



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

VALIDAÇÃO DE SISTEMA INFORMATIZADO DE APTIDÃO SILVICULTURAL DAS TERRAS DOS TABULEIROS COSTEIROS PARA EUCALIPTO

Amaury de Carvalho Filho⁽¹⁾; Athus Caputo de Oliveira⁽²⁾; Vladimir Antonio Silva⁽³⁾; Sebastião da Fonseca⁽⁴⁾; Soami Caio Decchetti⁽⁵⁾; Sérgio Henrique Godinho Silva⁽⁶⁾; Nilton Curi⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa-Solos; Rua Jardim Botânico, 1024 – CEP 22460-000 – Rio de Janeiro-RJ; ⁽²⁾ Acadêmico de Engenharia Florestal/Bolsista de Iniciação Científica; Departamento de Ciência do Solo-Ufla, Campus da Ufla, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 - Lavras, MG; athuscaputo@gmail.com; ⁽³⁾ Doutorando; Departamento de Ciência do Solo-Ufla, Lavras, MG; ⁽⁴⁾ Coordenador de Melhoramento e Manejo Florestal; Fibria Celulose S.A.; Rod. Aracruz-Barra do Riacho, s/nº, CEP 29197-000 - Aracruz-ES; ⁽⁵⁾ Pós-Doutoranda/Bolsista do CNPq; Departamento de Ciência do Solo-Ufla, Lavras, MG; ⁽⁶⁾ Acadêmico de Engenharia Florestal/Bolsista de Iniciação Científica; Departamento de Ciência do Solo-Ufla; ⁽⁷⁾ Professor; Departamento de Ciência do Solo-Ufla, Lavras, MG.

Resumo – Face à expansão da cultura do eucalipto nos Tabuleiros Costeiros e ausência de critérios mais específicos para avaliação das potencialidades de uso dessas terras, foi elaborado um método para avaliação da aptidão silvicultural para essa cultura, considerando dois níveis de manejo, nesse ecossistema. Elaborou-se um sistema informatizado, no programa Microsoft Excel®, que possibilita a avaliação automática da aptidão silvicultural. O método constitui ferramenta tanto para avaliação de áreas restritas, como para planejamentos de uso da terra e zoneamentos diversos, e também como apoio para a silvicultura de precisão. A fim de validar o sistema pelo teste do qui-quadrado, foram confrontados os resultados de classificações de aptidão obtidas através do sistema informatizado com as produtividades de plantios de eucalipto expressas pelo Incremento Médio Anual (IMA) projetado para a idade de sete anos, verificadas pela Fibria Celulose S.A., adotando-se determinadas faixas desse índice como indicativas da adequação das classes de aptidão silvicultural para eucalipto. Foram testados 360 *check plots* dentro do ambiente em questão e o sistema informatizado mostrou-se adequado em avaliar a aptidão silvicultural dessas terras para eucalipto.

Palavras-Chave: vocação agrícola das terras; essência florestal; método automático; qui-quadrado; IMA.

INTRODUÇÃO

Verificou-se nas últimas décadas uma grande expansão da cultura do eucalipto na região dos Tabuleiros Costeiros brasileiros. Em nosso país, os trabalhos de avaliação das terras para fins agrícolas têm, em geral, tomado como base o Sistema de Classificação da Capacidade de Uso (Marques, 1971; Lepsch et al., 1983), que apresenta algumas limitações a interpretações de maior abrangência geográfica (Resende et al., 2007) e o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Bennema et al., 1965; Ramalho Filho et al., 1978, 1983; Ramalho Filho & Beek, 1995).

No sistema informatizado de aptidão silvicultural aqui abordado, são considerados dois níveis de manejo: SB e SC, que refletem, respectivamente, nível tecnológico menos e mais elevado, em correspondência com os níveis de manejo B e C do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Este método informatizado para avaliação da aptidão silvicultural das terras dos Tabuleiros Costeiros para eucalipto (Carvalho Filho, 2008) é uma importante ferramenta. Todavia, precisa ser validado, comparando seus resultados com a produtividade medida através do incremento médio anual (IMA), alcançado pelo eucalipto no campo. Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi validar o método informatizado aplicando-se o teste do qui-quadrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de 360 *check plots* instalados em solos dos Tabuleiros Costeiros pela Fibria Celulose S.A.

