

A influência das características pedológicas na produtividade de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), Butiá, RS

Marcos Fernando Gluck Rachwal⁽¹⁾, Gustavo Ribas Curcio⁽¹⁾ e Renato Antonio Dedecek⁽¹⁾

⁽¹⁾ Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo-PR. E-mail: rachwal@cnpf.embrapa.br, curcio@cnpf.embrapa.br, dedecek@cnpf.embrapa.br

Resumo - O desenvolvimento da acácia-negra é diferenciado em solos com características distintas. Para avaliar esta influência, foram quantificados os parâmetros de crescimento e a produção de madeira, em cinco classes de solos com diferentes características morfológicas, químicas e físicas, em povoamentos comerciais com sete anos de idade, da SETA S.A., no Município de Butiá, RS. Investigou-se o crescimento da acácia em Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico. Foram realizadas análises químicas e granulométricas nos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos e físico-hídricas apenas no horizonte superficial. Nas árvores, determinaram-se DAP, altura, espessura de casca e volume de madeira. Nos Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelo e no Cambissolo, que ofereceram maiores reservas de nutrientes e maior profundidade efetiva, a produção de madeira por hectare foi 30 % superior àquela produzida nos Neossolos Litólico e Regolítico que, além de mais rasos, apresentaram condições químicas menos favoráveis.

Termos para indexação: *Acacia mearnsii*, fertilidade de solos, classes de solos, produção de madeira.

Influence of soil characteristics on black-wattle (*Acacia mearnsii*) productivity, in Butiá, RS

Abstract - Black-wattle growth is different on soils with distinct characteristics. To evaluate this influence, plant growth and wood production variables were quantified on black wattle growing on five soil classes with different morphological, physical and chemical characteristics, on SETA S.A. commercial plantation at seven years of age, on Butiá County, RS. It was measured the black wattle growth on the following soil classes Argissolo Vermelho (Alfisol), Argissolo Vermelho-Amarelo (Alfisol), Cambissolo (Inceptisol), Neossolo Litólico (Entisol) e Neossolo Regolítico (Entisol). Soil chemical and texture analyses were performed on surface and subsurface horizons, and physical analyses, just on soil surface horizon. On plants, it was measured DBH, total height, bark thickness and estimated the wood volume. On both Alfisols (Red and Red Yellow) and on Inceptisol, that presented higher nutrient content and effective soil depth, wood production was 30 % greater than on both Entisols, that were shallower and with less appropriate chemical characteristics.

Index terms: *Acacia mearnsii*, soil fertility, soil classes, wood production.

Introdução

A *Acacia mearnsii* De Wild é oriunda da Austrália (SCHÖNAU, 1969), pertence à família Fabaceae (antiga família Leguminosae) (KANNEGIESSER, 1990), e é conhecida no Brasil como acácia-negra.

É uma espécie que reúne características atrativas para reflorestamento e industrialização por apresentar crescimento rápido e pela madeira e casca serem aproveitadas integralmente (SCHNEIDER et al., 1991). É utilizada para a fabricação de papel, rayon, aglomerado, agentes anti-corrosivos e no tratamento de águas (SHERRY, 1971), produção de chapas de fibra, lenha e carvão (SANTOS et al., 2001), além de contribuir na

fixação de carbono (SCHNEIDER et al., 2005a) e de nitrogênio e proteger o solo (KANNEGIESSER, 1990). De sua casca é extraído o tanino usado para curtir couro (MORA et al., 2001). A partir do tanino ainda são produzidos adesivos, dispersantes, resinas, quelantes e conservantes (SIMON, 2005).

No Rio Grande do Sul, a espécie foi plantada comercialmente por Júlio Lohmann, no Município de Estrela, em 1928 (OLIVEIRA, 1968). Constitui-se, também, em fonte de renda para a população de vários municípios (HIGA; DEDECEK, 1999).

Existem diferenças no crescimento em volume de acácia-negra em diferentes sítios (SCHNEIDER et al.,

2001; SCHNEIDER; TONINI, 2003), devido à interação dos fatores altimétricos, climáticos e pedogenéticos.

Nas áreas onde a acácia-negra é cultivada, no Rio Grande do Sul, a altitude oscila entre 29 m no Município de Taquara e 850 m em Canela (SCHNEIDER et al., 2005b).

