

UNIDADES DE COLHEITA: ESTRATÉGIA PARA EVITAR A COMPACTAÇÃO DOS SOLOS FLORESTAIS¹

Gilson A. Milde², Renato A. Dedecek² e José Luiz Gava³

RESUMO – Solos com umidade ótima de compactação menor que a capacidade de campo e solos com má drenagem são mais propensos a serem compactados nas operações de exploração florestal. O conhecimento dessas variáveis permite classificar os solos quanto à sua suscetibilidade à compactação, no entanto essas determinações demandam tempo, recursos e equipamentos específicos. Utilizando 13 solos florestais com ampla variação textural, das fazendas Ariona e Santa Rosa pertencentes à Cia. Suzano de Papel e Celulose, situadas no Estado de São Paulo, desenvolveu-se um índice, denominado diâmetro médio ponderado de partículas, que permitiu estimar a umidade ótima de compactação, a capacidade de campo e o limite líquido baseado apenas na distribuição de tamanho de partículas. Com base nessas características físicas e no consumo médio diário de água de um plantio de eucalipto, foram estabelecidas unidades de colheita a partir do número de dias de repouso necessários para o teor de água de um solo ficar abaixo da umidade ótima de compactação. Tais unidades agrupam solos que precisam do mesmo número de dias após uma chuva (0 a 10 dias) para poderem ser explorados, visando diminuir o impacto da colheita florestal e, em consequência, evitar a necessidade de preparo do solo para diminuir a compactação provocada por essas operações.

Palavras-chave: Capacidade de campo, Umidade ótima para a compactação máxima e *Eucalyptus* spp.

HARVESTING UNITS: STRATEGY TO AVOID FOREST SOIL COMPACTION

ABSTRACT – *Soils with optimum water content for compaction below water field capacity and soils with poor drainage are more susceptible to compaction during forest harvesting operations. Knowing these soil characteristics allows ranking soils by their susceptibility to compaction. These laboratory analyses are time consuming, costly and require specific equipment. Collecting 13 soils with wide texture ranges, from two farms belonging to Cia. Suzano de Papel e Celulose, in the state of São Paulo, an index was developed, naming the average soil particle diameter, which allowed estimating the soil liquid limit, optimum water content and water field capacity based on soil particle distribution. Based on that and on daily water consumption by a Eucalyptus plantation, harvesting units were established that accounted for the number of days necessary for the soil water content to be under the optimum value for soil compaction. These harvesting units group soils that will need the same number of days (0 to 10 days) after rain to be harvested, avoiding soil compaction and the need of tilling soil for future planting.*

Keywords: Soil water optimum content for compaction, Field capacity e Eucalyptus spp.

¹ Recebido em 27.03.2008 e aceito para publicação em 25.08.2010.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa. E-mail: <dedecec@cnpf.embrapa.br>.

³ Companhia Suzano de Papel e Celulose, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção da produtividade em áreas florestais é uma das principais preocupações, considerando-se que são áreas muito extensas e, sendo propriedade das empresas, destinadas a produzir por muitos ciclos. Entre todos os fatores do ambiente que interferem na produtividade das plantas, o solo é o mais facilmente modificável pelo manejo. A colheita mecanizada de florestas envolve tráfego intenso e pesado de máquinas e tem sido a principal causa da compactação dos solos (HORN et al., 2007). O mais significativo impacto nas propriedades físicas do solo sob florestas ocorre nas operações de corte, baldeio e subsequente preparo do solo para exploração da rebrota ou plantio do ciclo seguinte (SEIXAS e SOUZA, 2007). Essas atividades alteram a estrutura e as propriedades hídricas do solo, dificultando o crescimento e distribuição das raízes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das florestas (POWERS e MORRISON, 1996).

O planejamento das operações mecânicas necessárias à exploração florestal com vistas a minimizar a compactação do solo depende do conhecimento da distribuição dos solos na área a ser manejada, associado ao conhecimento do comportamento de cada solo em resposta às forças compactadoras. Uma vez compactado, medidas mitigadoras são necessárias para manutenção da produtividade do sítio florestal. Isso envolve custos, tanto maiores quanto maior a demanda por sistemas de preparo do solo mais intensos (CAVICHIOLO et al., 2005).

