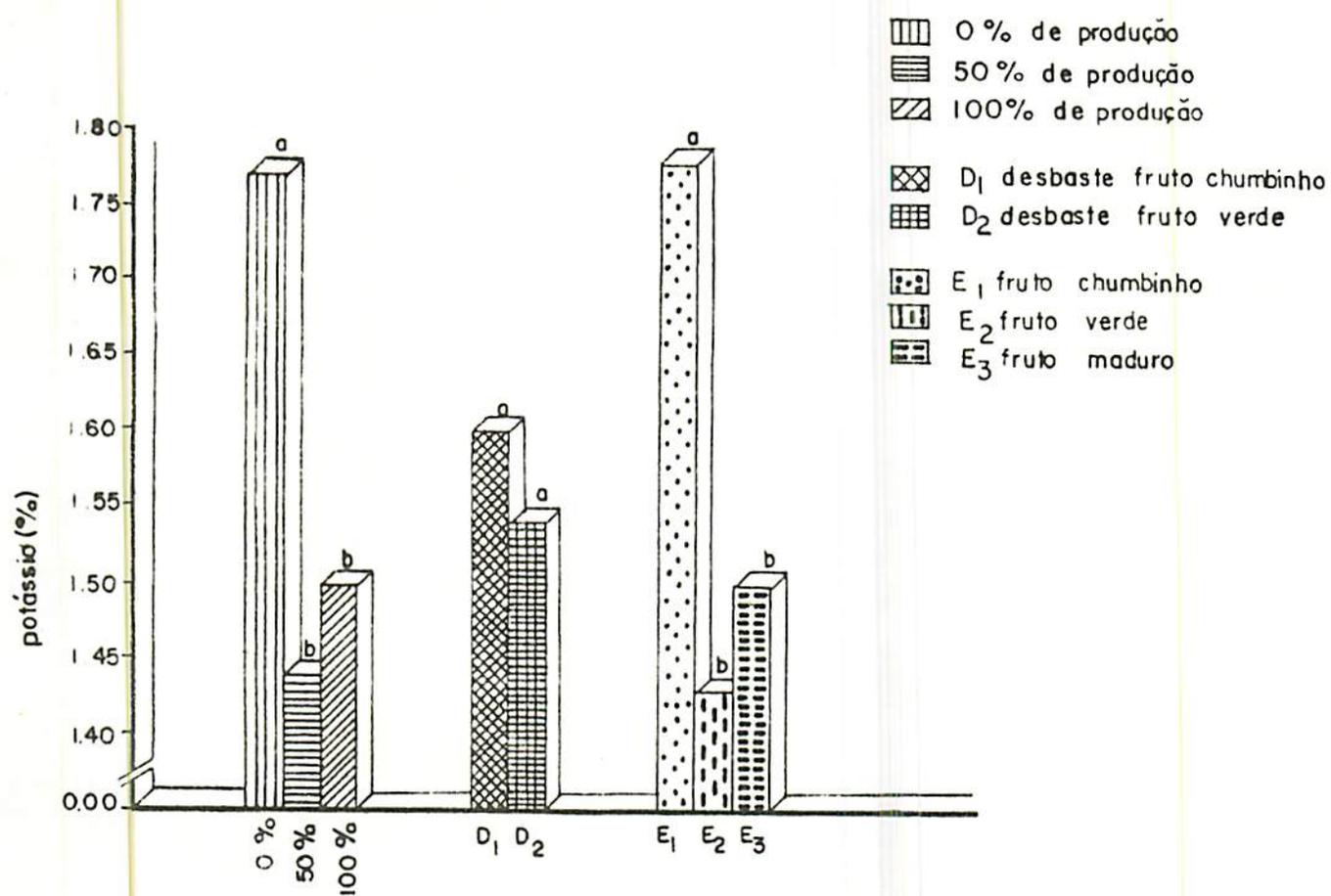


FIGURA 5 - Teores médios de potássio nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.

Isso permite supor que houve um carreamento dos nutrientes para os frutos.

Geralmente o potássio é conhecido como redutor da susceptibilidade de plantas à doenças segundo KRÜGNER (1978); HUBER (1980); PRETTY (1982) e POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (1988).

Alguns trabalhos mostram a importância do potássio na redução da severidade de algumas doenças, como: RAFEZ et alii (1975) com *Verticillium dahliae* na murcha do algodoeiro, RUSSELL (1978) com ferrugem do trigo de inverno, HUBER & WATSON (1974) com ferrugens do trigo e cereais, RAWAISHED (1985) trabalhando com oídio em trigo de inverno. Trabalhos contraditórios mostram o efeito inverso, em que o excesso ou dose maior de potássio favorece a ferrugem do cafeeiro como: MORAES et alii (1974), FIGUEIREDO et alii (1976) e RAWAL et alii (1974) com ferrugem do caupi.

Nesse estudo, os teores de potássio variaram de 1,43-1,78%, níveis considerados baixos ou deficientes nas folhas, segundo MALAVOLTA (1986), principalmente para 50 e 100% de carga pendente e estágio de desenvolvimento dos frutos E2 (fruto verde) e E3 (fruto maduro), coincidindo com altos índices e fase de pleno desenvolvimento da doença. Esses resultados permitem supor que os baixos níveis de potássio nas folhas tenham favorecido o desenvolvimento da doença, pois, de acordo com KRÜGNER (1978); HUBER (1980); PRETTY (1982); POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (1988); RAFEZ et alii (1975); RUSSELL (1978); HUBER &

WATSON (1974); RAWAISHED (1985) o equilíbrio ou dose mais elevada de potássio, reduz a severidade das doenças. Porém os resultados contrariam trabalhos de MORAES et alii (1974); FIGUEIREDO et alii (1976) e RAWAL et alii (1974).

Além dos baixos teores de potássio nas folhas, o desequilíbrio de N:K sugerido pelos resultados, possivelmente favoreceu o desenvolvimento da ferrugem. Segundo KRÜGNER (1978); PRETTY (1982); POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (1988), os desequilíbrios nutricionais favorecem o desenvolvimento das doenças.

4.2.3. Boro

Não houve diferença significativa nos teores de boro nas folhas dos cafeeiros, de 0 (zero) para 50% de produção (Figura 6). Um decréscimo acentuado e significativo ocorreu de 50 para 100% de carga pendente, no entanto não foi observada diferença significativa, entre 0 (zero) e 100% de produção.

A diferença não foi significativa quando fez o desbaste de frutos no estágio de chumbinho ou frutos no estágio verde.

O estágio de desenvolvimento dos frutos influenciou significativamente nos teores de boro das folhas do cafeeiro. O estágio E1 (fruto chumbinho) apresentou teores de boro significativamente maiores que E2 (fruto verde) e E3 (fruto maduro), que não diferiram entre si.

