



**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA  
ESTRUTURA DE UM LATOSSOLO SOB  
CULTIVO DE CAFEIEIRO NA REGIÃO DOS  
CERRADOS**

**ELKA ÉLICE VASCO DE MIRANDA**

**2001**

52815

MEU 10600

**ELKA ÉLICE VASCO DE MIRANDA**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA ESTRUTURA  
DE UM LATOSSOLO SOB CULTIVO DE CAFEIEIRO NA  
REGIÃO DOS CERRADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Miranda, Elka Élice Vasco de

Avaliação da sustentabilidade da estrutura de um Latossolo sob cultivo de  
cafeeiro na região dos cerrados / Elka Élice Vasco de Miranda. -- Lavras : UFLA,  
2001.

56 p. : il.

Orientador: Moacir de Souza Dias Junior.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Sustentabilidade. 3. Tráfego. 4. Compressibilidade. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73

-631.5

**ELKA ÉLICE VASCO DE MIRANDA**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA ESTRUTURA DE UM  
LATOSSOLO SOB CULTIVO DE CAFEIEIRO NA REGIÃO DOS  
CERRADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Mestrado em Agronomia, área de concentração em  
Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título  
de “Mestre”.

APROVADA em 30 de novembro de 2001

Pesquisador Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães      Epamig

Professor Dr. Mozart Martins Ferreira                      UFLA



Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior

UFLA

(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus, pela Fé e determinação a mim concedidas,  
À minha mãe pelo carinho, amor e compreensão,  
e por ter me ensinado a sempre buscar  
meus objetivos

**Dedico**

Todos os caminhos vão ao  
mesmo lugar. Mas escolha o seu, e  
vá até o final não tente percorrer  
todos os caminhos.

**Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade que me foi concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo apoio financeiro para realização deste projeto.

À Fundação de Apoio a Pesquisa e Extensão do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio financeiro para realização deste projeto.

Ao professor Moacir de Souza Dias Junior pela valiosa orientação, amizade e conhecimentos transmitidos.

Ao pesquisador Paulo Tácito Gontijo Guimarães e ao professor Mozart Martins Ferreira pela orientação e auxílio na execução deste trabalho.

A todos professores do Departamento de Ciência do Solo pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso, em especial aos professores Vicente Gualberto e Alfredo Scheid Lopes.

A todos funcionários do Departamento de Ciência do Solo pelo companheirismo e ajuda e em especial a Jairo Lima Junior (*in memória*), Dellane Ribeiro, Dulce Claret Monteiro Moraes e José Roberto Fernandes (Pezão).

Ao colega Marcos Koiti Kondo pela indispensável ajuda e apoio nas coletas dos dados de campo.

A todos o colegas da Pós-Graduação e Graduação, principalmente Geraldo, Reginaldo, Welligton, Arystides, Fabiana e Fábio; e aos amigos de todas as horas, Rubens, Marley, Ivânia, Isabel e Gislene (Gigi).

Por último, mas não menos importante, a Marcelo, pelo companheirismo e por estar sempre presente nos valiosos momentos de alegria e de dificuldade.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	02
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	06
3.1 Localização e Caracterização dos Talhões Experimentais.....	06
3.2 Amostragem .....	09
3.3 Análises de Laboratório .....	11
3.4 Análise Estatística .....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
5 CONCLUSÕES .....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

## RESUMO

MIRANDA, Elka Élice Vasco de. **Avaliação da sustentabilidade da estrutura de um Latossolo sob cultivo de cafeeiro na região dos cerrados**. Lavras: UFLA, 2001. 57p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)\*

Uma das limitações para que o cultivo sustentável do cafeeiro seja atingido, está relacionada com as operações mecanizadas, que podem causar uma degradação da estrutura dos solos devida, provavelmente, a não haver um controle da umidade do solo ou de sua capacidade de suporte de carga no momento da realização destas operações. Visando fornecer subsídios sobre a capacidade de suporte de carga em função da umidade de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro, estudou-se o efeito do manejo e da umidade na pressão de preconsolidação ( $\sigma_p$ ) em diferentes sistemas de cultivo: cafeeiro em cultivo convencional (CCC), cafeeiro em cultivo não convencional (CCNC), cafeeiros com 3 anos de idade, cafeeiros irrigados e cerrado natural. Foram coletadas amostras indeformadas e deformadas em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm), com três repetições. As amostragens de solo foram realizadas em dois locais: na projeção da saia do cafeeiro e na linha de tráfego dos equipamentos. As amostras indeformadas foram utilizadas no ensaio de compressão uniaxial com diferentes umidades, obtendo-se, assim, as curvas de compressão do solo. As amostras deformadas, foram usadas nas análises: granulométrica, densidade de partícula, matéria orgânica e análise de fertilidade. Os efeitos do manejo reduziram a  $\sigma_p$  na projeção da saia do cafeeiro e aumentaram na linha de tráfego dos equipamentos na profundidade 0-10 cm, para qualquer umidade (U), o que pode evidenciar o efeito do manejo sobre a estrutura do solo. A irrigação e as operações de preparo do solo aliviaram a resistência mecânica do solo.

---

\* Comitê Orientador: Moacir de Souza Dias Junior – UFLA (Orientador), Paulo Tácito Gontijo Guimarães – Epamig (Co-orientador) e Mozart Martins Ferreira – UFLA



## ABSTRACT

One of the limitations for sustainable development of the coffee crop to be reached is related with the mechanized operations, which can cause soil structure degradation, probably, due to the lack of knowledge of the moisture or the load support capacity of the soil when the mechanized operations is done. Seeking to supply information about the load support capacity as a function of moisture content, in a Red Latosol cultivated with coffee, the effect of tillage and soil moisture in the preconsolidation pressure ( $\sigma_p$ ) was studied in different tillage systems such as: conventional coffee crop (CCC), no conventional coffee crop (CCNC), coffee crop with 3 years old, irrigated coffee and cerrado. Disturbed and undisturbed soil samples were collected in three depths (0-10, 10-20 and 20-30 cm) with three replications. The soil samplings were done at two places: coffee skirt projection and in the traffic lines. The undisturbed soil samples were used in the uniaxial compression test at different soil moisture content, being obtained the soils compression curves. The preconsolidation pressures were obtained from the compression curves. The disturbed soil samples were used in the particle-size analysis, particle density, organic matter and fertility analysis. The tillage systems reduced the  $\sigma_p$  in the coffee skirt projection and increased it in the traffic line at 0-10 cm depth, for any soil moisture content (U), showing the effect of the tillage operations on the soil structure. The soil compaction effects were alleviated by irrigation and soil tillage operations.

---

\* Guidance Committee: Moacir de Souza Dias Junior – UFLA (Adviser), Paulo Tácito Gontijo Guimarães – Epamig and Mozart Martins Ferreira – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

Minas Gerais é o estado brasileiro que detém a maior área plantada com café, com aproximadamente 46% do total cultivado no Brasil, sendo grande parte em solos originalmente sob vegetação de cerrado (AGRIANUAL, 2000). Esta significativa área plantada em solos de baixa fertilidade natural deve-se à introdução da cafeicultura no cerrado, onde tem-se registrado produtividades satisfatórias, com qualidade excepcional do produto, possibilitando que o "Café do Cerrado" seja citado como uma das melhores bebidas no mundo (Borges et al., 2001).

Esta região tem apresentado índices elevados de crescimento, tanto de seu parque cafeeiro quanto em produtividade, devido principalmente à facilidade de mecanização proporcionada pelo relevo plano e pouco acidentado. Seguindo esta tendência, o número de propriedades destinadas ao cultivo do café cresceu em 40% entre os anos de 1984/1985 e o aumento da área ocupada pelo parque cafeeiro foi ainda mais expressivo, chegando a 150% (FAEMG, 1996).

Uma das limitações para que o desenvolvimento da cafeicultura de maneira sustentável seja atingido está relacionada com as operações mecanizadas necessárias à cultura, que podem causar uma degradação na estrutura do solo devido, provavelmente, a não haver um controle da umidade do solo ou de sua capacidade de suporte de carga no momento da realização destas operações. Assim, o tráfego indiscriminado nas áreas cultivadas com cafeeiros tem-se tornado preocupante devido à possibilidade de aumento da compactação causada pelo tráfego de máquinas ao longo dos anos, com conseqüente redução na produtividade das áreas sob tráfego intenso. Portanto, os produtores cafeeiros têm-se interessado pela identificação, quantificação e minimização dos efeitos

causados pelo manejo da cultura sobre o ambiente, de tal maneira que seja possível, através de estudos, adaptar estas atividades de manejo em uma forma condizente com o desenvolvimento de uma atividade cafeeira sustentável.

Dentro deste contexto, torna-se interessante o desenvolvimento de um estudo que contemple o desenvolvimento de modelos de sustentabilidade da estrutura das diferentes classes de solo, com base na história de seu manejo e na variação de sua umidade (Dias Junior, 1994). Estes modelos permitiriam estimar a capacidade de suporte de carga dos solos quantificando os níveis de pressão que poderiam ser aplicados para manter a sustentabilidade de sua estrutura. Estes modelos poderiam ser usados no planejamento das atividades agrícolas de modo a evitar ou minimizar a degradação da estrutura dos solos.

Diante do exposto, este estudo apresenta os seguintes objetivos:

Propor um modelo de sustentabilidade da estrutura dos solos cultivados com cafeeiros em função da pressão de preconsolidação e da umidade; e

Determinar, através do uso destes modelos, a susceptibilidade à compactação e a influência do tráfego.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A região do cerrado ocupa 24% do território brasileiro, apresenta relevo pouco acidentado, possibilitando o uso intensivo de mecanização e o emprego de tecnologias apropriadas a estas condições (Alcântara & Ferreira, 2000).

Os usos destas tecnologias têm contribuído para que o Brasil aumente sua produção agrícola através da expansão da área cultivada, utilizando, entre outros solos, os da região dos cerrados. A escolha dessa fronteira se deve à sua

situação geográfica privilegiada, em relação aos grandes centros consumidores e/ou exportadores, além da existência de um grande estoque tecnológico nas áreas de fertilidade do solo e nutrição de plantas que permite tornar produtivos estes solos (Macedo, 1996).

O uso e o manejo atualmente aplicados aos solos da região de cerrado na produção de grãos têm comprometido, particularmente na camada arável, suas propriedades físicas, em especial aquelas que decorrem da porosidade (permeabilidade da água e do ar, água disponível, erodibilidade, densidade do solo, etc.) e, conseqüentemente, o funcionamento desses solos para produções agrícolas satisfatórias (Guimarães, 2000). O cultivo intensivo destes solos, segundo Novais e Smyth (1999), envolve o uso de máquinas agrícolas pesadas em todas as fases do cultivo, podendo ocorrer uma degradação da estrutura dos mesmos. Esta degradação pode estar associada com a compactação destes solos (Ribeiro, 1999), a qual tem sido definida como a compressão do solo não saturado durante a qual existe um aumento de sua densidade em conseqüência da redução de seu volume (Gupta & Allmaras, 1987; Gupta et al., 1989), resultante da expulsão do ar dos poros.

Vários pesquisadores têm demonstrado claramente o efeito da compactação nas propriedades físicas do solo (Barnes et al.: 1971; Gupta et al.: 1985; Larson et al.: 1989; Soane e Van Ouwerkerk, 1994). A compactação aumenta a densidade do solo e a sua resistência mecânica (Wagner & Denton, 1989; Hill & Meza Montalvo: 1990; Lebert & Horn, 1991) e diminui a porosidade total, tamanho e continuidade dos poros (Hillel, 1982; Moraes, 1984; Smucker & Erickson, 1989). Réduções significativas ocorrem principalmente no volume dos macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados (Machado & Brum, 1981; Hillel, 1982; Leite & Medina (1984) e Corrêa (1985a e 1985b).

A facilidade com que um solo não saturado decresce de volume quando sujeito a pressões é chamada de compressibilidade (Gupta & Allmaras, 1987), e depende de fatores externos e internos (Lebert & Horn, 1991). Os fatores externos são caracterizados pelo tipo, intensidade e frequência de carga aplicada (Koolen & Kuipers, 1983; Horn, 1988; Horn, 1989; Raghavan et al., 1990; Lebert & Horn, 1991), enquanto os fatores internos são influenciados pela história de tensão (Gupta et al., 1989; Reinert, 1990, Dias Junior, 1994), umidade do solo (Gupta et al., 1985; Soane, 1990; Dias Junior, 1994), textura do solo (Gupta et al., 1989; McBride, 1989; Dias Junior, 1994), estrutura do solo (Dexter & Tanner, 1974; Horn, 1988), densidade inicial do solo (Gupta et al., 1985; Reinert, 1990, Dias Junior, 1994) e teor de carbono do solo (McBride, 1989; Assouline et al., 1997; Etana et al., 1997).

A movimentação de máquinas agrícolas pode ocasionar uma compactação superficial dos solos, limitando o desenvolvimento do sistema radicular, comprometendo o crescimento e a produtividade das culturas (Kluthcouski, 2000), devido ao fato de não se conhecer a sua capacidade de suporte de carga no momento da realização de uma determinada operação mecanizada. Assim, em culturas irrigadas, como é o caso do cafeeiro, a adição de água ao solo reduz sua capacidade de suporte de carga, aumentando a sua susceptibilidade à compactação.

A compactação do solo, entretanto, pode ter efeitos benéficos ou adversos. Os efeitos benéficos têm sido atribuídos à melhoria do contato solo-semente e ao aumento da disponibilidade de água em anos secos (Camargo & Alleoni, 1997), enquanto a compactação excessiva pode limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão e da potência necessária para o preparo do solo (Dias Junior & Pierce, 1995).

Em se tratando do sistema radicular do cafeeiro, a compactação do solo afeta severamente a sua expansão e o transporte de água e de assimilados das raízes para a parte aérea. Quando o teor de água no solo é baixo, as raízes não penetram a camada de solo compactada, e quando esta camada se encontra umedecida, as raízes são capazes de atravessá-la. É isto o que acontece, naturalmente, nas áreas irrigadas.

A compactação do solo pode afetar o crescimento radicular do cafeeiro, em períodos prolongados de seca, em que a desidratação é elevada, e quando esta compactação afeta a drenagem e o arejamento do subsolo, o crescimento radicular do cafeeiro estará comprometido de forma permanente (Rena & Guimarães, 2000).

