

Efectos de las características del suelo sobre la capacidad productiva de *Pinus taeda* L.

Américo P. de Carvalho¹, Osmar Menegol², Edilson B. de Oliveira¹, Sebastião A. Machado³, Reinaldo O. Potter¹, Pedro J. Fasolo¹, Carlos A. Ferreira¹, Alexandra Bartoszeck³.

RESUMEN

Tres clases principales de suelos han sido identificadas en un área de 5600 ha, en el municipio de Arapoti, Estado de Paraná, Brasil: (1). "Latosolo Vermelho Escuro" (Rhodic Hapludox), (2) "Podzólico Vermelho Amarelo" (Typic Paleudult/Hapludult) y (3) "Cambissolo" (Typic Dystrochrept).

La clase (1) fue subdividida con base a la textura del horizonte B en: muy arcillosa, arcillosa, media y media leve. La clase (2), debido a la gran diferencia textural, entre los horizontes A y B, fue subdividida (A/B) en media/arcillosa y arenosa/media. La clase (3) no fue subdividida.

Con datos de alturas dominantes de parcelas permanentes establecidas en toda el área, fueron elaboradas curvas de clasificación de sitio, que posibilitaron la obtención de los índices de sitio (altura dominante a los 15 años) para 5 parcelas en cada subdivisión. De estas parcelas fueron colectadas muestras de suelos corespondientes a los horizontes A (0 a 20 cm) y B (40 a 60 cm) para análisis químico y granulométrico. Con estos datos, cuatro clases de sitios fueron establecidos: (I). Clase BUENA - Comprendiendo áreas de "Latosolo Vermelho-Escuro" textura arcillosa/muy arcillosa (50% ó más de arcilla en el perfil). La altura dominante de P.taeda a los 15 años de edad es 21,5m. (II) Clase REGULAR/BUENA - Comprende áreas de: "Latosolo Vermelho-Escuro" textura arcillosa (35 a 50% de arcilla en el horizonte B) , "Cambissolo textura arcillosa" y "Podzólico Vermelho Amarelo" textura arcillosa o textura media en el horizonte superficial y arcillosa en los otros. La altura dominante de P.taeda a los 15 años de edad es 19,5m. (III) Clase REGULAR - Comprende áreas de "Latosolo Vermelho-Escuro" textura media (clase textural franco arcillo-arenosa en el horizonte B). La altura dominante de P.taeda con 15 años es de 17,8m. (IV) Clase MALA - Comprende áreas de "Latosolo Vermelho-Escuro" textura media leve y "Podzólico Vermelho-Amarelo" textura arenosa en el horizonte A y media en el B. La altura dominante de P.taeda con 15 años de edad es de 16,0m.

El tenor de arcilla en el suelo fue determinante para establecer las clases de sitios. Tenores de calcio + magnesio y potasio también interfirieron. Para cambissolos y podzólicos, ambos de textura arcillosa e incluidos en la clase REGULAR/BUENA, los tenores de calcio, magnesio y potasio fueron significativamente mayores, compensando una posible desventaja en relación a los "Latosolos", en lo que se refiere a características físicas.

-
1. Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, 83411-000, Colombo-PR.Brasil
 2. INPACEL, Caixa Postal 11. 84.990-000. Arapoti-PR. Brasil
 3. Universidade Federal do Paraná,. C.P. 2959 - 80035-000 - Curitiba-PR Brasil

1. Introducción.

La capacidad productiva de un plantío florestal puede ser evaluada, para determinado local, a través de la medición de factores intrínsecos o extrínsecos a la biomasa florestal. Ortega & Montero (1988) destacan como factores intrínsecos la altura dominante o media, el crecimiento medio máximo, el volumen total al final del turno y la intercepción. Como factores extrínsecos, del biotipo: el clima, la litología, la edafología, la morfología. De la biocenosis se destacan las especies indicadoras (sociología) y las asociaciones indicadoras (fitosociología).

Esta capacidad productiva depende fundamentalmente de las condiciones del suelo y del medio ambiente. La clase de suelo agrega importantes informaciones, destacándose la profundidad del solum, la clase de textura, los niveles de nutrientes, el tenor de materia orgánica, la actividad química de la fracción coloidal y la presencia o no de capas compactadas o adensadas que podrían restringir el mismo e impedir el crecimiento de las raíces y la percolación del agua. Con relación al medio ambiente, las informaciones se refieren principalmente a la clase de relieve, al material de origen del suelo, a la clase de cobertura vegetal primitiva y a la presencia de pedregosidad y rocosidad.

