

INFLUÊNCIA DO CLIMA NA SUSCEPTIBILIDADE AO ADENSAMENTO DE TRÊS CLASSES DE LATOSSOLOS BRASILEIROS¹

**Ricardo Luís Jantsch²
Nelci Olszewski³
Liovando Marciano da Costa⁴
Júlio César Lima Neves⁵**

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da agricultura moderna vêm-se observando sérios problemas de degradação das propriedades físicas dos solos. Os trabalhos realizados nesta área são direcionados aos fatores que levam à compactação e à degradação da estrutura do solo, devido ao preparo contínuo. Comparativamente, são poucos os trabalhos que procuram a compreensão do problema, principalmente frente ao adensamento do solo, que é uma tendência natural própria de alguns solos, muito influenciada pelos fatores de formação. BUOL *et al.* (2) relatam que entre os fatores de formação do solo (clima, relevo, organismos, material de origem e tempo), o clima é um dos mais ativos e importantes, principalmente quando as suas variações são acompanhadas dentro de uma mesma classe de solo.

¹ Aceito para publicação em 17.07.1999.

² Estudante de Pós-graduação, Departamento de Solos, UFV, 36571-000 Viçosa, MG. (Bolsista da CAPES e FAPEMIG).

³ Bolsista de Aperfeiçoamento do CNPq, Departamento de Solos, UFV.

⁴ Departamento de Solos, UFV (Bolsista do CNPq).

⁵ Departamento de Solos, UFV.

Alguns pesquisadores enfatizam a necessidade de trabalhos com o propósito de entender e caracterizar os processos pedogenéticos dos solos agrícolas, de forma a contribuir para a identificação das causas de alterações promovidas pelo uso. ABRAHÃO (1) destaca que o bom manejo do solo deve começar por conhecer bem os vários fatores interativos do ambiente, uma vez que pequenos desvios, por mais sutis que sejam, podem causar, por efeito cascata, alterações significativas no resultado proposto.

Para melhor entender os fatores interativos do ambiente no solo, alguns pesquisadores têm introduzido a análise de trilha, que pode ser aplicada ao estudo de algumas propriedades do solo, para indicar a relevância de um ou mais, dos vários fatores que atuam interativamente nestas propriedades.

A análise de trilha é uma técnica estatística que tem o propósito de realçar os efeitos diretos e indiretos de um conjunto de variáveis sobre uma variável principal.

Singh e Chaudhary (1979), citados por CORREIA (3), apresentam como guia de interpretação dos resultados da análise de trilha os seguintes pontos: se o coeficiente de correlação entre o fator causal e o seu efeito é semelhante ao seu efeito direto, a correlação explica a verdadeira relação, e o seu efeito direto deve ser considerado; se o coeficiente de correlação é positivo (ou negativo), mas seu efeito direto é negativo (ou positivo) ou muito baixo, os efeitos indiretos devem ser a causa da correlação (neste caso, devem ser considerados simultaneamente); coeficiente de correlação não-significativo indica que restrições devem ser impostas para anular os efeitos indiretos indesejáveis, a fim de considerar os efeitos diretos de uma determinada variável.

Quando o coeficiente de trilha (efeito direto) de uma variável explicativa for, em módulo, menor que a variável residual, mas o coeficiente de correlação (efeito total) for maior que a variável residual, significa que esta variável explicativa influencia a variável principal apenas indiretamente, sendo importante apenas quando considerado em conjunto. Se o coeficiente de trilha for, em módulo, maior que a variável residual, indica que existe efeito da variável explicativa sobre a principal.

Nas situações em que é alta a multicolinearidade entre as variáveis explicativas, é aconselhável que se elimine do conjunto uma, ou mais, das variáveis que mais estejam inflacionando a variância.

Este trabalho tem como objetivo verificar a influência do clima, por intermédio da altitude, na susceptibilidade ao adensamento de três classes de latossolos brasileiros, utilizando a análise de trilha (*path analysis*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados dos horizontes A₁ e B₂₂ de perfis de Latossolo Roxo (LR), Latossolo Vermelho-Escuro (LE) e Latossolo

Vermelho-Amarelo (LV), constantes de boletins de levantamento de reconhecimento de solos do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA.