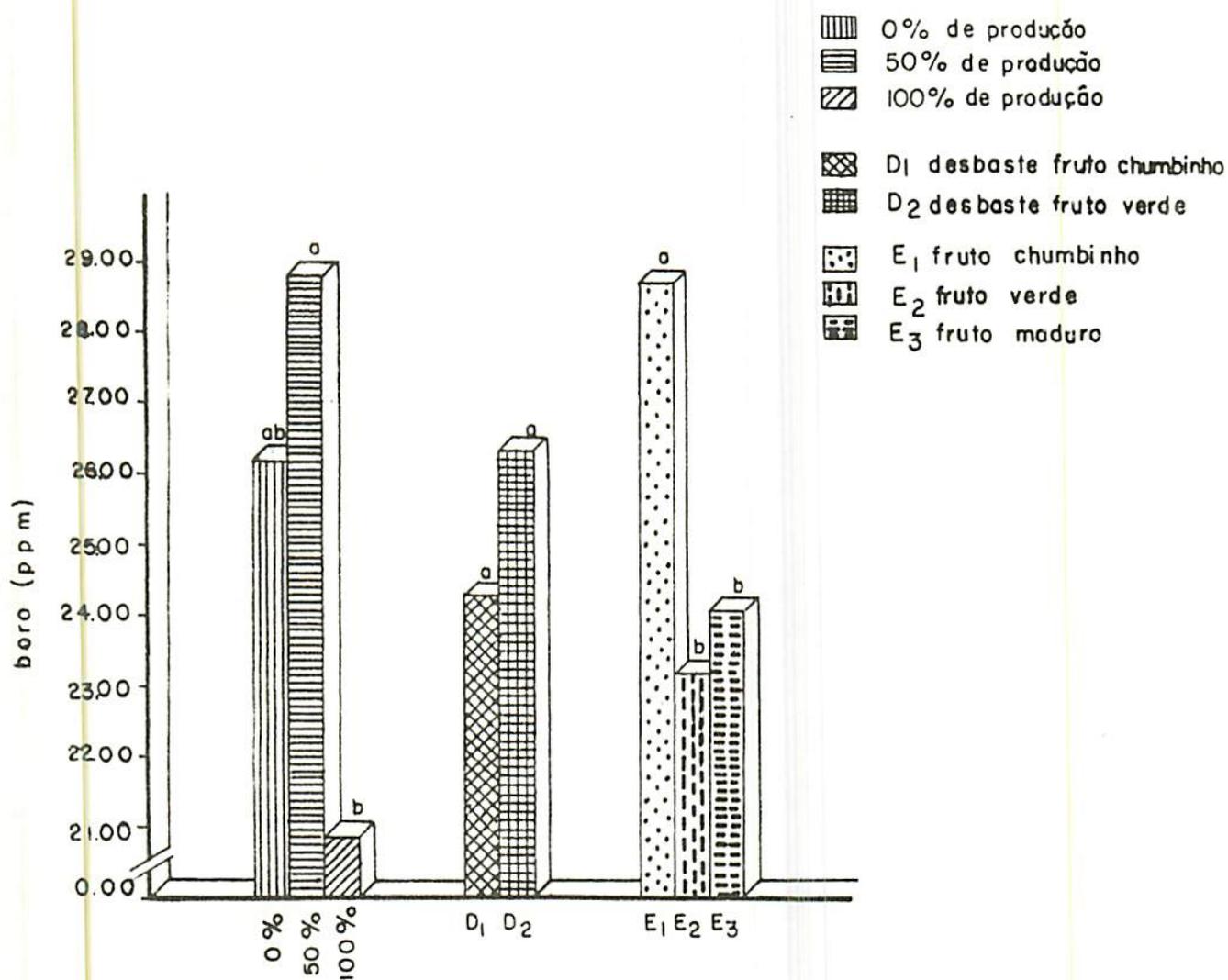


FIGURA 6 - Teores médios de boro nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.

A redução dos teores de boro nas épocas E2 e E3, é justificável uma vez que essas épocas coincidem com o período de estiagens, pois MALAVOLTA (1986) relata que a falta de boro nas folhas, entre outros fatores, é devida a seca que dificulta a mineralização da matéria orgânica.

De um modo geral os teores de boro nos cafeeiros ficaram em níveis considerados baixos ou deficientes, variando de 20,89 ppm a 28,83 ppm, enquanto o adequado para a cultura seria de 41 a 90 ppm (MALAVOLTA, 1986).

Apesar da função do boro na resistência ou susceptibilidade das plantas a doenças ser pouco estudada, trabalhos o citam como redutor de doenças; (ISMAILOV, 1956) com ferrugem *P. glumarum* em trigo, HUBER & WATSON (1974) com *P. graminis*, *P. striiformis* e *P. recondita* em trigo e cereais. CRUZ & CHAVES (1973) concluíram que microelementos não apresentaram efeitos sobre a incidência da ferrugem do cafeeiro.

Quanto aos resultados do presente trabalho, registra-se que os teores de boro nas folhas ficaram bem abaixo do considerado normal para a cultura, principalmente nas épocas E2 e E3 coincidindo com a fase desenvolvimento da ferrugem. Os baixos teores de boro nas folhas do cafeeiro pode beneficiar a evolução da doença, pois segundo ISMAILOV (1956) e HUBER & WATSON (1974), o suprimento adequado de boro, reduz as ferrugens em trigo e cereais.

4.2.4. Compostos fenólicos

Através dos resultados expressos na Figura 7 verifica-se que os níveis de produção 0 (zero), 50 e 100% não influenciaram nos teores médios de fenólicos extraíveis pelo metanol, metanol 50%, pela água e nos teores de fenólicos totais.

Os compostos fenólicos em função das épocas de desbaste, apresentaram comportamentos semelhantes para os extraíveis pelo metanol, em água e fenólicos totais, aumentando de D1 (dezembro) para D2 (abril). Não registraram diferenças significativas para metanol 50%.

De um modo geral os teores de compostos fenólicos das folhas em função dos estágios de desenvolvimento dos frutos, foram significativamente menores no E1 (estágio de chumbinho), em todas as frações extraíveis e fenólicos totais. Manteve-se igual de E2 (fruto verde) para E3 (fruto maduro), na fração metanol e fenólicos totais, continuou aumentando na fração metanol 50% e decresceu na fração extraível em água (Figura 7).

A função e importância dos compostos fenólicos e seus derivados nos processos fisiológicos e bioquímicos de defesa das plantas à doenças, tem sido demonstrado diversos trabalhos (FARKAS & KIRALY, 1962; TOMYAMA, 1963; KOSUGE, 1969; INGHAN, 1979 e VIDHYASEKARAN, 1988).

Os compostos fenólicos e seus derivados agem como inibitinas, segundo RODRIGUES Jr. (1980), cujos teores nas plantas sofrem aumentos consideráveis após a infecção por agentes

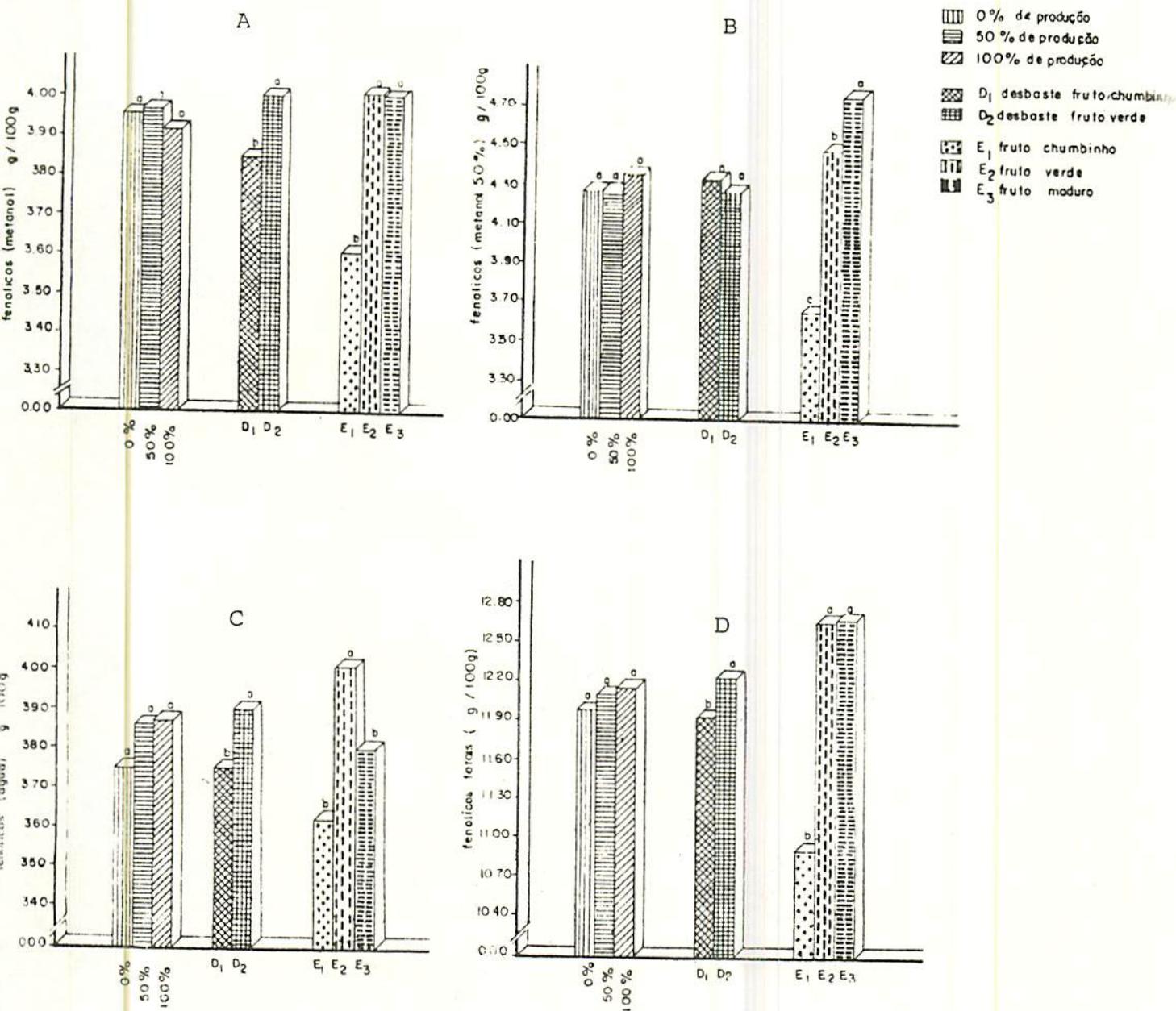


FIGURA 7 - Teores médios de fenólicos extraíveis em metanol (A), metanol 50% (B), água (C) e fenólicos totais (D), nas folhas do cafeeiro em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.