La influencia que las propiedades físicas y químicas de los suelos ejercen sobre el crecimiento de los árboles tiene merecida atención. Investigaciones sobre estos aspectos han buscado, principalmente, la definición de especies a plantar e indicaciones de prácticas de manejo de los suelos y de los plantíos forestales.

Coile (1952) presentó un extenso trabajo sobre este tema. Muchos autores han demostrado que características de suelo como tenor de arcilla en los horizontes A y B, profundidad, niveles de nutrientes y capacidad de retención de humedad, entre otros, afectan la calidad del sitio, dependiendo de la clase de suelo y especies comprendidas.

De los factores relativos a los suelos, las propiedades físicas se han relacionado con mayor frecuencia a la capacidad productiva de los sitios forestales, que las propiedades químicas; principalmente las propiedades físicas relacionadas con la capacidad de retención y almacenaje de humedad del suelo (Gonçalves et alii, 1990).

La estructura del suelo, la consistencia, la capacidad de retención del agua, el drenaje y las reacciones de cambio entre el sistema radicular y el

complejo coloidal son directamente dependientes de la textura, pudiendo ésta ser considerada, individualmente, como la característica que más influye en la capacidad productiva de los sitios forestales.

Estudios desarrollados por Petersen et alii (1968) demostraron que la disponibilidad de agua es mínima en suelos de textura arenosa, máxima en suelos de textura media con altos tenores de silte e intermedia en los de textura más arcillosa.

Suelos arcillosos pueden tener más fertilidad que suelos arenosos, no obstante puedan presentar drenaje insuficiente (Zobel et al, 1987). Entretanto, cuando se trata de "latosolos", que van de bien a excesivamente drenados, esa citación no se aplica, pues lo que se ha observado en suelos de esa clase es que los mejores sitios se encuentran en los arcillosos.

La actuación conjunta de diversos factores en el crecimiento del bosque y la dificultad de medir variables principalmente de clima y suelo, dificultan el trabajo con modelos que contemplen todos estos factores. La alternativa más utilizada es la utilización de la altura dominante como índice, el "Índice de calidad de Sitio" (Site Index), que se refiere a la altura dominante en una edad específica de referencia (Philip,1994).

La asociación de características de suelo a la clasificación de sitio ha sido enfocada por diversos autores. En Canadá, la relación suelo-sitio fue estudiada para *Tsuga heterophylla* por KAYAHARA et al. (1995). En el "Segundo Planalto (meseta) del Estado de Paraná", MENEGOL (1991) seleccionó variables nutricionales para dar base al estudio de crecimiento en altura de *P. elliottii* y concluyó que los tenores de magnesio y zinc fueron los factores más limitadores al crecimiento en altura del pinus. En este trabajo también fueron ajustadas curvas para clasificación de sitio.

DOLDAN (1987), también en el "Segundo Planalto (meseta) Paranaense", encontró fuerte correlación del crecimiento en altura de *Pinus taeda* y los tenores de nitrógeno, zinc y cobre foliares y profundidad del horizonte superficial del suelo, y consideró estas variables como las más limitadoras para el crecimiento del pinus en el local.

Santos Filho & Rocha (1987), también en el "Segundo Planalto (meseta) Paranaense", estudiando las características de los suelos que influyen en el crecimiento de *Pinus taeda*, citan que los mejores sitios están relacionados con los suelos con "B latossólico" con elevada capacidad de friabilidad, y a los suelos localizados en terrazas, independientes de la clase a que pertenecen,

debido a la mayor disponibilidad de agua. En función de los resultados encontrados, estos autores se refieren a condiciones limitadoras permanentes (el espesor en caso de suelos litólicos y el drenaje excesivo en los suelos de textura arenosa y media), y no permanentes para el crecimiento del pinus. Entre estas últimas se relacionan el uso del suelo, la estructura, la porosidad, la clase de horizonte A y la compactación, entre otras.

El objetivo del presente trabajo es estudiar los efectos de las características físicas y químicas de suelos paranaenses sobre la capacidad productiva de Pinus taeda L.

2. Material y Métodos.

Los datos utilizados en el presente trabajo provienen de levantamientos pedológicos e de mediciones periódicas de Pinus taeda en un área de 5600 ha, en el município de Arapoti, Estado de Paraná, Brasil. El área pertenece a la Empresa INPACEL.