O clima varia de úmido a superúmido na maior parte da área de plantio, com chuvas se distribuindo de maneira uniforme o ano todo sem ocorrência de déficit hídrico. A precipitação média anual varia de 1.395 mm a 1.977 mm, e a temperatura média anual oscila entre 15,3 °C e 19,9 °C. Nos meses mais frios, as geadas são comuns, mais freqüentes em maiores altitudes, podendo haver de 3 a 21 ocorrências anuais (MORENO, 1961). A acácia-negra é uma espécie tolerante à geada (SHERRY, 1971; POLLOCK et al., 1986), podendo se desenvolver em áreas onde ocorrem até 80 geadas por ano (SEARLE, 1997). Entretanto, alguns autores discordam desta afirmação. Segundo Mochiutti (2007), a acácia-negra não tolera geadas fortes e intensas, nem períodos de estiagem, principalmente no primeiro ano após o plantio. Searle et al. (1991), Caldeira (1998) e Caldeira et al. (2002) observaram que existem diferenças significativas de comportamento entre procedências de acácia-negra em relação à tolerância às geadas.

A produtividade florestal, de maneira geral, é influenciada pela profundidade, textura, estrutura, fertilidade, temperatura, pH, umidade e material de origem do solo (PRITCHETT, 1990).

Diferentes tipos de solos, com características morfológicas, químicas e físicas distintas, podem causar variações no desenvolvimento e na produção de madeira de acácia-negra.

A acumulação de biomassa em vegetais é influenciada pela umidade e fertilidade do solo (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972), sendo a quantidade de matéria orgânica no solo um fator relevante para a sustentabilidade de sítio (NAMBIAR; BROWN, 1997). A profundidade efetiva, a umidade e o material de origem do solo também são importantes para a determinação de qualidade de sítio (DONKIN, 1994). Entretanto, Rachwal et al. (2007) e Dedeczek et al. (2007), estudando especificamente a acácia-negra, perceberam que esta espécie responde melhor à fertilidade do que à profundidade efetiva do solo. Mochiutti (2007) encontrou correlação positiva entre a altura da acácia-negra e os teores de matéria orgânica e potássio no horizonte superficial do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos atributos morfológicos, químicos e físicos de diferentes classes de solos, no crescimento e na produção de madeira de acácia-negra.

Material e Métodos

Os povoamentos comerciais de acácia-negra, estudados neste trabalho, estão localizados no Município de Butiá, RS, em propriedade da SETA S.A., sob clima Cfa, subtropical (MORENO, 1961), na altitude de 181 m, nas coordenadas de 30° 19' 48" S e 52° 06' 00" O. Na região de Butiá, ocorrem 600 horas de frio com temperatura abaixo de 10 °C e 200 horas com temperatura abaixo de 7 °C, entre os meses de maio e agosto (IPAGRO, 1989).

O arcabouço geológico da área pertence ao Complexo Canguçu, ensejado no Proterozóico Superior, constituído por associação heterogênea de rochas metamórficas (IBGE, 1986), havendo no local a prevalência de migmatitos e inclusões de xistos.

Geomorficamente, a área é pouco movimentada, sendo constituída por relevos predominantemente ondulados de vertentes curtas, de topos suaves, sendo observado, localmente, em razão de lineamentos geológicos, a presença de relevo forte ondulado.

Segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973), a propriedade estudada está inserida na unidade de mapeamento Pinheiro Machado, composta por Neossolos Litólicos distróficos textura média relevo ondulado e forte ondulado, associados a Podzólico Vermelho-Amarelo (Argissolo) textura argilosa relevo ondulado e forte ondulado e por Afloramentos de Rocha.

As análises químicas e granulométricas de solos realizadas no laboratório da Universidade Federal do Paraná (UFPR) seguiram a metodologia preconizada em Claessen (1997). As análises químicas envolveram a determinação de carbono orgânico, pH (CaCl₂), Ca, Mg, K, Al, H, P, sendo obtido os valores S (soma de bases) e T (capacidade de troca catiônica), saturação por alumínio trocável (m %) e saturação por bases trocáveis (V %). Em relação às análises granulométricas, foram determinadas as frações areia, silte e argila, além de calhaus e cascalho. Complementarmente, foi obtida a curva de retenção de umidade, densidade do solo, porosidade total (macro e microporosidade), determinadas no laboratório de solos da *Embrapa Solos*, Rio de Janeiro.

A classificação dos solos foi concebida segundo critérios estabelecidos em Santos et al. (2006).