O teor de água no solo é a propriedade que tem a maior influência no grau de compactação produzido por uma força externa. Na mesma pressão, a densidade resultante aumenta com o teor de água no solo. Mudanças na densidade do solo, devido à pressão, chegam a um máximo quando o teor de água está próximo à capacidade de campo, conhecido como teor de água ótimo para compactação máxima. Quanto maior a pressão externa exercida sobre o solo, menor o teor de água em que ocorre a densidade máxima (FREE et al., 1947).

A textura do solo influencia a redução em porosidade provocada pela compactação. Assim, um solo, que contenha mistura uniforme de areia, silte e argila, atingirá porosidades menores e usualmente densidades maiores do que um solo que contenha maior percentagem de partículas de um mesmo tamanho (BYRNES et al., 1982).

O comportamento de um solo em relação à sua compactabilidade depende, principalmente, da sua textura e do teor de água em que se encontra, quando submetido a uma pressão externa. O limite plástico, estabelecido por Atterberg (1911), é o teor de água em que um solo passa do estado friável para o plástico. Acima desse limite, o solo começa a tornar-se cada vez mais suscetível à compactação, enquanto abaixo desse valor está a faixa de umidade ótima de desempenho dos equipamentos usados no preparo do solo, com aumento da resistência do solo à compactação (LACEY, 1994).

Solos em que o teor de água no limite líquido é igual ou superior ao que o teor da umidade ótima compactam mais facilmente do que aqueles em que esse teor é menor do que o da umidade ótima (HOWARD et al., 1981). O mesmo também ocorre quando se compara o teor de água do solo na capacidade de campo e o teor de água ótima para compactação. Com isso, é possível evitar a passagem das máquinas de colheita e preparo do solo naqueles solos mais suscetíveis, principalmente nas épocas de maiores incidências de chuvas, reduzindo o risco de compactação. O conhecimento dessas características físico-hídricas do solo também permite estabelecer a faixa de umidade em que o solo estará menos sujeito a ser compactado. Esses valores podem ser usados para estabelecer uma listagem dos solos de uma propriedade, por ordem de suscetibilidade à compactação.

Foram objetivos deste estudo: a) estabelecer uma ordem de suscetibilidade à compactação do solo, comparando teor de água dos solos na capacidade de campo e teor ótimo de umidade para compactação, com base no diâmetro médio ponderado de partículas; e b) agrupar esses solos em unidades de colheita de acordo com o número de dias necessários para atingir um teor de água inferior à condição de umidade ótima de compactação.

2. MATERIALE MÉTODOS

2.1. Descrição geral da área de estudo

O trabalho foi realizado nas áreas de plantios florestais da Cia. Suzano de Papel e Celulose, nas Fazendas Santa Rosa e Ariona, situadas, respectivamente, nos Municípios de São Miguel do Arcanjo e Itatinga, no Estado de São Paulo, a 23° 51' de latitude Sul e 47° 54' de longitude a Oeste de Greenwich, com altitude média de 725 m e a 23° 15' de latitude Sul e 47° 51' a Oeste de Greenwich, com altitude média de 632 m, respectivamente.

O clima de ambas as áreas foi classificado, segundo Köppen, como Cfa, sem estação seca definida. A precipitação média anual é de 1.200 a 1.300 mm, com maior frequência nos meses de setembro a fevereiro. A temperatura média anual está em torno de 20 °C e a umidade relativa do ar média, em torno de 90%.

Os solos de diferentes formações geológicas foram selecionados com base em levantamento já existente, procurando-se contemplar diferentes classes texturais, desde solos com 4 g kg⁻¹ de argila até aqueles com 590 g kg⁻¹ de argila, conforme discriminação na Tabela 1.

Delineamento experimental e coleta dos dados

O delineamento experimental foi completamente casualizado, a partir da escolha de 13 talhões de plantio de clones de *Eucalyptus* spp., em rotação ou em reforma, e em cada talhão foi selecionada uma classe de solo. Foram coletadas amostras, deformadas e indeformadas de solo na profundidade de 5 a 15 cm, com quatro repetições por talhão. Nessa profundidade é possível evitar a grande variabilidade espacial da superfície do solo.

Foram estabelecidas correlações lineares entre as características físico-hídricas e químicas e as variáveis umidade ótima para compactação, limite líquido e capacidade de campo (-10 kPa) (MILDE et al., 2008).

