RESTRIÇÃO MINERAL PARA *EUCALYPTUS* EM SOLOS DO CERRADO MATO-GROSSENSE

Lilian Guimarães de Favare¹

Diego Arcanjo do Nascimento²

Marcelo Dias de Souza³

Sheila Espindola de Matos⁴

Josamar Gomes da Silva Junior⁵

Valdiclei Custodio Jorge⁵

INTRODUÇÃO

Apesar de ser uma espécie produtiva, os reflorestamentos com eucalipto têm se concentrado em regiões brasileiras de solos com baixa fertilidade. Os solos do centro-oeste brasileiro, apresentam em sua composição mineralógica, características diferenciadas quanto a disponibilidade de nutrientes, baixa capacidade de troca cátions, elevada capacidade de fixação de Fósforo (P), permeabilidade e potencial de lixiviação de bases do solo muito elevado.

O monocultivo florestal de forma sucessiva na área ocasiona grande impacto sobre as reservas minerais e como consequência ecológica o esgotamento dos solos através das extrações nutricionais. Preocupação que pode ser deixada de lado, quando as características físicas, topográficas e muitas das vezes climáticas favoráveis à atividade florestal são evidenciadas.

A silvicultura de eucalipto no estado de Mato Grosso é utilizada pelas empresas reflorestadoras na maioria das vezes para plantios destinados à produção de energia (Dorval et al., 2011). Estes plantios na maioria das vezes são caracterizados como extensos e

1 Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (Capes), pelo Programa de Pós graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso – PPGCFA/UFMT

2 Bolsista Capes pelo Programa de Pós graduação em Ciências Florestais e Ambientais, UFMT.

3 Prof. Doutor da Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Cuiabá - UNIC.

4 Discente pela Faculdade de Engenharia Florestal – FENF/UFMT.

5 Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, PPGCFA, UFMT.

adensados, necessitando de uma grande quantidade de nutrientes disponíveis no solo para uma produção satisfatória.

As necessidades nutricionais variam conforme as espécies, diferenciadas pela forma de crescimento, ligada a sua eficiência de uso dos nutrientes nos processos metabólicos, e capacidade de absorção vegetal (Gonçalves, 1988).

Eucalyptus camaldulensis Dehn é indicado a zonas críticas, com deficiências hídricas e baixa fertilidade do solo. Ampla distribuição geográfica, ocupando os mais variados ambientes ecológicos e sendo tolerante a inundações temporárias e resistente a temperaturas elevadas (Del Quiqui et al., 2001).

Os clones são materiais genéticos com características distintas: VM01 híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, é resistente ao déficit hídrico, podendo ser plantado em solos arenosos com teor de argila inferior a 15%; H13 híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, é adaptado a climas muito frios, apresentando em condições ideais maior crescimento e rendimento volumétrico dentre as espécies.

As condições ambientais e o tipo de material genético são ainda um mistério a pesquisa acadêmica, bem como seu desenvolvimento a campo associado a adubação mineral, e dessa forma a produtividade florestal dependerá cada vez mais do manejo eficiente dos fertilizantes e corretivos. Diante do exposto, ao avaliar a ausência dos minerais aliada à materiais genéticos de *Eucalyptus* é provável respostas em relação à adubação nutricional em condições de campo.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido a campo, no município de Jus-cimeira/MT. O tipo de solo utilizado é classificado como Neossolo quartzarênico, de textura franco arenosa, segundo Embrapa (2006). O solo foi coletado para análise química antes do plantio as mudas. Após a coleta, o solo foi levado ao laboratório para ser seco e peneirado (malha 2 mm) para determinação de: pH (CaCl₂), fósforo disponível, alumínio trocável (Al⁺³), acidez potencial (H⁺ Al), potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), boro, cobre, ferro, manganês e zinco, abaixo apresentados na Tabela 1.