Selecionaram-se 21, 39 e 48 perfis de LR, LE e LV, respectivamente, cujos resultados de densidade do solo (Ds) encontravam-se disponíveis. Os perfis selecionados encontram-se distribuídos nos Estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, numa faixa de altitude de 300 e 1000 m para as classes LR e LE e entre 50 e 1060 m para a classe LV.

Na coleta dos dados encontram-se os seguintes tipos de clima, segundo a classificação de Köppen (Quadro 1): tipo Aw, que apresenta clima tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno, o mês mais frio possui temperatura média superior a 18°C; tipo Cwa, clima temperado úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio entre -3 e 18°C; tipo Cfa, clima temperado úmido, sem estação seca e com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio entre -3 e 18°C; tipo Cwb, clima temperado úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio entre -3 e 18°C; tipo Cfb, clima temperado úmido, sem estação seca e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio entre -3 e 18°C.

QUADRO 1 – Disposição dos tipos de clima com a altitude, segundo a classificação de Köppen, para as classes de solos LR, LE e LV

Altitude	LR	LE	LV
50			Aw
100			Aw
150			Aw
200			Aw
250		Cfa	
300	Cfa	Cfa	
350	Cfa	Aw; Cfa	
400	Aw; Cfa	Aw; Cfa	
450	Aw; Cfa	Aw; Cfa	Aw
500	Aw; Cfa	Aw	Aw
550	Aw; Cfa	Aw; Cwa	Aw
600	Cfb	Cwa; Cfa	Aw; Cwa
650	Cfb	Cwa; Cfa	Cwa
700	Cfb	Cwa; Cfa	Cwa
750	Cfb	Cwa	Cwa; Cwb
800	Cfb	Cwb; Cfb	Cwb; Cfb
850	Cfb	Cwb; Cfb	Cwb; Cfb
900	Cfb	Cwb; Cfb	Cwb; Cfb
950	Cfb		Cwb; Cfb
1000		Cfb	Cfb

Aw: temp. média superior a 18°C no mês mais frio.

Cwa e Cfa: temp. média superior a 22°C no mês mais quente e entre -3 e 18°C no mês mais frio.

Cwb e Cfb: temp. média inferior a 22°C no mês mais quente e entre -3 e 18°C no mês mais frio.

A disposição dos tipos de clima dos perfis com a altitude evidenciam uma redução da temperatura média dos meses mais quentes com o aumento da altitude. Estudaram-se as características altitude (ALT), teor de argila (ARG), grau de flocculação (GF), ponto de carga zero estimado (PCZ) segundo Keng (1974), citado por UEHARA (6), teor de carbono orgânico (CO), capacidade de troca de cátions total (CTC), saturação de bases (V), teor de caulinita (KA), teor de goethita (GT), teor de hematita (HT), teor de gibbsita (GB) e índice de intemperismo (INT). As características KA, GT, HT, GB e INT, foram estimadas por meio do programa ALOCA, segundo MOURA FILHO *et al.* (5), utilizando-se as características teor de argila, cor úmida, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 , dos perfis selecionados. A característica índice de intemperismo foi estimada pelo programa ALOCA, com base na seqüência de intemperização dos minerais de tamanho argila proposta por JACKSON *et al.* (4). Nesta seqüência de intemperização, a estabilidade relativa dos minerais de tamanho argila é a seguinte: óxidos e, ou, hidróxidos de Ti, Fe e Al > silicatos laminares aluminosos > feldspatos alcalinos > silicatos laminares ferruginosos > anfibolitos e piroxênios > carbonatos > sais solúveis.

As características ALT, ARG, GF, PCZ, CO, CTC, V, KA, GT, HT, GB e INT foram submetidas à análise de trilha, permitindo avaliar os seus efeitos diretos e indiretos sobre a densidade do solo (Ds).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, com a finalidade de melhorar a confiabilidade dos resultados da análise de trilha reduzindo-se a multicolinearidade, excluíram-se as características PCZ e CTC do horizonte A_1 e INT do horizonte B_{22} ; para a classe LR, excluíram-se as características ARG e PCZ do horizonte A_1 , KA e GB do horizonte B_{22} ; para a classe LE e para a classe LV, excluíram-se as características V do horizonte A_1 e PCZ do horizonte B_{22} .