Recentes estudos têm mostrado que a ausência de déficit hídrico (Gerra et al., 1999), a fertilização com fósforo (Santos, 2001) e o preparo do solo (Dias Junior, 2000) têm constituído fatores de alívio dos efeitos adversos da compactação. Todavia, Kondo (1998) verificou que o pisoteio excessivo pode causar compactação da camada superficial em áreas sob pastagem e. (Dias Junior et al., 1999) salientou que em áreas sob exploração florestal, a compactação do solo está relacionada com as operações de colheita florestal mecanizada.

Apesar da identificação de alguns fatores de alívio da compactação do solo, a sua resistência tem sido relatada por vários pesquisadores (Smith et al., 1969; Black et al., 1976; Voorhees, 1977; Voorhees et al., 1978; Pollard & Elliot, 1978; Logsdson et al., 1992). Alguns destes estudos mostraram que os efeitos da compactação do solo são apenas temporariamente prejudiciais; todavia, na maioria dos casos, pouca ou nenhuma modificação da compactação foi observada.

A recuperação da estrutura do solo, se possível, leva muito tempo e pode ter um custo considerável. Em vista disto, e considerando a faixa de umidade

adequada para o preparo do solo (Dalla Rosa, 1981; Figueiredo et al., 1998; e Kondo, 1998), afirmam que uma solução para este problema seria o de evitá-lo. Dentro deste contexto, Dias Junior (1994) propôs um modelo que estima a capacidade de suporte de carga dos solos em função da pressão de preconsolidação e da umidade.

Este modelo é da forma:

$$\sigma_p = 10^{(a - bU)}$$

em que

$\sigma_p$  é a pressão de preconsolidação (kPa):

a e b são parâmetros de ajuste da equação de regressão; e

U a umidade gravimétrica ( $\text{Kg.Kg}^{-1}$ ).

O modelo que foi desenvolvido para as condições brasileiras, quantifica os níveis da pressão que podem ser aplicadas aos solos para evitar que a compactação adicional ocorra. Estes estudos foram realizados para solos sob cultura anual, pastagem e eucalipto (Kondo & Dias Junior, 1999a; Kondo & Dias Junior, 1999b e Kondo & Dias Junior, 1999c). Assim, existe uma carência de estudos desta natureza que quantifiquem os níveis de pressão que podem ser aplicados aos solos sem que haja degradação de sua estrutura, bem como a quantificação dos níveis de compactação causados pelos tráfegos necessários para a condução da cultura do cafeeiro.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido, em uma área originalmente sob cerrado natural da região de Patrocínio (MG), localizada na região do Alto Paranaíba, com latitude de 18° 56' S, longitude de 46° 59' W de Greenwich e altitude de 934 metros. Dos seus 6.481 ha que constituem a área da propriedade, 2.600 ha estão ocupados com a cultura do cafeeiro, 900 ha com outras atividades agrícolas, principalmente o cultivo do eucalipto e 3.100 ha com formações naturais de diferentes unidades fitogeográficas e de diferentes graus de degradação, definindo uma boa biodiversidade local (Martinez et al., 2000).

A vegetação predominante da região é do tipo cerrado. O clima é o tropical chuvoso, com temperatura média anual entre 20 e 22° C, e a precipitação pluviométrica média anual é de 1.372 mm, apresentando períodos bem definidos de seca e de chuva, sendo novembro o mês de maior precipitação (423.6 mm), e junho, o de menor (0.2 mm).

O relevo é plano a suave ondulado em grandes extensões, com áreas ocupadas por grandes lavouras, geralmente contíguas, com predominância de Latossolos, sendo o solo da área estudada classificado como Latossolo Vermelho textura muito argilosa.

Foram selecionados cinco talhões experimentais:

-Talhão 1 – Com aproximadamente 2.00 ha, foi plantado no ano de 1973 com cafeeiros da cultivar Mundo Novo em regime de sequeiro, no sistema de manejo convencional (com aração e gradagens no preparo do solo por ocasião do



plantio). um espaçamento largo de 4.0 X 0.50 m (uma planta por cova) que permite o tráfego de máquinas e implementos agrícolas. A produção média do período é de 35 sacas beneficiadas/ha (CCC- Cultivo convencional de cafeeiro).

Os tratos culturais executados para a condução desta lavoura são os seguintes: São realizadas quatro passadas anuais do trator na época das chuvas, para adubação líquida, utilizando-se um tanque de 1500 L. O peso do trator é de aproximadamente 3000 a 3300 kg, e do aplicador do tipo 600/16 tem largura máxima 1.20 a 1.60 m, com pneu traseiro 12428 e pneu dianteiro 600.16.

A calagem é feita a cada dois anos utilizando-se um trator com as mesmas características do trator utilizado para a adubação fluida, com capacidade para aplicar 3000 kg de calcário, tracionando uma carreta traseira de pneu estreito.

O controle fitossanitário, principalmente contra o bicho mineiro e a ferrugem, é feito o ano inteiro. São realizadas três passadas por ano, com pulverizador de pneu 255/75/15, largura 1.60m, e com o mesmo tipo de implemento é feita a adubação foliar três vezes ao ano.

Já o controle de ervas daninhas é feito através de capina mecânica (roçadeira-300 a 400 kg três vezes ao ano) e capina química (tanque 400 L – duas vezes ao ano).

E, finalmente, a colheita mecânica, que vem sendo realizada nos últimos anos (colhedora modelo-K3 com pneu dianteiro 100054, pneu traseiro 14928 e bitola de 1.10 m, peso vazio de 10.530 kg), realizada uma vez por ano.

-Talhão 2 –Com aproximadamente 2.00 ha plantados em 1973, utilizando-se cafeeiros da cultivar Mundo Novo em regime de sequeiro, no sistema de manejo convencional (com aração e gradagens no preparo do solo por ocasião do plantio), um espaçamento largo de 4.0 X 0.50 m (uma planta por cova). Este talhão foi conduzido em sistema convencional até aproximadamente 1991, a partir de então se adotou o manejo de plantas em livre crescimento. A produção

média do período é de 5 sacas/ha (CCNC- Cultivo de cafeeiro não convencional). Este sistema é um talhão experimental.

-Talhão 3 – Este talhão de aproximadamente 5,00 ha foi plantado em 1998 com cafeeiros da cultivar Acaiá no sistema de manejo convencional com aração e gradagens da área total e posteriormente o plantio das mudas de cafeeiro adotando-se um espaçamento de 4,0 X 0,50 m, com uma planta por cova, na ausência de irrigação, tendo uma produção média no período de 9 sacas beneficiadas/ha (Cafeeiros 3 anos). Neste talhão no ato da instalação da lavoura não se fez calagem, somente adubação foliar, e a colheita foi realizada manualmente.

-Talhão 4 – Este talhão tem aproximadamente 88,94 ha foi plantado em 1995 com cafeeiros da cultivar Catuai cultivados sob irrigação por pivô central, no sistema de manejo convencional com aração e gradagens no preparo do solo por ocasião do plantio adotando-se um espaçamento de 4,0 X 0,50 m com uma planta por cova, tendo uma produção média no período de 63 sacas beneficiadas/ha. Os tratos culturais e a colheita, executados para a condução desta lavoura são praticamente os mesmos realizados no talhão 1. Antes do plantio dos cafeeiros cultivou-se na área feijão, soja e milho (Cafeeiros Irrigados)

-Talhão 5 – O talhão 5 é uma área de cerrado natural intacto utilizado como testemunha com relação às áreas trabalhadas.

### **3.2 Amostragem e análises**

O monitoramento da pressão de preconsolidação foi realizado através do ensaio de compressibilidade de acordo com Bowles (1986) modificado por Dias Junior (1994). O estudo consistiu de dois tipos de amostragens: (a) amostras indeformadas foram coletadas na linha de plantio, na projeção da saia do

cafeeiro. e (b) amostras de solo indeformadas coletadas na linha do tráfego dos equipamentos.

### **3.2.1 Amostras coletadas na linha de plantio, na projeção da saia do cafeeiro em local ausente de tráfego.**

Foram coletadas 15 amostras nas cinco áreas em estudo (CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos, Cafeeiros Irrigados e Cerrado), cuidadosamente parafinadas no campo, para evitar que ocorresse alteração da umidade desde o momento da coleta até a realização do ensaio de compressibilidade no laboratório. Estas foram equilibradas em cinco umidades, com três repetições por profundidade (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm), totalizando 225 amostras indeformadas (15 amostras X 3 profundidades X 5 usos). As amostras indeformadas foram obtidas através de um amostrador de Uhland com anel volumétrico de 6,40 cm de diâmetro e 2,54 cm de altura. Estas amostras foram utilizadas para a obtenção dos modelos de sustentabilidade da estrutura do solo.

Estas amostras foram utilizadas para a obtenção dos modelos de sustentabilidade da estrutura do solo, onde a pressão de preconsolidação em função da umidade, em local que não apresentava nenhuma influência do tráfego.

As simulações das diferentes umidades foram feitas utilizando-se amostras indeformadas que inicialmente foram saturadas e posteriormente secas ao ar no laboratório até se obter as faixas de umidade desejadas. A seguir, estas amostras foram submetidas ao ensaio de compressibilidade usando um consolidômetro de marca Boart Longyear, através do qual as aplicações das pressões foram feitas através do ar comprimido. As pressões aplicadas a cada amostra obedeceram a seguinte ordem: 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa. Cada pressão foi aplicada até que 90% da deformação máxima fosse alcançada

(Taylor, citado por Holtz & Kovacs, 1981). Somente após estas condições alcançadas é que foram aplicadas novas pressões. Após a realização do ensaio, as pressões de preconsolidação foram obtidas de acordo com Dias Junior & Pierce (1995), na curva de compressão do solo. As pressões de preconsolidação foram plotadas em função da umidade simuladas em laboratório e através do software Sigma Plot 4.0 (Jandel Scientific, P.O. Box 7005, San Rafael, CA, USA), foram obtidas as equações matemáticas que correspondem aos modelos de sustentabilidade da estrutura do solo.

### **3.2.2 - Amostras coletadas no local em que ocorreu tráfegos necessários para a realização das operações mecanizadas, ou seja, na linha de tráfego dos equipamentos.**

Foram coletadas 15 amostras por profundidade, 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, nas quatro áreas em estudo (CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados), totalizando 180 amostras indeformadas (15 amostras X 3 profundidades X 4 usos). Estas amostras foram utilizadas na avaliação dos efeitos do tráfego na estrutura do solo.

As amostras coletadas onde ocorreram os tráfegos necessários para a realização das operações mecanizadas foram cuidadosamente parafinadas no campo, para evitar que ocorresse alteração da umidade desde o momento da coleta até a realização do ensaio de compressibilidade no laboratório.

Então estas amostras foram submetidas ao teste de compressibilidade como descrito anteriormente, e em seguida, as pressões de preconsolidação foram determinadas. Os valores das pressões de preconsolidação foram plotados em função da umidade.

### **3.3 Análises de laboratório**

A parte do solo que constituiu de descarte das amostras indeformadas equivalentes às porções superiores e inferiores dos anéis de amostragem foram utilizadas para as seguintes análises de caracterização das áreas em estudo: matéria orgânica (Raij & Quaggio, 1983), análise granulométrica (Day, 1986), densidade de partículas (Blake & Hartge, 1986) cujos resultados são apresentados na Tabela 1. As análises para a caracterização da fertilidade do solo, segundo Embrapa (1997) que são apresentadas na tabela 2.

### **3.4 Análises estatísticas**

Análises de regressão foram realizadas mediante o uso do software Sigma Plot 4.0 (Jandel Scientific), e as comparações das regressões foram feitas seguindo o procedimento descrito em Snedecor e Cochran (1989).

**TABELA 1.** Caracterização química das amostras de um Latossolo Vermelho, coletadas em três profundidades (média de três repetições) das cinco áreas em estudo, Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.
	H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>		cmol.dm <sup>-3</sup>							%		
-----0 a 10 cm-----													
CCC	5.4	2.3	229.0	2.1	1.5	0.1	3.5	4.1	4.2	7.6	56.1	2.4	4.3
CCNC	5.6	4.0	240.7	3.0	1.9	0.1	3.6	5.6	5.7	9.2	60.8	1.8	4.3
CAFEEIROS													
3 ANOS	5.0	208.0	167.7	3.2	1.0	0.1	4.5	4.6	4.7	9.1	50.7	2.1	3.4
CAFEEIROS													
IRRIGADOS	5.0	17.7	203.0	1.4	1.2	0.2	5.8	3.1	3.3	9.0	35.2	6.0	4.4
CERRADO	5.7	1.0	84.7	0.6	1.1	0.2	4.8	1.9	2.1	6.7	28.4	9.5	4.8
-----10 a 20 cm-----													
CCC	4.9	1.0	125.0	1.2	0.5	0.1	4.7	1.9	2.0	6.6	29.5	4.9	3.1
CCNC	5.6	2.3	154.7	1.3	0.8	0.1	4.0	2.5	2.6	6.5	38.4	3.9	3.6
CAFEEIROS													
3 ANOS	4.5	176.0	102.7	2.7	0.7	0.3	6.3	3.7	4.1	10.0	37.0	8.3	3.0
CAFEEIROS													
IRRIGADOS	5.4	9.0	125.0	1.6	1.1	0.1	4.2	3.0	3.1	7.2	42.1	4.2	3.2
CERRADO	5.5	1.0	45.3	0.4	0.1	0.2	4.3	0.6	0.8	5.0	13.1	20.1	3.6
-----20 a 30 cm-----													
CCC	5.2	1.0	121.0	1.0	0.7	0.1	3.3	2.0	2.1	5.3	37.7	3.2	3.0
CCNC	4.9	10.3	80.3	1.4	0.3	0.2	4.3	1.9	2.1	6.2	30.6	9.5	2.9
CAFEEIROS													
3 ANOS	4.3	6.7	135.7	1.2	0.7	0.5	6.1	2.2	2.7	8.3	27.0	18.2	2.7
CAFEEIROS													
IRRIGADOS	5.6	1.7	117.0	1.8	1.0	0.1	3.0	3.1	3.2	6.1	50.8	2.1	2.7
CERRADO	5.2	1.0	31.3	0.4	0.1	0.2	3.6	0.6	0.7	4.2	13.2	23.2	2.8

<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado.