Para la elaboración de las curvas de clasificación de sitio del área, se utilizó la ecuación $H = S.e^{[-4,6433(1/I)^{0,5220} - 1/15]^{0,5220}}$, donde H es la altura dominante y I la edad, conforme Oliveira et al (1998). Antes de utilizar esta ecuación, fueron realizados análisis gráficos para validación, a través del plotaje de los datos de altura dominante disponibles de las parcelas permanentes, y verificación de sus consistencias en años subsiguientes, dentro de la misma clase de sitio, considerada con intervalos de 2 metros a la edad índice de quince años.

Con este procedimiento, se obtuvo el índice de sitio, dado por la altura dominante a los 15 años.

Los suelos fueron clasificados (in loco) y las siguientes variables fueron analizadas en el laboratorio de Embrapa Florestas: Tenores de arcilla, silte, arena (fina y gruesa) y materia orgánica, pH, , P, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, Al⁺⁺⁺ y H⁺+Al⁺⁺⁺.

La selección de las variables más importantes en la calidad de sitio fue obtenida a través del método de componentes principales. Detalles de estos resultados son presentados por Carvalho et al (1998).

3. Resultados y Discusión.

Las siguientes clases de suelos fueron identificadas:

- LE. "Latosolo Vermelho-Escuro"
- PV. "Podzólico Vermelho Amarelo"
- C. "Cambissolo"

Con respecto a la textura, se encontraron las siguientes clases:

Textura Muy Arcillosa - Suelos con tenor de arcilla > 60% en el horizonte B. En el presente trabajo se clasificaron de esa forma, suelos con 50% ó más de arcilla en la profundidad de 80-100 cm.

Textura arcillosa - Suelos con tenor de arcilla entre 35 y 60% en horizonte B. Fueron considerados, entretanto, suelos con 35 a 50% de arcilla en la profundidad de 80-100 cm.

Textura media - Suelos que en la profundidad de 80-100 cm, se clasifican en la clase textural franco-arcillo-arenosa.

Textura media leve - Suelos que en la profundidad de 80-100 cm, se clasifican en la clase textural franco-arenosa.

Textura media/arcillosa - Suelos con textura media en el horizonte A y arcillosa en B (80-100cm).

Textura arenosa/media - Suelos con textura arenosa en el horizonte A y franco-arenosa o franco-arcillo-arenosa en el horizonte B (80-100cm).

Comparando los datos referentes a la altura dominante del pinus a los 15 años de edad, con los factores referidos, se establecieron cuatro clases de sitios:

I. Clase de ALTA productividad - Comprendiendo áreas de "Latosolo Vermelho-Escuro" textura arcillosa/muy arcillosa (50% o más de arcilla a lo largo del perfil). La altura dominante del Pinus a los 15 años de edad se sitúa en torno de 21,5m.

II Clase de MEDIA/ALTA productividad - Comprendiendo áreas de: "Latosolo Vermelho-Escuro" textura arcillosa (35 a 50% de arcilla en el horizonte B), "Cambissolo" textura arcillosa y "Podzólico Vermelho Amarelo" textura arcillosa o textura media en el horizonte superficial y arcillosa en los demás. La altura dominante del Pinus a los 15 años de edad es de aproximadamente 19,5m.

III Clase de MEDIA productividad - Comprendiendo áreas de "Latosolo Vermelho-Escuro" textura media (clase textural franco arcillo-arenosa en el horizonte B). La altura dominante del Pinus a los 15 años de edad se sitúa en torno de 17,8m.

IV Classe BAJA productividad - Comprendiendo áreas de "Latosolo Vermelho-Escuro" textura media leve y "Podzólico Vermelho-Amarelo" textura arenosa en el horizonte A y media en el B. La altura dominante del Pinus a los 15 años de edad es de aproximadamente 16,0m.

El Cuadro 1 presenta los promedios de los resultados obtenidos en cada clase de suelo.

Pese a que el tenor de arcilla en el suelo es aparentemente determinante en el establecimiento de las clases de sitios, hay indicios de que los tenores de calcio + magnesio y los de potasio también interfieren en el crecimiento de las especies forestales. Para los "latossolos", los tenores de calcio + magnesio variaron de 0,32 a 0,10 cmol/dm³, respectivamente para los de textura muy arcillosa y media leve, mientras que los de potasio variaron de 0,06 a 0,03 cmol/dm³. Pese a que estos valores son considerados muy bajos, se constata que triplicaron en el primer caso y duplicaron en el segundo.

En los "cambissolos" y "podzólicos", ambos de textura arcillosa e incluidos en la clase REGULAR/BUENA, se verificó que los tenores de calcio, magnesio y potasio son significativamente mayores, compensando posibles desventajas, en relación a los latossolos, en términos de características físicas.

