

Relação dos parâmetros físicos de diferentes classes de solo com a produtividade de *Eucalyptus saligna* Smith⁽¹⁾

Pedro Henrique Rodrigues Borges⁽²⁾; Bruno Pimentel Morales⁽³⁾; Cedinara Arruda Santana Morales⁽⁴⁾; José Miguel Reichert⁽⁵⁾; Franciele de Bastos⁽²⁾; Fernando Mateus Rodrigues Cargnin⁽²⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Celulose Riograndense - CMPC.

⁽²⁾ Acadêmico (a) do curso de Engenharia Florestal; Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Santa Maria, RS; pedrohrborges@hotmail.com; ⁽³⁾ Engenheiro Florestal, MSc. em Engenharia Florestal; ⁽⁴⁾ Engenheira Florestal, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal; Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁵⁾ Engenheiro Agrônomo, PhD, professor titular do Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria;

RESUMO: O conhecimento dos parâmetros físicos do solo são aspectos de fundamental importância a serem avaliados na escolha de sítios para a correta implantação e manejo de cultivos florestais. Diversos autores mostram que tais parâmetros estão relacionados a limitações de crescimento de diversas espécies, entre elas *Eucalyptus saligna*. Diante disso, o presente estudo buscou relacionar propriedades físicas de diferentes classes de solo em diferentes sítios destinados a produção de eucalipto em áreas da empresa Celulose Riograndense - CMPC, localizadas na Depressão Central do Rio Grande do Sul, comparando sítios de maior e menor produtividade volumétrica. Após a descrição do perfil, foram retiradas amostras para análise em laboratório. Observaram-se variações nas características físicas dos perfis, tais como profundidade, granulometria, densidade e porosidade do solo. Em geral, as maiores produtividades ocorreram em solos mais profundos, que apresentam melhor drenagem, e menores restrições hídricas e ao crescimento radicular.

Termos de indexação: atributos físicos do solo, sítios florestais, variáveis dendrométricas.

INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil tem uma área total de plantios de *Eucalyptus* sp. de 4.873.952 ha (74,8% do total plantado no Brasil), sendo que o segmento de papel e celulose concentra 71,2% da área plantada. Áreas destinadas aos plantios de eucalipto no RS totalizaram até 2011 em torno de 280.000 ha (Abraf, 2012).

Matéria-prima para produção de lenha, carvão vegetal, madeira e, principalmente para a cadeia produtiva papel-celulose, o eucalipto tornou-se uma das principais espécies florestais cultivadas no Brasil e apesar de ser uma espécie exótica, apresenta-se como uma espécie vegetal de rápido crescimento e adaptada para as situações edafobioclimáticas brasileiras (Embrapa, 2003). Na busca por maiores produtividades, é fundamental a compreensão do sistema água-solo-plantas.

(1979), o ambiente físico do solo é o fator mais importante na produtividade de um sítio, afetando fluxos de água, ar e calor, resistência a penetração das raízes (RP) e disponibilidade de água e nutrientes.

Assim, o conhecimento das propriedades físicas do solo são fatores básicos na escolha de áreas para plantios florestais, uma vez que estas variáveis são essenciais no que se refere a limitações da produção em determinada área ou região (Morales et al., 2007). Concomitantemente, obtém-se conhecimento para o diagnóstico e prescrição do correto manejo junto à conservação do solo.

O estudo objetivou relacionar os parâmetros físicos do solo em diferentes sítios de crescimento com a produção de *Eucalyptus saligna* Smith.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na região Central do Rio Grande do Sul nos municípios de Santa Margarida do Sul, São Gabriel e Vila Nova do Sul, destinadas ao cultivo de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, pertencente à empresa Celulose Riograndense - CMPC.

O clima da região, segundo Köppen é classificado como subtropical úmido (Cfa), com chuva bem distribuída durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Quatro classes de solo foram estudadas, levando-nos a seis perfis de solo: Cambissolo (CXd), Neossolo (RRd), Argissolo (PAd, PVd, PVe) e Luvisolo (TCo). Os perfis estudados apresentam-se sobre diferentes formações geológicas e materiais de origem (Tabela 1).

Em cada horto florestal foram selecionados sítios, considerando-se a variação dos atributos dendrométricos em parcelas permanentes de inventário, produtividade e a classe de solo em levantamento preliminar cedido pela empresa. Os sítios pesquisados encontravam-se no primeiro ciclo de plantio com densidade inicial de 1111 plantas.