**TABELA 2.** Frações granulométricas, em g kg<sup>-1</sup>, de amostras de um Latossolo Vermelho, coletadas em três profundidades (média de três repetições) de um Latossolo Vermelho das cinco áreas em estudo. Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS <sup>1</sup>	ARGILA	AREIA	SILTE
----- 0 a 10 cm -----			
CCC	610.0	140.0	250.0
CCNC	510.0	100.0	390.0
CAFEIROS 3 ANOS	670.0	110.0	220.0
CAFEIROS IRRIGADOS	690.0	50.0	260.0
CERRADO	600.0	170.0	230.0
----- 10 a 20 cm -----			
CCC	640.0	140.0	220.0
CCNC	530.0	90.0	380.0
CAFEIROS 3 ANOS	640.0	170.0	190.0
CAFEIROS IRRIGADOS	680.0	80.0	240.0
CERRADO	570.0	120.0	310.0
----- 20 a 30 cm -----			
CCC	560.0	50.0	390.0
CCNC	590.0	60.0	350.0
CAFEIROS 3 ANOS	680.0	110.0	210.0
CAFEIROS IRRIGADOS	640.0	40.0	320.0
CERRADO	640.0	190.0	270.0

<sup>1</sup> CCC: caféiros em cultivo convencional; CCNC: caféiros em cultivo não convencional. Caféiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Caféiros irrigados: caféiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela tabela 3, observam-se o valor dos coeficientes "a" e "b" das equações de regressão  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$  propostas por Dias Junior (1994) e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o Latossolo Vermelho nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm para os sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos, Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado. Os valores de "a" variaram entre 2,54 e 2,69, e os de "b" entre - 0,54 e -1,19. Os coeficientes de determinação foram todos significativos ao nível de 1% e variaram de 0,88 a 0,97.

**TABELA 3.** Os coeficientes das equações de regressão,  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$ , para o Latossolo Vermelho nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm das amostras coletadas na projeção da saia do cafeeiro para os sistemas em estudo. Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS <sup>1</sup>	-----0 a 10 cm-----			-----10 a 20 cm-----			-----20 a 30 cm-----		
	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
CCC	2.60	- 0.76	0.97**	2.54	- 0.54	0.96**	2.69	- 1.19	0.92**
CCNC	2.60	- 0.70	0.88**	2.61	- 0.63	0.96**	2.63	- 0.81	0.93**
CAFEEIROS									
3 ANOS	2.65	- 0.79	0.96**	2.66	- 0.84	0.96**	2.66	- 0.79	0.92**
CAFEEIROS									
IRRIGADOS	2.68	- 0.84	0.91**	2.67	- 0.92	0.93**	2.60	- 0.77	0.92**
CERRADO	2.62	- 0.87	0.96**	2.61	- 0.60	0.92**	2.58	- 0.85	0.93**

<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente.



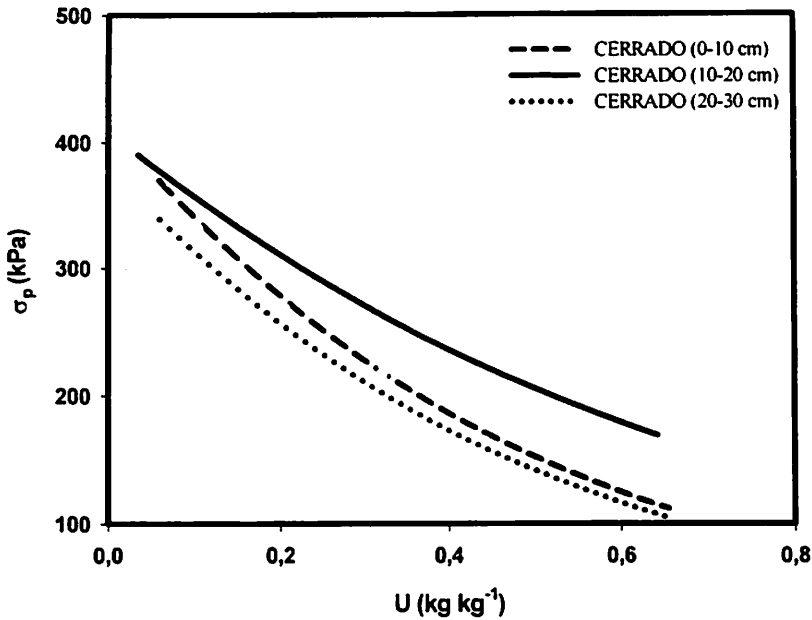
Para verificar as possíveis alterações na estrutura do LV causadas pelo manejo da cultura dos cafeeiros, as equações de regressão foram comparadas nas diferentes profundidades para cada sistema: CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos, Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado (Tabela 4).

**TABELA 4.** Comparação das equações de regressão, após linearização, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho, nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm das amostras coletadas na projeção da saia do cafeeiro para os sistemas em estudo. Lavras, DCS/UFLA 2001.

PROFUNDIDADES DE AMOSTRAGEM	SISTEMAS <sup>1</sup>				
	CERRADO	CCC	CCNC	CAFEIROS 3 ANOS	CAFEIROS IRRIGADOS
0 a 10 e 10 a 20 cm	**	**	**	NS	**
0 a 10 e 20 a 30 cm	NS	**	NS	NS	**
10 a 20 e 20 a 30 cm	**	**	**	NS	NS

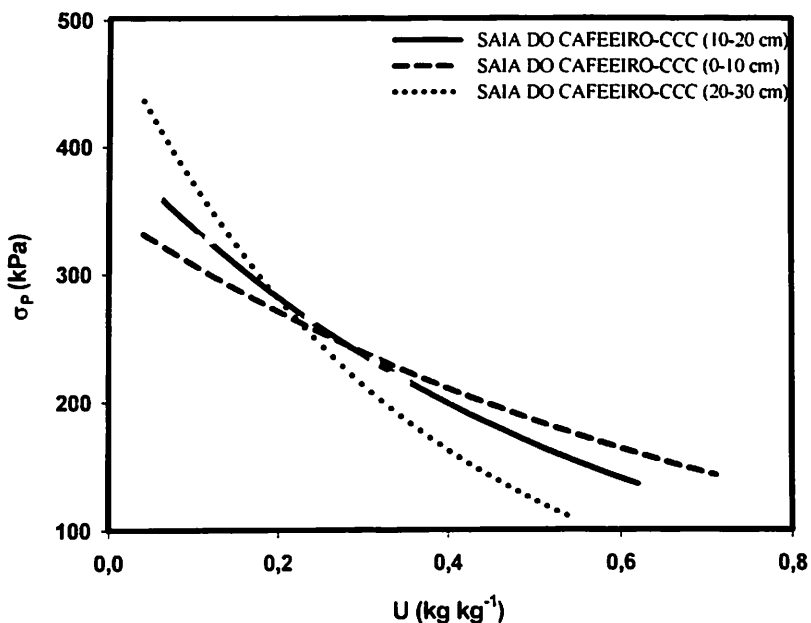
<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado. (\*\*), (\*) e (NS) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

A equação de regressão  $\sigma_p = f(U)$  para o sistema de Cerrado na profundidade 10 a 20 cm foi diferente das equações para as profundidades 0 a 10 e 20 a 30 cm, que foram iguais entre si (Tabela 4). Plotando as equações de regressão (Figura 1), observa-se uma camada adensada no sistema de Cerrado na profundidade de 10 a 20 cm. O mesmo foi observado por Dias Junior (1999), comprovando o efeito das diferenças de intensidade de ocorrência dos processos pedogenéticos.



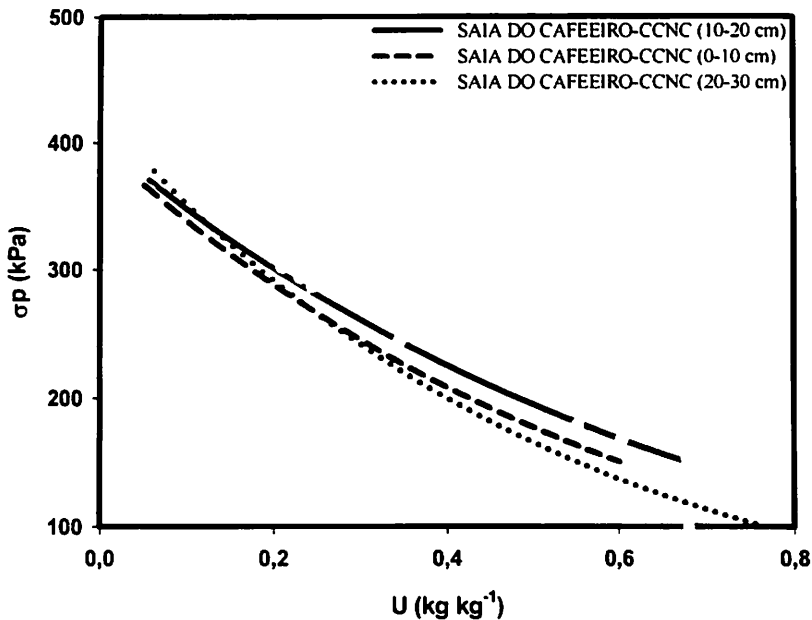
**FIGURA 1.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema de Cerrado, obtidas nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

A avaliação do sistema CCC na projeção da saia do cafeeiro observa-se que, as equações de regressão  $\sigma_p = f(U)$  foram diferentes em todas as profundidades (Tabela 4). A profundidade 0 a 10 cm apresentou uma maior capacidade de suporte de carga do que as outras profundidades para umidades superiores a  $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$ , e para umidades menores do que este valor, a profundidade de 20 a 30 cm apresentou maior capacidade de suporte de carga, alterações estas causadas pelas operações de implantação da cultura do cafeeiro (Figura 2), corroborando, assim, as observações de Imhoff et al., (2001), segundo os quais o solo apresenta baixa capacidade de suporte de carga quando úmido, enquanto a resistência à deformação aumenta com a diminuição do teor de umidade do solo.



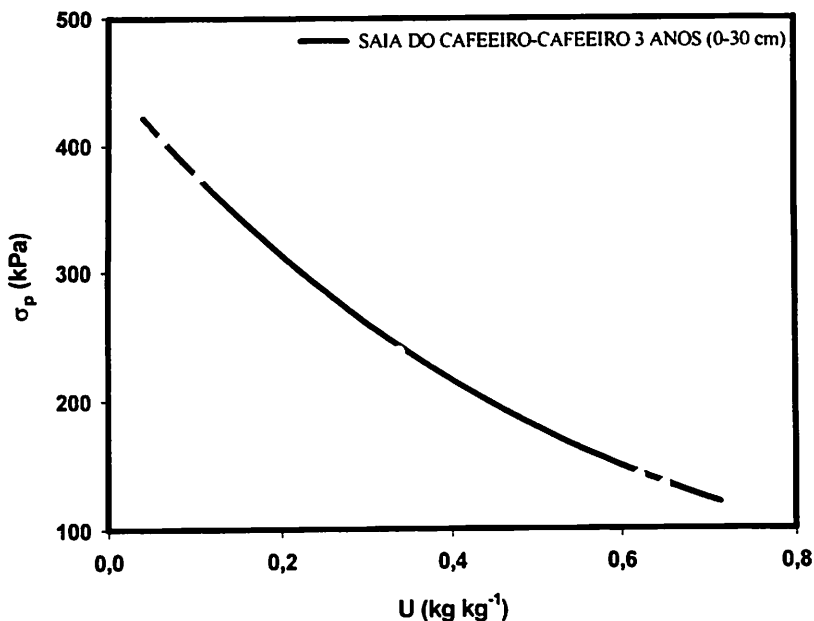
**FIGURA 2.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC (cafeeiros em cultivo convencional) na projeção da saia do cafeeiro, obtida nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

Para o sistema CCNC na projeção da saia do cafeeiro, as equações de regressão  $\sigma_p = f(U)$  foram iguais nas profundidades de 0 a 10 e 20 a 30 cm, e a equação de regressão da profundidade 10 a 20 cm foi diferente das equações das profundidades 0 a 10 e 20 a 30 cm (Tabela 4). Plotando as equações de regressão (Figura 3), observa-se uma camada adensada na profundidade de 10 a 20 cm. Situação semelhante foi encontrada para o sistema de Cerrado.



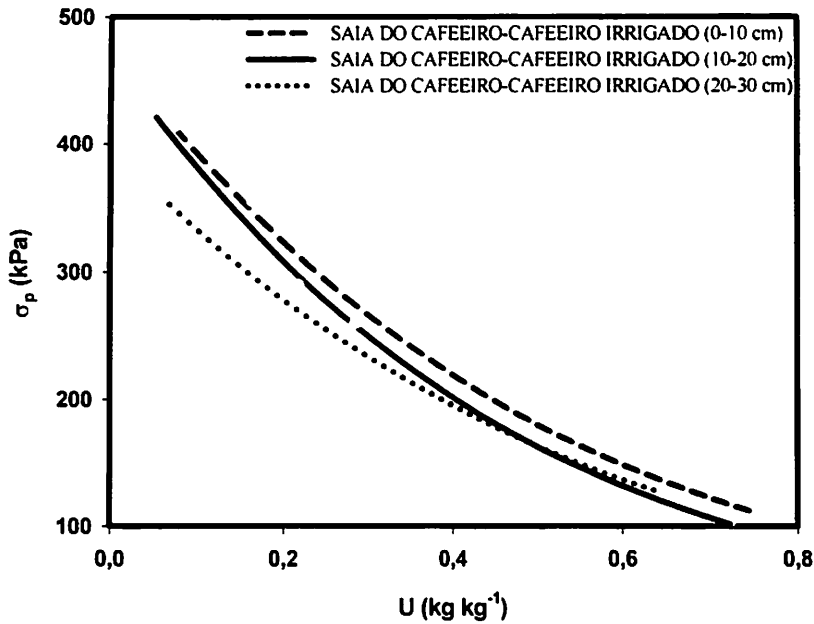
**FIGURA 3.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCNC (cafeeiros em cultivo não convencional) na projeção da saia do cafeeiro, obtidas nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

Para o sistema Cafeeiro 3 anos na projeção da saia do cafeeiro, as equações de regressão  $\sigma_p = f(U)$ , não foram estatisticamente diferentes para as três profundidades (Tabela 4). Isso pode ser devido ao fato de que o preparo recente causou uma homogeneização das camadas em relação a sua capacidade de suporte de carga, provocando um alívio da camada adensada observada no sistema de Cerrado na profundidade de 10 a 20 cm (Figura 4).