pH	P	K	S	Ca	H	Al	H+Al	M.O
CaCl2	 mg dm-3	.....	.....	..... cmolc dm-3	.....	.....	.....	..... g kg-1
4,5	1,9	14	6	0,5	0,3	0,2	2,3	9,9

SB	CTC	V	M	Relações			Saturação (%)		
cmol dm-3		%		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
0,8	3,1	26,8	19,2	1,7	12,5	7,5	15,9	9,6	1,3

Zn	Mn	Cu	Fe	B	Argila	Silte	Areia
..... mg dm-3	.....	.....	.....	.....	..... g kg-1	.....	.....
0,1	24,7	0,4	97	0,09	78	37	885

Tabela 1. Análise química do solo antes da instalação - Poxoreu/MT, 2015

Visando avaliar o desenvolvimento de mudas de eucalipto em função da adubação fornecida, foi planejado o arranjo experimental disposto em esquema fatorial com seleção de três tipos de mudas de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* e dos clones Urocam VM01 e Urograndis H13); e sete formulações para o fator adubação (Tabela 2), resultando em 21 tratamentos dispostos em quatro blocos, totalizando 84 parcelas homogêneas.

Tratamento	Descrição das doses (kg ha ⁻¹)				
1.	N = 160	P ₂ O ₅ = 60	K ₂ O = 180	Si = 2,5*	+ Calagem
2.	N = 0	P ₂ O ₅ = 60	K ₂ O = 180	Si = 2,5*	+ Calagem
3.	N = 160	P ₂ O ₅ = 0	K ₂ O = 180	Si = 2,5*	+ Calagem
4.	N = 160	P ₂ O ₅ = 60	K ₂ O = 0	Si = 2,5*	+ Calagem
5.	N = 160	P ₂ O ₅ = 60	K ₂ O = 180	Si = 0	+ Calagem
6.	N = 160	P ₂ O ₅ = 60	K ₂ O = 180	Si = 2,5*	
7.	Calagem				

Tabela 2. Descrição dos tratamentos experimentais

1. Adubação completa; 2. Sem adição de nitrogênio; 3. Sem adição de fósforo; 4. Sem adição de potássio; 5. Sem adição de silício; 6. Sem calagem; 7. Sem adubação mineral; *Via foliar (mL/L)

O plantio foi estabelecido em espaçamento (3 m x 3 m) convencional, com parcelas contendo 6 plantas úteis mensuráveis e 14 plantas para bordadura, totalizando 20 árvores por parcela. Após

preparo da área, os tratamentos que contaram com aplicação e incorporação de calagem foram implantados 60 dias antes do plantio (período médio de reação do produto) calculada assim, como a recomendação do formulado, segundo a análise de solos da área experimental.

Para a análise quantitativa de crescimento e desenvolvimento as observações foram realizadas a cada 3 meses. A altura das árvores foi medida do colo até o ápice, com régua graduada. O diâmetro de coleto foi medido nas mudas a 3 cm do solo, utilizando-se do paquímetro digital Starret®. Os resultados de sobrevivência (stand) das árvores foram transformados para porcentagem.

Os resultados foram submetidos à Anova e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para a análise de variância utilizou-se o esquema fatorial, e adotou-se como critério na escolha do modelo a interação pelo teste F significativo a 5%. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o pacote computacional ASSISTAT, versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura é um dado importante sobre as árvores, é empregada para cálculos de volume, incremento e, em determinadas situações compõe indicadores de qualidade produtiva do local. Porém, a obtenção dos dados de altura é uma grande dificuldade no inventário florestal, onde problemas como falta de visibilidade do topo da árvore em floresta densa e a ocorrência de ventos pode torná-la impraticável em alguns casos (BINOTI *et al*, 2013).

O crescimento e desenvolvimento das plantas levou em consideração as médias trimestrais de altura das árvores em função dos tratamentos, com análise de variância dos dados seguindo o modelo da interação pelo teste F (Tabela 3). Após os seis meses foram observadas diferença significativa nos fatores Eucalipto e Adubação, e a interação ocorreu aos nove meses.

