

APLICAÇÃO DA TÉCNICA ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA PARAMÉTRICA k_0 , NA ANÁLISE DE SOLOS DE REFLORESTAMENTO INDUSTRIAL

Magda Moreira Pinto*, Claudia de Vilhena Schayer Sabino*, Mitiko Saiki**, Ângela Maria Amaral*, Maria Rita Muzzi M. Leitão***

*Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN-CNEN/BH
Caixa Postal 941 CEP 30161-970, Minas Gerais, Brasil

**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049 CEP 05422-970, São Paulo, Brasil

***Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológica-ICB/UFMG.
Deptº Botânica, BH-MG

RESUMO

O parque Estadual do Rio Doce (PERD), com aproximadamente 36.000 ha, constitui hoje a maior área preservada de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. No PERD existe uma vegetação exuberante, com alta densidade, incluindo diversas espécies arbóreas com potencial de utilização na indústria madeireira e de papel-celulose, entre outros. Nas áreas adjacentes ao parque, a principal atividade é o reflorestamento com diferentes espécies de *Eucalyptus* para a produção de carvão e celulose. Entretanto esses solos apresentam baixos níveis de fósforo e elevados teores de alumínio o que pode concorrer para a limitação do crescimento de espécies vegetais como eucalipto ou essências nativas. A finalidade deste estudo é dar uma contribuição ao programa de reflorestamento através da determinação de alguns elementos, nos solos de mata e eucaliptais. As técnicas de fluorescência de raios-X e ativação neutrônica paramétrica k_0 foram utilizadas para as análises. Os resultados encontrados para os materiais de referência aliados a simplicidade da técnica indicam ser o método k_0 o ideal para o presente tipo de estudo.

I. INTRODUÇÃO

A floresta Tropical Atlântica é uma das vegetações mais ameaçadas do planeta.

O parque Estadual do Rio Doce (PERD), com aproximadamente 36.000 ha, constitui hoje a maior área preservada de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais.

Está localizado na região leste de Minas Gerais, no Vale do Aço, sendo limitado pelo Rio Doce, a leste e pelo Rio Piracicaba ao norte.

No PERD existe uma vegetação exuberante, com alta densidade, incluindo diversas espécies arbóreas com potencial de utilização na indústria madeireira e de papel-celulose, entre outros.

Nas áreas adjacentes ao parque, a principal atividade é o reflorestamento com diferentes espécies de *Eucalyptus* para a produção de carvão e celulose. Entretanto esses solos apresentam baixos níveis de fósforo e elevados teores de alumínio o que pode concorrer para a limitação do crescimento de espécies vegetais como eucalipto ou essências nativas.

O reflorestamento de algumas dessas áreas de eucaliptal em consorciação com essências nativas apresenta-

se como uma opção atraente tendo em vista os objetivos conjuntos de: - favorecer o crescimento do *Eucalyptus*, - garantir a incorporação de biomassa ao solo, - conservar a biodiversidade, - proteger os recursos hídricos, - abrigar a fauna local, - prover recursos alternativos para combate às pragas, - reestabelecer local de reprodução de predadores.

Entretanto, pouco se sabe sobre o crescimento de leguminosas arbóreas nativas da Mata Atlântica, em condições de campo, ou sobre seu potencial para o enriquecimento dos solos de eucaliptal.

Estudos nos solos de mata e de eucalipto vem sendo realizado na área circunvizinha ao parque, denominada Vale do Aço.

Os solos desempenham papel fundamental no crescimento das plantas, atuando como fonte de nutrientes, os quais são considerados essenciais para sustentação de organismos e seu desenvolvimento normal. O excesso ou a falta de nutrientes podem resultar na inibição do desenvolvimento. Os nutrientes apresentam uma faixa de concentração ideal à vida dos organismos e não são ecológicamente substituíveis. Os micro elementos, em especial, tornam-se tóxicos quando presentes em excesso, desequilibrando o balanço ecológico.

Nos solos provenientes de eucaliptais, existe um efeito acidificante que se deve ao acúmulo de ânions orgânicos que podem se complexar com o alumínio criando desequilíbrio temporários nas concentrações deste elemento[1]. Tal efeito, parece ocorrer na região do Vale do Rio Doce, nos solos sujeitos ao cultivo de eucalipto, que se apresentam ácidos e também com elevados níveis de alumínio trocável. Esses fatores poderiam afetar o crescimento de espécies nativas pelo aumento da solubilidade do Al e Mn e pela redução da do cálcio[2].

A finalidade deste estudo é dar uma contribuição ao programa de reflorestamento através da determinação de alguns elementos, nos solo de mata e eucaliptais.