**FIGURA 4.** Curva de pressão de pré-consolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiro 3 anos na projeção da saia do cafeeiro, obtidas nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

No sistema Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, a equação de regressão  $\sigma_p = f(U)$  na profundidade 0 a 10 cm foi diferente das equações para as profundidades 10 a 20 e 20 a 30 cm, as quais foram iguais. A camada superficial para esta condição apresentou maior capacidade de suporte de carga, possivelmente devido ao secamento do solo, do que as outras duas profundidades (Figura 5). Isso pode ser devido ao fato de que a adição de água ao solo por sistema de irrigação tenha causado um alívio da camada adensada na profundidade 10 a 20 cm.



**FIGURA 5.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, para as profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

Observam-se, na tabela 5, os valores dos coeficientes “a” e “b” das equações de regressão  $\sigma_p = 10^{(a + b U)}$  propostas por Dias Junior (1994) e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o Latossolo Vermelho nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm para as condições CCC, CCNC, Cafeeiro 3 anos e Cafeeiro Irrigado, na linha de tráfego dos equipamentos. Os valores de “a” variaram entre 2,62 e 2,76, e os de “b”, entre -0,56 e -1,62. Os coeficientes de determinação foram todos significativos ao nível de 1% e variaram de 0,85 e 0,97.

**TABELA 5.** Coeficientes das equações de regressão,  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$ , para o Latossolo Vermelho nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm para os sistemas em estudo, na linha de tráfego dos equipamentos. Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS <sup>1</sup>	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
	----0 a 10 cm----			----10 a 20 cm----			----20 a 30 cm----		
CCC	2.68	-0.61	0.87**	2.67	-0.78	0.93**	2.73	-1.10	0.87**
CCNC	2.62	-0.56	0.85**	2.67	-0.70	0.97**	2.71	-1.06	0.94**
CAFEEIROS									
3 ANOS	2.67	-0.91	0.94**	2.67	-0.98	0.94**	2.73	-1.48	0.87**
CAFEEIROS									
IRRIGADOS	2.72	-0.83	0.87**	2.67	-1.03	0.97**	2.76	1.62	0.82**

<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional; na linha de tráfego dos equipamentos. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

Para verificar as possíveis alterações causadas pelo tráfego na estrutura do LV, as equações de regressão foram comparadas nas diferentes profundidades para cada sistema: CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, na linha de tráfego dos equipamentos (Tabela 6), através do procedimento de Snedecor e Cochran (1989).

**TABELA 6.** Comparação das equações de regressão, após linearização, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, para os sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, na linha de tráfego dos equipamentos. Lavras, DCS/UFLA 2001.

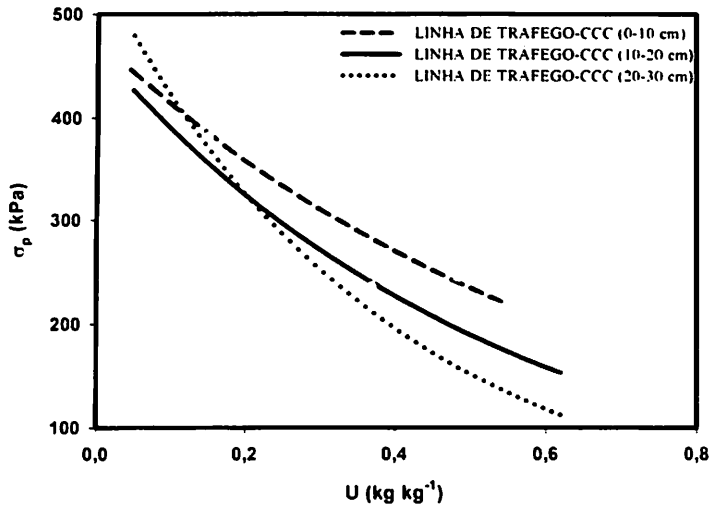
PROFUNDIDADES DE AMOSTRAGEM	CCC	CCNC	CAFEEIROS 3 ANOS	CAFEEIROS IRRIGADOS
0 a 10 e 10 a 20 cm	**	*	NS	**
0 a 10 e 20 a 30 cm	*	**	**	**
10 a 20 e 20 a 30 cm	*	**	**	**

CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional; na linha de tráfego dos equipamentos. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

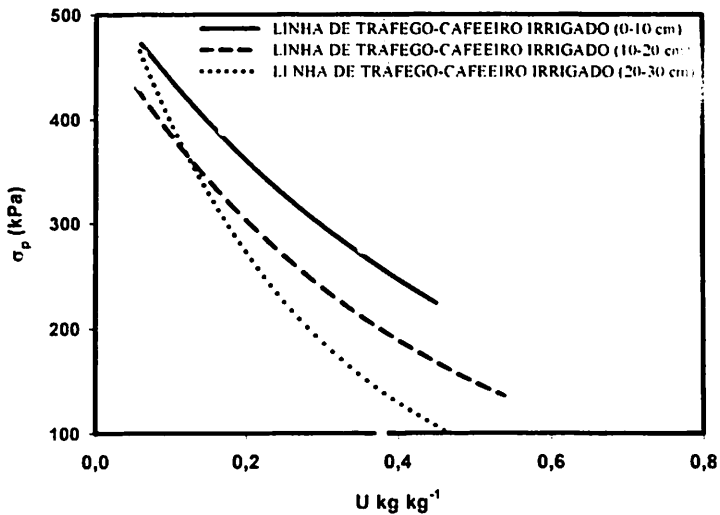
As equações de regressão  $\sigma_p = f(U)$  para o sistema CCC, CCNC e Cafeeiros Irrigados foram diferentes em todas as profundidades (Tabela 6), enquanto, para o Cafeeiros 3 anos, as equações para as profundidades 0 a 10 e 10 a 20 foram iguais e diferentes da equação para a profundidade de 20 a 30 cm.

Para os sistemas CCC (Figura 6) e Cafeeiros Irrigados (Figura 7) na linha de tráfego dos equipamentos, as capacidades de suporte de carga das diferentes profundidades foram diferentes (Tabela 4) e aumentaram na seguinte ordem: 0 a 10 cm > 10 a 20 cm > 20 a 30 cm, corroborando os resultados obtidos por Borges et al., (2001) segundo os quais a pressão do rodado da máquina, ou mesmos de implementos agrícolas, não é transmitida a maiores profundidades.

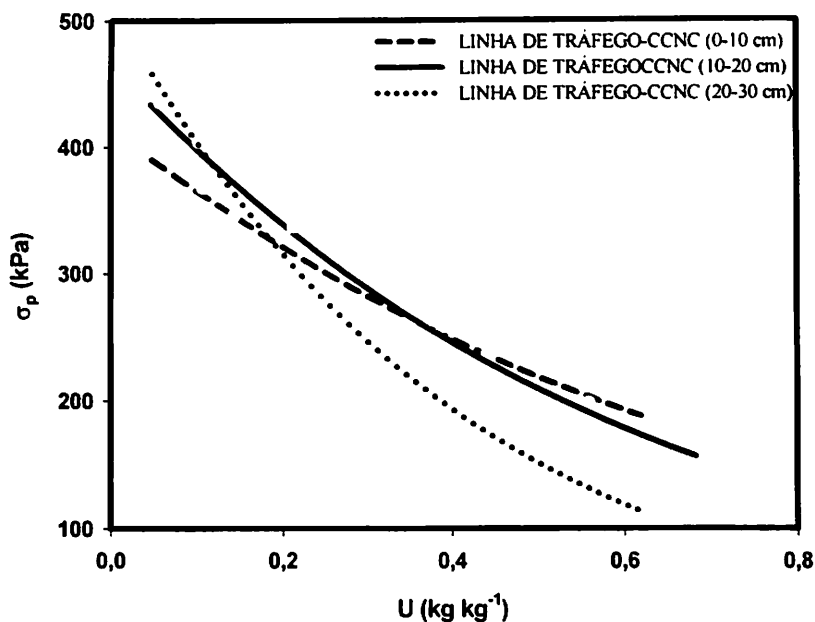




**FIGURA 6.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC (cafeeiros em cultivo convencional), na linha de tráfego dos equipamentos para as profundidades 0 a 10, 10 a 20, e 20 a 30 cm.



**FIGURA 7.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros Irrigados, na linha de tráfego dos equipamentos para as profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.



**FIGURA 8.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCNC (cafeeiros em cultivo não convencional), na linha de tráfego dos implementos para as profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.

No sistema CCNC na linha de tráfego dos equipamentos (Figura 8), a capacidade de suporte de carga foram diferentes (Tabela 6) e aumentaram na seguinte ordem: para  $U < 0,40 \text{ kg kg}^{-1}$ , 0 a 10 cm < 10 a 20 cm < 20 a 30 cm e para  $U > 0,40 \text{ kg kg}^{-1}$ , 0 a 10 cm > 10 a 20 cm e > 20 a 30 cm; para  $U < 0,20 \text{ kg kg}^{-1}$ , 0 a 10 cm < 20 a 30 cm e para  $U > 0,20 \text{ kg kg}^{-1}$ , 0 a 10 cm > 20 a 30 cm.

No sistema Cafeeiros 3 anos na linha de tráfego dos equipamentos (Figura 9), a capacidade de suporte de carga das profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm foram iguais e maiores do que a capacidade de suporte de carga da profundidade 20 a 30 cm (Tabela 6).

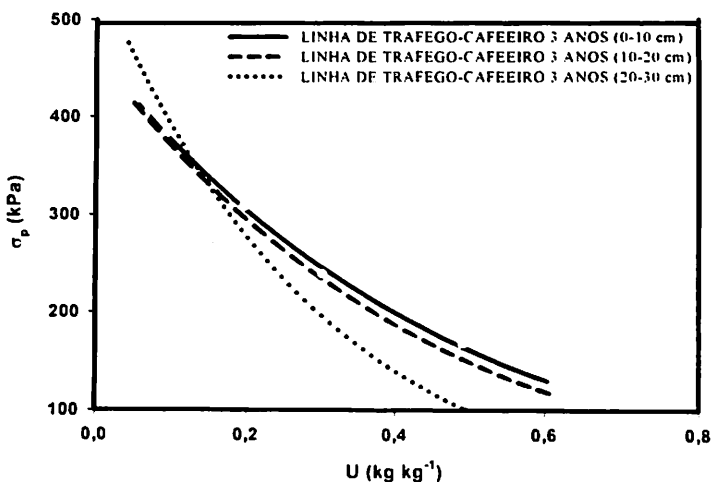
Assim, observa-se que os sistemas CCC, Cafeeiros Irrigados e Cafeeiros 3 anos apresentaram a camada 0 a 10 cm com uma maior capacidade de suporte de carga induzida pelo efeito do tráfego (Figuras 6, 7, e 9), visto que para o sistema Cerrado (Figura 1), a profundidade que apresentou maior capacidade de suporte de carga foi a de 10 a 20 cm. Para o sistema CCNC, esta observação só ocorreu para umidades  $> 0,40 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Estes resultados estão de acordo com os observados por Borges et al., (2001), segundo os quais os valores de densidade do solo foram maiores na região da linha de tráfego dos equipamentos, quando comparado com o meio da rua e a saia do cafeeiro, independente do tipo de controle das plantas daninhas.

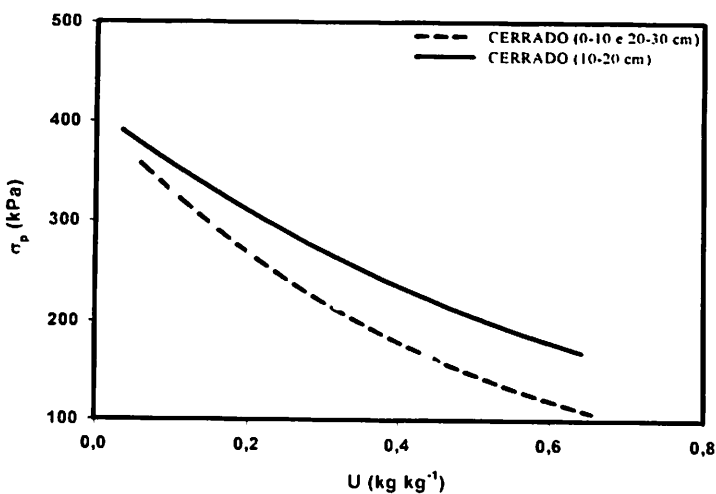
A discussão apresentada a seguir leva em consideração os sistemas nos quais as equações  $\sigma_p = f(U)$  não foram diferentes significativamente (Tabela 4 e 6), uma nova equação foi então ajustada, considerando todos os valores de  $\sigma_p$  e  $U$ , os valores estão apresentados nas tabelas 7 e 9.

Observam-se, pela tabela 7, os valores dos coeficientes “a” e “b” das equações de regressão  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$  ajustadas para as profundidades que não foram diferentes significativamente e dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o Latossolo Vermelho para os sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos, Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado. Observa-se, também, que os sistemas que sofreram alterações nas equações  $\sigma_p = f(U)$  foram os seguintes: CCNC, Cafeeiros 3 anos, Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado. As figuras 10, 11, 12 e 13 apresentam as equações  $\sigma_p = f(U)$  para estes sistemas.

Para o sistema Cerrado, observa-se que as equações  $\sigma_p = f(U)$  para as profundidades 0 a 10 cm e 20 a 30 cm não foram diferentes (Tabela 4) e a profundidade 10 a 20 cm apresentou maior capacidade de suporte do que as outras profundidades (Figura 10).



**FIGURA 9.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade em amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros com 3 anos de idade, na linha de tráfego dos equipamentos para as profundidades 0 a 10,10 a 20 e 20 a 30 cm.



**FIGURA 10.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cerrado para as profundidades (0 a 10 e 20 a 30 cm) e 10 a 20 cm.