Com base nas características dos *check plots* que se objetivou avaliar, relativas a parâmetros preestabelecidos, foram processados os dados no sistema informatizado (Carvalho Filho, 2008), de acordo com regras pré-definidas, conforme as relações explicitadas em chaves de classificação e assim determinados os graus de limitação referentes a cada uma das qualidades básicas, deficiência de oxigênio, deficiência de nutrientes, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização, e então, pelo confronto com o quadro-guia, foi indicada a aptidão silvicultural para eucalipto.

O manejo SB é baseado em práticas silviculturais que refletem um nível tecnológico moderado: modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e da cultura do eucalipto.

O manejo SC tem como características, práticas silviculturais que refletem um nível tecnológico mais elevado: aplicação intensiva de capital e resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e da cultura do eucalipto. Neste trabalho foi considerado somente o manejo SC.

No sistema informatizado, a entrada de dados é realizada em duas planilhas, denominadas ambiente e solo, que contemplam, respectivamente, parâmetros relativos a condições ambientais (declividade ou relevo, comprimento da pendente, posição na paisagem, vegetação nativa, uso atual, clima e drenagem) e a características pedológicas (cor, textura, fertilidade, restrições de ordem física e mudança textural abrupta), e os resultados foram obtidos em uma planilha denominada aptidão silvicultural.

Em relação a condições ambientais, são identificadas oito faixas de declive: 0-3%, 3-5%, 5-8%, 8-13%, 13-20%, 20-30%, 30-45% e >45% ou, alternativamente, as classes de relevo: plano, plano e suave ondulado, suave ondulado, suave ondulado e ondulado, ondulado, ondulado e forte ondulado, forte ondulado e montanhoso ou escarpado; quatro faixas de comprimento de pendente: curta (<50m), média (50-100m), longa (100-200m) e muito longa (>200m); posição em que a área se encontra na paisagem: área de nascente, cabeceira de drenagem, área deprimida, planície fluvial e vale encaixado; tipo de vegetação nativa conforme Embrapa (1988, 2006): floresta perenifólia, floresta subperenifólia, floresta subcaducifólia, floresta caducifólia, floresta de várzea, campo de várzea, cerrado, transição cerrado/caatinga, caatinga hipoxerófila, caatinga hiperxerófila e floresta de várzea ou campo de várzea; uso atual: pastagem, lavoura, silvicultura, capoeira, ou vegetação nativa; tipos climáticos conforme Köppen: BSh', As', Aw, Am, Ams'; precipitação média anual e indicação da ocorrência frequente de veranicos; classes de drenagem: bem ou melhor drenado, moderadamente drenado, imperfeitamente drenado, mal ou muito mal drenado.

Quanto às características pedológicas, consideram-se cinco faixas de profundidade (0-20, 20-50, 50-80, 80-120 e 120-150 cm) e são identificadas: cor predominante conforme a notação de Munsell: cor viva (cores amarelas, vermelhas ou vermelho-amarelas, de croma ≥ 4), cor pouco viva (cores pálidas ou de tonalidade esmaecida, croma > 2 e < 4) e cor cinzenta (croma ≤ 2), que podem apresentar manchas (mosqueados) de cor cinzenta (croma ≤ 2), ou relacionadas à ocorrência de plintita; textura: arenosa ($< 150\text{g kg}^{-1}$ de argila), média baixa ($150\text{-}200\text{g kg}^{-1}$ de argila), média (200-300g kg⁻¹ de argila), média alta (300-350g kg⁻¹ de argila), argilosa (350-600g kg⁻¹ de argila) e muito argilosa ($> 600\text{g kg}^{-1}$ de argila); fertilidade que pode ser expressa por três modos: a) representada por valor S, V% e relação Ca/Mg, b) estimada pelas condições de saturação representadas pelo caráter álico ($> 50\%$ de saturação por alumínio), distrófico ($< 50\%$ de saturação por bases) ou eutrófico ($\geq 50\%$ de saturação por bases) ou, na ausência total de dados, c) escolhida uma das condições como opção para estimativa da fertilidade (muito baixa, baixa, moderada, alta ou muito alta).