Os solos foram preparados por meio de gradagem, seguida de subsolador de três hastes, com uma amontoa na linha de preparo logo após o plantio. O povoamento, com sete anos de idade, foi constituído por mudas desenvolvidas a partir de sementes coletadas em formigueiro, implantado em diferentes tipos de solos. As covas, em espaçamento de 3 m por 1,5 m, receberam 50 g de adubo da fórmula (5:30:15).

Determinaram-se o diâmetro à altura do peito (DAP), utilizando um paquímetro, a altura das árvores com régua telescópica e a espessura da casca, com espessômetro à altura do peito.

Para cálculo de volume comercial por árvore, foi utilizada a fórmula $\pi d^2/4h$, usando o fator de forma 0,53, adotado pela SETA S.A. O volume comercial médio por hectare foi obtido transformando o referido volume para m³/ha.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, distribuídos em cinco tipos de solos, os quais configuram os tratamentos dessa pesquisa. Para cada solo foram delimitados três blocos, formados cada qual por 20 árvores, totalizando 60 plantas por tratamento, a saber: 1. PVAvd - Argissolo Vermelho-amarelo Ta Distrófico úmbrico textura média/argilosa relevo ondulado; 2. RLvd- Neossolo Litólico Ta Distrófico fragmentário A moderado textura média cascalhento pedregoso relevo forte ondulado substrato xisto; 3. PVvd - Argissolo Vermelho Ta Distrófico típico A moderado textura arenosa/média cascalhento relevo ondulado; 4. CXbd - Cambisolo Háptico Tb Distrófico úmbrico textura argilosa relevo ondulado (substrato migmatito); 5. RRvdh - Neossolo Regolítico Ta Distro-úmbrico léptico textura média com cascalho relevo ondulado (substrato migmatito).

A análise estatística foi feita por meio de Contrastes Ortogonais do Teste F.

Resultados e Discussão

Quanto às características químicas, tanto em superfície como em subsuperfície, detectou-se o predomínio do caráter distrófico (baixa saturação por bases). Com relação à saturação por alumínio trocável, foram identificados valores menores que 50 % nos horizontes superficiais em todos os solos, enquanto em subsuperfície, os Argissolos apresentaram valores maiores que 50 % (Tabela 1).

Todos os solos apresentam textura média no horizonte superficial, exceto o Argissolo Vermelho, que é arenoso (Tabela 2). A textura de subsuperfície é variável, com Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo em textura argilosa, enquanto os demais encerram a textura média. Vale ressaltar que houve distinção no incremento de argila no horizonte subsuperficial (Bt) dos Argissolos, sendo que a relação textural (% de argila do horizonte Bt / % de argila do horizonte A) foi de 1,57 no Argissolo Vermelho e de 1,73 no Argissolo Vermelho-Amarelo. Em geral, os solos que constituem os tratamentos contêm atividade de argila elevada ($e \geq 27$ cmol_c/kg de argila), à exceção do Cambissolo que atingiu 24 cmol_c/kg de argila no horizonte subsuperficial (Tabela 2).

Quanto às características morfológicas, as diferenças mais evidentes ocorreram na espessura dos solos, considerando a soma de todos os horizontes, de modo que os Argissolos e o Cambissolo constituíram volumes profundos (> 1 m), enquanto o Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico apresentaram espessura de 70 cm (pouco profundo) e 40 cm (raso), respectivamente.

Tabela 1. Características químicas dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos.

Horizontes Superficiais												
Solos	Horizonte/ Espessura (cm)	pH (CaCl ₂)	cmol _c .dm ⁻³						g. dm ⁻³	mg.dm ⁻³	%	
			Al	H + Al	Ca	Mg	K	T				
PVAvd	Ap - 0 - 35	4,6	0,5	6,6	2,1	1,7	0,73	11,1	23	11,2	10,0	40
RLvd	Ap - 0 - 20	4,6	1,5	6,8	0,9	1,0	0,26	8,9	12	1,5	17,0	24
PVvd	Ap - 0 - 20	4,6	0,5	6,2	1,2	1,2	0,49	9,1	18	2,0	14,7	32
CXbd	Ap - 0 - 35	4,8	0,3	6,1	2,4	1,6	0,48	10,6	23	1,0	7,1	42
RRvdh	Ap - 0 - 30	4,6	0,7	4,9	1,1	0,9	0,21	7,0	16	1,0	40,0	31
Horizontes Subsuperficiais												
Solos	Horizonte/ Espessura (cm)	pH (CaCl ₂)	cmol _c .dm ⁻³						g. dm ⁻³	mg.dm ⁻³	%	
			Al	H + Al	Ca	Mg	K	T				
PVAvd	Bt - 40 - 60	4,4	3,93	10,33	1,20	1,30	0,19	13,03	9,3	1	59	20
RLvd	C - 20 - 40	4,5	1,70	7,20	0,80	1,00	0,01	9,10	6,0	1	47	21
PVvd	Bt - 37 - 71	4,4	2,30	7,70	0,70	0,70	0,09	9,20	7,0	2	61	16
CXbd	Bi - 50 - 80	4,6	1,70	6,83	1,28	1,00	0,24	9,35	7,3	1	41	27
RRvdh	C - 47 - 70	4,6	2,00	6,25	1,33	1,25	0,14	8,95	8,3	1	37	31