A média geral das alturas do *E. camaldulensis* observada foi superior à encontrada por Queiroz et al. (2009) em *E. camaldulensis*, considerando que estes foram avaliados aos 18 meses após plantio.

Fontes de variação		Período de avaliação			
G.L		1	2	3	4
		Valor de F			
Eucalipto (E)		2,5328ns	25,2995*	29,0261*	12,8633*
Adubação (A)		1,6976ns	5,5332*	6,6414*	4,7083*
Int. (E x A)		0,9011ns	1,3358ns	2,0112*	1,2486ns
Tratamentos	20	1,3033ns	4,9914*	6,1018*	3,4480*
Blocos	3	1,2044ns	4,5633*	12,9340*	1,8462ns
CV (%)		16,02	15,55	16,08	8,07

Eucaliptos (nove meses após plantio)					
Tratamentos	E1	E2	E3		
Adubação completa	2,90 aA	3,45 aA	2,33 abB		
Sem adição de N	3,19 aA	2,89 abA	1,99 abB		
Sem adição de P	3,02 aA	2,95 abA	2,09 abB		
Sem adição de K	1,95 bB	2,87 abA	1,44 bB		
Sem adição de Si	3,30 aA	3,11 abAB	2,54 aB		
Sem correção de pH	3,48 aA	3,09 abAB	2,45 aB		
Sem Adubação	2,65 abA	2,44 bA	2,45 aA		
Média geral	2,93	2,97	2,18		

Tabela 3. Análise de variância do experimento, média de altura das árvores de eucalipto em função dos tratamentos durante um ano - Poxoreu/MT, 2016
GL = Grau de liberdade. Significativo ao nível de * 5% de probabilidade. ns Não significativo ($p > 0,05$). E1 = *Eucalyptus camaldulensis*; E2 = clone VM01; E3 = clone H13. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas em coluna, letras maiúsculas em linha. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No Brasil, os plantios comerciais de eucalipto são amplamente empregados por apresentarem características essenciais como rusticidade natural e condições de desenvolvimento em sítios com baixa fertilidade do solo (FERREIRA, 1979). A influência da adubação teve diferença estatística negativa para a espécie *Eucalyptus camaldulensis* em função do tratamento “sem adição de potássio”. A maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo (RAIJ, 2011).

Segundo Mazzuchelli et al. (2014) espécies florestais do gênero *Eucalyptus* são capazes de se estabelecer e desenvolver em condições de deficiência hídrica no solo, colaborando de maneira fundamental para o êxito do povoamento florestal. Porém, a ausência de um dos elementos essenciais as pode causar desequilíbrio nutricional e consequente limitação do desenvolvimento das árvores.

O clone VM01 apresentou-se de forma semelhante quanto ao desenvolvimento em altura das árvores, com diferença somente quanto a presença ou ausência da adubação. Já o clone H13 respondeu com suas maiores médias em altura aos tratamentos “sem silício”, “sem correção de pH” e “sem adubação” e de menor média ao tratamento “sem potássio”. Segundo Faria et al. (2008), além

das variações resultantes das diferentes capacidades de absorção de cada material genético, a interação genótipo-ambiente pode influenciar o teor de nutrientes nos *Eucalyptus*.

O clone H13 teve a menor média em altura. Já *E. camaldulensis* e o clone VM01 tiveram comportamento semelhante, com diferencial ao tratamento “sem adição de potássio” onde o clone VM01 foi o melhor entre os três eucaliptos avaliados. O potássio tem importante função nas reações enzimáticas e na manutenção da turgidez das células, com sua ausência no solo as árvores, mesmo as adaptadas terão menor produtividade em um plantio florestal.

Na Figura 1, observa-se a altura média das árvores do clone VM01, que teve a maior média entre os eucaliptos avaliados. As árvores do tratamento com “adubação completa”, atingiram média de 5,04 m de altura, e menor crescimento com os tratamentos “sem adição de potássio” e o “sem adubação” com média 4,53 e 4,3 m, respectivamente.