Foram utilizados 360 *check plots* instalados nos solos com maior expressão geográfica nos Tabuleiros Costeiros e as respectivas produtividades do eucalipto obtidas pela Fibria Celulose S.A. nesses ambientes.

A produtividade do eucalipto foi expressa pelo Incremento Médio Anual (IMA) projetado para a idade de sete anos, a partir de medições iniciadas aos três anos de idade da planta, referente à madeira com casca para celulose, considerando-se $\text{IMA} > 45\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ indicativo de aptidão adequada-S; $30 \leq \text{IMA} \leq 45\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ indicativo de aptidão regular-s; $20 \leq \text{IMA} < 30\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ indicativo de aptidão restrita-(s) e $\text{IMA} < 20\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ indicativo de aptidão inadequada-I.

A partir dos dados de *check plots* de 303 Argissolos Amarelos, 36 Latossolos Amarelos, 10 Argissolos Acinzentados, 8 Espodossolos, 1 Argissolo Vermelho e 2 Neossolos Quartzarênicos, registrou-se nas planilhas do sistema informatizado as informações necessárias, obtendo-se assim suas respectivas classificações de aptidão silvicultural para eucalipto.

Pelo teste do qui-quadrado ($P < 0,05$) foi comparado, para cada *check plot*, o resultado da aptidão indicado pelo IMA (frequência observada) com aquele encontrado através do sistema informatizado (frequência teórica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ambiente deste estudo predominam os Argissolos Amarelos, que ocorrem predominantemente em relevo suavizado e são frequentemente usados com cultivo de eucalipto. De acordo com os resultados da Tabela 1, a maioria desses solos se mostrou de aptidão regular para eucalipto quando analisada pelo sistema informatizado, em concordância com a maioria dos valores de IMA obtidos pela Fibria Celulose S.A. entre 30 e $44\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e quando o sistema informou aptidão adequada, naqueles *check plots*, os valores obtidos de IMA foram superiores a $46\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, atingindo em alguns casos, valores de $51\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. O principal fator limitante desses Argissolos em relevo plano é a fertilidade, todavia, quando ocorrem em relevo suave ondulado e ondulado tendem a apresentar limitações por erodibilidade e dificuldades de mecanização. Os Latossolos Amarelos são de ocorrência menos frequente, mas são também usados com cultivo de eucalipto e quando analisados pelo sistema informatizado apresentaram predominantemente aptidão regular para eucalipto, concordando com os valores de IMA verificados de 30 a $44\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e, ainda, o sistema informatizado acusou como principal fator limitante desses solos a fertilidade.

Ao se comparar os Argissolos Amarelos com os Latossolos Amarelos quanto à aptidão silvicultural para eucalipto (Tabela 1), cabe considerar que o fator fertilidade limitante dos Latossolos pode ser amenizado pelo manejo, com aumento de investimentos em tecnologias de correção e adubação do solo e isso se aplica também para os Argissolos de relevo plano. O manejo adotado pela Fibria Celulose S.A. no plantio de eucalipto nesses ambientes tem indicado a aplicação de fertilizantes visando equalizar limitações de crescimento do eucalipto condicionadas pela baixa fertilidade dos solos. Todavia, quando os Argissolos ocorrem em relevo suave ondulado a ondulado, ainda que considerados de aptidão adequada para eucalipto, deve-se atentar para o principal fator limitante desses solos estar relacionado à erodibilidade do solo e a dificuldades de mecanização.

Os Espodosolos apresentaram comportamento semelhante aos Argissolos Acinzentados quando analisados pelo sistema informatizado e foram classificados como tendo aptidão silvicultural restrita para eucalipto, em concordância com os menores valores de IMA verificados pela Fibria Celulose S.A. Esses solos ocorrem em áreas de baixadas tendendo a condições de encharcamento e do ponto de vista de aptidão silvicultural, podem ser considerados marginais para o cultivo de eucalipto, situação ainda mais agravada pelo fator limitante estar relacionado à anoxia, condição não tolerada pela cultura (Costa et al., 2009). Se a condição de anoxia está relacionada ao encharcamento certamente haverá ainda dificuldades de mecanização, uma limitação dificilmente contornável e que tende a se agravar com o tráfego de máquinas no terreno.