Tabela 2. Granulometria e atividade da argila dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos.

Horizontes Superficiais							
Solos	Horizonte/ Espessura (cm)	Granulometria (g/kg ⁻¹)					Atividade de argila cmol _{c/kg} de argila
		Areia	Silte	Argila	Cascalho	Calhaus	
PVAvd	Ap - 0 - 35	620	160	220	10	0	51 (Ta)
RLvd	Ap - 0 - 20	510	220	270	420	200	33 (Ta)
PVvd	Ap - 0 - 20	700	160	140	280	0	65 (Ta)
CXbd	Ap - 0 - 35	430	270	300	3	0	35 (Ta)
RRvdh	Ap - 0 - 30	640	200	160	90	0	44 (Ta)
Horizontes Subsuperficiais							
Solos	Horizonte/ Espessura (cm)	Granulometria (g/kg ⁻¹)					Atividade de argila cmol _{c/kg} de argila
		Areia	Silte	Argila	Cascalho	Calhaus	
PVAvd	Bt - 40 - 60	420	200	380	54	0	34 (Ta)
RLvd	C - 20 - 40	540	220	240	380	60	38 (Ta)
PVvd	Bt - 37 - 71	640	140	220	210	0	42 (Ta)
CXbd	Bi - 50 - 80	440	170	390	10	0	24 (Tb)
RRvdh	C - 47 - 70	610	230	160	110	0	56 (Ta)

Ta- argila de atividade alta; Tb- argila de atividade baixa.

Com relação às características físico-hídricas dos horizontes superficiais, a despeito das pequenas variações na porosidade, o Cambissolo destaca-se dos demais pela maior quantidade de poros, inclusive apresentando a maior microporosidade (Tabela 3), fato que está atrelado indiretamente à sua textura mais argilosa (Tabela 2 e 3). Conseqüentemente, contém os maiores volumes de água retida nas cinco tensões analisadas. Oliveira (2001)

comenta a maior porosidade dos solos argilosos em relação aos de textura média e arenosa, sobretudo quanto à microporosidade. Comparativamente a solos arenosos, a umidade é maior em solos com teores de argila mais elevados (MENTGES et al., 2007).

Pode ser evidenciada uma diminuição gradual na porosidade total: CXbd > RRvdh > PVAvd > PVvd > RLd, fato não verificado nos macro e microporos (Tabela 3).

Tabela 3. Características físico-hídricas dos horizontes superficiais.

Solo	Tensão de retenção de umidade em KPa					Densidade do Solo g.cm ⁻³	Porosidade		
	6	10	33	100	500		Total	Micro	Macro
	% (volume)						%		
PVAvd	25,7	19,3	16,2	13,9	11,4	1,05	45	26	19
RLvd	30,7	25,9	22,5	19,6	16,5	1,43	41	30	11
PVvd	26,2	20,9	18,3	16,6	14,1	1,05	43	26	17
CXbd	40,1	35,7	30,9	26,8	23,2	1,20	50	40	10
RRvdh	31,3	25,8	19,9	16,1	13,2	1,22	48	32	16

A Tabela 4 apresenta os contrastes ortogonais de médias de DAP, altura total e comercial, espessura de casca e volume comercial de madeira por árvore de acordo com os tipos de solos.

De acordo com o Contraste A, para todas as variáveis analisadas, os Argissolos e o Cambissolo diferem dos Neossolos, pois esses constituem volumes pouco propícios para a obtenção de elevada produtividade em razão das menores quantidades em bases trocáveis e

dos maiores valores em alumínio trocável (Tabela 1), além de serem os de menor espessura.