patogênicos. Esse estímulo ao aumento dos fenóis, pela presença de patógenos é reforçado por trabalhos de MORAES et alii (1971) e MAXEMIUC & DIETRICH (1985) com ferrugem do cafeeiro, VENKTASUBBAIAH et alii (1983) com *Rizoctonia solani* em café.

Nota-se pelos resultados do presente estudo, que ocorreu um aumento significativo quando se analisou as folhas retiradas com os frutos no estágio verde (E2) e maduro (E3), em relação a E1 (fruto chumbinho), em todas as frações e nos fenólicos totais. Detectou-se também um aumento significativo dos fenólicos em função da época de desbaste, D1 para D2, menos para fração extraível pelo metanol 50%.

As folhas retiradas para análises no estágio E2 e E3 coincidem com o período de pleno desenvolvimento da ferrugem e maior índice da doença na época D2 de desbaste em relação a D1. Estes resultados indicam que houve um estímulo ao aumento desses compostos pela presença do patógeno, confirmando trabalhos anteriores, embora este aumento não tenha sido suficiente para impedir o desenvolvimento da ferrugem. Tal fato é explicável uma vez que a cultivar utilizada no experimento foi a Mundo Novo, portanto susceptível à doença.

Este resultado era previsto pois, segundo MORAES et alii (1971) na cultivar resistente a raça II da ferrugem, o aumento maior de fenólicos ocorreu nas primeiras 24 horas depois da inoculação, enquanto que na susceptível a elevação nos fenólicos se processou gradualmente durante o período de infecção. MAXEMIUC & DIETRICH (1985), concluíram que nas

combinações compatíveis, houve um aumento gradual de fenólicos e enzimas durante as primeiras 4 semanas, culminando com a esporulação. Nas combinações incompatíveis os aumentos foram consideráveis na primeira ou segunda semana após a inoculação.

4.2.5. Atividades enzimáticas

Os valores médios da polifenoloxidase e peroxidase das folhas do cafeeiro foram influenciados pelos níveis de produção. Observa-se que houve um aumento significativo tanto da polifenoloxidase como da peroxidase de 0 (zero) para 50 e 100% de produção (Figura 8).

Os valores das duas enzimas foram menores nas folhas, quando se fez o desbaste de frutos em estágio mais avançado de desenvolvimento (fruto verde), comparado com o desbaste realizado com os frutos ainda no estágio de chumbinho.

Nota-se que no estágio de desenvolvimento dos frutos E1 (fruto chumbinho), os valores das enzimas das folhas do cafeeiro foram significativamente menores em relação a E2 (fruto verde) e E3 (fruto maduro). A polifenoloxidase diminuiu significativamente de E2 para E3, enquanto que a peroxidase não teve diferença significativa.

As enzimas polifenoloxidase e peroxidase são importantes nos processos bioquímicos de defesa das plantas às doenças. Essas enzimas dos hospedeiros, oxidam os compostos

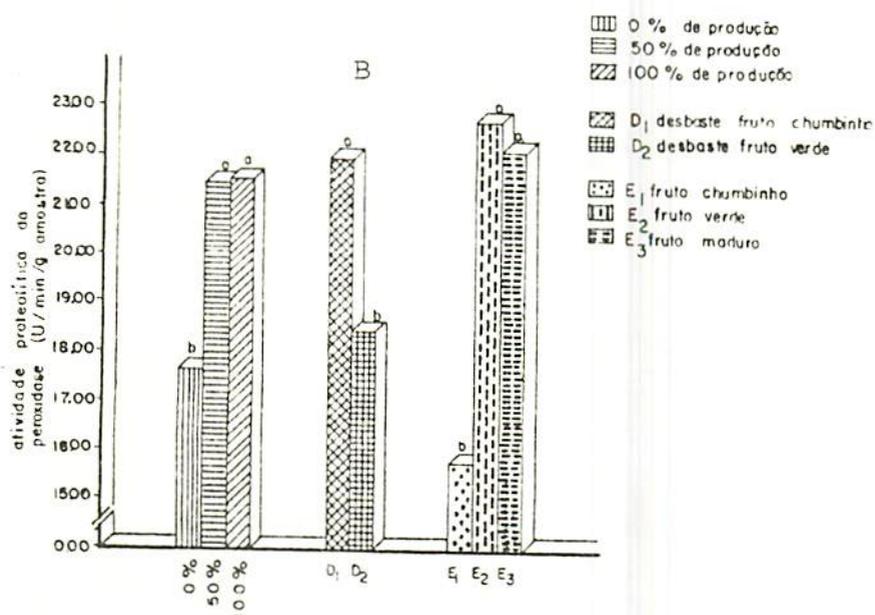
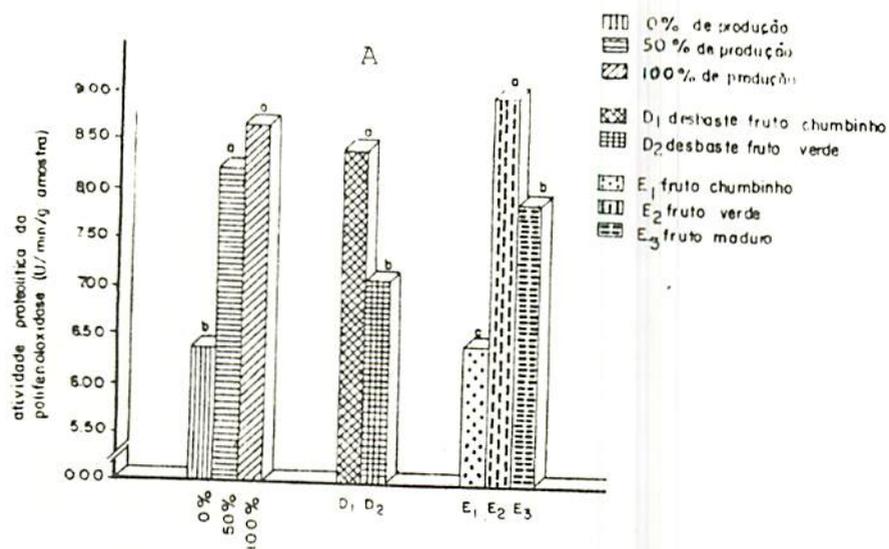


FIGURA 8 - Valores médios de atividade da polifenoloxidase (A) e peroxidase (B) nas folhas do cafeeiro, em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.

fenólicos cujo produto da oxidação, segundo BATEMAN & MILLAR (1966) são considerados potentes inativadores enzimáticos. Vários trabalhos reforçam essa hipótese: PATIL et alii (1964) trabalhando com *Verticillium albo-atrum* em batata, TURNER (1965) com *Phytophthora palmivora* em cacau, LAVREKOVICH et alii (1967) com *Erwinia carotovora* em batata, WANG & PINCKARD (1973) com *Diplodia gossypina* em algodão, VIDHYASEKARAN (1988) com *Helminthosporium nodulosum* em milho.

Percebe-se pelos resultados do presente estudo, um aumento das atividades enzimáticas do tratamento 0 (zero) para 50% e 100% de níveis de produção. Registrou-se também um aumento nos teores das enzimas de E1 para E2.

Os tratamentos 50 e 100% de produção e E2 (estágio de desenvolvimento fruto verde), coincidem com os altos índices da ferrugem e pleno desenvolvimento da doença, permitindo deduzir que esses acréscimos das atividades enzimáticas, foram estimulados pela presença do fungo.