II. METODOLOGIA

Aspecto Teórico do método k_0 O valor numérico de k_0 , que é uma constante natural, do isótopo em estudo é definido por[3, 4, 5]:

$$k_0 = \frac{M_c \theta_a \sigma_{0,a} \gamma_a}{M_a \theta_c \sigma_{0,c} \gamma_c} \quad (1)$$

onde:

M = massa

σ_0 = secção de choque neutrons térmicos

γ = abundância absoluta de raios gamma

θ = abundância isotópica

a = amostra

c = padrão

A concentração do elemento em uma amostra é então definida por :

$$w = \frac{A_{spa} k_{0c} \epsilon_c f + Q_{oc}(\alpha)}{A_{apc} k_{0a} \epsilon_a f + Q_{om}(\alpha)} \quad (2)$$

onde :

A_{sp} é a atividade específica no final da irradiação

ϵ a eficiência do detetor na energia de interesse

f e α parâmetros experimentais do reator

$Q_0(\alpha)$ a relação entre a integral de ressonância para 2200 m s⁻¹ e a secção de choque

Coleta e preparo das amostra. As amostras de solos foram coletadas nas proximidades do Parque Estadual do Rio Doce em São José dos Goiabal-MG. Foram coletadas amostras de Mata Atlântica e duas de Eucaliptal.

Foram secas, trituradas, peneiradas a 200 meshes e alíquotas de 200 a 300mg destes materiais foram utilizadas nas irradiações.

As análises foram feitas em duas granulometrias definidas como abaixo, e acima de 100 mesh. As amostras acima de 100 mesh são identificadas como "1" e abaixo, como "2".

Diversos materiais de referência foram utilizados para avaliar a exatidão dos resultados analíticos. As amostras GXR1 e GXR5 são provenientes do United States Geological Survey, Los Alamos, New Mexico, USA e as amostras Solo 1, 5 e 7 da Agência Internacional de Energia Atômica.

Irradiação. Foram feitas irradiações de 5 minutos para obtenção de núcleos de meia vida curta (<24 h). Para isto foi utilizado o Reator TRIGA IPR R1 localizado no CNEN-BH. O fluxo térmico na posição de irradiação é $6,6 \times 10^{11}$ n s⁻¹ cm⁻².

Contagens : As contagens foram feitas 15 minutos após as irradiações. Foi utilizado um detector HPGE coaxial, Model GE M-10175 -P da EG & G ORTEG, Eficiência = 10%, Resolução = 850 eV a 122 KeV, Relação Pico do Compton 55:1 e um sistema de espectrometria gama Genie - Pc Model S 400 da CANBERRA, acoplado a microcomputador. As contagens foram feitas durante 1000 s e os dados utilizados estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados nucleares utilizados para ativação neutrônica

Nuclídeo	Energia keV	k_0	Q_0	E_r eV
²⁸ Al	1778,9	0,0175	0,74	11800
⁵⁶ Mn	1810,7	0,135	1,05	468
²⁴ Na	1368,6	0,0468	0,59	3380
⁵² V	1434,0	0,196	0,55	7230
⁵¹ Ti	928,6	$2,65 \times 10^{-5}$	0,67	63200

Fluorescência de raios-X : As análises foram feitas utilizando aproximadamente uma grama da amostra pulverizada e fundida com ácido bórico.

III. RESULTADOS

Foi feita uma análise qualitativa utilizando a técnica de fluorescência de raio-X. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Alguns elementos foram também analisados por esta técnica e os resultados estão na Tabela 3.

A Tabela 4 apresenta os resultados encontrados para as amostras, pela técnica ativação neutrônica.

A Tabela 5 apresenta os resultados encontrados para os materiais de referência, por ativação neutrônica.

Tabela 2 - Análise qualitativa (Elementos encontrados)

Amostra	Maior	Menor	Traço
Solo de Mata - 1	Si, Al	Fe, K, Ca, Ti	Zr, S, P
Solo de Mata - 2	Si, Al	Fe, K, Ca, Ti	Zr, S, P
Solo de Eucalipto - 1	Si, Al, Fe	K, Ti	Zr, S, P, Ca
Solo de Eucalipto - 2	Si, Al	Fe, K, Ti	Zr, S, P, Ca

Tabela 3 - Resultados encontrados por fluorescência de raios-X (%)

Amostra	Si	Fe	K
Solo de Mata - 1	24,5 ± 0,2	6,3 ± 0,5	1,0 ± 0,1
Solo de Mata - 2	33,5 ± 0,3	4,2 ± 0,3	1,2 ± 0,1
Solo de Eucalipto - 1	16,5 ± 0,2	9,1 ± 0,7	0,17 ± 0,02
Solo de Eucalipto - 2	27,5 ± 0,3	6,3 ± 0,5	0,13 ± 0,01