O contraste B demonstra que não houve diferenças de DAP, altura total e comercial, espessura de casca e volume comercial de madeira por árvore, comparando os Argissolos com o Cambissolo. Rachwal et al. (2007) também não encontraram diferença significativa no crescimento e produção de madeira de acácia-negra sobre Cambissolo e Argissolo, no Município de Piratini, RS.

Tabela 4. Contrastes ortogonais de médias pelo Teste F para volume comercial por árvore, DAP, altura total e comercial, por tipo de solo e espessura de casca.

Solos	DAP (cm)	Alt. total (m)	Alt. com. (m)	Esp. casca (cm)	Vol. com. /árvore (m ³ /árvore)
PVvd	17,17	16,41	13,13	0,59	0,1831
CXbd	14,06	16,38	13,10	0,45	0,1196
PVAvd	12,19	15,66	12,52	0,45	0,0894
RLvd	11,34	13,67	10,94	0,42	0,0688
RRvdh	10,11	12,74	10,19	0,43	0,0532
Contrastes					
A	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
B	0,4737	0,3599	0,3608	0,0014	0,2877
C	< 0,0001	0,2662	0,2609	< 0,0001	< 0,0001
D	0,0794	0,0903	0,0892	0,5723	0,2308

Contrastes: A - PVAvd, PVvd e CXbd versus RRvdh, RLvd; B - PVAvd e PVvd versus CXbd; C - PVAvd versus PVvd; D - RRvdh versus RLvd.

Contudo, vale destacar que o potencial produtivo do Cambissolo, o qual possui a maior porosidade total e microporosidade (Tabela 3), bem como a maior saturação iônica nos horizontes superficial e subsuperficial (Tabela 1), foi comprometido, em função dos graves danos causados pela geada. Essa afetou mais seriamente o povoamento situado nesse solo devido à sua localização específica em posição de vale, para o qual convergiam as massas de ar frio.

A acácia-negra não tolera geadas intensas, principalmente no primeiro ano de vida (STEIN; TONIETTO, 1997). Seu crescimento é reduzido quando cultivada em regiões de geadas fortes e frequentes (GRIGOLETTI et al., 2003).

Ao confrontar os Argissolos entre si, pelo contraste C, percebe-se que a espessura de casca, o volume comercial por árvore e especialmente o DAP, foram bem superiores no Argissolo Vermelho, fato atribuído à seguinte conjugação de fatores: texturas mais leves, relação textural mais amena e a melhor drenagem, a despeito da maior atividade de argila. Entretanto, deve-se relevar que em texturas pobres em argila, o efeito da atividade da mesma na obliteração de poros e danos às raízes fica minimizado, a ponto de o próprio Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006) não a considerar na classificação de pedons que contenham texturas areia e areia franca.

Boland et al. (1984) afirmam que a acácia-negra ocorre naturalmente em solos bem drenados. A espécie não se desenvolve em solos mal drenados, hidromórficos e muito úmidos (GRIGOLETTI et al., 2003).

A drenagem mais restrita no Argissolo Vermelho-Amarelo é evidenciada pela sua tonalidade amarela no horizonte Bt.

As tonalidades vermelha e amarela estão associadas ao grau de hidratação dos minerais férricos (Fe^{+++}) presentes nos solos. A cor amarela é devida principalmente a óxidos de Fe^{+3} hidratados (FREIRE, 2006), que é a forma de ferro presente no Argissolo Vermelho-Amarelo estudado.

Por sua vez, a cor vermelha indica boa drenagem e aeração do solo e geralmente é devida à presença de óxidos de Fe^{+3} desidratados (FREIRE, 2006), como é o caso do Argissolo Vermelho deste estudo. Segundo Kampf e Curi (2000), cores avermelhadas relacionam-se com hematita (Fe_2O_3) e a cor amarela com a goetita (FeOOH).

Ainda por meio do contraste C, fica evidente que o fator preponderante para demarcar a diferença entre a produção de madeira por árvore nos Argissolos se deve às diferenças encontradas no DAP.

Por intermédio do contraste D, pode ser observado que não há diferença entre nenhum dos parâmetros analisados nos povoamentos dos Neossolos, a despeito de possuírem diferenças de espessura, respectivamente, 40 cm no Neossolo Litólico e 70 cm no Neossolo Regolítico. O caráter fragmentário do Neossolo Litólico expressa a possibilidade de as raízes continuarem se aprofundando dentro do material saprolítico, compensando, de certa forma, a menor espessura do solo.