Apesar dos aumentos nas atividades das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, a quantidade e a velocidade com que produzem os compostos fenólicos, sobre os quais atuam as enzimas, devem ter sido insuficientes para proteger a planta, uma vez que se trata de variedade susceptível.

4.2.6. Amido e açúcares

Os resultados obtidos estão expressos na Figura 9. Os teores médios de açúcares redutores e não redutores, expressos em glicose e sacarose respectivamente, diminuíram significativamente nos cafeeiros, de 0 (zero) para 50 e 100% de carga pendente. O mesmo comportamento foi observado pelos açúcares totais, cujos resultados são influenciados diretamente pela sacarose. Os teores médios de amido não foram influenciados pela produção dos cafeeiros, ou seja, não houve diferenças significativas entre os níveis 0, 50 e 100% de produção.

Observa-se também que o teor de açúcares não redutores (sacarose) nas folhas foi significativamente mais alto na época de desbaste D1 (fruto chumbinho), ocorrendo o mesmo com os açúcares totais. Quanto aos açúcares redutores e amido, não houve diferenças significativas para as diferentes épocas de desbaste.

Na relação estágio de desenvolvimento dos frutos e os teores médios dos açúcares, nota-se que os açúcares redutores, não redutores, amido e açúcares totais, diminuíram significativamente no tratamento E2 (estágio de fruto verde).

A diminuição dos açúcares não redutores e açúcares totais nos níveis de produção 50 e 100%, assim como a redução significativa nos teores de todos carboidratos no estágio de desenvolvimento do fruto E2, indica um possível consumo desses açúcares pelo fungo, pois os tratamentos citados coincidem com elevados índices da ferrugem e período de pleno desenvolvimento

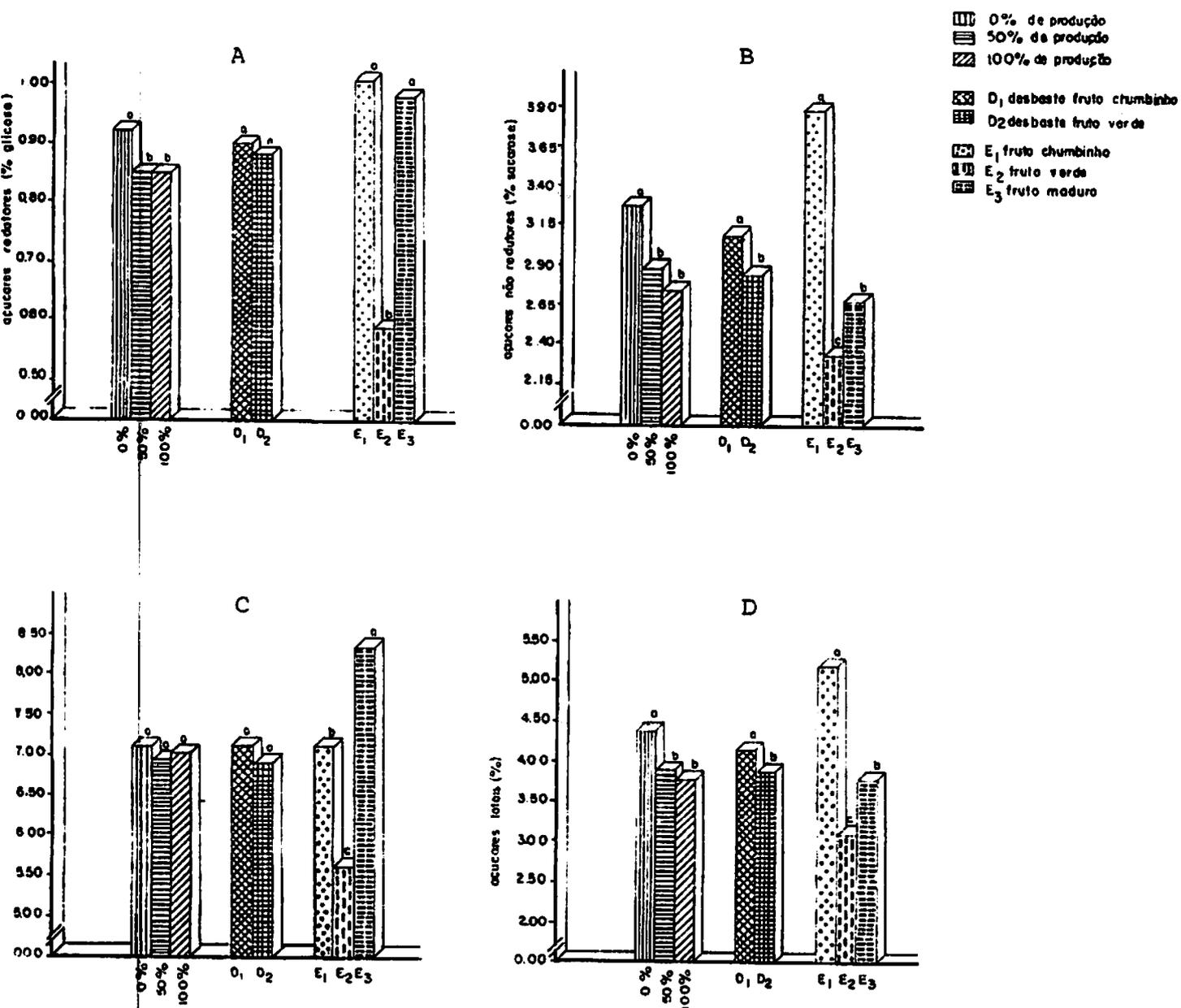


FIGURA 9 - Teores médios de açúcares redutores (A), açúcares não redutores (B), amido (C) e açúcares totais (D) nas folhas de cafeeiro, em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.

da doença (Tabela 1).

Segundo LANDECKER (1982), os carboidratos constituem as mais importantes fontes de carbono para os fungos, principalmente a sacarose que de acordo com FARRAR (1985) é a maior fonte de carbono para os patógenos biotróficos.

Alterações nos teores de carboidratos das folhas, caracterizando como acúmulo no local da inoculação ou consumo pelos fungos durante a infecção, tem sido discutido em vários trabalhos. Os açúcares, especialmente a fração sacarose das folhas de trigo, decresceram com a infecção da ferrugem do caule segundo KROG et alii (1961); o nível de açúcares das folhas do feijoeiro declina com a esporulação da ferrugem INMAN (1962). A hidrólise do amido nos tecidos do hospedeiro pode ser considerado como suprimento de nutrientes para o patógeno durante a germinação dos uredosporos SHAW (1963); o teor de amido reduz após a inoculação e durante a esporulação da ferrugem do feijoeiro MIROCHA & ZAKI (1966), o mesmo acontece com *Plasmidiophora brassicae* War em repolho, segundo KEEN & WILLIAMS (1969).

Em cafeeiros susceptíveis à ferrugem, a sacarose e açúcares totais decrescem com a esporulação do patógeno segundo CARVALHO & RIBEIRO (1975); o teor de amido, de acordo com ACUÑA (1985), teve uma correlação negativa em relação ao nível de carga e ao desenvolvimento da epifítia da ferrugem do cafeeiro.

A hipótese de carreamento dos carboidratos para os ramos frutíferos, pode ser verdadeira principalmente para o amido

uma vez que o estágio E2 (fruto verde) é a fase de rápido crescimento dos frutos pois segundo JANARDHAN et alii (1971), os frutos de café em desenvolvimento podem utilizar as reservas desses carboidratos do lenho ou das folhas e MALAVOLTA (1985) confirma que durante o crescimento dos frutos, cai o teor de amido foliar, voltando a subir depois da maturação. Ainda de acordo com Cannell (1971) citado por RENA & MAESTRI (1986), os ramos com carga pesada importam carboidratos na fase de rápida expansão dos frutos.

Os fatos, no entanto, indicam que pode estar ocorrendo tanto um consumo dos açúcares pelo fungo, principalmente da sacarose, assim como estar ocorrendo translocação para os frutos, principalmente de amido. Vale salientar que a diminuição dos açúcares e amido no estágio E2 coincide com a fase de rápido crescimento dos frutos, e também com o pleno desenvolvimento da doença.