**TABELA 7.** Coeficientes das equações de regressão,  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$  ajustadas para as profundidades que foram diferentes e que não foram diferentes significativamente, para o Latossolo Vermelho, para os sistemas em estudo, na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado, Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS <sup>1</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
CCC (0 a 10 cm)	2.60	- 0.76	0.97**
CCC (10 a 20 cm)	2.54	- 0.54	0.96**
CCC (20 a 30 cm)	2.69	- 1.19	0.92**
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm)	2.61	- 0.76	0.90**
CCNC (10 a 20 cm)	2.61	- 0.63	0.96**
CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	2.66	- 0.79	0.92**
CAFEEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	2.68	- 0.84	0.91**
CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	2.63	- 0.84	0.90**
CERRADO (0 a 10 e 20 a 30 cm)	2.60	- 0.88	0.93**
CERRADO (10 a 20 cm)	2.61	- 0.60	0.92**

<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente.

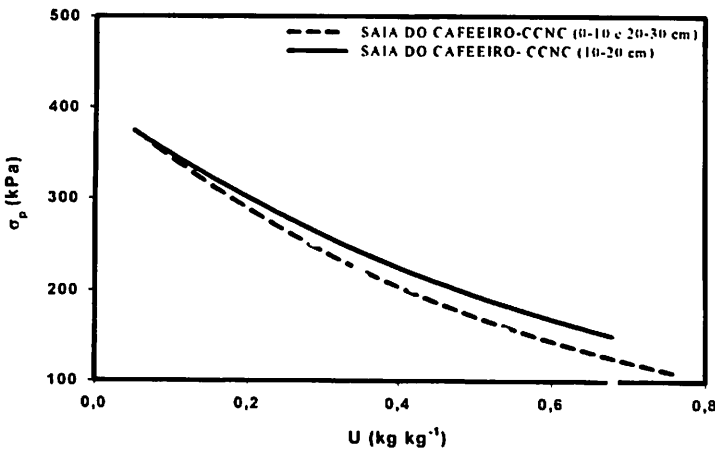
A comparação das equações de regressão ajustadas para as profundidades que não foram diferentes significativamente após linearização do modelo,  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$ , para o Latossolo Vermelho nos sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos, Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado, é apresentada na tabela 8.

**TABELA 8.** Comparação das equações regressão, após linearização, ajustadas para as profundidades que foram diferentes e que não foram diferentes significativamente, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho, para os sistemas em estudo na projeção da saia do cafeeiro e Cerrado. Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS <sup>†</sup>	F
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm) X (10 a 20 cm)	**
CAFEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm) X (0 a 10 cm)	**
CERRADO (0 a 10 e 20 a 30 cm) X (10 a 20 cm)	**

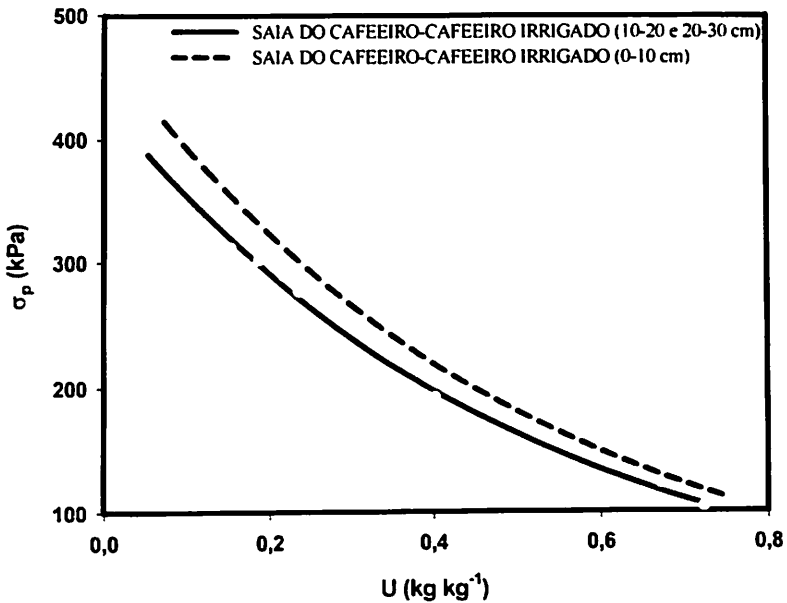
<sup>†</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

Para o sistema CCNC na projeção da saia do cafeeiro, observa-se que a equação  $\sigma_p = f(U)$  para as profundidades 0 a 10 e 20 a 30 cm foi diferente da equação da profundidade 10 a 20 cm (Tabela 8), e a profundidade 10 a 20 cm apresentou maior capacidade de suporte de carga do que as profundidades 0 a 10 e 20 a 30 cm (Figura 11).



**FIGURA 11** - Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCNC (cafeeiros em cultivo não convencional), na saia do cafeeiro para as profundidades (0 a 10 e 20 a 30 cm) e 10 a 20 cm.

Para o sistema Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, a equação  $\sigma_p = f(U)$  para a profundidade 0 a 10 cm foi diferente das equações das profundidades 10 a 20 e 20 a 30 cm (Tabela 8), e a profundidade 0 a 10 cm apresentou maior capacidade de suporte de carga do que as profundidades 10 a 20 e 20 a 30 cm (Figura 12).



**FIGURA 12.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros Irrigados, na projeção da saia do cafeeiro para as profundidades (10 a 20 e 20 a 30 cm) e 0 a 10 cm.

Observam-se, pela tabela 9, os valores dos coeficientes "a" e "b" das equações de regressão  $\sigma_p = 10^{(a \cdot b \cdot U)}$  ajustadas para as profundidades que não foram diferentes significativamente e dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o Latossolo Vermelho nos sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos, e Cafeeiros Irrigados na linha de tráfego dos equipamentos. Nesta tabela, observa-se que o

sistema que sofreu alteração na equação  $\sigma_p = f(U)$  foi o Cafeeiro 3 anos na linha de tráfego dos equipamentos. A figura 13 apresenta as equações  $\sigma_p = f(U)$  para este sistema.

**TABELA 9.** Coeficientes das equações de regressão,  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$  ajustadas para as profundidades que foram diferentes e que não foram diferentes significativamente, para o Latossolo Vermelho nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm para os sistemas em estudo, na linha de tráfego dos equipamentos. Lavras, DCS/UFLA 2001.

<b>SISTEMAS</b> <sup>1</sup>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
CCC (0 a 10 cm)	2.68	- 0.61	0.87**
CCC (10 a 20 cm)	2.67	- 0.78	0.93**
CCC (20 a 30 cm)	2.73	- 1.10	0.87**
CCNC (0 a 10 cm)	2.62	-0.56	0.85**
CCNC (10 a 20 cm)	2.67	- 0.70	0.97**
CCNC (20 a 30 cm)	2.71	-1.06	0.94**
CAFEEIROS 3 ANOS (0 a 10 e 10 a 20 cm)	2.67	- 0.96	0.94**
CAFEEIROS 3 ANOS (20 a 30 cm)	2.73	- 1.48	0.87**
CAFEEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	2.72	-0.83	0.87**
CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 cm)	2.67	- 1.03	0.97**
CAFEEIROS IRRIGADOS (20 a 30 cm)	2.76	- 1.62	0.82**

<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional; na linha de tráfego dos equipamentos. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.



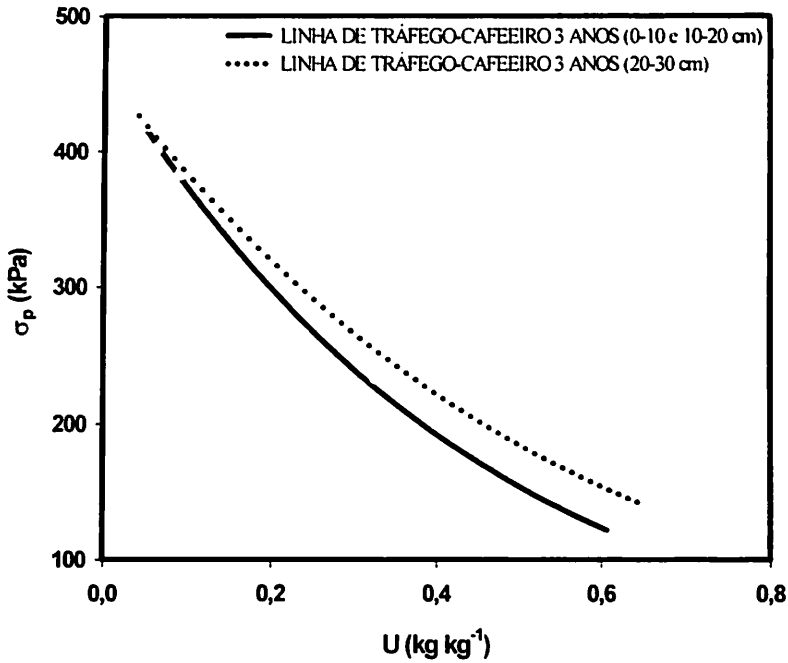
A comparação das equações de regressão ajustadas para as profundidades que não foram diferentes significativamente, após linearização do modelo  $\sigma_p = 10^{(a - b U)}$ , para o Latossolo Vermelho no sistema Cafeeiros 3 anos na linha de tráfego dos equipamentos, são apresentados na tabela 10.

**TABELA 10.** Comparação das equações regressão, após linearização, ajustadas para as profundidades que foram diferentes e que não foram diferentes significativamente, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho no sistema Cafeeiros 3 anos na linha de tráfego dos equipamentos. Lavras, DCS/UFLA 2001.

<b>SISTEMAS</b> <sup>1</sup>	<b>F</b>
Cafeeiros 3 anos (0 a 10 e 10 a 20 cm) X (20 a 30 cm)	**

<sup>1</sup> Cafeeiros 3 anos: Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional; na linha de tráfego dos equipamentos. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

Para o sistema Cafeeiros 3 anos na linha de tráfego dos equipamentos, observa-se que a equação  $\sigma_p = f(U)$  para as profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm foram diferentes da equação da profundidade 20 a 30 cm (Tabela 10), e a profundidade 20 a 30 cm apresentou maior capacidade de suporte de carga do que as profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm (Figura 13).



**FIGURA 13.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros 3 anos de idade na linha de tráfego dos equipamentos, para as profundidades (0 a 10 e 10 a 20 cm) em função da profundidade (20 a 30 cm).

Observam-se, pela tabela 11, a comparação das equações de regressão após linearização do modelo,  $\sigma_p = 10^{(a + bU)}$ , para o Latossolo Vermelho para os sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, na saia do cafeeiros e na linha de tráfego dos equipamentos, provenientes das tabelas 7 e 9.

**TABELA 11.** Comparação das equações de regressão, após linearização, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho para os sistemas em estudo, na projeção da saia do cafeeiro e na linha de tráfego dos equipamentos. Lavras, DCS/UFLA 2001.

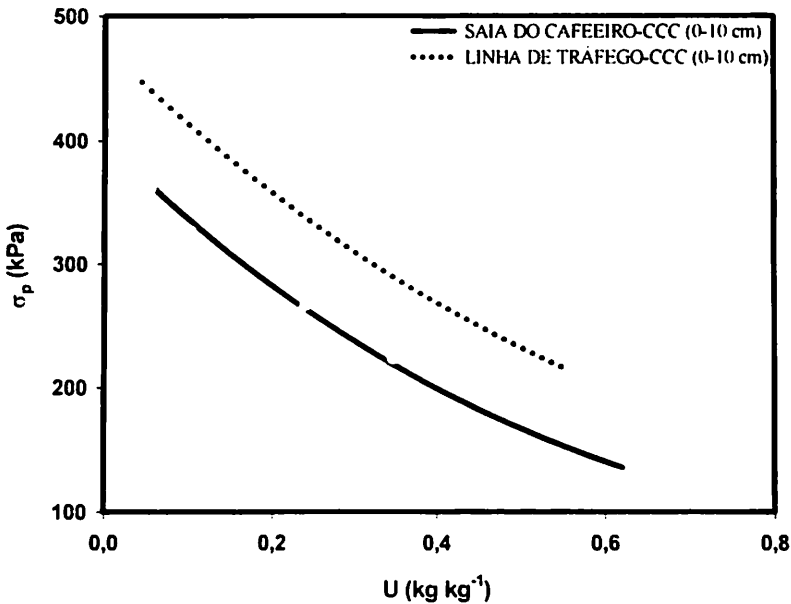
SISTEMAS <sup>1</sup>		
PROJEÇÃO DA SAIA DO CAFEIEIRO	LINHA DE TRÁFEGO DOS EQUIPAMENTOS	F
CCC (0 a 10 cm)	CCC (0 a 10 cm)	**
CCC (10 a 20 cm)	CCC (10 a 20 cm)	**
CCC (20 a 30 cm)	CCC (20 a 30 cm)	NS
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm)	CCNC (0 a 10 cm)	**
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm)	CCNC (20 a 30 cm)	**
CCNC (10 a 20 cm)	CCNC (10 a 20 cm)	**
CAFEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	CAFEIROS 3 ANOS (0 a 10 e 10 a 20cm)	*
CAFEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	CAFEIROS 3 ANOS (20 a 30 cm)	**
CAFEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	CAFEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	**
CAFEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	CAFEIROS IRRIGADOS (10 a 20 cm)	**
CAFEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	CAFEIROS IRRIGADOS (20 a 30 cm)	**

<sup>1</sup> CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional; na linha de tráfego dos equipamentos. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

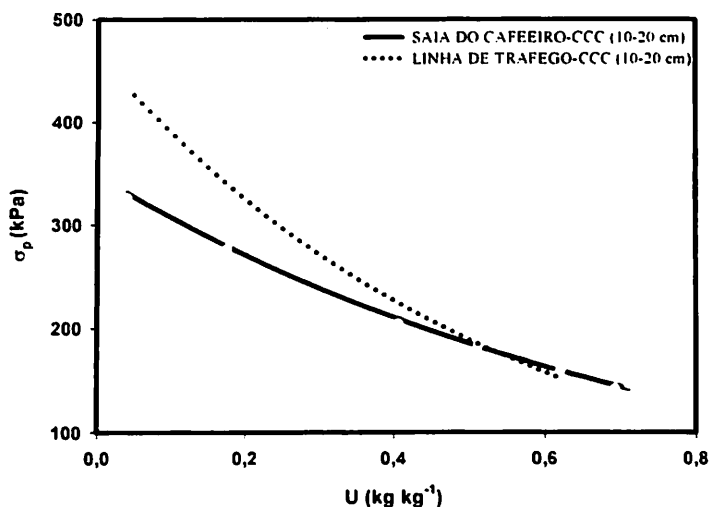
As figuras 14 a 24 apresentam as curvas das equações de regressão nas profundidades estudadas em um mesmo manejo na projeção da saia do cafeeiro e na linha de tráfego dos equipamentos.