Com as frequências observadas e teóricas para cada classe de aptidão calculou-se o valor de 4,035 para o qui-quadrado conforme a Tabela 2.

Para 5% de probabilidade e 3 graus de liberdade (4 classes de aptidão) obteve-se o valor de 7,815 para o qui-quadrado tabelado. Comparando-se o valor de qui-quadrado calculado com o valor de qui-quadrado tabelado, verificou-se que o valor calculado foi inferior àquele tabelado, indicando que o sistema informatizado é adequado para estimar a aptidão silvicultural das terras dos Tabuleiros Costeiros para eucalipto.

CONCLUSÃO

O sistema informatizado mostrou-se válido em estimar a aptidão silvicultural das terras dos Tabuleiros Costeiros para eucalipto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela FAPEMIG e pelo CNPq e a cessão dos dados dos *check plots* pela Fibria Celulose S.A.

REFERÊNCIAS

- BENNEMA, J. BEEK, K.J.; CAMARGO, M.N. Interpretação de levantamentos de solos no Brasil: primeiro esboço: um sistema de classificação da capacidade de aptidão de uso da terra para levantamentos de reconhecimento de solos. Rio de Janeiro: DPFS/DPEA/MA/FAO, 1965. 51p.
- CARVALHO FILHO, A. de. Solos e ambientes do Quadrilátero Ferrífero (MG) e aptidão silvicultural dos Tabuleiros Costeiros. Tese (Doutorado), Lavras, UFLA, 2008. 245p. il..
- COSTA, A.M. da; CURI N.; ARAÚJO E.F. de; MARQUES, J.J.; MENEZES, M.D. de. Avaliação do risco de anoxia para o cultivo do eucalipto no Rio Grande do Sul utilizando-se levantamento de solos. Scientia Florestalis, Piracicaba, v. 37, n.84, p. 367-375, 2009.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1983. 175p.
- MARQUES, J.Q.A. Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª aproximação. Rio de Janeiro: ETA, 1971. 433p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, DF: SUPLAN-MA/EMBRAPA-SNLCS, 1978. 70p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 2.ed. Rio de Janeiro: SUPLAN-MA/EMBRAPA-SNLCS, 1983. 57p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1995. 65p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 5.ed. Lavras: UFLA, 2007. 322p.

Tabela 1. Aptidão silvicultural para eucalipto e respectivos fatores limitantes das terras dos Tabuleiros Costeiros.

Solo	Número de <i>check plots</i>	Aptidão (programa)*	Fator limitante**
Espodosolo	8	(s)	o
Latossolo Amarelo	36	S (16) s (20)	f
Argissolo Amarelo distrófico relevo plano	291	S (84) s (207)	f f
Argissolo Amarelo típico relevo suave ondulado ondulado	1	(s)	e,m
Argissolo Amarelo espódico	2	S (1) s (1)	f
Argissolo Amarelo espódico fragipânico	1	S	
Argissolo Amarelo distrófico relevo suave ondulado	6	s	m,f
Argissolo Amarelo típico relevo ondulado e forte ondulado	2	I	e
Argissolo Acinzentado	10	(s)	o
Argissolo Vermelho	1	S	
Neossolo Quartzarênico	2	s	f

*S: aptidão adequada; s:aptidão regular; (s): aptidão restrita; I: aptidão inadequada.

**o: deficiência de oxigênio; f: deficiência de nutrientes; e: suscetibilidade à erosão; m: impedimentos à mecanização.

Tabela 2. Resultados do cálculo do qui-quadrado.

Classes de aptidão*	F.O. (%)**	F.T. (%)***	$(F.O.-F.T.)^2$	$(F.O.-F.T.)^2/F.T$
S	23,89	29,17	27,98	0,956
s	67,22	65	4,92	0,075
(s)	8,88	5,28	12,96	2,45
I	0	0,56	0,31	0,554
Qui-quadrado calculado=				4,035

*S: aptidão adequada; s: aptidão regular; (s): aptidão restrita; I: aptidão inadequada.

** Frequência observada através do Incremento Médio Anual (IMA) de sete anos.

***Frequência teórica da classe obtida através do sistema informatizado.