A deficiência do potássio não revela sintomas imediatos, caracterizando a situação de “fome oculta”. Inicialmente, só ocorre redução de crescimento e apenas em fases mais avançadas da deficiência ocorrem clorose e necrose das folhas, nas pontas e nas margens (RAIJ, 2011).

Figura 1. Médias de altura do clone Urocam em função dos tratamentos no período de um ano de experimento - Poxoreu/MT, 2016

Para análise de variância dos dados do diâmetro de coleto foram usadas as médias trimestrais em função dos tratamentos, seguindo o modelo da interação pelo teste F (Tabela 4).

Fontes de variação		Período de avaliação			
	G.L	1	2	3	4
----- Valor de F -----					
Eucalipto (E)		2,6257 ^{ns}	5,7706 [*]	14,4277 [*]	15,0993 [*]
Adubação (A)		0,7011 ^{ns}	3,7572 [*]	5,3033 [*]	4,8511 [*]
Int. (E x A)		0,5887 ^{ns}	1,9718 [*]	2,6096 [*]	2,1220 [*]
Tratamentos	20	0,8261 ^{ns}	2,8873 [*]	4,5995 [*]	4,2384 [*]
Blocos	3	2,1708 ^{ns}	3,7958 [*]	3,0753 [*]	2,4139 ^{ns}
CV (%)		24,84	14,48	14,26	12,68

Eucaliptos (doze meses após plantio)							
Tratamentos		E1		E2		E3	
Adubação completa		13,28	abA	16,21	abA	14,95	aA
Sem adição de N		14,24	aAB	16,99	aA	13,11	abB
Sem adição de P		12,79	abA	14,74	abA	13,10	abA
Sem adição de K		10,37	bB	16,55	abA	10,64	bB
Sem adição de Si		14,58	aA	15,64	abA	13,49	abA
Sem correção de pH		14,96	aA	15,70	abA	15,33	aA
Sem adubação		11,45	abA	12,79	bA	13,64	abA
Média geral		13,10		15,52		13,47	

Tabela 4. Análise de variância das médias do diâmetro de coleto (cm) das árvores de eucalipto em função dos tratamentos durante um ano - Poxoreu/MT, 2016

GL = Grau de liberdade. Significativo ao nível de * 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo (p > 0,05). E1 = *Eucalyptus camaldulensis*; E2 = clone VM01; E3 = clone H13. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas em coluna, letras maiúsculas em linha. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que as fontes de variação apresentaram diferença significativa para diâmetro de coleto somente após os seis meses de avaliação. O efeito da adubação teve diferença estatística para os três tipos de *Eucalyptus*. Para *E. camaldulensis* a diferença só foi observada quanto a comparação, dos tratamentos “sem N, Si, correção”, com o tratamento “sem adição de potássio”. Segundo Camargo et al. (2004), em relação a outras espécies de eucalipto, *E. camaldulensis* apresenta elevada demanda nutricional.

No clone VM01 a diferença foi observada entre a ausência de nitrogênio e o tratamento “sem adubação”. Já para o clone H13 a diferença estatística foi a adubação completa e o tratamento “sem adição de potássio”.

Quanto a comparação entre eucaliptos, todos se comportaram de forma semelhante, com exceção do clone VM01 que mesmo com ausência de elementos, mostrou melhor crescimento em diâmetro quando em função dos tratamentos “sem adição de nitrogênio” e “sem adição de potássio”.

Na Figura 2, encontra-se os valores médios do diâmetro de coleto dos clones de VM01, estes, apresentaram as maiores médias avaliadas.