Tabela 1. Classe e respectivo perfil (P), espessura do *solum* e material de origem dos solos em estudo.

Classe	Solum (cm)	Material de origem
CXbd (P1)	> 50 e ≤ 100	rochas granito-gnássicas
RRd (P2)	> 50 e ≤ 100	rochas granito-gnássicas
PAd (P3)	> 100 e ≤ 200	rochas do Complexo Cambaí
PVd (P4)	> 100 e ≤ 200	rochas do Complexo Cambaí
TCO (P5)	> 100 e ≤ 200	rochas ígneas ácidas/básicas
PVe (P6)	> 100 e ≤ 200	arenitos e siltitos

Para as avaliações dendrométricas foi realizado um inventário florestal, onde foram selecionadas parcelas circulares de 400 m² sendo mensuradas todas as circunferências a altura do peito (CAP) dos indivíduos vivos, altura das 4 árvores dominantes, e altura das duas fileiras centrais. As variáveis dendrométricas utilizadas para seleção foram as alturas das árvores dominantes (H100 - m) que apresentam alta correlação com o volume com casca (m³.ha⁻¹), incremento médio anual (IMA - m³.ha⁻¹.ano⁻¹) expressando a produtividade nas diferentes classes de solo (Tabela 2).

Tabela 2. Horto florestal, classe de solo das áreas em estudo e dados dendrométricos dos povoamentos de *Eucalyptus saligna*.

Horto Florestal	Classe	H100	IMA	Volume
Panorama	CXbd	27,7	51,0	356,9
Panorama	RRd	23,7	33,7	235,6
Ponta das Canas	PAd	22,8	34,4	240,5
Ponta das Canas	PVd	28,5	53,7	375,9
Cerro do Ouro	TCO	24,2	40,0	280,1
Três Passos	PVe	28,7	51,1	357,6
Média		25,93	43,98	307,77
CV (%)		10,23	20,53	20,57

Após a escolha das parcelas procedeu-se a abertura das trincheiras. Posteriormente realizou-se uma nova classificação do solo, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Embrapa, 2006) a fim de apurar com exatidão a classe de solo que estava alocada a parcela.

A amostragem do solo foi realizada através de amostras com estrutura preservada e não preservada em seis camadas (0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm).

As amostras de solo com estrutura não preservada foram destinadas para a determinação da granulometria e densidade de partículas. As coletas de amostras com estrutura preservada utilizando cilindros foram realizadas na camada central de cada profundidade, sendo nove repetições por profundidade, totalizando 54 amostras por perfil, visando à determinação da capacidade de campo e do conteúdo de água

prontamente disponível, condutividade hidráulica saturada do solo.

A densidade de partículas (Dp) foi determinada conforme o método do balão volumétrico modificado (Gubiani et al., 2006).

Seguindo o Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997), foi determinada a granulometria pelo Método da Pipeta; densidade do solo (Ds); porosidade total (Pt), determinada pela relação entre a densidade do solo e densidade de partículas; a microporosidade, obtida na mesa de tensão com 60 cm de coluna de água (6 kPa); a macroporosidade que foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade; e a condutividade hidráulica saturada (Ksat), com o auxílio de um permeâmetro de carga constante. O conteúdo de água prontamente disponível no solo foi calculado pela subtração do valor de umidade volumétrica do solo correspondente à capacidade de campo (θ_{cc}), pelo valor da umidade no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), utilizando amostras com estrutura deformada no potenciômetro de ponto de orvalho (WP4).

A análise estatística dos dados foi feita através de regressão múltipla. No entanto, primeiramente foram realizados alguns procedimentos para verificar se as variáveis independentes atendem aos condicionantes da regressão através do programa SAS. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a fim de verificar a normalidade da distribuição em cada camada avaliada. Após a verificação dos condicionantes de regressão foi realizada a modelagem através procedimento stepwise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da composição granulométrica (Tabela 3) indicou o predomínio da fração areia sobre as frações cascalho, silte e argila nas camadas superficiais de quase todas as classes de solo presentes no estudo. No entanto, o teor de areia tendeu a diminuir e a quantidade de argila a aumentar com a profundidade na maioria das classes de solo. Já a quantidade de cascalho aumentou com a profundidade na maioria dos perfis, com exceção dos perfis P2 (RRd) e P5 (TCO) em que diminuíram com a profundidade. Os valores médios de densidade do solo variaram de 1,12 a 1,59 g.cm⁻³ nos perfis estudados (Tabela 3). Nos perfis P1 (CXbd) e P5 (TCO), a densidade do solo foi menor na camada superficial (0-10 cm), podendo ser atribuída à manutenção de matéria orgânica na superfície do solo (Rigatto et al., 2005). Nos demais solos a densidade foi variável ao longo do perfil.