Considerando o grande número de dados referentes a cada classe de solo e que estes refletem condições naturais do sistema solo, pode-se admitir que o conjunto de características selecionadas explica satisfatoriamente a densidade do solo, dada a significância do coeficiente de determinação ($p < 0,05$) em todas as situações estudadas, com exceção do Latossolo Roxo, horizonte B_{22} .

3.1. Comportamento da densidade do solo no horizonte A_1

No horizonte A_1 as características que apresentaram correlações significativas com a Ds, em ordem decrescente de importância, foram: CO, ARG, ALT, HT e GT para a classe LR; CO, GB, KA, ALT,

GT e HT para a classe LE, e CO, GT, GB, ARG, KA, INT, CTC e ALT para a classe LV.

Na classe LR (Quadro 2) o Co apresenta efeito direto relevante, sendo portanto, a principal causa das variações na Ds nesta classe. O CO manifesta também efeitos indiretos com os coeficientes acima da variável residual, nas correlações da ALT, ARG e INT com a Ds. Portanto, as correlações significativas de sinal negativo da ALT e ARG com a Ds podem ser atribuídas unicamente ao efeito indireto e de mesmo sinal do CO. Porém, na correlação do índice de intemperismo com a Ds, o efeito indireto do CO (positivo) praticamente anula o efeito direto, de sinal contrário, do índice de intemperismo, eliminando-se alguma possível correlação com a Ds. No entanto, se fosse possível exercer um controle experimental do efeito indireto do teor de carbono orgânico ou desconsiderá-lo, a característica índice de intemperismo esperadamente apresentaria correlação significativa, de sinal negativo, com a Ds.

QUADRO 2 – Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos^{1/} das características de densidade do solo, avaliadas na classe Latossolo Roxo, horizonte A₁

	ALT	ARG	GF	CO	V	KA	GT	HT	GB	INT	Total ^{2/}
ALT	<u>0,294</u>	-0,011	-0,058	-0,449	0,159	0,025	-0,096	-0,236	-0,095	-0,099	-0,57**
ARG	0,058	<u>-0,057</u>	-0,025	-0,352	0,053	-0,128	-0,106	-0,048	-0,065	0,056	-0,61**
GF	0,163	-0,014	<u>-0,105</u>	0,005	0,202	0,084	-0,064	-0,163	-0,158	-0,171	-0,22**
CO	0,156	-0,024	0,001	<u>-0,844</u>	-0,003	-0,072	-0,041	-0,116	-0,019	0,173	-0,79**
V	-0,178	0,012	0,080	-0,010	<u>-0,264</u>	-0,062	0,108	0,175	0,121	0,221	-0,20 ^{n.s.}
KA	-0,033	-0,032	0,038	-0,264	-0,071	<u>-0,230</u>	-0,045	0,019	0,118	0,190	-0,31 ^{n.s.}
GT	0,136	-0,029	-0,032	-0,169	0,137	-0,050	<u>-0,208</u>	-0,230	-0,022	-0,044	-0,51**
HT	-0,208	0,008	0,051	0,293	-0,139	-0,013	0,143	<u>0,334</u>	0,027	0,014	0,51**
GB	0,122	-0,016	-0,072	-0,069	0,139	0,118	-0,020	-0,039	<u>-0,229</u>	0,233	-0,30 ^{n.s.}
INT	0,075	0,008	-0,046	0,375	0,150	0,113	-0,023	-0,012	-0,137	<u>-0,389</u>	0,11 ^{n.s.}

Coeficiente de determinação (R^2)^{3/} = 0,878**

Variável residual = 0,350

^{n.s.}, *, ** - não-significativo; significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

^{1/} Leituras dos efeitos diretos na diagonal, sublinhados, e dos efeitos indiretos na horizontal.

^{2/} Coeficiente de correlação de Pearson, testado pelo teste t.

^{3/} Coeficiente de determinação da trilha, testado pelo teste F.

ALT = altitude, ARG = teor de argila, GF = grau de floculação, CO = teor de carbono orgânico, V = saturação de bases, KA = teor de caulinita, GT = teor de goethita, HT = teor de hematita, GB = teor de gibbsita e INT = índice de intemperismo.