Análises de solo

No laboratório, as amostras de solo a granel foram secas à sombra e passadas em peneira com malha de 4,76 mm. Essas amostras foram usadas na determinação da umidade ótima para a compactação máxima, para a análise granulométrica pelo método de Bouyoucos (1932), para determinação da densidade máxima de um solo com o auxílio do Proctor (HAKANSSON, 1990) e limites líquido e plástico (EMBRAPA, 1997).

Para obtenção da curva de compactação e do valor da compactação máxima de cada classe de solo, foram utilizados sete corpos de prova constituídos cada um de três camadas, as quais receberam 25 golpes do martelo usado no ensaio de Proctor normal, correspondendo a uma energia de compactação de 200 kPa cm⁻². Cada corpo de prova foi compactado com sete teores de umidade, três para obter umidades no ramo seco, uma próxima ao ponto de máxima e três no ramo úmido da curva de compactação (HAKANSSON, 1990). Segundo Hakansson (1990; 2000), o sistema de Proctor normal com uma energia de impacto de 6 kgf cm cm⁻³ produz um estresse de 200 kPa cm⁻² e é definida como pressão máxima de compactação provocada pelo tráfego de máquinas. Para cada teor de água, terminados os ensaios de compactação, foi coletada, na parte central do corpo de prova, uma amostra para a determinação do teor de água do solo por secagem, conforme Klute (1986).

Tabela 1 – Solos utilizados no estudo e respectivos teores de argila.

Table 1 – Soil used in the study and their clay contents.

Casse de solo	Código	Teor de argila(g kg ⁻¹)
Neossolo Quartzarênico Órtico	RQo1	40
Neossolo Quartzarênico Órtico	RQo2	40
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVAd1	80
Latossolo Vermelho Eutrófico	LVe	88
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVAd2	250
Argissolo Vermelho-Amarelo Álico	PVAa1	250
Argissolo Vermelho-Amarelo Álico	PVAa2	288
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVAd3	300
Latossolo Vermelho Distrófico	LVd1	330
Latossolo Vermelho Distrófico	LVd2	350
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVAd4	400
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd	470
Latossolo Vermelho Distrófico	LVd3	590

Fonte: LEVANTAMENTO DE SOLOS DA CIA. SUZANO DE PAPEL E CELULOSE.

Source: SURVEY OF LANDS, CIA SUZANO PAPER AND PULP.



Nas amostras indeformadas foram determinados: densidade do solo (D_s), curva característica de umidade do solo (6, 10, 100 1.500 kPa), porosidade total, macro e microporosidade, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstrados na Tabela 2 foram os determinados em laboratório para os solos amostrados a campo. Eles mostraram a densidade inicial dos solos e após a aplicação de uma pressão de 200 Kpa, para uma densidade do solo maior denominada de densidade máxima. Como se observa, de forma geral, as maiores densidades máximas foram obtidas naqueles solos em que a dominância da frações argila ou areia é muito pequena. Um solo com proporção uniforme das frações areia, silte e argila, denominado solo com bom gradiente textural, pode ser compactado com menor porosidade e maior densidade global do que um solo que contenha partículas de um mesmo tamanho (CHANCELLOR, 1977; BYRNES et al., 1982). Isso ocorre em função do melhor ajuste espacial das partículas. Ohu et al. (1987) observaram que os solos argilosos são mais suscetíveis à compactação do que os solos arenosos, enquanto Silva et al. (1986) verificaram que a umidade ótima de compactação diminui e a densidade máxima correspondente aumenta, à medida que adiciona areia em solos como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, um de textura argilosa e um de textura muito argilosa. Dessa forma, de acordo com Silva et al. (1986), Ohu et al. (1987) e Raghavan et al.

(1990), espera-se que a suscetibilidade do solo à compactação diminua à medida que o teor de areia dos solos aumenta, isso porque, com teores maiores de areia, um solo fica menor tempo na condição de umidade para a sua compactação.

Solos, com teor de água na capacidade de campo igual ou superior ao limite líquido, compactam mais facilmente do que aqueles em que esse teor era menor (HOWARD et al., 1981). O mesmo também ocorre quando se compara o teor de água do solo na capacidade de campo com o de água ótimo para compactação.