Nos perfis e camadas de solo estudadas a porosidade total variou de 0,36 a 0,57 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (Tabela 3), diminuindo geralmente com o aumento da densidade do solo, pois é dependente da densidade do solo e de partículas. Tais modificações são corroboradas por Abrão (2011), que verificou a elevação da densidade do solo junto a redução da porosidade total, as quais se mostraram altamente correlacionadas. De acordo com Prevedello (1996), a porosidade total, está dentro da faixa adequada, embora esta possa ter variações em função da textura, teor de matéria orgânica e densidade do solo. Porém, quantidade de macroporos na maioria das camadas é considerada alta em relação aos microporos. Observou-se também que com o aumento das frações cascalho e areia grossa, as quantidades de microporos diminuíram especialmente no Neossolo (P2-RRd). Este aumento da quantidade de macroporos em detrimento a de microporos influencia na retenção de água destes solos, caracterizando-os como solos com alta capacidade de infiltração de água, mas com baixa capacidade de retenção de água.

A condutividade hidráulica saturada entre todos os solos variaram de 0,53 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ a 130,86 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. No Neossolo os valores de Ksat foram em média superiores aos valores dos demais solos estudados. Nos Argissolos variaram de 0,53 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ a 20,08 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ e em média foram menores ao encontrado por Suzuki (2008). Os valores encontrados no Cambissolo variaram de 3,85 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ a 91,43 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

Porém, em geral a principal variável com a qual a altura dominante se relacionou, foi a espessura do *solum* (horizonte A+B) (Tabela 4) considerando as diferentes camadas. No entanto, em algumas camadas estas relações não foram significativas. Solos com uma profundidade efetiva maior como os Argissolos, avaliados no estudo, apresentam boa drenagem, armazenagem de água e menores restrições ao crescimento radicular. As propriedades físicas são importantes para determinar a capacidade produtiva dos sítios quando analisadas em conjunto com desenvolvimento pedogenético do *solum*.

CONCLUSÕES

Com base nesses resultados, podemos concluir que as propriedades físicas do solo ao interagirem entre si, exercem efeitos no crescimento e na capacidade produtiva de *Eucalyptus saligna* Smith nas classes de solo avaliadas no presente estudo. Os modelos gerados com os atributos físicos do solo demonstram alta capacidade preditiva, nas camadas avaliadas de 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm.

Assim, observamos que o estudo da interação entre propriedades do solo e produtividade de espécies florestais pode ser um subsídio para melhoria da determinação do potencial e capacidade produtiva dos plantios florestais.

AGRADECIMENTOS

À empresa Celulose Riograndense que cedeu às áreas experimentais e forneceu recursos materiais e recursos humanos para os trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

- ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico – ABRAF: Ano base 2011, 2012.
- ABRÃO, S. F. Alterações físicas e químicas de um cambissolo húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA -CNPS, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistemas de Produção - Cultivo do Eucalipto. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHT/ML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/>>, 2003. Acesso em: 15 mai 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA – Embrapa produção de Informação, 2006, 412 p.
- GUBIANI, P.I. REINERT, D.J. REICHERT, J.M. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo-exatidão-precisão e tempo de processamento. Revista Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.2, 2006.
- LAL, R. The role of physical properties in maintaining productivity of soils in the tropics. In: LAL, R.; Greenland, D. J. (Ed.). Soil physical properties and crop production in the tropics. Chichester: J. Wiley & Sons, 1979.
- MORALES et al.; Relação dos parâmetros físicos hídricos do solo com a produção de *Pinus taeda*, em diferentes sítios no Planalto Catarinense. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, 2007.
- PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba: UFPR, 1996. 446 p.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. de. Pinus taeda. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 701-709, set./out. 2005.