Para os sistemas CCC e CCNC, observa-se que na tabela 11 as profundidades 0 a 10 e 10 a 20 foram diferentes. A condição na linha de tráfego dos equipamentos apresentou maior capacidade de suporte de carga do que na projeção da saia do cafeeiro para as profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm (Figuras 14, 15, 17 e 18); e para o sistema Cafeeiros Irrigados, esta maior capacidade de suporte de carga foi observada apenas na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 20). Para a profundidade 20 a 30 cm, no sistema CCC, não foi observada influência do tráfego (Figura 16). Entretanto, para o sistema CCNC com profundidade de 20 a 30 cm e Cafeeiros Irrigados com profundidades de 10 a 20 e 20 a 30 cm, não foi observado um comportamento distinto entre as curvas (Figura 19, 21 e

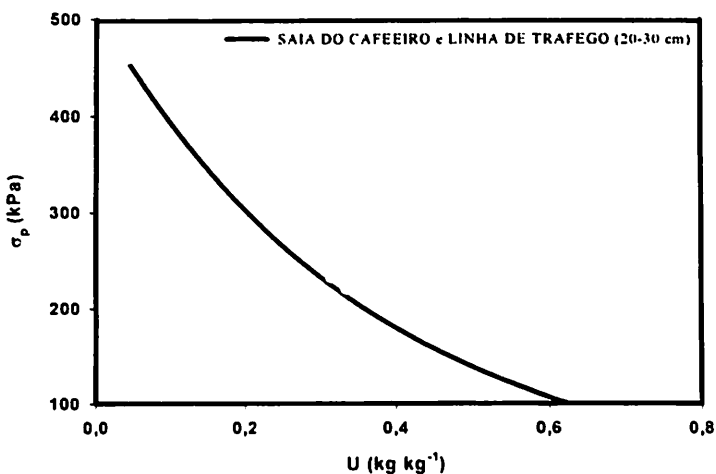
22), sendo que, para umidades menores do que  $0.30 \text{ kg kg}^{-1}$ , o CCNC na profundidade 20 a 30 cm e Cafeeiros Irrigados na profundidade 10 a 20 cm, na linha de tráfego dos equipamentos, apresentaram maior capacidade de suporte de carga do que na saia do cafeeiro (Figura 19 e 21). Comportamento semelhante a este foi observado para o sistema Cafeeiros Irrigados na profundidade 20 a 30 cm para umidades menores do que  $0.19 \text{ kg kg}^{-1}$  (Figura 22).



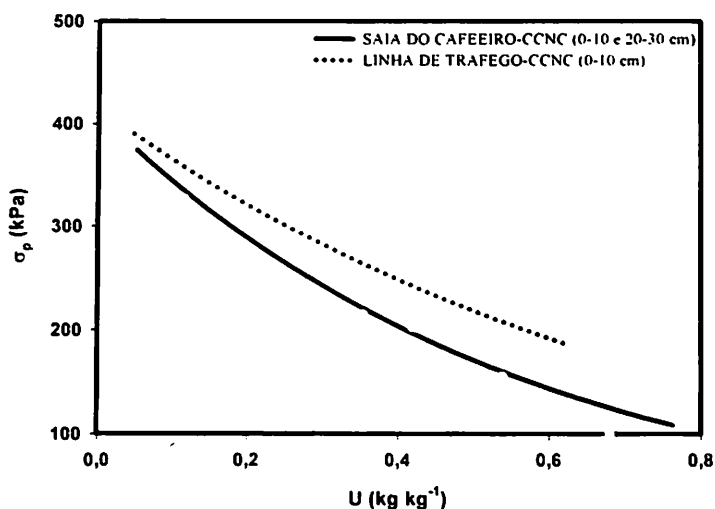
**FIGURA 14.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC (cafeeiros em cultivo convencional) na projeção da saia do cafeeiro e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 0 a 10 cm.



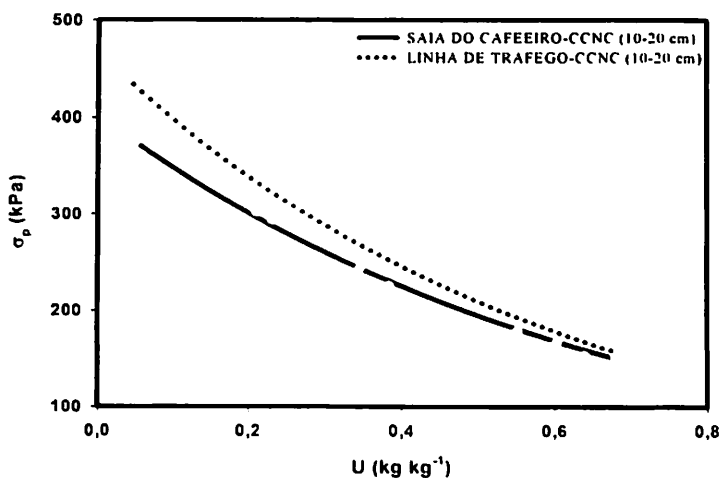
**FIGURA 15.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC (cafeeiros em cultivo convencional) na projeção da saia do cafeeiro, e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 10 a 20 cm.



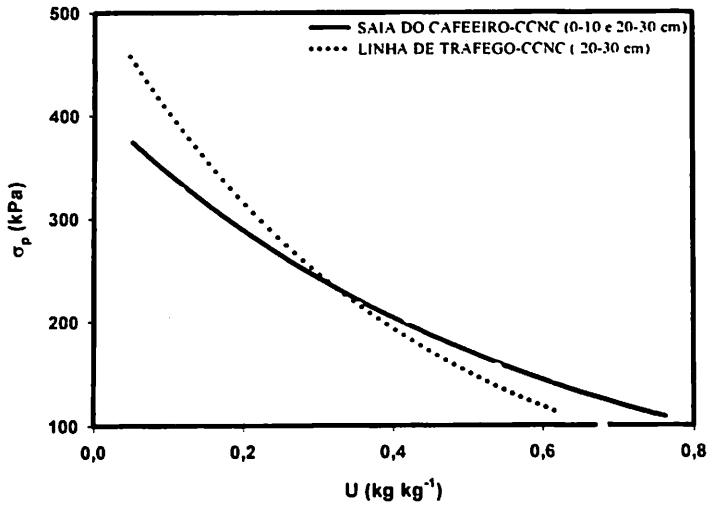
**FIGURA 16.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC (cafeeiros em cultivo convencional) na projeção da saia do cafeeiro, e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 20 a 30 cm.



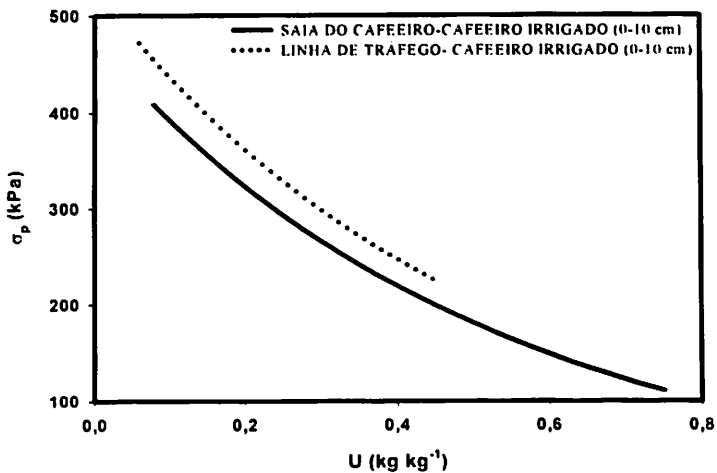
**FIGURA 17.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCNC (cafeeiros em cultivo não convencional) na projeção da saia do cafeeiro, para as profundidades (0 a 10 e 20 a 30 cm), e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 0 a 10.



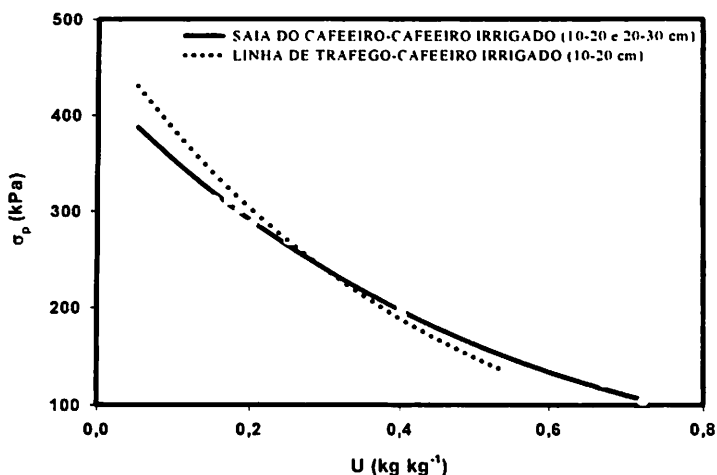
**FIGURA 18.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCNC (cafeeiros em cultivo não convencional) na projeção da saia do cafeeiro, e na linha de tráfego dos equipamentos, para profundidade 10 a 20 cm.



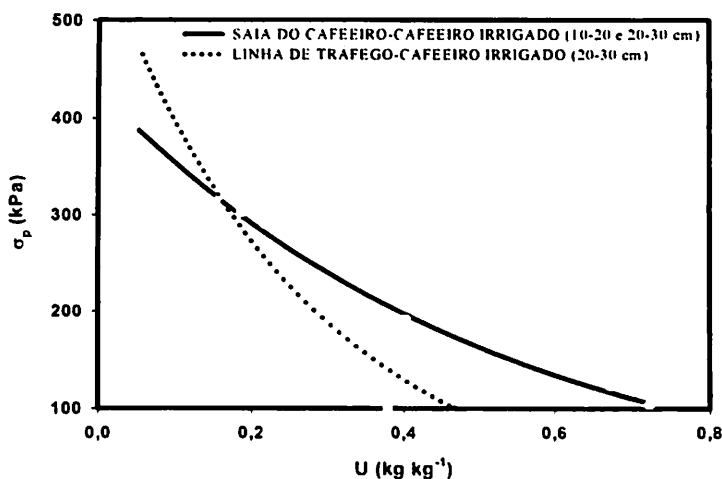
**FIGURA 19.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCNC (cafeeiros em cultivo não convencional) na projeção da saia do café, para as profundidades (0 a 10 e 20 a 30 cm), e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 20 a 30 cm.



**FIGURA 20.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do café, e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 0 a 10 cm.

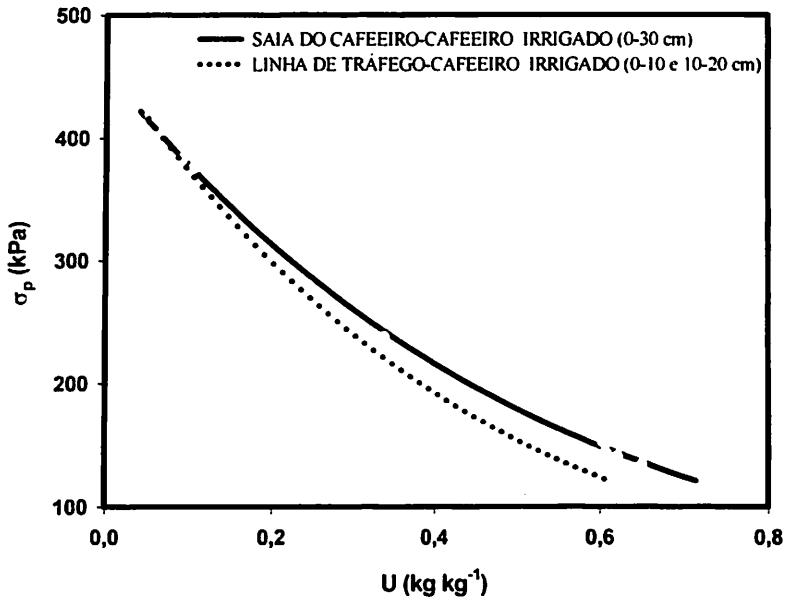


**FIGURA 21.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, para as profundidades (10 a 20 e 20 a 30 cm), e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 10 a 20 cm.



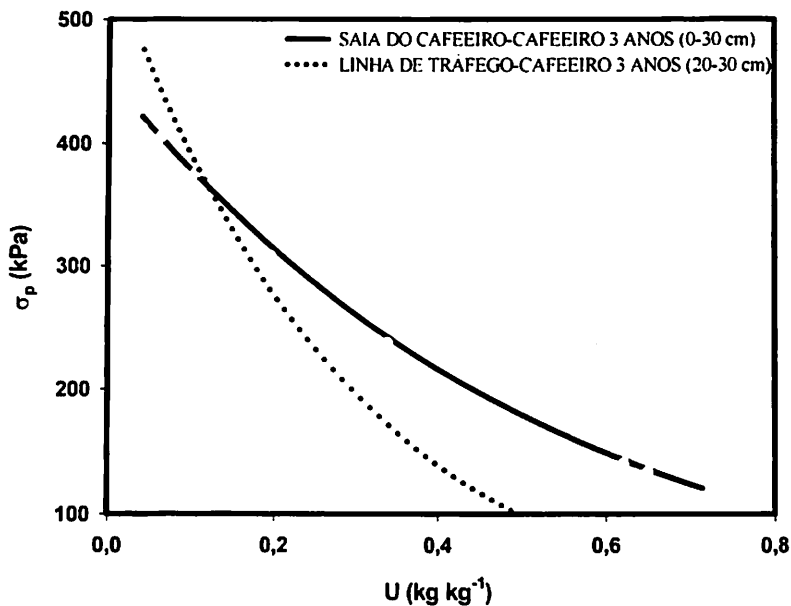
**FIGURA 22.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, para as profundidades (10 a 20 e 20 a 30 cm), e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 20 a 30 cm.