Os solos mais intemperizados possuem maiores teores de óxidos de ferro e alumínio que proporcionam a formação da estrutura granular e microgranular, conferindo melhor estabilidade de agregados. Entretanto, os solos menos intemperizados possuem maiores teores de argilas silicatadas e de maior atividade, tendendo a formar estruturas em blocos e laminares, que são mais susceptíveis à atividade de expansão e contração do solo, e conseqüentemente ao adensamento.

Na classe LE (Quadro 3) as características CO e GB apresentaram efeitos diretos relevantes, sendo, portanto, as principais causas das

variações na Ds, com predominância para o CO, que apresenta efeito direto maior.

As correlações negativas e significativas das características ALT e KA com a Ds (Quadro 3) são atribuídas unicamente aos efeitos indiretos de mesmo sinal, de ambas as características CO e GB, com destaque para a GB, que apresentou os maiores coeficientes.

Na classe LV (Quadro 4), todos os efeitos diretos e indiretos das características estudadas com a Ds foram menores que a variável residual, demonstrando que nesta situação os fatores causais diretos e indiretos devem ser considerados simultaneamente para um melhor entendimento destas correlações.

Para este horizonte, os efeitos diretos do CO e os efeitos indiretos, negativos, da ALT via CO e via GB sobre a Ds, estão de acordo com a tendência observada na redução da temperatura média do mês mais quente e no aumento da precipitação média anual, à medida que aumenta a altitude. Condições climáticas mais amenas provocam acúmulo de CO, e o aumento da precipitação aumenta a lixiviação da sílica, aumentando os teores de óxidos de ferro e alumínio, caracterizando, de modo geral, maior influência do ambiente nas camadas superficiais dos solos. O carbono orgânico age atenuando os efeitos da contração e expansão do solo promovidas pelo umedecimento e secagem, e o seu acúmulo com o aumento da altitude contribui para a redução da Ds.

QUADRO 3 – Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos^{1/} das características de densidade do solo, avaliadas na classe Latossolo Vermelho-Escuro, horizonte A₁

	ALT	GF	CO	CTC	V	KA	GT	HT	GB	INT	Total ^{2/}
ALT	<u>0,120</u>	-0,002	-0,397	0,005	-0,004	-0,213	0,105	0,263	-0,484	0,019	-0,59**
GF	0,037	<u>-0,006</u>	-0,112	0,002	0,044	-0,133	0,018	0,164	-0,210	0,005	-0,19 ^{n.s.}
CO	0,076	-0,001	<u>-0,623</u>	0,001	0,011	-0,208	0,102	0,209	-0,352	0,007	-0,78**
CTC	-0,028	0,001	0,019	<u>-0,023</u>	0,032	0,086	-0,039	-0,037	0,257	-0,006	0,26 ^{n.s.}
V	0,003	0,002	0,041	0,005	<u>-0,159</u>	0,008	0,001	-0,007	-0,041	0,005	-0,14 ^{n.s.}
KA	0,081	-0,003	0,410	0,006	0,004	<u>-0,315</u>	0,120	0,265	-0,465	0,007	-0,71**
GT	0,071	-0,001	-0,362	0,005	-0,001	-0,215	<u>0,176</u>	0,132	-0,388	0,014	-0,57**
HT	0,091	-0,003	-0,374	0,002	0,003	-0,241	0,067	<u>0,348</u>	-0,394	0,013	0,49**
GB	0,095	-0,002	-0,360	0,010	-0,011	0,240	0,112	0,225	<u>-0,609</u>	0,015	-0,77**
INT	0,075	-0,001	-0,134	0,004	-0,024	-0,076	0,081	0,155	-0,302	<u>-0,030</u>	-0,19 ^{n.s.}

Coeficiente de determinação (R²)^{3/} = 0,847**

Variável residual = 0,392

^{n.s.}, *, ** - não-significativo; significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

^{1/} Leituras dos efeitos diretos na diagonal, sublinhados, e dos efeitos indiretos na horizontal.

^{2/} Coeficiente de correlação de Pearson, testado pelo teste t.

^{3/} Coeficiente de determinação da trilha, testado pelo teste F.