Considerando-se as produtividades comerciais de madeira apresentadas na Tabela 5, pode ser observada a formação de dois grupamentos distintos: os povoamentos sobre solos profundos (Argissolos e Cambissolo), com maiores rendimentos, e os que se situam em Neossolos, com as menores produtividades.

Tabela 5. Sobrevivência e volume comercial de madeira por tipo de solo.

Solos	Sobrevivência (%)	Vol. Com. (m^3/ha)
PVvd	38	141,75
PVAvd	78	141,41
CXbd	58	141,08
RLvd	78	108,75
RRvdh	88	94,95

Cabe salientar que a maior produtividade é coincidente aos maiores teores de cálcio, magnésio, potássio e carbono no horizonte superficial, tanto do Cambissolo como do Argissolo (Tabela 1), fato não extrapolável para o horizonte subsuperficial, sugerindo a maior importância do horizonte de superfície para a cultura. Rachwal et al. (2007) encontraram maior produtividade de acácia-negra em solos com maiores teores de cálcio, magnésio e carbono. Especificamente para o potássio, Little et al. (2000), Andrade et al. (2004) e Mochiutti (2007) atestam o efeito desse elemento no aumento da produtividade da acácia-negra.

Fato importante a ser mencionado é a mesma produtividade de acácia nos Argissolos (Tabela 5), pois o rendimento no Argissolo Vermelho, considerando a sua baixa taxa de sobrevivência, atesta a elevada capacidade de “compensação de estande” da espécie, como tantas outras leguminosas, a soja, por exemplo. A alta mortalidade nesse solo é justificada pela quantidade elevada de cascalho (Tabela 2), a qual ocasionou injúrias mecânicas no colo das árvores jovens, principalmente, quando ocorriam ventos fortes, fato corriqueiro na região e observado por diversas vezes durante a experimentação, além do ataque por lebres, que neste povoamento ocorreu em maior escala, tendo reduzido consideravelmente a densidade de plantas.

A produção total de volume de madeira no final do ciclo de corte da acácia-negra é semelhante para diferentes níveis de densidade (ASSMANN, 1961; SCHNEIDER et al., 2000).

A mortalidade de espécies arbóreas está relacionada a inúmeros fatores como pragas, incêndio, vento, danos mecânicos causados pelo homem e animais, pequeno vigor das mudas e competição entre árvores (LEE, 1971; BURKHART, 1974; BUCHMAN et al., 1983). Na acácia-negra, interferem na mortalidade, a densidade populacional, diferenças de sítio, condições edafoclimáticas, qualidade das mudas, pragas e doenças, competição por água, luz e nutrientes e incidência de gomose (BUCHMAN et al., 1983; KLEIN et al., 1992; AUER; SOTTA, 1995; SANTOS et al., 1997; CALDEIRA et al., 2001; SCHNEIDER et al., 2005b; MOCHIUTTI, 2007.)

Por possuir sistema radicular superficial, a acácia-negra é suscetível ao tombamento causado por ventos fortes (KANNEGIESSER, 1990; GRIGOLETTI et al., 2003; MOCHIUTTI, 2007).

O grupamento de menor produtividade encontra-se em Neossolos, os quais, além de apresentarem menor profundidade, possuem no horizonte superficial as menores quantidades de cálcio, de magnésio, de potássio e de carbono, os maiores teores de alumínio trocável e os menores valores de saturação em bases (Tabela 1). Schönau (1969) encontrou correlação positiva entre produção de madeira de acácia-negra e profundidade do solo e reserva de nutrientes. O menor volume de madeira foi encontrado por Mochiutti (2007) também em Neossolo Litólico distrófico, o qual apresentou características físicas desfavoráveis como pedregosidade e profundidade de apenas 45 cm.

A profundidade do solo é indicada por diferentes autores como fator decisivo para determinar boas produtividades (SHERRY, 1971; DONKIN, 1994; RACHWAL et al., 2007). A pequena profundidade dos Neossolos Litólicos constitui-se em séria limitação ao desenvolvimento das plantas, devido ao reduzido volume de solo a ser explorado pelas mesmas, para sustentação e assimilação de água e nutrientes (OLIVEIRA, 2001). Na África do Sul, a altura dominante da acácia-negra é maior em solos com maior profundidade efetiva (SCHÖNAU; ALDWORTH, 1991). Solos pedregosos, pouco profundos, com baixa saturação em bases e alta concentração de alumínio, não são recomendáveis para o cultivo da acácia-negra (RACHWAL et al., 2007).