**FIGURA 23.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros 3 anos de idade na projeção da saia do café, para a profundidade 0-30 cm, e na linha de tráfego dos equipamentos, para as profundidades (0 a 10 e 10 a 20 cm).

Para o sistema Cafeeiros 3 anos, observa-se que a condição na saia do café apresentou, em geral, maior capacidade de suporte de carga na projeção da saia do café do que na linha de tráfego dos equipamentos para as profundidades estudadas (Figuras 23 e 24). Tal fato pode ser explicado pelo recente preparo do solo, que por sua vez ao implantar a lavoura se faz do uso de maquinários na linha de plantio promovendo assim um aumento da capacidade de suporte do solo na projeção da saia do café, enquanto que na linha de tráfego dos equipamentos a capacidade de suporte do solo foi menor.



**FIGURA 24.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema Cafeeiros 3 anos de idade na projeção da saia do café, para a profundidade 0-30 cm e na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 20 a 30 cm.

Estes resultados mostram que o tráfego, em geral, provocou um aumento da capacidade de suporte de carga nas diferentes profundidades. Esta maior capacidade de suporte de carga evidencia a presença de camadas de maiores resistências do solo, podendo constituir em um impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular do café na entre linha que sofreu tráfego.

A tabela 12 apresenta a comparação das equações de regressão, após linearização, entre os sistemas para uma mesma profundidade, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho para

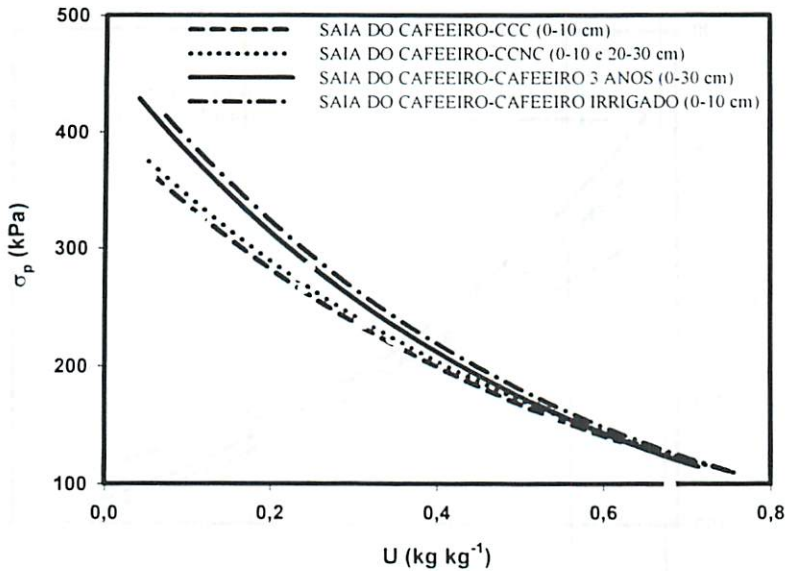
os sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, na saia do cafeeiro.

**TABELA 12.** Comparação das equações de regressão, após linearização, entre as condições para uma mesma profundidade, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho para os sistemas estudados, na projeção da saia do cafeeiro. Lavras, DCS/UFLA 2001.

SISTEMAS <sup>1</sup>	F
CCC (0 a 10 cm) X CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm)	**
CCC (0 a 10 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	**
CCC (0 a 10 cm) X CAFEEIROS IRRIGADO (0 a 10 cm)	**
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	*
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	NS
CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	**
CCC (10 a 20 cm) X CCNC (10 a 20 cm)	**
CCC (10 a 20 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	**
CCC (10 a 20 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	**
CCNC (10 a 20 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	**
CCNC (10 a 20 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	**
CCC (20 a 30 cm) X CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm)	*
CCC (20 a 30 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0-30 cm)	**
CCC (20 a 30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	NS
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm) X CAFEEIROSS 3 ANOS (0-30 cm)	*
CCNC (0 a 10 e 20 a 30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	NS
CAFEEIROS 3ANOS (0-30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 e 20 a 30 cm)	**

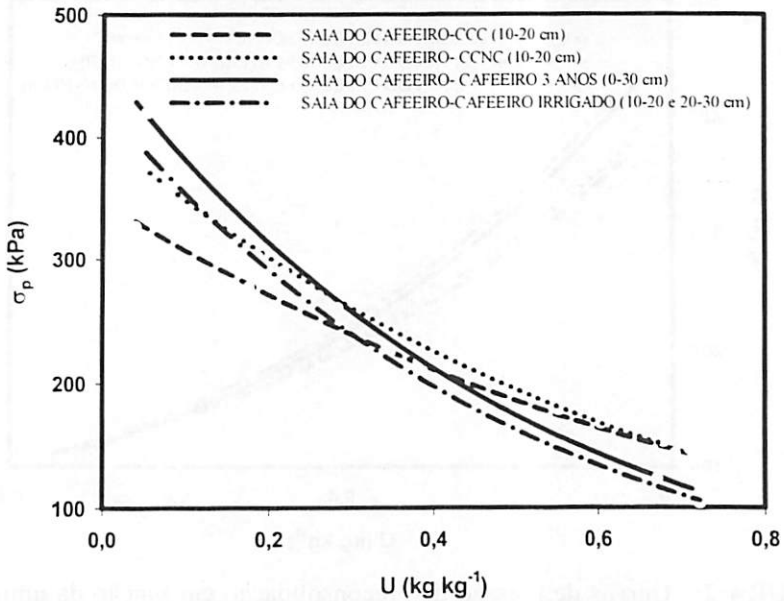
<sup>1</sup>CCC: cafeeiros em cultivo convencional; CCNC: cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob pivô central em cultivo convencional e área natural de Cerrado. (\*\*) e (\*) significativos ao nível de 1 e 5% respectivamente, e (NS) quando não significativo.

Observa-se, na tabela 12, que todos os sistemas para a profundidade 0 a 10 cm foram diferentes, exceto o CCNC, com os Cafeeiros Irrigados na saia do cafeeiro mostrando uma mesma capacidade de suporte de carga. Os sistemas CCC e Cafeeiros 3 anos na projeção da saia do cafeeiro, na profundidade de 0 a 10 cm, apresentaram maior capacidade de suporte de carga do que os sistemas CCNC e Cafeeiros Irrigados na saia do cafeeiro sendo, portanto, os sistemas CCNC e Cafeeiros Irrigados mais susceptíveis à compactação nesta profundidade (Figura 25).



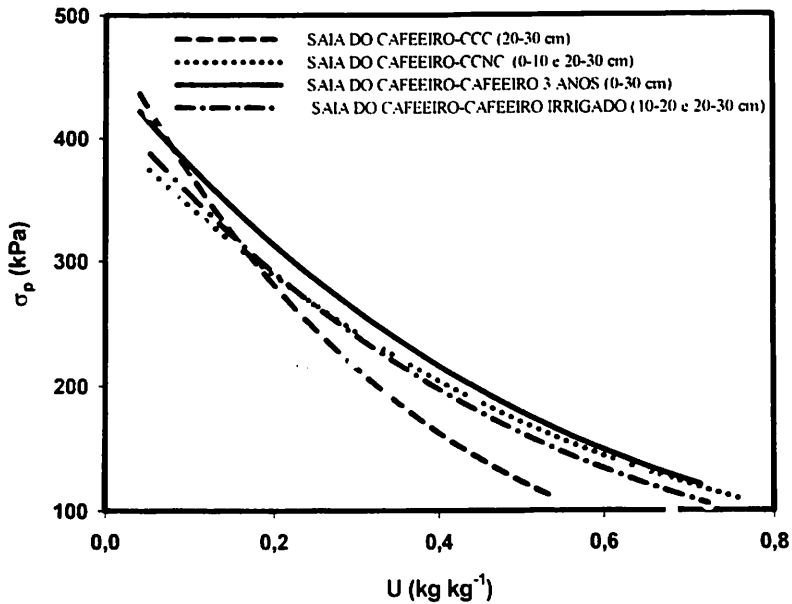
**FIGURA 25.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), na condição CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, para a profundidade 0 a 10 cm.

Na profundidade de 10 a 20 cm na saia do cafeeiro, todos os sistemas foram diferentes (Tabela 12). O sistema CCC apresentou menor capacidade de suporte de carga do que o CCNC, e o sistema Cafeeiros Irrigados apresentou menor capacidade de suporte de carga do que os Cafeeiros 3 anos. Para umidades menores do que 0,30 kg kg<sup>-1</sup>, o sistema Cafeeiros 3 anos apresentou maior capacidade de suporte de carga, enquanto o CCC apresentou a menor capacidade de suporte de carga. Para umidades maiores do que 0,30 kg kg<sup>-1</sup>, o sistema CCNC apresentou maior capacidade de suporte de carga, enquanto os Cafeeiros Irrigados apresentou a menor capacidade de suporte de carga.



**FIGURA 26.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados na projeção da saia do cafeeiro, para a profundidade 10 a 20 cm.

Na profundidade 20 a 30 cm na projeção da saia do cafeeiro, os sistemas CCC e Cafeeiros Irrigados não foram diferentes, o mesmo aconteceu com os sistemas CCNC e Cafeeiros Irrigados (Tabela 12). Em geral, o sistema Cafeeiros 3 anos apresentou a maior capacidade de suporte de carga, enquanto o CCC apresentou a menor.



**FIGURA 27.** Curvas de pressão de pré-consolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, na projeção saia do cafeeiro, para a profundidade 20 a 30 cm.

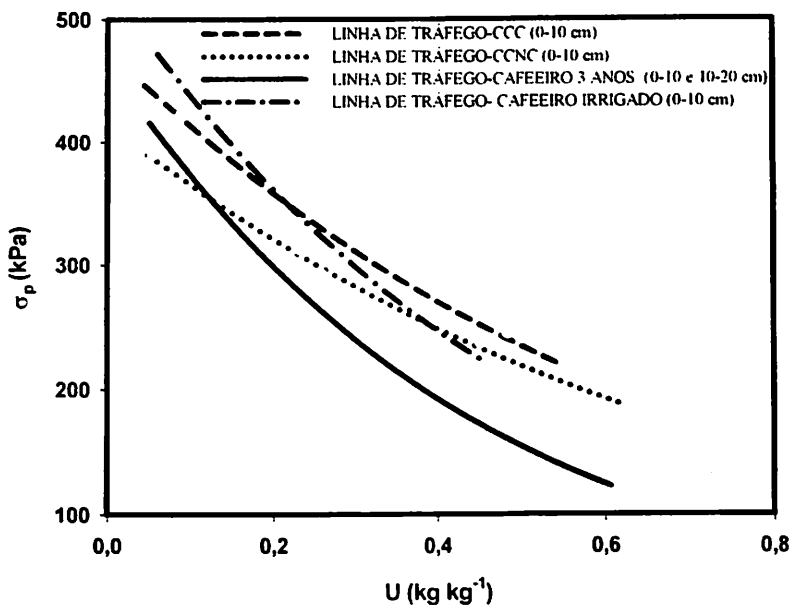
A comparação das equações de regressão, após linearização, entre os sistemas para uma mesma profundidade, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho para os sistemas CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, na linha de tráfego dos equipamentos, é apresentada na tabela 13.

**TABELA 13.** Comparação das equações de regressão, após linearização, entre as condições para uma mesma profundidade, usando o procedimento de Snedecor & Cochran (1989) para o Latossolo Vermelho para os sistemas em estudo, na linha de tráfego dos equipamentos. Lavras, DCS/UFLA 2001.

<b>SISTEMAS *</b>	<b>F</b>
CCC (0 a 10 cm) X CCNC (0 a 10 cm)	*
CCC (0 a 10 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0 a 10 cm e 10 a 20 cm)	**
CCC (0 a 10 cm) X CAFEEIROS IRRIGADO (0 a 10 cm)	NS
CCNC (0 a 10 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0 a 10 cm e 10 a 20 cm)	**
CCNC (0 a 10 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (0 a 10 cm)	*
CAFEEIROS 3 ANOS (0 a 10 e 10 a 20 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (0 a 10cm)	**
CCC (10 a 20 cm) X CCNC (10 a 20 cm)	NS
CCC (10 a 20 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (0 a 10 e 10 a 20 cm)	**
CCC (10 a 20 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20 cm)	**
CCNC (10 a 20 cm) X CAFEEIROSS 3ANOS (0 a 10 e 10 a 20 cm)	**
CCNC (10 a 20 cm) X CAFEEIROSS IRRIGADOS (10 a 20 cm)	**
CAFEEIROS 3 ANOS (0 a 10 e 10 a 20cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (10 a 20cm)	NS
CCC (20 a 30 cm) X CCNC (20 a 30 cm)	NS
CCC (20 a 30 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (20 a 30 cm)	*
CCC (20 a 30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (20 a 30 cm)	*
CCNC (20 a 30 cm) X CAFEEIROS 3 ANOS (20 a 30 cm)	*
CCNC (20 a 30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (20 a 30 cm)	*
CAFEEIROS 3 ANOS (20 a 30 cm) X CAFEEIROS IRRIGADOS (20 a 30 cm)	NS

\* CCC: Cafeeiros em cultivo convencional. CCNC: Cafeeiros em cultivo não convencional. Cafeeiros 3 anos: cafeeiros com 3 anos de idade em cultivo convencional. Cafeeiros Irrigados: cafeeiros com 6 anos de idade, sob Pivô Central, em cultivo convencional; na linha de tráfego dos equipamentos.

Observa-se que todos os sistemas na linha de tráfego dos equipamentos foram diferentes, exceto o CCC, com Cafeeiro Irrigados indicando uma mesma capacidade de suporte de carga para estes sistemas (Tabela 13). Em geral, os sistemas CCC e Cafeeiros Irrigados apresentaram uma maior capacidade de suporte de carga, enquanto o sistema Cafeeiros 3 anos apresentou a menor capacidade de suporte de carga, indicando que este sistema é mais susceptível à compactação do que os outros sistemas na profundidade 0 a 10 cm (Figura 28). Já o sistema CCNC apresentou um comportamento intermediário, talvez devido à mudança ocorrida no manejo em relação ao tráfego.