Tabela 4 - Resultados encontrados por ativação neutrônica

Amostra	Al (%)	Mn (ppm)	Na (%)	Ti (%)	V (ppm)
Solo de Mata - 1	13,4 ± 0,6	900 ± 100	0,13 ± 0,04	0,54 ± 0,06	160 ± 10
Solo de Mata - 2	8,3 ± 0,8	690 ± 40	0,19 ± 0,02	0,35 ± 0,02	108 ± 6
Solo de Eucalipto - 1	19,8 ± 0,4	150 ± 20	1,1 ± 0,3	0,95 ± 0,05	280 ± 20
Solo de Eucalipto - 2	12,7 ± 0,2	170 ± 30	1,2 ± 0,2	0,70 ± 0,08	200 ± 8

Tabela 5 - Resultados encontrados por ativação neutrônica para os materiais de referência

Amostra		Al (%)	Mn (ppm)	Na (%)	Ti (%)	V (ppm)
GXR5	Valor encontrado	21 ± 1	300 ± 15	0,73 ± 0,07	0,23 ± 0,02	62 ± 7
	Valor certificado	20,2 ± 0,6	293 ± 17	0,78 ± 0,07	0,22 ± 0,01	56 ± 12
Solo 1	Valor encontrado	9,1 ± 0,7	3300 ± 200	1600 ± 130	-	-
	Valor certificado	8,9**	3480 ± 180	1720 ± 1203*	-	-
Solo 5	Valor encontrado	8,1 ± 0,6	880 ± 70	1,85 ± 0,11	-	190 ± 20
	Valor certificado	8,19 ± 0,28	852 ± 37	1,92 ± 0,11	-	151**
Solo 7	Valor encontrado	4,6 ± 0,4	620 ± 30	0,23 ± 0,01	2,7 ± 0,3	65 ± 5
	Valor certificado	4,7 ± 0,3*	631 ± 19	0,24 ± 0,01*	3,0 ± 0,4*	66 ± 7
GXR1	Valor encontrado	3,2 ± 0,3	860 ± 50	0,049 ± 0,005	0,035 ± 0,04	75 ± 8
	Valor certificado	3,51 ± 0,10	880 ± 70	0,052 ± 0,006	0,038 ± 0,019	80 ± 10

* valor recomendado, ** valor não certificado, os demais valores são certificados

IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados encontrados para os materiais de referência aliados a simplicidade da técnica indicam ser o método k_0 o ideal para o presente tipo de estudo.

A análise qualitativa pela técnica de raio-X indica uma diferença entre os solos, principalmente relativa a presença de cálcio nos solos de eucaliptal.

A análise quantitativa mostrou que o solo de Mata é mais rico em Si e K e mais pobre em Fe.

As análises por ativação neutrônica mostraram que o solo de eucaliptal apresenta um teor levemente mais elevado de alumínio, titânio e vanádio e acentuadamente mais elevado de sódio. Por outro lado o teor de manganês é inferior ao do solo de Mata Atlântica.

Foi percebida uma variabilidade nos resultados das amostras de diferentes granulometrias, o que indica a

necessidade da coleta de um maior número de amostras de cada tipo.

O presente trabalho deve continuar com o objetivo de determinar maior número de elementos em um maior número de amostras de cada solo.

REFERÊNCIAS

- [1] PROSSER, I. P.; HAILES, K. J.; MELVILLE, H. D.; AVERY, R. P. & SLADE, C. J. A comparison of soil acidification and aluminium under *Eucalyptus* forest and unimproved pasture. *Aust. Soil. Res.* 31:245-254, 1993.
- [2] HUTTON, E. M.; BENI DE SOUZA, E. Acid soil tolerant *Leucaena* especially for Brazilian Cerrados. *Leucaena Res. Rep.* 6: 17-18, 1985.

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Escuela Peruana de post grado Victor Aezamona Castro, 1995. 92p.

[3] DE CORTE, F. **The k_0 - standardization method; A mone to the potimization of neutron activation analysis.** Ryksuniversiteit Gent, Faculteit Van de Wetenschappen, 1986. 464p.

[4] BLAAUW, M. **Comparison of the catalogues of the k_0 and the k_m single comparator methods for standardization in INAA.** J. Radioanal. Nucl. Chem., v.191, n^o 2, p.387-401, january.1995.

[5] ROSSI, E. H. M. **Evaluacion y estandarizacion del analisis por activacion neutronica segun el metodo del k_{mb} cero en el reactor nuclear PR-10; Estudio preliminar empleando irradiaciones cortas.** Lima:

ABSTRACT

This work identifies and establishes the concentration of some minerals nutrients in Mata Atlântica and Vale do Aço Eucalyptus' (Minas Gerais) soils. The k_0 method of analysis with neutron activation and X-ray fluorescence were used. Reference material were used to check the accuracy of the analytical results. The k_0 method is being introduced in CDTN using the Reactor Triga Mark I IPR-R1 of CDTN/CNEN-BH.