O teor de água do solo quando submetido à tensão de -10 kPa foi adotado como a capacidade de campo neste estudo, uma vez que a porosidade de aeração (porosidade total menos teor de água a -10 kPa) foi em todos os solos acima de 10%, valor tido como crítico para o crescimento das raízes (WEAVER e JAMISON, 1951). Neste estudo, nenhum dos solos apresentou teor de água no limite líquido menor do que aquele da umidade ótima, enquanto na capacidade de campo eles foram menores nos solos com predominância de areia (Tabela 2). Segundo Fox (2000), solos arenosos são mais suscetíveis a perdas de matéria orgânica e diminuição de nutrientes, mas são menos propensos à diminuição de produtividade devido à compactação. Já os solos de textura argilosa são mais propensos a diminuir a produtividade devido à compactação.

Tabela 2 – Algumas características físico-hídricas dos solos estudados e classificados em ordem crescente do teor de argila.
Table 2 – Physical characteristics of sampled soils and their ranking by increasing clay contents.

Tipo de Solo	Densidade do solo		Umidade ótima	Limite líquido	Capacidade de campo
	Inicial	Máxima			
	Mg m ⁻³		g de água g ⁻¹ de solo		
RQo1	1,390	1,770	0,140	0,208	0,135
RQo2	1,340	1,770	0,150	0,220	0,150
LVAd1	1,470	1,858	0,160	0,220	0,120
LVe	1,480	1,940	0,180	0,230	0,142
LVAd2	1,523	1,870	0,220	0,265	0,372
PVAa1	1,830	2,235	0,280	0,300	0,269
PVAa2	1,600	2,060	0,250	0,280	0,357
LVAd3	1,280	1,860	0,240	0,270	0,431
LVd1	1,690	2,160	0,260	0,280	0,337
LVd2	1,315	1,850	0,240	0,290	0,409
LVAd4	1,530	1,970	0,250	0,300	0,365
PVAd	1,630	1,920	0,250	0,280	0,319
LVd3	1,780	2,170	0,260	0,300	0,290

Muitas tentativas têm sido realizadas para determinar a curva de retenção de água no solo indiretamente de propriedades facilmente mensuráveis ou de propriedades disponíveis, como dados de levantamento de solos. Bouma (1989) introduziu o termo funções de pedotransferência (pedotransfer functions), que ele descreveu como a transformação de dados que se tem para o que se necessita, isto é, funções preditivas de certas propriedades do solo para outras, sendo essas de fácil medida, baixo custo e de rápida determinação.

A função de pedotransferência, estabelecida com o diâmetro médio ponderado de partículas (DMPP) (MILDE, 2001), é uma função empírica, que prevê o teor de água para algumas importantes características físico-hídricas do solo. A grande correlação apenas com a textura do solo se deve, em grande parte, à profundidade de coleta das amostras entre 5 e 15 cm. Nessa profundidade, a matéria orgânica que tem importante papel na estrutura e retenção de umidade do solo, pelo seu menor teor, tem sua importância reduzida.

Os valores de DMPP foram calculados inicialmente com base em maior número de classes de distribuição de partículas, como a subdivisão das areias em cinco classes, com boas correlações estatísticas com as variáveis que interessavam neste trabalho: a capacidade de campo, umidade ótima para a compactação máxima e o limite líquido (MILDE, 2001). No entanto, as melhores correlações foram obtidas usando-se apenas quatro classes de distribuição de partículas: areia grossa, areia fina, silte e argila. Talvez com isso diminuiu a importância da fração areia, que é a fração menos reativa do solo, com pouca ou nenhuma capacidade de reter água e de ser deformada. O valor de DMPP para cada solo é estabelecido pela equação a seguir, e os valores que nela constam correspondem ao diâmetro médio de cada tamanho de partícula.

$$\text{DMPP} = ((a * 0,15) + (b * 1,125) + (c * 0,026) + (d * 0,002))$$

(equação 1)

sendo

a = teor de areia fina em g kg⁻¹;

b = teor de areia grossa em g kg⁻¹;

c = teor de silte em g kg⁻¹; e

d = teor de argila em g kg⁻¹.