4.2.7. Celulose e hemicelulose

Verifica-se que não houve influência dos níveis de produção, sobre os teores médios de celulose e hemicelulose das folhas do cafeeiros (Figura 10).

Ocorreu diferença significativa nos teores destes carboidratos estruturais, em relação à época de desbaste. A celulose aumentou de D1 (fruto chumbinho) para D2 (fruto verde) e

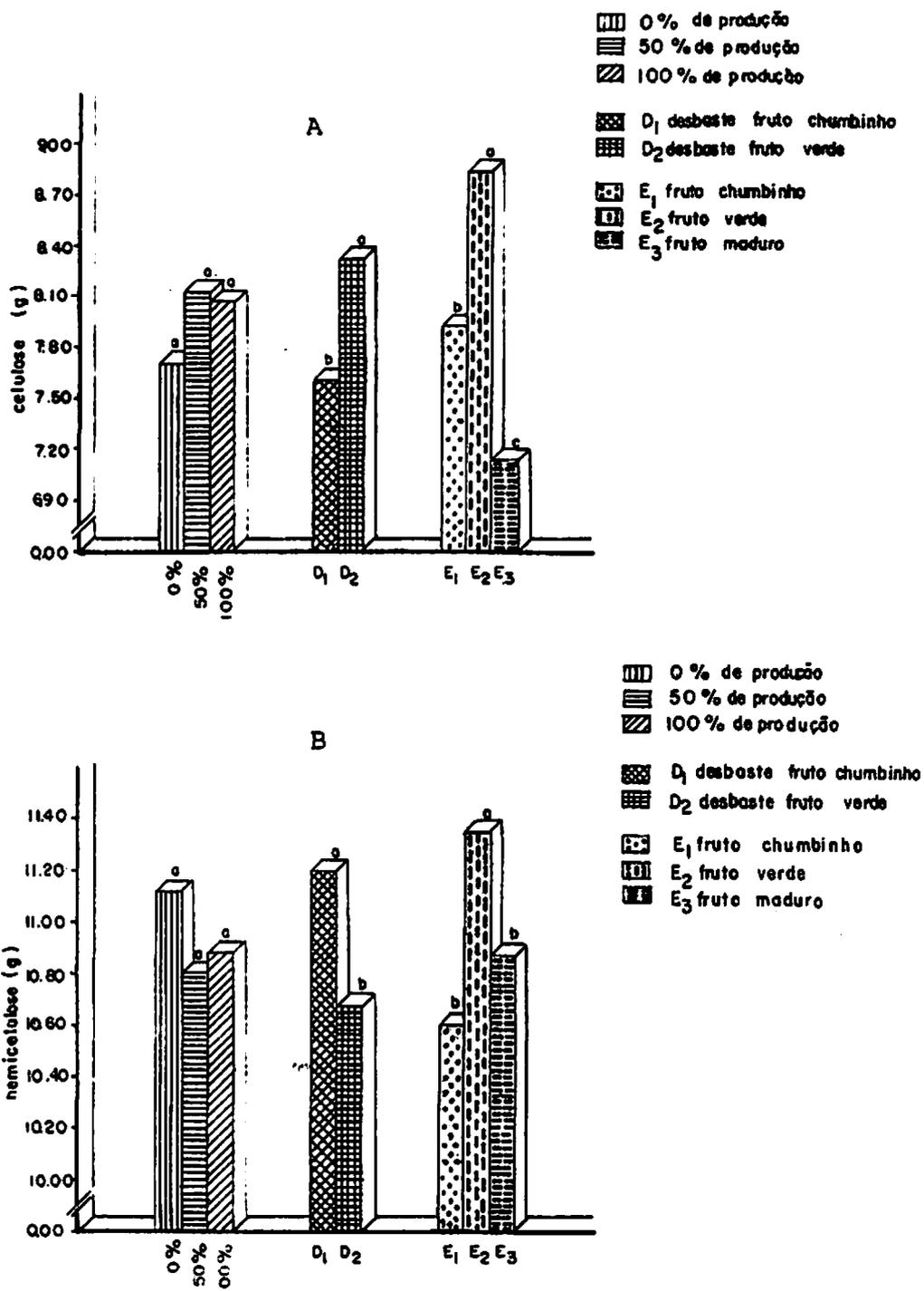


FIGURA 10 - Teores médios de celulose (A) e hemicelulose (B) nas folhas de cafeeiro, em função dos níveis de produção, épocas de desbaste e estágio de desenvolvimento dos frutos.

a hemicelulose diminuiu de D1 para D2 (Figura 10).

Analisando a influência dos estágios de desenvolvimento dos frutos, nota-se que no E2 (estágio de fruto verde), tanto os teores de celulose como da hemicelulose foram maiores que E1 (estágio de fruto chumbinho) e E3 (fruto maduro). Os maiores teores destes carboidratos no estágio E2, são justificáveis pelo processo de amadurecimento das folhas.

A diminuição, principalmente da celulose de E2 para E3 (época de maior incidência da doença), talvez seja explicada pela hidrólise ocorrida em função da celulase produzida pelos uredosporos da ferrugem que segundo Maxemiuc (1977) citado por MORAES (1983) é a enzima mais importante do processo parasitário, cuja a síntese é favorecida por temperaturas próximas a do ambiente, na época de maior incidência da infecção.

4.3. Relação entre índices de ferrugem e compostos foliares

Os resultados sugerem uma relação inversa entre o nitrogênio das folhas e a quantidade de ferrugem (Tabela 3). No entanto, os níveis de nitrogênio das folhas ficaram dentro dos padrões normais para cultura, não ficando portanto caracterizada uma deficiência deste nutriente conforme o ocorrido com os teores de potássio e boro.

Os coeficientes de correlação entre o potássio das folhas e os índices de ferrugem foram negativos e altamente

significativos para 0% de produção, negativos e significativos para 50 e 100% de produção (Tabela 4). Esses resultados confirmam o que foi discutido anteriormente de que os baixos teores de potássio nas folhas dos cafeeiros favoreceram o desenvolvimento da ferrugem. Nota-se que, com 0% de carga pendente o teor de potássio nas folhas foi mais alto que nos cafeeiros com 50 e 100% de produção (Figura 5), enquanto que os índices de infecção da ferrugem foram significativamente menores nos cafeeiros sem carga pendente, em relação as plantas com 50 e 100% de produção.

Os resultados de correlação entre os teores de boro nas folhas e os índices de ferrugem não foram significativos, comparáveis aos de CRUZ & CHAVES (1973) de que microelementos não apresentaram efeitos sobre a doença no cafeeiro. Registra-se no entanto, que os teores de boro nas folhas, em geral, ficaram em níveis considerados baixos ou deficientes principalmente nos estágios de frutos verdes e maduros, quando a ferrugem atingiu seus níveis mais elevados. Segundo ISMAILOV (1956) e HUBER & WATSON (1974), em trigo e outros cereais, o suprimento adequado de boro reduz a severidade das ferrugens.

Os dados de correlação entre os teores de compostos fenólicos e atividade enzimática e os índices de ferrugem estão expressos na Tabela 3. Os resultados mostram uma correlação positiva e altamente significativa para a fração metanol, metanol 50% e fenólicos totais nos tratamentos 50 e 100% de produção. Para enzimas, as relações foram significativas para a polifenoloxidase e peroxidase nos tratamentos 50 e 100% de produ-

TABELA 3 - Coeficientes de correlação entre o índice de ferrugem (% de folhas com ferrugem) e os compostos foliares, em três níveis de produção. Machado-MG, 1989/90 e 1990/91.

Compostos foliares	Níveis de produção		
	0%	50%	100%
Glicose	0,041 ns	-0,158 ns	-0,115 ns
Sacarose	-0,347 ns	-0,756 **	-0,693 **
Amido	0,001 ns	0,537 *	0,357 ns
Açúcares totais	-0,281 ns	-0,682 **	-0,596 **
Celulose	0,540 *	-0,308 ns	0,117 ns
Hemicelulose	-0,317 ns	-0,147 ns	0,425 ns
Fenol. metanol	0,130 ns	0,661 **	0,615 **
Fenol. metanol 50%	0,189 ns	0,778 **	0,960 **
Fenol. H ₂ O	0,275 ns	0,227 ns	0,293 ns
Fenol. totais	0,340 ns	0,719 **	0,655 **
Nitrogênio	-0,570 *	-0,612 **	-0,467 *
Potássio	-0,663 **	-0,517 *	-0,482 *
Boro	0,118 ns	-0,087 ns	0,021 ns
Poli fenoloxidase	-0,338 ns	0,815 **	0,781 **
Peroxidase	-0,219 ns	0,629 **	0,550 *

** Valores de t significativos à nível de 1% de probabilidade.
 * Valores de t significativos à nível de 5% de probabilidade.
 ns Valores de t não significativos.

produção e não foram significativas para 0% de produção.