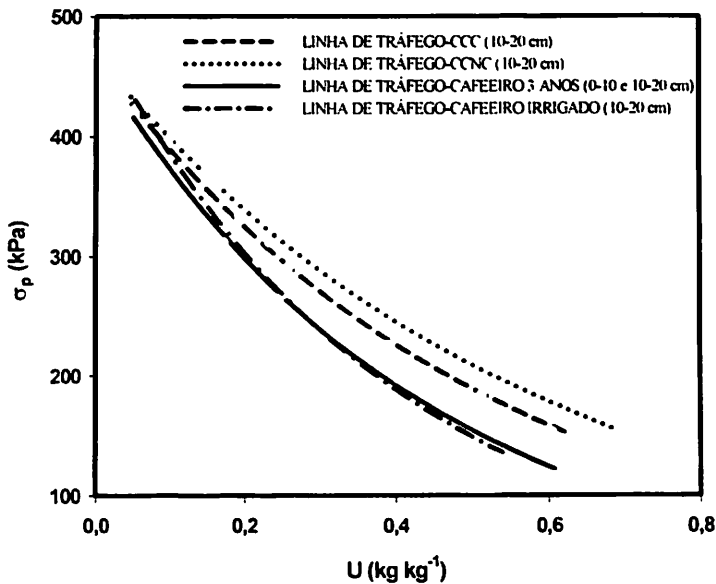
**FIGURA 28.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 0 a 10 cm.

Todos os sistemas na linha de tráfego dos equipamentos foram diferentes, exceto o CCC com CCNC e Cafeeiros 3 anos com Cafeeiros Irrigados nas profundidades 10 a 20 e 20 a 30 cm, indicando uma mesma capacidade de suporte de carga destes sistemas. Os sistemas CCC e CCNC apresentaram uma maior capacidade de suporte de carga, enquanto os sistemas Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados apresentaram menor capacidade de suporte de carga, indicando que estes sistemas são mais susceptíveis à compactação do que os outros sistemas na profundidade 10 a 20 e 20 a 30 cm (Figura 29 e 30). Esta maior capacidade de suporte de carga apresentada pelos sistemas CCC e CCNC pode indicar uma camada de maior resistência, que pode

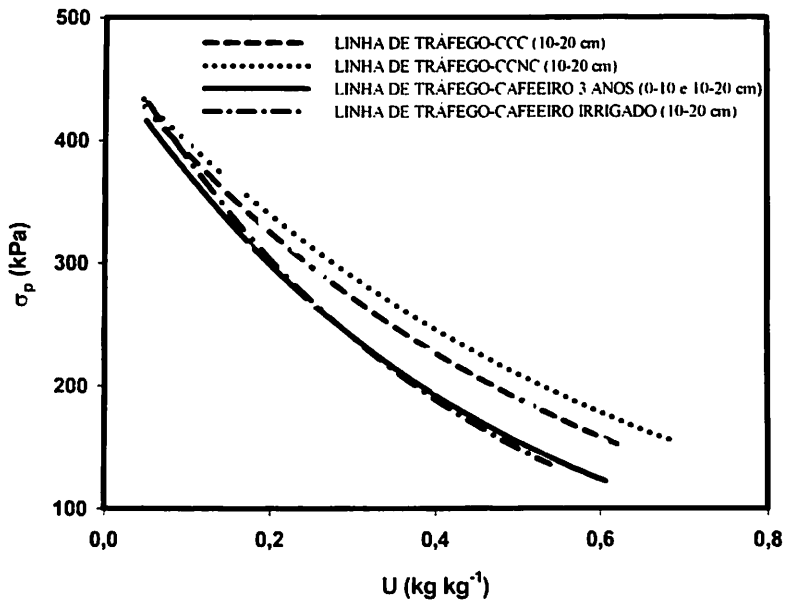


restringir o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, principalmente em condições de stress hídrico, o que promove um aumento da resistência do solo para uma pequena variação na umidade devido ao comportamento exponencial da curva  $\sigma_p = f(U)$ . Já na condição de Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados, tanto o preparo quanto a adição de água via irrigação constituem fatores de alívio desta camada de maior capacidade de suporte de carga observada nos outros sistemas nestas profundidades, o que pode constituir uma condição favorável ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas.

Em uma avaliação feita por Silva et al., (2000), com maior conteúdo de água no solo, os tratamentos estudados por este autor apresentaram valores de resistência à penetração inferiores a 2.0 MPa, e que o efeito da diminuição da resistência do solo pelo preparo pode ser anulado por uma única passagem do pneu da colhedora.



**FIGURA 29.** Curvas de pressão de preconconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 10 a 20 cm.



**FIGURA 30.** Curvas de pressão de preconsolidação em função da umidade de amostras de um Latossolo Vermelho (LV), no sistema, CCC, CCNC, Cafeeiros 3 anos e Cafeeiros Irrigados na linha de tráfego dos equipamentos, para a profundidade 20 a 30 cm.

## **5 CONCLUSÕES**

Os sistemas Cafeeiros Irrigados e CCNC (cultivo do cafeeiro não convencional) apresentaram-se mais susceptíveis à compactação do solo do que o CCC (cultivo do cafeeiro convencional) e os Cafeeiros 3 anos na projeção da saia do cafeeiro.

Para os sistemas Cafeeiros Irrigados e Cafeeiros 3 anos, tanto na saia do cafeeiro como na linha de tráfego dos equipamentos observou-se que a água e o preparo do solo foram fatores que aliviaram a compactação do solo.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo, pode-se observar que a compactação mais severa ocorreu de forma localizada na linha de tráfego dos equipamentos, que provavelmente não está afetando o sistema radicular do cafeeiro, mas no ambiente como um todo está ocorrendo uma degradação da estrutura do solo. Desta forma, não se limita a disponibilidade de água e fósforo para as plantas de cafeeiro, no entanto, não se descarta a necessidade de estudar de forma mais aprofundada o efeito da compactação do solo em relação ao sistema radicular do cafeeiro, mesmo que, como conclusão deste estudo que a água disponibilizada por sistema de irrigação e o preparo do solo são fatores aliviatórios da camada compactada.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo-SP: FNP, 2000. 239p.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 711-721, out./dez. 2000.

ASSOULINE, S.; TAVARES-FILHO, J. & TESSIER, D. Effect of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling. *Soil Science Society. American. J.*, 61:390-398, 1997.

BARNES, K. K.; CARLETON, W. M.; TAYLOR, H. M.; THROCKMORTON, R. I.; van den BERG, G. E. **Compaction of agricultural soils**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1971. 471p. (Monography.)

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Eds). **Methods of soil analysis**, 2.ed. Madison: American Society of Agriculture, 1986. p. 363-3375 (Agronomy, 9).

BLACK, G. R.; NELSON, W. W.; ALLMARAS, R. R. Persistence of subsoil compaction in a Mollisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, n. 6, p. 943-948, Nov./Dec. 1976.

BORGES, E. N.; PASSOS, R. R.; CORRÊA, G. F.; GUIMARÃES, E. C.; SILVA, C. A. da; BORGES, E. V. S.; GUIMARÃES, P. T. G. Estudo de posições e variações espaciais, para alguns atributos físicos em solo de cerrado utilizado com cafeicultura, submetido a diferentes sistemas de manejo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFEEIROS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES, 2001.

BOWLES, J. A. **Engineering properties of soils and their measurements**, 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1986. 218p.

CAMARGO, O. A. de; ALLEONI, L. R. F. **Compressibilidade do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997. 132p.

- CORRÊA, J. C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso (Typic Acrorthox) do Estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 12, p. 1381-1387, dez. 1985a.
- CORRÊA, J. C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 11, p. 1317-1322, nov. 1985b.
- DALLA ROSA, A. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo - solo Santo Ângelo (Latosolo Roxo distrófico)**. 1981. 136p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- DAY, P. R. Particle fraction and particle size analysis. In: KLUTE, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis: part 1, physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison: American Society Agronomy, 1986. p.545-567. (Agronomy Monography, 9).
- DEXTER, A. R.; TANNER, D. W. Time dependence of compressibility for remolded and undisturbed soils. *Journal of Soil Science*, Baltimore, v. 25, n. 2, p. 153-164, June 1974.
- DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114p. Tese (Doutorado). Michigan State University, East Lansing.
- DIAS JUNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; SILVA, A. R.; FERREIRA, D. F. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 371-380, out./dez. 1999.
- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, J. F. Revisão de literatura. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 175-182, maio/ago. 1996.
- DIAS JUNIOR, M. S. Tópicos em Ciência do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, p. 55-162, julho. 2000.
- ETANA, A.; COMIA, R. A.; HAKANSSON, I. Effect of uniaxial stresses on the physical properties of four Swedish soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 44, n. 1/2, p. 13-21, Dec. 1997.

FAEMG. **Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais**. Belo Horizonte: FAEMG, 1996. 52p.

FIGUEIREDO, L. H. A. **Propriedades físicas e mecânicas de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de manejo**. 1998. 68p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K. P.; ABILIO, M.; FENNER, P. T. Compactação do solo e déficit hídrico no comportamento do sistema radicular de mudas de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 1999, Botucatu. **Resumos/Biológicas...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. p. 247.

GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio convencional**. 2000. 89p. Tese (Doutorado em Água e Solo). Universidade de Campinas, Campinas, SP.

• GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Science**, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

• GUPTA, S. C.; HADAS, A.; SCHAFER, R. L. Modeling soil mechanical behavior during compaction. In: LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. (Eds). **Mechanics and related process in structured agricultural soils**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1989. p.137-152.

GUPTA, S. C.; HADAS, A.; VOORHEES, W. B.; WOLF, D.; LARSON, W. E.; SCHNEIDER, E. C. Development of quids for estimating the ease of compaction of world soils. Bet Dagan, Israel. Research Report. Binational Agricultural Research Development. University of Minnesota. 1985. 178p.

HILL, R. L.; MEZA-MONTALVO, M. Long-term wheel traffic effects on soil physical properties under different tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 3, p. 865-870, May/June 1990.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. New York: Academic Press, 1982. 364p.

HORN, R. Compressibility of arable land. **Catena**, Giessen v. 11, p. 53-71, 1988. Supplement.

HORN, R. Strength of structured soils to loading – a review of process on macro and microscale: European aspects. In: LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. (Eds). **Mechanics and related process in strutured agricultural soils**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1989. p. 9-22.

HOLTZ, R.D.; KOVACS, W.D. **An introduction to geotechnical engineering**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da.; TORMENA, C. A. Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária de Brasília**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1-12, jul. 2000.

KLUTHCOUSKI, J. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho arroz e feijão em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 1-13, jan./mar. 2000.

KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 121p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 211-218, abr./jun. 1999a.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 773-782, out./dez. 1999b.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Estimativa do efeito do uso e da umidade do solo sobre a compactação adicional de três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 497-506, jul./set. 1999c.

KOOLEN, A. J.; KUIPERS, H. **Agricultural soil mechanics**. New York: Springer, 1983. 241p.

LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. **Mechanics and related processes in structured agricultural soils**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989. 273p. (Nato Applied Science. 172).

- LEBERT, M.; HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 274-286, 1991.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária de Ciência do Solo**, Brasília, v. 19, n. 11, p. 1417-1422, nov. 1984.

LOGSDON, S. D.; ALLMARAS, R. R.; NELSON, W. W.; VOORHEES, W. B. Persistence of subsoil compaction from heavy axle loads. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 23, n. 1/2, p. 95-110, Feb. 1992.

MACEDO, J. Os cerrados nos ambientes savânicos do Brasil. In: VENEGAS, V. H. A.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p.135-155.

MACHADO, J. A.; SOUZA, D. M.; BRUM, A. C. R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 5, n. 3, p. 187-189, set./dez. 1981.

McBRIDE, R. A. Estimation of density-moisture-stress function from uniaxial compression on unsaturated structured soils. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 383-397, May 1989.

MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ, V. H.; MENEZES, J. F. S.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, P. G.; ALVARENGA, A. P.; FONTES, P. C. R. Avaliação da Fertilidade do solo, padrões para diagnose. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, 2000. 396p.

MORAES, W. V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos**. 1984. 107p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399p.

POLLARD, F.; ELLIOTT, J. G. The effect of soil compaction and method of fertilizer placement on the growth of barley using a concrete track technique. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 23, n. 2, p. 203-216, June 1978.

RAGHAVAN, G. S. V.; ALVO, P.; MCKYES, E. Soil compaction in agriculture: A review toward managing the problem. *Advances in Soil Science*, New York, v. 11, p. 1-36, 1990.



RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

REINERT, D. J. **Soil structural form and stability induced by tillage in a Typic Hapludalf**. 1990. 129p. Tese (Doutorado). Michigan State University, East Lansing.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. Série Documentos. n.37.

RIBEIRO, M. A. V. **Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade**. 1999. 71p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS G. A. dos. **Graus de compactação e adubação fosfatada no crescimento de milho (*Zea mays L.*) em solos distintos**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 239-249, abr./jun. 2000.

SMITH, S. T.; STONEMAN, T. C.; MALCOLM, C. V. **Cultivation and traffic harpans in Swan Valley Vineyard**, West. Aust. Dept. Agric. . 1969. p. ?? (Technical Bulletin, n. 1)

SMUCKER, A. J. M.; ERICKSON, A. E. Tillage and compactive modifications of gaseous flow and soil aeration. In: LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. (Eds). **Mechanics related process in structured agricultural soils**. NATO applied sciences, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1989. v.172, p.205-221.

SNEDECOR, G. W.; COCHARAN, Statistical methods. 6.ed. Ames: Iowa State University Press, 1989.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1/2, p. 179-201, Apr. 1990.

SOANE, B. D.; van OUWERKERK, C. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 660p.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 333-339, abr./jun. 1996.

VOORHEES, W. B.; SENST, C. G.; NELSON, W. W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern Corn Belt. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 344-349, Mar. /Apr. 1978.

WAGNER, M. G.; DENTON, H. P. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physics properties in continuous no-till corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, n. 4, p. 1206-1210, July/Aug. 1989.

WARKENTIN, B. P. Effects of compaction on content and transmission of water in soils. In: BARNES, K. K.; CARLETON, W. M.; TAYLOR, H. M.; THROCKMORTON, R. I.; van den BERG, G. E. (Eds). **Compaction of agricultural soils**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1971. p.126-153.