Os valores do DMPP dos solos estudados apresentaram correlação linear de -0,95 com a umidade ótima para compactação (obtida através do sistema do Proctor normal), de -0,80 com o limite líquido de -0,84 (p<0,01) com o limite plástico de -0,93 (p<0,01) com a pressão de sucção de 10 kPa, de -0,91 (p<0,01), com a sucção de 100 kPa e de -0,93 (p<0,01) com sucção de 1.500 kPa. As correlações são negativas porque, à medida que diminuem os valores do DMPP, com maiores teores de argila, maiores os teores de umidade para as características físico-hídricas listadas anteriormente. A partir dessas correlações e da inexistência de teor de água do limite líquido menor do que a umidade ótima para compactação, optou-se por avaliar a suscetibilidade dos solos à compactação pelos teores de umidade do solo na capacidade de campo, em comparação com aqueles da umidade ótima para compactação.

No levantamento de solos, a granulometria é comumente analisada, sendo as partículas constituintes dos solos subdivididas em areia fina, areia grossa, silte e argila. A estimativa dos teores de umidade do solo na capacidade de campo e na umidade ótima para compactação torna-se facilmente possível pelo uso das equações lineares que relacionam essas características com os valores de DMPP calculados para cada solo (MILDE, 2001), conforme descritos a seguir:

$$Y = -0,541X + 0,579 \quad (\text{equação 2})$$

Sendo:

Y = teor de água do solo na capacidade de campo; e

X = diâmetro médio ponderado de partículas do solo (DMPP).

$$Y = -0,168X + 0,290 \quad (\text{equação 3})$$

Sendo:

Y = teor de água do solo ótima para compactação; e

X = diâmetro médio ponderado de partículas do solo (DMPP).

Para essa proposta alternativa de estimativa do número de dias em que um solo deve permanecer sem tráfego de máquinas, necessita-se dos seguintes dados: primeiramente, realizar a análise granulométrica dos solos a serem estudados, e essa determinação deve conter os dados de distribuição de tamanho de partículas (em g kg⁻¹): areia grossa, areia fina, silte e argila; considerar

como evapotranspiração diária de uma floresta em idade de corte de 7 mm, segundo Dunin e Mackay (1982 citados por LACEY et al., 1994). A partir dos dados texturais dos solos estudados, fazendo uso da equação 1, podem-se estabelecer os valores do DMPP para cada um dos solos. Com os valores do DMPP, estimam-se a capacidade de campo dos solos pela equação 2 e umidade ótima para compactação de um solo pela equação 3. A partir dos valores da capacidade de campo e da umidade ótima, pode-se estimar a quantidade de água acima da umidade ótima de compactação dos solos (QDA) pela equação 4.

$$QDA = CC - U \text{ Ótima} \quad (\text{equação 4})$$

Em que:

QDA = quantidade estimada de água acima da umidade ótima de compactação dos solos num centímetro de solo;

CC = teor de água na capacidade de campo; e

U Ótima = teor de água na umidade ótima para compactação.

Tendo os valores da umidade ótima para compactação (U Ótima) e da Capacidade de Campo (CC), pode-se determinar a quantidade de água acima da umidade ótima de compactação dos solos a determinada profundidade (Q). Neste estudo, essa profundidade foi de 30 cm³, ou seja, em um bloco de 1 cm de largura por 1 cm de comprimento por 30 cm de profundidade.

A quantidade de água do solo foi estimada através da equação 5.

$$Q = QDA \times 30 \quad (\text{equação 5})$$

em que:

Q = quantidade estimada de água dos solos estudados para uma profundidade de 30 cm; e

QDA = quantidade de água presente no solo num centímetro de solo.

Em seguida, através dos valores da quantidade estimada de água acima da umidade ótima de compactação dos solos (Q) dividida pela evapotranspiração diária de uma floresta de eucalipto (ED), pode-se estimar o número de dias que um solo necessita ficar em “repouso” (DR) para atingir níveis abaixo do teor de água ótima para a compactação do solo (U Ótima), com o objetivo de evitar que, pelo tráfego de máquinas, esses solos cheguem a condições de compactação máxima, descrita pela equação 6.

$$DR = Q / ED$$

(equação 6)

em que:

DR = número de dias que um solo necessita ficar de “repouso”;

Q = quantidade estimada de água acima da umidade ótima de compactação dos solos; e

ED = evapotranspiração diária de uma floresta de eucalipto.

Com a utilização da equação 6, foi elaborada a Tabela 3, com a classificação dos solos pelo tempo de repouso necessário para que estes possam suportar o tráfego de máquinas e equipamentos para plantio e colheita dessas florestas sem ocasionar sua compactação.