Esses resultados de correlação confirmam aqueles obtidos anteriormente de que a presença de índices significativamente mais elevados de ferrugem nos níveis de produção também mais elevados (Tabela 2), possam ter estimulado um aumento destes compostos fenólicos e enzimas.

Os coeficientes de correlação foram semelhantes para a sacarose e açúcares totais, sendo negativos e altamente significativos para os níveis 50 e 100% de produção. Esses resultados reforçam o que foi discutido anteriormente para a sacarose, de que a diminuição desse açúcar nos níveis de produção 50 e 100% e no estágio de desenvolvimento dos frutos E2 (fruto verde) (Figura 9), coincidindo com índices de ferrugem significativamente maiores também nos cafeeiros com produção (Tabela 2), indicam um possível consumo desse açúcar pelo fungo. Quanto a glicose não houve correlação significativa com o índice de ferrugem. Para o amido, o coeficiente de correlação foi positivo e significativo apenas no tratamento com 50% de produção, não ficando claro, uma vez que não houve diferença significativa para os índices de ferrugem de 50 para 100% de produção. Os resultados que foram discutidos anteriormente, sugerem que tanto a glicose como o amido podem ter sido consumidos pelo fungo ou translocado para os frutos. Porém os resultados da correlação reforça a hipótese de carreamento para os frutos.

Os resultados da Tabela 3 mostram uma correlação

positiva e significativa apenas para a celulose no tratamento com 0% de produção, não caracterizando uma relação entre os teores de celulose e hemicelulose das folhas e os índices de ferrugem do cafeeiro.

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

- cafeeiros com 100% de produção tiveram até 62,25% mais folhas com ferrugem em relação aos cafeeiros sem produção, em julho, mês de maior índice de ferrugem. Não houve diferença significativa no índice de ferrugem entre os cafeeiros com 50 e 100% de carga pendente;

- quando se fez o desbaste dos frutos em abril, a produção já havia predisposto os cafeeiros a um índice significativamente maior de ferrugem em relação ao desbaste realizado em dezembro;

- os teores de nitrogênio das folhas apresentaram-se em níveis normais para a cultura embora tenha sido observada uma correlação negativa com os índices de ferrugem. As relações inversas entre os teores de potássio nas folhas e os índices de ferrugem, indicaram que baixos níveis desse elemento favoreceram a doença. Os baixos níveis de boro observados, principalmente nos períodos de maior desenvolvimento da ferrugem, não demonstraram correlação com a evolução da doença;

- os teores de compostos fenólicos e os valores das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, aumentaram na presença de índices mais altos da ferrugem;

- entre os carboidratos, as relações inversas entre os açúcares não redutores e os índices de ferrugem, sugerem um possível consumo desses açúcares pelo fungo. Não houve correlação entre os açúcares redutores, celulose, hemicelulose e índice de ferrugem.

6. RESUMO

Com a finalidade de conhecer o efeito das cargas pendentes sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro, foram realizados dois ensaios instalados no município de Machado-MG, no período de 1989 a 1991. No primeiro ensaio estudou-se o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro com 0 (zero), 50 e 100% de frutos, em duas épocas de desbaste. Verificou-se que em cafeeiros com 100% de carga pendente, o índice de ferrugem foi 62,23% superior que em cafeeiros sem produção. Quando se fez o desbaste dos frutos em abril, a produção já havia predisposto os cafeeiros, resultando em um índice de ferrugem significativamente maior em relação ao desbaste realizado em dezembro. No segundo ensaio estudou-se os compostos foliares do cafeeiro, em função dos níveis de produção, duas épocas de desbaste e três estágios de desenvolvimento dos frutos. Os teores dos compostos foliares, nitrogênio, potássio, boro, fenólicos, enzimas polifenoxidase e peroxidase, açúcares e amido, celulose e hemicelulose, foram determinados e correlacionados com o índice de ferrugem. Os teores de nitrogênio das folhas apresentaram-se em níveis normais para a cultura, embora tenha sido observada uma correlação

negativa com os índices de ferrugem. Os teores de potássio e boro, em geral, ficaram abaixo dos níveis considerados normais para a cultura. Não houve correlação significativa entre o boro e o índice de ferrugem. Ocorreu uma relação inversa entre o potássio e o índice de ferrugem, indicando que o baixo teor desse elemento nas folhas, pode ter favorecido o desenvolvimento da doença. Os compostos fenólicos e as enzimas polifenoloxidase e peroxidase, apresentaram correlações positivas com os índices de ferrugem, aumentando na presença de índices mais altos da doença. Entre os carboidratos, as relações inversas entre os açúcares não redutores e os índices de ferrugem, sugerem um possível consumo desses açúcares pelo fungo. Não houve correlação entre açúcares redutores, celulose, hemicelulose e índice de ferrugem.

7. SUMMARY

INFLUENCE OF LEVELS OF PRODUCTION ON THE EVOLUTION OF RUST AND CHEMICAL COMPOSITION OF COFFEE LEAVES

Two field trials were carried out in Machado county, State of Minas Gerais from 1989 to 1991 having the purpose of knowing the effect of berry yield on the evolution of coffee rust. In the first trial I studied the effect of rust development on coffee plants with 0 (zero), 50%, and 100% berries, in two pruning periods. It was noticed that in coffee plants with 100% of berries rust was 62.23% higher than in plants with no berries. When berry pruning was done in April, yield had already predispose the plants to rust thus resulting in significantly higher rust occurrence than on plants pruned in December. In the second trial I studied leaves compounds in relation to the levels of production, two pruning times and three stages of berry development. Contents of the leaves compounds nitrogen, potassium, boron, phenols, poliphenoloxidase and peroxidase enzymes, sugars and starch, cellulose and hemicellulose were determined and correlated to rust occurrence. Leaves nitrogen

content presented normal levels for the crop although it was negatively correlated with rust. Contents of potassium and boron, in general, was lower than the normal levels for the crop but no significant correlation between boron and rust occurrence was detected. On the other hand, an inverse relationship between potassium and rust occurrence was detected showing that low levels of this element in the leaves can favor the development of rust. Phenolic compounds and polyphenoloxidase and peroxidase enzymes presented positive correlations with rust occurrence. Concerning the carbohydrates, an inverse relationship between non-reducing sugars and rust suggested a consumption of these sugars by the fungus. No correlations between reducing sugars, cellulose, hemicellulose and rust occurrence was detected.

8. LITERATURA CITADA

1. ACUÑA, R.S. Fatores que influenciam o progresso da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). Viçosa, UFV, 1985. 91p. (Tese MS).
2. AGRIOS, G.N. Plant pathology. Orlando, Academic Press, 1969. 629p.
3. ALFENAS, A.C.; HUBBES, M. & COUTO, L. Effect of phenolic compounds from *Eucalyptus* on the mycelial growth and conidial germination of *Cryphonectria cubensis*. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 60:2535-41, Dec. 1982.
4. ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. & FIGUEIREDO, P. Condições climáticas e níveis de infecção da ferrugem do cafeeiro em *C. arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5, Guarapari-ES, 1977. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1977. p.108-9.

5. ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B. & FRANCO, C.N. Influência do enfolhamento sobre o pegamento da florada e a frutificação do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 4, Caxambu, 1976. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1976. p.268-9.
6. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
7. BAILEY, R.W. Quantitative studies of ruminant digestion. Loss of ingested plant carbohydrates from to reticulo rumen. New Zealand Journal of Agricultural Research, Washington, 10:15-32, 1967.
8. BATEMAN, D.F. & MILLAR, R.L. Pectic enzymes in tissue degradation. Annual Review Phytopathology, Palo Alto, 4:119-46, 1966.
9. BOCK, K.R. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of out breaks in Fenya colony. Transactions British Mycological Society, Cambridge, 45(3):289-300, 1962.