ALT = altitude, ARG = teor de argila, GF = grau de flocculação, CO = teor de carbono orgânico, V = saturação de bases, KA = teor de caulinita, GT = teor de goethita, HT = teor de hematita, GB = teor de gibbsita e INT = índice de intemperismo.

QUADRO 4 - Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos^{1/} das características de densidade do solo, avaliadas na classe Latossolo Vermelho-Amarelo, horizonte A₁

	ALT	ARG	GF	PCZ	CO	CTC	KA	GT	HT	GB	INT	Total ^{2/}
ALT	<u>0,058</u>	0,037	0,086	-0,012	-0,043	-0,104	0,025	-0,029	-0,011	-0,246	-0,019	-0,26*
ARG	0,011	<u>0,196</u>	0,021	0,000	-0,190	-0,059	-0,166	-0,053	-0,006	-0,217	-0,006	-0,47**
GF	0,032	<u>0,027</u>	<u>0,156</u>	0,001	-0,089	-0,101	0,004	-0,014	-0,015	-0,151	-0,012	-0,16 ^{ns}
PCZ	0,007	-0,001	-0,019	<u>-0,097</u>	-0,013	0,097	0,012	-0,012	-0,003	-0,078	-0,005	0,10 ^{ns}
CO	0,006	0,085	0,041	0,003	<u>-0,438</u>	-0,028	-0,119	-0,044	-0,000	-0,064	0,000	-0,57**
CTC	-0,031	-0,059	0,410	-0,048	0,064	<u>0,196</u>	0,001	0,023	0,007	0,183	0,013	0,27*
KA	0,006	0,147	-0,362	0,005	-0,235	-0,001	<u>-0,222</u>	-0,038	-0,007	-0,021	0,006	-0,38**
GT	0,020	0,124	-0,374	-0,014	-0,232	-0,053	-0,101	<u>-0,084</u>	-0,008	-0,244	-0,014	-0,57**
HT	0,014	0,024	-0,360	-0,006	-0,004	-0,028	-0,032	0,014	<u>-0,048</u>	-0,041	-0,005	-0,06 ^{ns}
GB	0,034	0,099	-0,134	-0,018	-0,065	-0,084	-0,011	-0,048	-0,005	<u>-0,427</u>	-0,021	-0,49**
INT	0,040	0,039	-0,134	-0,004	0,000	-0,094	0,052	-0,043	-0,009	-0,325	-0,028	-0,32*

Coefficiente de determinação (R²)^{3/} = 0,533*

Variável residual = 0,683

^{ns}, *, ** - não-significativo; significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

^{1/} Leituras dos efeitos diretos na diagonal, sublinhados, e dos efeitos indiretos na horizontal.

^{2/} Coeficiente de correlação de Pearson, testado pelo teste t.

^{3/} Coeficiente de determinação da trilha, testado pelo teste F.

ALT = altitude, ARG = teor de argila, GF = grau de floculação, CO = teor de carbono orgânico, V = saturação de bases, KA = teor de caulinita, GT = teor de goethita, HT = teor de hematita, GB = teor de gibbsita e INT = índice de intemperismo.

3.2. Comportamento da densidade do solo no horizonte B₂₂

Em ordem decrescente de importância, as características que apresentaram correlações significativas com a D_s no horizonte B₂₂ foram: ARG e ALT para a classe LR; ARG, ALT, INT, HT, PCZ, GT e CTC para a classe LE; e ARG, GB, V, CTC, GT e ALT para a classe LV.

Na classe LR (Quadro 5), as características selecionadas, com exceção da ALT e ARG, ainda que tenham coeficiente de correlação significativo, não explicam satisfatoriamente o comportamento da densidade do solo, em virtude da não significância do coeficiente de determinação do modelo. Porém, na correlação da ALT, destaca-se o seu efeito direto caracterizando-se como a principal causa das variações na D_s nesta classe.

Na classe LE a ARG é a principal causa das variações observadas na D_s, destacando-se o seu efeito direto (Quadro 6). Nesta classe, a ARG tem influência indireta (negativa) significativa na correlação de todas as características com a D_s, com exceção apenas da CTC e V.

Na classe LV (Quadro 7) novamente a ARG é a principal causa das variações observadas na D_s, com seu efeito direto acima da variável residual.