Tabela 3 – Tempo de repouso estimado para todos os solos das duas fazendas amostradas após a saturação por chuva ou irrigação, para que o teor de água seja inferior à condição de umidade ótima de compactação.

Table 3 – Estimated resting time for all soils from two selected farms after soil saturation by rainfall or irrigation, for the water.

Tipo de solo	Tempo de repouso estimado (Dias)
Neossolo Quartzarênico Órtico	0
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0
Neossolo Quartzarênico Órtico	0
Latossolo Vermelho Eutrófico	0
Latossolo Vermelho Distrófico	0
Argissolo Vermelho-Amarelo	0
Argissolo Vermelho-Amarelo	1
Latossolo Vermelho-Amarelo	3
Latossolo Vermelho-Escuro	3

Continua ...
Continued ...

Tabela 3 – Cont.

Table 3 – Cont.

Argissolo Vermelho-Amarelo	4
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – PVD 17	4
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – PVD 18	4
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – PVD 24	4
ARGISSOLO VERMELHO-ESCURO – PED 27	4
Latossolo Vermelho	5
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – PVD 19	5
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – PVD 21	5
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – PVD 9	5
ARGISSOLO VERMELHO-ESCURO – PED 28	5
Latossolo Vermelho	6
Latossolo Vermelho	7
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO – LVD 19	7
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO – LVD 23	8
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO – LVD 25	8
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO – LVD 14	9
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO – LVD 18	9
LATOSSOLO VERMELHO – LE 24	9
CAMBISSOLO TB, DISTRÓFICO – C14	10

OBS: Os solos em letra maiúscula tiveram os dados referentes à capacidade de campo e umidade ótima para a compactação estimados; para os demais solos, os dados foram confirmados em laboratório.

NOTE: The soils in capitals had the data to field capacity and optimum moisture for compaction estimated for the other soils data were confirmed in the laboratory.

Com base nas informações contidas na Tabela 3, foram elaborados mapas de solos com indicação do grau de suscetibilidade dos solos à compactação.

Como ilustração, é mostrado na Figura 1 o mapa da Fazenda Santa Rosa, pertencente à Companhia Suzano de Papel e Celulose, onde os solos foram agrupados em unidades de colheita com base no tempo de repouso necessário, após a sua saturação, para atingir o teor de água adequado para o trânsito de máquinas para compactação mínima. Nesse mapa, as cores verde, amarela, azul e vermelha indicam, respectivamente, que os solos necessitam de até 2; 2,1 a 5; 5,1 a 8 e 8,1 a 10 dias para reduzir o teor de água a níveis abaixo do teor de água ótimo de compactação, sendo possível realizar operações de plantio, colheita etc., sem provocar alterações na sua estrutura.

As unidades de colheita discriminadas pelas cores servem de orientação para o corte raso de plantios florestais nesses solos assim classificados, da mesma forma que as unidades de manejo, muito utilizadas pelas empresas de plantios florestais, servem para indicar adubações e sistemas de preparo do solo adequadas por tipo de solo.

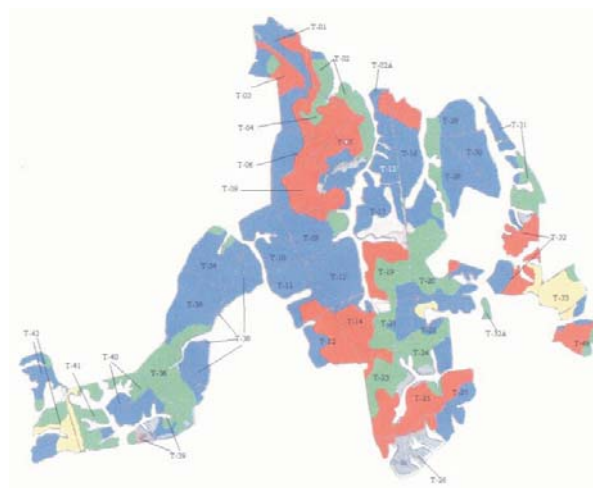


Figura 1 – Mapa das unidades de colheita na Fazenda Santa Rosa, São Miguel Arcaño, SP. Cor verde, até 2 dias; amarela, de 2,1 a 5 dias; azul, de 5,1 a 8 dias; e vermelha, de 8,1 a 10 dias de repouso.