Figura 2. Médias do diâmetro de coleto do clone Urocam em função dos tratamentos durante um ano de experimento - Poxoreu/MT. 2016

Em função dos tratamentos, as árvores tratadas “sem adição de nitrogênio” atingiram a média de 17,01 cm de diâmetro de coleto, e com o tratamento “sem adubação” a menor média foi de 12,79 cm. O clone VM1 destacou-se entre os demais clones de eucalipto, sendo mais eficiente na translocação de todos os macronutrientes para a parte aérea das mudas (PINTO et al., 2011).

A sobrevivência de árvores em plantios florestais é fator importante quanto à produtividade e rentabilidade econômica estimada, e a problemática está quando o stand possui valor menor que o esperado em volume para o corte final. Na Figura 3 observa-se a sobrevivência das árvores em função dos tratamentos.

Figura 3. Sobrevivência das árvores de Eucalyptus, avaliadas aos doze meses pós-plantio. Poxoreu/MT. 2016

As árvores tratadas sem calagem apresentaram 100% de sobrevivência para os clones VM01 e H13. Já para *E. camaldulensis*

o stand com 100% de sobrevivência foi decorrente ao tratamento “sem adição de fósforo”. É importante evidenciar a rusticidade do *E. camaldulensis* aos solos do MT que são classificados como pobres em fósforo.

A maior mortalidade (42%) foi observada com o clone H13 tratado sem adubação e o resultado de 67% de sobrevivência do *E. camaldulensis* ao tratamento “sem adição de silício”. A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento.

Os demais tratamentos variaram de 75% a 92% de sobrevivência, dentro das médias dos plantios comerciais com *Eucalyptus*, consideradas satisfatórias, uma vez que não ultrapassaram 10% de mortalidade aos 12 meses pós plantio, evidenciando um bom estabelecimento inicial (Matos, et al. 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de potássio influenciou significativamente as árvores nos primeiros meses pós plantio, não havendo distinção entre os materiais em condição de campo.

Os materiais genéticos de eucalipto diferem na eficiência de absorção nutricional, o que permite sua alocação em solos de distintas regiões.

REFERÊNCIAS

- BINOTI, M. L.M.S., BINOTI, D. H.B., & GARCIA LEITE, H. (2013). Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4.
- CAMARGO, M. L. P.; MORAES, C. B.; MORI, E. S.; GUERRINI, I. A.; MELLO, E. J.; ODA, S. (2004). Considerações sobre a eficiência nutricional em *Eucalyptus*. **Científica**, 32(2): 191-196.
- DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. (2001). Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* spp. para o noroeste do estado do Paraná. **Acta Scintiarum**, v.23, n.5, p.1173-1177.
- DORVAL, A., PERES FILHO, O., & DA ROCHA, J. R. M. (2011). Diversidade e flutuação populacional de Scolytidae (Coleoptera) em plantio de urograndis e de urocam, no município de Cuiabá, estado de Mato Grosso. **Multitemas**, n. 39.

GONÇALVES, J. L. M. (1988). Propriedades físico-químicas dos solos vs. Exigências nutricionais de espécies florestais de rápido crescimento. Piracicaba, IPEF. 12p. (**Circular Técnica** n° 154).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: il.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. (2008). Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. No Vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, 18(3): 363-373.

MATOS, G. S. B. de; SILVA, G. R. da; GAMA, M. A. P.; VALE, R. S. do; ROCHA, J. E. C. da. (2012). Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. **Acta Amazônica**. vol. 42(4) 491 – 500.

MAZZUCHELLI, E. H. L., SOUZA, G. M., & PACHECO, A. C. (2014). Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 44, n. 4, p. 443-450.

PINTO, S. I. do C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. da S. (2011). Eficiência nutricional de clones de eucalipto na Fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:523-533.

QUEIROZ, M. M. et al. (2009). Comportamento de materiais genéticos de eucalipto em Paty de Alferes, RJ. **Floresta e Ambiente**, v.16, n. 1, p. 1-10.

Van RAU, B. (2011). **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 420 p.

SILVA, G. F. D., CURTO, R. D. A., SOARES, C. P. B., & PIASSI, L. D. C. (2012). Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 375-385.