Os efeitos diretos da ARG sobre a D_s estão de acordo com a tendência esperada, uma vez que o horizonte B₂₂ sofre menos interferência de fatores externos oriundos tanto do subsolo quanto da superfície do solo. Neste horizonte, a camada superficial do solo atua como um agente tamponante dos fatores externos, principalmente os oriundos do ambiente. Portanto, após uma chuva, o secamento do horizonte B₂₂ é muito mais lento que no horizonte A₁, acarretando menor intensidade de umedecimento e secagem e, conseqüentemente, menor atividade de contração e expansão do solo.

QUADRO 5 - Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos^{1/} das características de densidade do solo, avaliadas na classe Latossolo Vermelho-Amarelo, horizonte B₂₂

	ALT	ARG	GF	PCZ	CO	CTC	V	KA	GT	HT	GB	Total ^{2/}
ALT	<u>-0,724</u>	-0,144	-0,205	0,074	0,451	0,185	-0,038	0,009	-0,328	0,483	-0,231	-0,47*
ARG	-0,192	<u>-0,542</u>	0,638	-0,153	-0,064	0,010	-0,003	-0,024	-0,073	-0,088	-0,065	-0,56**
GF	0,173	-0,404	<u>0,856</u>	-0,226	-0,308	-0,053	0,012	-0,029	0,055	-0,336	0,005	-0,26 ^{ns}
PCZ	-0,104	0,161	-0,373	<u>0,518</u>	-0,275	-0,032	0,012	0,037	0,040	-0,126	-0,446	0,04 ^{ns}
CO	0,357	-0,038	0,288	-0,156	<u>-0,915</u>	-0,192	0,103	-0,017	0,146	-0,033	0,347	-0,11 ^{ns}
CTC	0,421	0,017	0,142	0,052	-0,553	<u>-0,318</u>	0,053	0,014	0,158	-0,135	0,243	0,07 ^{ns}
V	0,212	0,011	0,079	0,046	-0,722	-0,129	<u>0,131</u>	0,004	0,089	-0,027	0,101	-0,21 ^{ns}
KA	0,135	-0,275	0,518	-0,405	-0,334	-0,097	-0,011	<u>-0,047</u>	-0,074	0,063	0,469	-0,06 ^{ns}
GT	-0,409	-0,068	-0,081	-0,035	0,230	0,086	-0,020	-0,006	<u>-0,581</u>	0,592	0,049	-0,24 ^{ns}
HT	0,417	-0,057	0,343	0,078	-0,036	-0,051	0,004	0,004	0,410	<u>-0,839</u>	-0,120	-0,15 ^{ns}
GB	-0,226	-0,048	-0,006	0,313	-0,429	0,104	-0,018	0,030	0,039	<u>-0,136</u>	<u>-0,739</u>	-0,26 ^{ns}

Coeficiente de determinação (R²)^{3/} = 0,660^{ns}
 Variável residual = 0,583
^{ns}, *, ** - não-significativo; significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.
^{1/} Leituras dos efeitos diretos na diagonal, sublinhados, e dos efeitos indiretos na horizontal.
^{2/} Coeficiente de correlação de Pearson, testado pelo teste t.
^{3/} Coeficiente de determinação da trilha, testado pelo teste F.
 ALT = altitude, ARG = teor de argila, GF = grau de floculação, CO = teor de carbono orgânico, V = saturação de bases, KA = teor de caulinita, GT = teor de goethita, HT = teor de hematita, GB = teor de gibbsita e INT = índice de intemperismo.

QUADRO 6 - Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos^{1/} das características de densidade do solo, avaliadas na classe Latossolo Vermelho-Escuro, horizonte B₂₂