Figure 1 – Map of sampling units at Fazenda Santa Rosa, San Miguel Archangel, SP. Green-up to two days, yellow - 2.1 to 5 days. Blue - 5.1 to 8 days and red - from 8.1 to 10 days of rest.

4. CONCLUSÃO

- Solos de textura arenosa apresentam teores de umidade na capacidade de campo menores do que os teores de umidade ótima para compactação.

- Solos com predominância da fração areia necessitam de até dois dias para atingir teores de umidade menores que a umidade ótima de compactação depois de saturados, enquanto solos com predominância da fração argila podem levar até 10 dias para atingir esse teor de água, uma vez saturados.

- Com base nos teores de umidade ótima para compactação e de umidade na capacidade de campo, é possível classificar os solos quanto à suscetibilidade à compactação.

- O agrupamento dos diferentes solos de uma propriedade em classes, com base no número de dias para atingir teores de umidade menores do que o da umidade ótima para compactação, permite estabelecer unidades de colheita.

- O estabelecimento de unidades de colheita pode orientar o momento adequado para o tráfego de máquinas sobre os solos, de modo a evitar a compactação do solo e reduzir a intensidade de preparo de solos florestais.

5. REFERÊNCIAS

- ATTERBERG, A. Lerornas Förhallande till Vatten, deras Plasticitetsgränser och Plasticitetsgrader. Kungliga Lantbruksakademiens Handlingar och Tidskrift, v.50. n.2., p.132-138, 1911.
- BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. **Advance in Soil Science**, v.9, p.177-213, 1989.
- BOUYOUCOS, G. J. Studies on the dispersion procedure used in the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. **Soil Science**, v.33, n.1, p.21-27, 1932.
- BYRNES, W. R.; McFEE, W.W.; STEINNHARDT, G. C. **Soil compaction related to agricultural construction operations**. West Lafayette: Purdue University, 1982. 107p.
- CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Modificações dos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.571-577, 2005.
- CHANCELLOR, W.J. **Compaction of soil by agricultural equipments**. Berkeley: University of California, Division of Agricultural Sciences, 1977. 53p. (Bulletin 1881)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212p.
- FREE, G. R.; LAMB Jr, J.; CARLETON, E. A. Compaction of certain soils as related to organic matter and erosion. **Journal American Society of Agronomy**, v.39, n.3, p.1068-1076, 1947.
- FOX, T. R. Sustained productivity in intensively managed forest plantations. **Forest Ecology & Management**, v.138, n.1-3, p.187-202, 2000.
- HÄKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. **Soil Tillage Research**, v.16, n.1/2, p.105-120, 1990.
- HÄKANSSON, I. & LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil & Tillage Research**, v.53, n.2, p.71-85, 2000.
- HORN, R. et al. Impact of forest model vehicles on soil physical properties. **Forest Ecology and Management**, v.248, n.1, p.56-63, 2007.
- HOWARD, R. F.; SINGER, M. J.; FRANTZ, G. A. Effects of soil properties, water content, and compactive effort on the compaction of selected California forest and range soils. **Soil Science Society America Journal**, v.45, n.2, p.231-236, 1981.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. . In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison, ASA/SSSA, 1986. p.635-660.
- LACEY, S. T. et al. **Soil physical property change from forest harvesting in New South Wales**. West Pennant Hills: State Forest of NSW, 1994. 81p. (Research Paper, 25).
- MILDE, G. A. **Utilização do diâmetro médio ponderado de partículas do solo no estabelecimento da suscetibilidade à compactação**. 2001. 105f. (Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

OHU, J. O.; RAGHAVAN, G. S. V.; McKYES, E. Peatmoss effect on the physical and hydraulic characteristic of compacted soils. **Transaction of American Society of Agricultural and Engineering**, v.28, p.420-424, 1985.

POWERS, R. F.; MORRISON, I. K. Soil and sustainable forest productivity: a preamble. **Soil Science of Society of America Journal**, v.60, n.6, p.1613, 1996.

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

SEIXAS, F.; SOUZA, C. R. Avaliação e efeito da compactação do solo, devido à frequência de tráfego, na produção de madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1047-1052, 2007.

SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.1, p.91-95, 1986.

WEAVER, H. A.; JAMISON, V. C. Effects of moisture on tractor tire compaction of soil. **Soil Science**, v.71, n.1, p.15-23, 1951.