Ademais, os Neossolos, de pequena profundidade, foram os pedons com menor quantidade de bases, o que, em conjunto, determinou sua menor produtividade (Tabela 5). Rachwal et al. (2007) registraram esse fato com acácia-negra em Neossolos Litólicos com alta saturação por alumínio trocável.

Conclusão

Os Argissolos e o Cambissolo reúnem condições mais propícias para o desenvolvimento e produção de madeira de acácia-negra do que os Neossolos Litólico e Regolítico, no Município de Butiá, RS.

Os Neossolos apresentaram os valores mais reduzidos em DAP, altura, espessura de casca e volume de madeira por árvore, e também os menores volumes comerciais de madeira por área, tendo produzido 30 % a menos de madeira em m³/ha do que os Argissolos e o Cambissolo.

A acácia-negra se desenvolveu melhor em solos mais profundos, bem drenados e com maiores reservas de nutrientes.

Em solos mais rasos, com características físicas menos favoráveis, a acácia-negra produz melhor naqueles que apresentam melhores condições químicas, como o Neossolo Litólico que, embora raso e com saturação de bases ligeiramente inferior, possui maior reserva de nutrientes do que o Neossolo Regolítico pouco profundo, que apresenta saturação em alumínio consideravelmente superior.

A quantidade de cascalho no solo aumenta o índice de mortalidade da acácia-negra, principalmente em locais onde ocorrem ventos fortes.

Referências

- ANDRADE, G. C.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da. Adubação fosfatada e potássica em plantios de *Acacia mearnsii* De Wild. (acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 65-74, jan./jun., 2004.
- ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. Muenchen: BLV Verlagsgesellschaft, 1961. 435 p.
- AUER, C. G.; SOTTA, E. D. Patogenicidade de *Cylindrocladium candelabrum* em acácia-negra. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p. 29-35, jan./dez. 1995.
- BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Nelson-CSIRO, 1984. 243 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (DNPEA. Boletim técnico, 30).
- BUCHMAN, R. G.; PEDERSON, S. P.; WALTERS, N. R. A tree survival model with application to species of the Great Lakes region. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 13, p. 601-608, 1983.
- BURKHART, H. E. **Estimating growth and mortality**. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University, 1974. 15 p.
- CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*acacia mearnsii* de wild.) **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 615-620, 2002.
- CALDEIRA, M. V. M.; SCHUMACHER, M. V.; RONDON NETO, R. M.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, E. M. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild, procedência Batemans Bay-Austrália. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 79-91, 2001.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; SIMON, A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão e na produtividade da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 205-215, 2007.
- DONKIN, M. J. A multivariate reappraisal of a site evaluation study in *Acacia mearnsii* De Wild. **South African Forestry Journal**, Johannesburg, n. 169, p. 1-10, 1994.
- FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. [Botucatu]: FEPAP, 2006. 268 p.
- GRIGOLETTI, A.; SANTOS, A. F. dos; HIGA, A. R.; MORA, A. L.; SIMON, A. A.; AUER, C.; IEDE, E. T.; CURCIO, G. R.; RODIGHERI, H. R.; DEDECEK, R. A.; HIGA, R. C. V.; KEIL, S. S.; PENTEADO, S. do R. C. **Cultivo da acácia-negra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. Versão eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AcaciaNegra/CultivodaAcaciaNegra/index.htm>>. Acesso em: 29 out. 2007.
- HIGA, R. C. V.; DEDECEK, R. A. **A acácia-negra**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1999. 2 p. (EMBRAPA-CNPF. Instrução técnica, 5).
- IBGE. **Folhas SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1986. 791 p. (Levantamento de recursos naturais, v. 33).
- IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. v. 3.
- KAMPE, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 107-138.
- KANNEGIESER, U. Apuntes sobre algunas acacias australianas. 1.- *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciencia e Investigación Forestal**, v. 4, n. 2, p. 198-202, 1990.
- KLEIN, J. E. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; FLEIG, F. D. Produção de madeira e casca de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 87-97, 1992.
- KRAMER, R. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Kalousté Goulbenkian, 1972. 745 p.
- LEE, Y. L. Predicting mortality for evenaged stands of lod gepole pine. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 47, n. 1, p. 29-32, 1971.
- LITTLE, K. M.; SMITH, C. W.; NORRIS, C. H. The influence of various methods of plantation residue management on replanted *Acacia mearnsii* growth. **Australian Forestry**, Canberra, v. 63, n. 3, p. 226-234, 2000.
- MENTGES, M. I.; FONTANELA, E.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade máxima pelo ensaio de proctor normal para seis solos em diferentes manejos e sua relação com o teste de compressão uniaxial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Resumos**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2007. p. 96-97.
- MOCHIUTTI, S. **Produtividade e sustentabilidade de plantações de acácia-negra (*Acaica mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul**. 2007. 270 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MORA, A. L.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SIMON, A. A. Melhoramento genético para a produção de tanino no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001, Curitiba. [Anais.]. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 141-152. (Embrapa Florestas. Documentos, 62).

- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 34 p.
- NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. Towards sustained productivity of tropical plantations: science and practice. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR, 1997. p. 527-553. (ACIAR Monograph, 43).
- OLIVEIRA, H. A. **Acácia-negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Canoas: La Salle, 1968. v. 2.
- OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 414 p.
- POLLOCK, K. M.; GREER, D. H.; BULLOCH, B. T. Frost tolerance of acacia seedlings. **Australian Journal Research**, v. 16, n. 4, p. 337-346, 1986.
- PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: J. Willey, 1990.
- RACHWAL, M. F. G.; DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; SIMON, A. A. Manejo dos resíduos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) e a sustentabilidade de sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, p. 137-144, 2007.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. A. situação atual da etiologia da gomose da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, supl., p. 305, ago. 1997. Edição dos Resumos do 30º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 1997, Poços de Caldas.
- SANTOS, F. E. M.; SOBROSA, R. C.; COSTA, I. F. D.; CORDER, M. P. M. Detecção de fungos patogênicos em sementes de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 13-20, 2001.
- SCHNEIDER, P. R.; DESTEN, G.; BRILL, A.; MAINARDI, G. L. Determinação da produção de casca em acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 64-75, 1991.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; SOBRINHO, V. G.; SCHNEIDER, P. S. P. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 391-402, 2005a.
- SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M. Crescimento da acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild. em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 101-112, 2000.
- SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; SPATHELF, P. Produção de madeira e casca verde por índice de sítio e espaçamento inicial de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 151-165, 2001.
- SCHNEIDER, P. R.; FORTES, F. O.; SOUZA, L. H. S.; DAL'COL LÚCIO, A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. S. P. Análise da mortalidade de *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 137-143, 2005b.
- SCHNEIDER, P. R.; TONINI, H. Utilização de variáveis Dummy em equações de volume para *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 121-129, 2003.
- SCHÖNAU, A. P. G. A site evaluation study in black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Annale van die Universiteit van Stellenbosch**, v. 44, n. 2, p. 1-214, 1969.
- SCHÖNAU, A. P. G.; ALDWORTH, W. J. K. Site evaluation in black wattle with special reference to soil factors. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 156, p. 1-6, 1991.
- SEARLE, S. D. *Acacia mearnsii* De Wild. (black wattle) in Australia. In: BROWN, A. G.; KO, H. C. (Ed.). **Black wattle and its utilizations**. Barton, ACT: Rural Industries Research and Development Corporation, 1997. p. 1-10.
- SEARLE, S. D.; OWEN, J. V.; WILLIAMS, E. R.; RAYMOND, C. A. Genetic variation in frost tolerance of *Acacia mearnsii*. In: TURNBULL, J. W. (Ed.). **Advances in tropical research: proceedings of a workshop held in Bangkok, Thailand, 11-15 February 1991**. Canberra: ACIAR, 1991. p. 93-94. (ACIAR Proceedings, n. 35).
- SHERRY, S. P. **The black wattle** (*Acacia mearnsii*). Pietermaritzburg: University of Natal Press, 1971. 402 p.
- SIMON, A. A. A cadeia produtiva da acácia-negra, aspectos econômicos, sociais e ambientais. In: STROHSCHOEN, A. G.; REMPEL, C. **Reflorestamento e recuperação ambiental: ambiente e tecnologia: o desenvolvimento sustentável em foco**. Lajeado: Univates, 2005. p. 149-166.
- STEIN, P. P.; TONIETTO, L. Black wattle silviculture in Brazil. In: BROWN, A. G.; KO, H. C. (Ed.). **Black wattle and its utilizations**. Barton: RIRDC, 1997. p. 78-82.

Recebido em 30 de outubro de 2007 e aprovado em 25 de abril de 2008