	ALT	ARG	GF	PCZ	CO	CTC	V	GT	HT	INT	Total ^{2/}
ALT	<u>-0,289</u>	-0,818	-0,006	-0,073	0,002	-0,004	0,002	0,154	0,307	0,012	-0,71**
ARG	-0,211	<u>-1,121</u>	-0,010	-0,061	0,003	-0,003	0,007	0,175	0,358	0,009	-0,85**
GF	-0,054	-0,334	<u>-0,032</u>	-0,006	-0,002	-0,000	-0,004	0,069	0,114	0,003	-0,25 ^{ns}
PCZ	-0,112	-0,360	-0,001	<u>-0,190</u>	-0,002	0,003	-0,006	0,034	0,210	0,010	0,41**
CO	-0,072	-0,428	0,007	0,051	<u>0,008</u>	-0,002	0,018	0,130	0,043	-0,000	-0,25 ^{ns}
CTC	0,090	0,273	0,000	-0,041	-0,001	<u>0,014</u>	0,013	-0,053	-0,008	-0,004	0,28 ^{ns}
V	0,017	0,171	-0,003	-0,023	-0,003	-0,004	<u>-0,049</u>	-0,009	-0,034	0,001	0,06 ^{ns}
GT	-0,113	-0,502	-0,006	-0,017	0,002	-0,002	0,001	<u>0,392</u>	-0,055	0,007	-0,29*
HT	-0,160	-0,722	-0,007	-0,072	0,001	-0,000	0,003	-0,039	<u>0,556</u>	0,007	-0,43**
INT	-0,205	-0,568	-0,005	-0,108	-0,000	-0,003	-0,003	0,170	<u>0,240</u>	<u>0,017</u>	-0,47**

Coeficiente de determinação (R²)^{3/} = 0,887**
 Variável residual = 0,336
^{ns}, *, ** - não-significativo; significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.
^{1/} Leituras dos efeitos diretos na diagonal, sublinhados, e dos efeitos indiretos na horizontal.
^{2/} Coeficiente de correlação de Pearson, testado pelo teste t.
^{3/} Coeficiente de determinação da trilha, testado pelo teste F.
 ALT = altitude, ARG = teor de argila, GF = grau de floculação, CO = teor de carbono orgânico, V = saturação de bases, KA = teor de caulinita, GT = teor de goethita, HT = teor de hematita, GB = teor de gibbsita e INT = índice de intemperismo.

QUADRO 7 - Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos^{1/} das características de densidade do solo, avaliadas na classe Latossolo Vermelho-Amarelo, horizonte B₂₂

	ALT	ARG	GF	CO	CTC	V	KA	GT	HT	GB	INT	Total ^{2/}
ALT	<u>-0,160</u>	0,083	0,072	0,004	-0,020	-0,029	-0,280	-0,002	-0,018	-0,098	0,175	-0,27*
ARG	0,019	<u>-0,704</u>	-0,060	-0,023	-0,021	-0,025	0,338	-0,038	-0,016	-0,055	0,001	-0,58**
GF	0,054	-0,199	<u>-0,212</u>	0,004	-0,018	0,019	0,202	0,008	-0,001	0,021	-0,109	-0,23 ^{n.s.}
CO	0,009	-0,200	0,011	<u>-0,082</u>	-0,015	-0,025	0,250	-0,000	-0,012	0,043	-0,092	-0,11 ^{n.s.}
CTC	0,047	0,213	0,055	0,019	<u>-0,068</u>	0,022	-0,068	-0,008	0,006	0,046	-0,052	0,35**
V	-0,077	-0,286	0,065	-0,034	-0,025	<u>-0,061</u>	-0,011	-0,035	-0,012	-0,073	0,122	-0,43**
KA	0,088	-0,468	-0,084	-0,040	-0,009	0,001	<u>0,508</u>	0,001	-0,012	0,055	-0,165	-0,13 ^{n.s.}
GT	-0,004	-0,268	0,018	-0,000	-0,006	-0,022	-0,004	<u>-0,099</u>	0,021	-0,046	0,099	-0,30*
HT	-0,047	-0,190	-0,002	-0,017	-0,007	-0,013	0,102	-0,035	<u>-0,060</u>	-0,034	0,038	-0,20 ^{n.s.}
GB	-0,100	-0,248	0,029	0,022	-0,020	-0,029	-0,179	0,029	-0,013	<u>-0,156</u>	0,214	-0,51**
INT	-0,100	-0,002	-0,083	0,027	-0,013	-0,027	-0,299	-0,035	-0,008	-0,118	0,281	-0,21 ^{n.s.}

Coefficiente de determinação (R^2)^{3/} = 0,561^{n.s.}

Variável residual = 0,663

^{n.s.}, *, ** - não-significativo; significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

^{1/} Leituras dos efeitos diretos na diagonal, sublinhados, e dos efeitos indiretos na horizontal.