10. CARVALHO, P.C.T. & RIBEIRO, I.J.A. Determinação de açúcares totais, sacarose e redutores em cafeeiros inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Summa Phytopathologica*, Piracicaba, 1(3):169-76, set. 1975.
11. CHALFOUN, S.M. Importância da chuva e da temperatura do ar na incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) em cafeeiros de três localidades do Estado de Minas. Lavras, ESAL, 1980. 50p. (Tese MS).
12. ——— & ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126):42-6, jun. 1985.
13. CHAVES, G.M.; CRUZ FILHO, J.; CARVALHO, M.G.; MATSUOKA, K.; COELHO, D.J. & SHIMOYA, C. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. Seiva, Viçosa, 30(edição especial):1-75, dez. 1970.
14. CHAVES, J.C.D. & SARRUGE, J.R. Alterações de macronutrientes nos frutos e folhas de cafeeiro durante um ciclo produtivo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(4):-427-32, abr. 1984.

15. COUCH, H.B. & BLOOM, J.R. Influence of environment on diseases of turf-grasses. In: Effect of nutrition, pH and soil moisture on *Sclerotinia dollar spot*. *Phytopathology*, St. Paul, 50(10):761-63, Oct. 1960.
16. CRUZ FILHO, J. & CHAVES, G.M. Efeito da adubação N, P, K e micronutrientes (F.T.E.) na incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRAGAS E DOENÇAS DO CAFEEIRO, 1, Vitória, 1973. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1973. p.60-1.
17. DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, Washington, 28(3):350-5, Mar. 1956.
18. ECHANDI, E. & FERNANDEZ, C.E. Relation between chlorogenic acid content and resistance to coffee canker incited by *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology*, St. Paul, 52(6):-544-6, June 1962.
19. ESKES, A.B. Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Wageningen, Land-Bouwhogeschool, 1983. 140p. (Tese Doutorado).

20. ESKES, A.B. & SOUZA, E.Z. Ataque da ferrugem em ramos com e sem produção, de plantas do cultivar Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9, São Lourenço, 1981. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1981. p.186-8.
21. FARIA, J.C.; PRABHU, A.S. & ZIMMERMANN, F.J.P. Efeito de fertilização nitrogenada e pulverização com fungicida sobre a brusone e produtividade do arroz de sequeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(6):847-52, jun. 1982.
22. FARKAS, G.L. & KIRALY, Z. Role of phenolic compounds in the physiology of plant diseases and disease resistance. Phytopathologische Zeitschrift, Berlin, 44:105-50, 1962.
23. FARRAR, J.F. Carbohydrate metabolism in biotrophic plant pathogens. Microbiological Sciences, 2(10):314-7, 1985. In: REVIEW OF PLANT PATHOLOGY, Surrey, 65(3):114, Abst. 1097. Mar. 1986.
24. FERHAMANN, H. & DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phyto-phthora resistant in different organs of the potato plant. Phytopathology, St. Paul, 57:69-72, 1967.

25. FIGUEIREDO, P.; HIROCE, R. & OLIVEIRA, D.A. Estado nutricional e ataque da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). *O Biológico*, São Paulo, 42(7-8):164-72, jul./ago. 1976.
26. HUBER, D.M. The role of nutrition in defense. In: HORSFALL, J.G. & COWLING, E.B., ed. *Plant disease; an advanced treatise*. New York, Academic Press, 1980. v.5, Cap.21, p.381-406.
27. ——— & WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 12:139-65, 1974.
28. HUERTA, S.A. Par de folhas representativo del estado nutricional del cafeto. *Cenicafé*, Chinchina, abr./jun. 1963.
29. INGHAN, J.L. Disease resistance in higher plants. The concept of pre-infectional and post-infectional resistance. *Phytopathologische Zeitschrift*, Berlin, 78:314-35, 1979.
30. INMAN, R.E. Disease development, disease intensity, and carbohydrate levels in rusted bean plants. *Phytopathology*, St. Paul, 52:1207-11, 1962.

31. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. In: *Cultura do café no Brasil, Manual de Recomendações*. 5.ed. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1985. p.580.
32. ISMAILOV, K.A. Micro-elements and the increase of resistance in wheat to yellow rust. In: *Review of Applied Mycology*, London, 35:759, 1956. (Abstract).
33. JONARDHAN, R.V.; GOPAL, N.H.; RAMAIAH, P.K. Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth, flower and fruit formation and crop levels in arábica coffee. *Indian Coffee*, Bangalore, 35:145-8, 1971.
34. KEEN, N.T. & WILLIAMS, P.H. Synthesis and degradation of starch and lipids following infection of cabbage by *Plasmodiophora brassicae*. *Phytopathology*, St. Paul, 59:778-85, 1969.
35. KIRALY, Z. Effect of nitrogen fertilization on phenol metabolism and stem rust susceptibility of wheat. *Phytopathologische Zeitschrift*, Berlin, 51:252-61, 1964.
36. KOSUGE, T. The role of phenolics in host response to infection. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 7:195-222, 1969.

37. KROG, N.E.; LE TOURNEAU, D. & HART, H. The sugar content of wheat leaves infected with stem rust. *Phytopathology*, St. Paul, 51(2):75-7, Feb. 1961.
38. KRUGNER, T.L. Ação do ambiente sobre doenças de plantas. In: GALLI, F., coord. *Manual de Fitopatologia*, 2.ed., São Paulo, Agronômica Ceres, 1978. v.1, p.215-25.
39. LANDECKER, E.M. *Fundamentals of the fungi*. 2.ed., New Jersey Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1982. 623p.
40. LOVREKOVICH, P.; LOVREKOVICH, M. & STHAMANN, M.A. Inhibition of phenol oxidation by *Erwinia amylovora* in potato tuber tissue and its significance in disease resistance. *Phytopathology*, St. Paul, 57:737, 1967.
41. LU, S.I.; CAI, M.-Y.; IAO, H.-Q.; WANG, D.-S.; CHENG, M.-R.; CHEN, Y.-Z. & YU, X.-M. Studies on the physiology of rust parasitism with special reference to *Puccinia triticina*. *Review of Applied Micology*, London, 44:197, Abst., 1045, 1963.
42. LYLES, W.E.; FUTRELL, M.C. & ATKINS, M.I. Relation between reaction to race 15 B of stem rust and reducing sugars and saccharose in wheat. *Phytopathology*, St. Paul, 49:254-6, 1959.

43. MACDONALD, P.W. & STROBEL, G.A. Starch accumulation in wheat plants infected with stripe rust. *Phytopathology*, St. Paul, 59:1039, Aug. 1969. (Abstract).
44. MAGALHÃES, A.C. O efeito da redução da área foliar no crescimento de plantas de cafeeiros jovens. *Bragantia*, Campinas, 23:337-42, 1964.
45. MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação dos citros. *Boletim Técnico do Instituto da Potassa*, Piracicaba, (5):13-71, 1979.
46. ————. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. & YAMADA, T. coord. *Cultura do cafeeiro; fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-274.
47. MANSK, Z. & MATIELLO, J.B. Efeito da produção, nível de desfolha e inóculo residual sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, Londrina, 1984. *Resumos...* Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1984. p.128-30.

48. MATIELLO, J.B.; ALVES, D.P.; PINHEIRO, M.R. & MANSK, Z. Efeito da carga pendente e do inóculo residual sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, Londrina, 1984. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1984. p.304-6.
49. MARIOTTO, P.R.; GERALDO JUNIOR, C.; SILVEIRA, A.P.; ARRUDA, H.V.; FIGUEIREDO, P. & BRAGA, J.B.R. Efeito da produção sobre a incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1974. p.144-5.
50. MAXEMIUC, V. & DIETRICH, M.C.S. Changes in phenols and oxidative enzymes in resistant and susceptible *Coffea arabica* inoculated with *Hemileia vastatrix* (Coffee rust). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, 8(2):185-90, dez. 1985.
51. MIGUEL, A.E. & MATIELLO, J.B. Correlação entre o desenvolvimento da infecção da ferrugem do cafeeiro com diferentes níveis de produção, em ramos isolados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambu, 1985. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1985. p.64-6.

52. MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B. & ALMEIDA, S.R. Observações sobre os efeitos de três níveis de produção na incidência e controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5, Guarapari, 1977. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1977a. p.220-2.
53. _____; _____ & FRANCO, C.M. Efeitos de diferentes níveis de desfolha na produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5, Guarapari, 1977. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1977b. p.247-8.
54. MIROCHA, C.J. & ZAKI, A.I. Fluctuation in amount of starch in host plants invaded by rust and mildew fungi. *Phytopathology*, St. Paul, 56:1220-4, 1966.
55. MORAES, S.A. A ferrugem do cafeeiro: importância, condições predisponentes, evolução e situação no Brasil. Campinas, IAC, 1983. 50p. (Circular Inst. Agron., 119).
56. MORAES, F.R.P.; CERVELINI, G.S. & GALLO, J.R. Influência do estado nutricional do cafeeiro sobre a intensidade do ataque da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1974. p.126-7.

57. MORAES, W.B.C.L MUSUMECI, M.R.; CONTI, E. de; GROHMANN, A. & MARTINS, E.M.F. Aspectos do mecanismo bioquímico de resistência de cafeeiros ao fungo *Hemileia vastatrix*. IV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Fitopatologia, Piracicaba, Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 4:27-8, 1971.
58. MUTHAPPA, B.N. & RAJENDRAN, C. Effect of foliar nutrients on coffee leaf rust. *Journal of Coffee Research*, Karnataka, 8(4):86-9, 1978.
59. NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemists*, Baltimore, 153(1):375-80, 1944.
60. NUTMAN, J.F. & ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Transactions British Mycological Society*, London, 46(1):27-48, 1963.
61. _____ & _____. Coffee leaf rust. *Pans*, London, 16(4)-:606-24, Dec. 1970.
62. OLIVEIRA, J.R. Idade da folha e susceptibilidade do cafeeiro a *Pseudomonas cichorii* e a *P. syringae* pv. *garcae*. Viçosa, UFV, 1988. 79p. (Tese MS).

63. ORTOLONI, A.A. Contribuição ao estudo ecológico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) em diferentes populações de *Coffea arabica* L. na região de Pindorama, São Paulo, ESALQ, 1973. 91p. (Tese de Doutorado).
64. PATIL, S.S. & DIAMOND, A.E. Inhibition of *Verticillium* polygalacturonase by oxidation products of polyphenols. *Phytopathology*, St. Paul, 57:492-96, 1967.
65. ———; POWELSON, R.L. & YOUNG, ROY A. Relation of chlorogenic acid and free phenols in potato roots to infection by *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology*, St. Paul, 54:531-35, 1964.
66. PRETTY, K.M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T. et alii, coord. O potássio na agricultura brasileira, Piracicaba, Instituto de Potassa e Fosfato, 1982. p.177-99.
67. PONTING, J.D. & JOSLING, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. *Archives of Biochemistry*, New York, 19:47-63, 1948.
68. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA. Potash: its need and use in modern agriculture. Saskatoon, 1988. 44p.

69. RAFEZ, A.A.R.; STOUT, P.R. & DEVAY, J.E. Potassium uptake by cotton in relation to *Verticillium* wilt. *Agronomy Journal*, Madison, 67(3):359-61, May/June 1975.
70. RAWAISHED, A.K. Efecto que ejerce el fertilizante N, P, K sobre la incidencia del mal Blanco en el trigo de invierno. *Revista de la Potassa*, Berna, Sección 23, 159 Continúa-ción, 1985. p.1. (Resumo).
71. RAWAL, R.D.; SOHI, H.S. & SOKHI, S.S. Effect of different levels of N, P and K on cowpea rust caused by *Uromyces phaseoli* var. *vignae*. *Indian Phytopathology*, New Delhi, 27(3):405-7, 1974.
72. RAYNER, R.W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). *Annual Applied Biology*. London, 49(3):497-505, 1961.
73. RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. & YAMADA, T. coord. *Cultura do cafeeiro; fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-274.

74. ROCHA, H.M. La importancia de las substancias polifenolicas en el mecanismo fisiologico de la resistência de cacao *Theobroma cacao* (L.) a *Phytophthora palmivora* (Butl.). Butl. Turrialba. Instituto Interamericano de Ciências Agrárias de La OEA. Centro de Enseñaça e Investigación, 1966. 45p. (Tese MS).
75. RODRIGUES Jr., C.J. Mecanismos de resistência das plantas aos agentes patogênicos. Lisboa, Imprensa Portuguesa, 1980. 67p.
76. ——— & MEDEIROS, E.F. Relationship between a phytoalexin like response to coffee leaves (*Coffea arabica* L.) and compatibility with *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Physiology Plant Pathology*, 5:77-86, 1975.
77. RUSSELL, G.E. Some effects of applied sodium and potassium chloride on yellow rust in winter wheat. *Annual Applied Biology*, London, 90(2):163-8, Oct. 1978.
78. SANTOS, A.B.; PRABHU, A.S.; AQUINO, A.R.L. & CARVALHO, J.R.P. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(7):697-707, 1986.

79. SARRUGE, J.R. & HAAG, P.H. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
80. SATHIANATHAN, S.; VIDHYASEKARAN, P. Role of phenolics in brown spot disease resistance in rice. *Indian Phytopathology*, New Delhi, 34(2):225, June 1981.
81. SCHIEBER, E. Economic impact of coffee rust in Latin America. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 10:491-510, 1972.
82. ——— & ZENTMEYER, G.A. Coffee rust in the western hemisphere. *Plant Disease*, St. Paul, 68(2):89-93, 1984.
83. SCHIPPER, A.L. & MIROCHA, C.J. The histochemistry of starch depletion and accumulation in bean leaves at rust infection sites. *Phytopathology*, St. Paul, 59:1416-22, 1969.
84. SHAW, M. The physiology and host-parasite relations of the rusts. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 1:259-95, 1963.
85. SWAIN, T. & HILLIS, W.T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. *Journal of the Science of Food Agricultural*, London, 10:135-44, Feb. 1959.

86. TOMIYAMA, K. Physiology and biochemistry of disease resistance of plants. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 1:259-324, 1963.
87. TURNER, P.D. Polyphenoloxidases activity in cacao selections showing variable resistance to *Phytophthora* pod rot. *Plant Disease Report*, Washington, 49(4):319-21, 1965.
88. VASQUES, G.F. Coffee rust in Mexico. *Plant Disease*, St. Paul, 67(4):450, Jan. 1983.
89. VENKTASUBBIAH, P.; SAFEEULLA, K.M. & SHETTY, H.S. Phenolic content of coffee seedlings an influenced by *Rhizoctonia solani*. *Indian Phytopathology*, New Delhi, 36(4):754-5, Dec. 1983.
90. VIDHYASEKARAN, P. Physiology of disease resistance in plants. Indian, CRC-Press, 1988. v.1, 149p.
91. WALKER, J.C.; STAHMANN, M.A. Chemical nature of disease resistance. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 6:361, 1955.

92. WANG, S.C. & PINCKARD, S.A. Peroxidase activity in the developing cotton boll and its relation to decay by *Diplodia gossypina*. *Phytopathology*, St. Paul, 63:1095, 1973.
93. WEIDENDORNER, M.; HINDORF, H.; CHANDRA, JHA, H.; TSOTSONOS, P. & EGGE, H. Antifungal activity of isoflavonoids in different reduced stages on *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii*. *Phytochemistry*, Oxford, 29(3):801-3, 1990.
94. ZAMBOLIM, L.; ACUÑA, R.S.; VALE, F.X.R.; MACABEU, A.J. & CHAVES, G.M. Influência da carga pendente sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambu, 1985. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1985. p.123-5.
95. _____; MARTINS, M.C. del P. & CHAVES, G.M. Café. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(131):64-75, nov. 1985.



WIND, S.O. & RINCKAR, S.A. Peroxidase activity in the developing cotton boll and its relation to decay by *B. fabae* die generosa. Phytochemistry, St. Paul, 1970, 9:105-110.

TIGHE, R.M., M. HINDS, M. CHANDRAN, J.H. H. : 1970. The effect of fungicide on the activity of peroxidase in cotton bolls. Phytochemistry, Oxford, 9:105-110.

CHAVEZ, G.M. In: Inicia de campo. Universidad de Chile. 1982. p. 122-5. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1982.

MARTINS, M. del R. & CHAVEZ, G.M. Cien. Inform. Tecnol., Belo Horizonte, 11(1):69-73, no. 1982.