Tabela 3. Atributos físicos do solo nos perfis nas diferentes camadas analisadas:

Perfil	Camada	Composição granulométrica (%)				Dp g cm ⁻³	Ds	PT	Macro cm ³ cm ⁻³	Micro	Ksat cm h ⁻¹
		Cascalho	Areia	Silte	Argila						
P1 (CXbd)	0-10	3	66	16	16	2,52	1,45	0,42	0,26	0,16	3,85
	10-20	3	64	16	17	2,50	1,51	0,40	0,23	0,16	4,64
	20-40	20	50	13	16	2,51	1,52	0,39	0,24	0,15	33,34
	40-60	20	45	14	21	2,41	1,51	0,38	0,24	0,13	91,43
	60-80	11	47	18	24	2,48	1,59	0,36	0,09	0,26	9,80
	80-100	11	32	24	33	2,48	1,50	0,40	0,10	0,30	15,10
P2 (RRd)	0-10	27	53	10	9	2,33	1,42	0,39	0,33	0,06	92,30
	10-20	27	53	11	9	2,33	1,37	0,41	0,34	0,07	32,33
	20-40	27	58	8	7	2,46	1,42	0,42	0,33	0,09	130,86
	40-60	0	48	24	28	2,43	1,44	0,41	0,28	0,13	87,80
	60-80	0	75	14	11	2,41	1,54	0,36	0,23	0,14	44,90
	80-100	0	55	23	22	2,38	1,51	0,37	0,21	0,16	32,29
P3 (PAd)	0-10	0	56	23	22	2,50	1,42	0,43	0,21	0,22	*
	10-20	0	55	21	23	2,46	1,50	0,39	0,17	0,22	6,16
	20-40	4	47	20	28	2,50	1,51	0,40	0,16	0,23	20,08
	40-60	4	43	16	37	2,54	1,38	0,46	0,19	0,27	*
	60-80	4	34	12	50	2,40	1,35	0,44	0,12	0,32	*
	80-100	15	28	9	49	2,42	1,30	0,46	0,13	0,33	8,26
P4 (PVd)	0-10	0	62	18	20	2,51	1,44	0,42	0,27	0,15	14,33
	10-20	0	60	18	22	2,46	1,51	0,38	0,18	0,20	15,32
	20-40	2	51	18	30	2,49	1,43	0,43	0,20	0,23	9,20
	40-60	7	38	13	42	2,51	1,38	0,45	0,23	0,22	*
	60-80	10	33	12	46	2,50	1,35	0,46	0,18	0,28	3,80
	80-100	10	21	8	61	2,49	1,36	0,45	0,14	0,31	3,43
P5(TCo)	0-10	17	29	31	24	2,28	1,12	0,51	0,23	0,28	23,24
	10-20	17	33	26	24	2,35	1,35	0,43	0,24	0,19	94,20
	20-40	0	32	38	30	2,42	1,33	0,45	0,30	0,15	63,10
	40-60	0	17	30	53	2,59	1,17	0,55	0,17	0,38	27,13
	60-80	0	19	26	55	2,70	1,15	0,57	0,15	0,42	24,17
	80-100	0	26	30	44	2,68	1,26	0,53	0,06	0,48	11,50
P6 (PVe)	0-10	0	54	24	22	2,39	1,50	0,37	0,13	0,24	4,61
	10-20	0	57	19	24	2,44	1,56	0,36	0,12	0,25	0,53
	20-40	0	47	23	30	2,55	1,56	0,39	0,15	0,24	1,23
	40-60	0	43	21	36	2,48	1,55	0,37	0,13	0,25	4,24
	60-80	0	38	18	44	2,57	1,52	0,41	0,13	0,28	1,21
	80-100	1	33	15	52	2,49	1,45	0,42	0,13	0,29	0,90

Tabela 4. Equações de regressão múltipla selecionadas por camada de solo para *Eucalyptus saligna*.

Camadas	Equações <i>E. saligna</i>	R ²	Svx	P
0 - 10	H100 = 25,633 + 0,1286 cascalho (0,83) + 0,0191 hzA +B (0,11)	0,94	0,66	*
10 - 20	H100 = -27,962 +26,966 Ds (0,93) + 33,518 PT (0,021) + 0,0175 hzA+B (0,04)	0,99	0,14	**
20 - 40	H100 = 33,85 - 30,466 Macro (0,86)	0,86	0,87	**
40 - 60	H100 = 23,802 + 0,0477 hz A+B (0,64) - 0,0666 Argila (0,21)	0,85	1,04	ns
60 - 80	H100 = 22,76 + 0,0374 hz A+B (0,64)	0,64	1,43	ns
80 - 100	H100 = 22,763 + 0,0374 hz A+B (0,64)	0,64	1,43	ns

Nota: * significativo a 5%, **significativo a 1% e ns não significativo.

Valores entre parênteses indicam contribuição parcial no modelo.