^{2/} Coeficiente de correlação de Pearson, testado pelo teste t.

^{3/} Coeficiente de determinação da trilha, testado pelo teste F.

ALT = altitude, ARG = teor de argila, GF = grau de flocculação, CO = teor de carbono orgânico, V = saturação de bases, KA = teor de caulinita, GT = teor de goethita, HT = teor de hematita, GB = teor de gibbsita e INT = índice de intemperismo.

Em geral, a característica CO apresentou maior importância no horizonte A₁, enquanto a ARG foi mais importante no horizonte B₂₂ e ambas apresentaram correlações negativas com a Ds nas três classes de solos. Entretanto, apesar de se verificarem efeitos indiretos via CO ou ARG, a característica ALT apresentou correlações negativas com a Ds nos dois horizontes das três classes de solos, sugerindo uma tendência de redução da Ds com o aumento da ALT dos latossolos estudados.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se verificar a influência do clima, por intermédio da altitude, na susceptibilidade ao adensamento de três classes de latossolos brasileiros. Foram utilizados dados dos horizontes A₁ e B₂₂ de perfis de três classes de latossolos (LR, LE e LV), constantes de boletins de levantamento de reconhecimento de solos do CNPS da EMBRAPA, cujos resultados de densidade do solo encontram-se disponíveis. As características altitude, grau de flocculação, capacidade de troca de cátions total, saturação de bases, índice de intemperismo, teores de argila, carbono orgânico, caulinita, goethita, hematita e gibbsita foram submetidas a análise de trilha, permitindo avaliar os seus efeitos diretos e indiretos sobre a densidade do solo. Verificou-se maior influência dos fatores climáticos na camada superficial do solo, modificando o acúmulo de carbono orgânico e a lixiviação de sílica. Entretanto, pode-se inferir que os solos de uma mesma classe situados em altitudes menores apresentam maior susceptibilidade ao adensamento, implicando na utilização de um manejo diferenciado em relação aqueles situados em locais mais elevados.

5. SUMMARY

The objective of this research is to test climatic influence on compaction susceptibility of three classes of Brazilian Oxisols. Data of horizons A₁ and B₂₂ of profiles of three Oxisols (LR, LE and LV) were drawn from EMBRAPA/CNPS bulletins presenting bulk densities results. The characteristics altitude, degree of flocculation, cation exchange capacity, base saturation, clay, organic carbon, kaolinite, goethite, hematite, gibbsite contents and index of weathering were subjected to path analysis, which allowed the evaluation of their direct and indirect effects on bulk density of soil. It was observed a high influence of climate agents on the superficial layer of the soil, modifying the accumulation of organic carbon and the leaching of silica. Nevertheless, it can be inferred that soils of the same class located in low altitude present higher susceptibility to compaction, which demands the use of a differentiated management of those situated in high altitudes.

6. LITERATURA CITADA

1. ABRAHÃO, W.A.P. *Gênese de camadas adensadas em solos de tabuleiros costeiros no sul da Bahia*. Viçosa, UFV, 1995. 114p. (Tese M.S.).
2. BUOL, S.W.; HOLE, F.D. & McCracken, R.J. *Soil genesis and classification*. Iowa, The Iowa State University Press, 1973. 360p.
3. CORREIA, J.R. *Uso de técnicas multivariadas no estudo das inter-relações de características do solo e a produtividade do eucalipto*. Viçosa, UFV, 1993. 106p. (Tese M.S.).
4. JACKSON, M.L., TYLER, S.A., WILLIS, A.L. BOURBEAU, G.A. & PENNINGTON, R.P. Weathering sequence of clay-sized minerals in soils and sediments. I. Fundamental generalizations. *J. Phys. Colloid. Chem.*, 52:1237-1260, 1948.
5. MOURA FILHO, G., RESENDE, M. & CRUZ, C.D. ALOCA: programa para a estimativa de minerais no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Resumos... Viçosa, SBCS, 1995. V.1, p. 201-202.
6. UEHARA, G. Mineralo-chemical properties of Oxisols. In: INTERNACIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 2, Malasya, 1978. Proceedings...Bangkok, Soil Survey Division – Land Development Departament, 1979. Part I, p.45-60.