4. Conclusiones

- Los suelos de textura más arcillosa, independiente de la clase a que pertenecen, propician mayor crecimiento de *Pinus taeda* L..
- En la clase de los "latossolos", la altura dominante de los árboles a los 15 años de edad en los suelos de textura muy arcillosa supera en 5,2m la obtenida en los suelos de textura media leve.
- En todos los suelos examinados, independiente de la textura, los tenores de P asimilable son extremadamente bajos. En la clase de sitio de media/alta productividad, que abarca "latossolos", "podzólicos" y "cambissolos", todos con textura arcillosa, los tenores de potasio y calcio+magnesio son significativamente mayores en los "podzólicos" y "cambissolos", principalmente en estos últimos, compensando una posible desventaja en

relación a los "latossolos", en lo que se refiere a las características físicas.

Quadro 1. Características de cada clase de suelo estudiada.

<i>Clasificación del Suelo</i>	<i>pH</i> <i>(CaCl₂)</i>	<i>Ca +Mg</i> <i>A - B</i>	<i>K</i> <i>A - B</i>	<i>M.O.</i> <i>A</i>	<i>Al³⁺</i>	<i>P</i>	<i>Alt. Dom.(m) a</i> <i>los 15 años</i>
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura muy arcillosa	3,99 – 4,27	0,32 - 0,22	0,07 – 0,03	4,5 – 1,7	2,1 – 0,9	1 – tr	21,7
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura arcillosa	3,94 – 4,06	0,17 - 0,15	0,03 – 0,02	2,1 – 1,6	1,8 – 1,2	1 – tr	19,5
CAMBISSOLO textura arcillosa	3,82 – 3,84	0,70 - 0,30	0,45 – 0,43	4,1 – 2,2	5,2 – 5,5	3 - 1	19,7
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, textura arcillosa, o textura media en el horizonte superficial y arcillosa en los demás.	3,85 – 3,92	0,45 - 0,24	0,34 – 0,19	2,6 – 1,5	3,1 – 3,4	2 – 1	19,5
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura media (clase textural franco- arcillo-arenosa en el horizonte B)	3,90 – 4,02	0,13 - 0,12	0,03 – 0,02	2,6 – 1,9	1,9 – 1,6	1 - tr	17,8
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO textura media leve y PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO textura arenosa en el horizonte A y media en B	3,85 – 4,04	0,11 - 0,12	0,04 – 0,01	2,3 – 1,1	1,5 – 1,1	1 – tr	16,5

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- COILE, T.S. Soil and the growth of forest. *Advances in Agronomy*, New York, v.4, :p.329-98. 1952.
- DOLDAN, M.E.Q. Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L., como resposta aos estímulos dos fatores do meio na região de Ponta Grossa-PR. Tese de Mestrado.. UFPR, Curitiba, 119 p. 1987.
- GONÇALVES, J.L.M. DEMATTÊ, J.L.I., COUTO, H.T.Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. IPEF, Piracicaba n.43/44, p.24-39. 1990
- KAYAHARA, G.J., CARTER, R.E., KLINKA, K. Site index of western hemlock (*Tsuga heterophylla*) in relation to soil nutrient and foliar chemical measurements. **Forest Ecology and Management**. v.74, p.161-169, 1995.
- MENEGOL, O. **Índice de sítio e a relação entre altura dominante e teores nutricionais das acículas em povoamentos de *Pinus elliottii* var *elliottii* no segundo planalto paranaense**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 1991. 74p. Tese Mestrado.
- OLIVEIRA, Y.M.M., OLIVEIRA, e.b., HAFLEY, W.L. **Classificação de sítio para povoamentos de *Pinus taeda* no sul do Brasil**. IN: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (6.: 1990: Campos do Jordão) **ANAIS**. Campos do Jordão, SBS, 1990. p.357-61.
- ORTEGA, A., MONTEIRO, G. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revision bibliografica. **Ecologia**. n. 2, p. 155-184, 1988.
- PETERSEN, G.W. et al. Moisture characteristics of Pensilvania soils: I Moisture retention as related to texture. *Soil Sci. Am. Proc.*, Madison, v.32, p.271-275. 1968.
- PHILIP, M.S. *Measuring trees and forest*. 2 ed. Wallingford: CAB International, 1994. 310p.
- SANTOS FILHO, ^aG., ROCHA, H.O. Principais características dos solos que influem no crescimento de *Pinus taeda* L. no segundo planalto paranaense. Ver. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, v.p, p.107-111. 1987
- ZOBEL, B.J., GURRIT Van W.P.S. *Growing Exotic Forest*. New York. John Willey & Sons. Inc., 1987. 508p.