

## ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE QUÍMICA DOS SOLOS EM ÁREAS DE PRODUÇÃO FAMILIAR DE MANDIOCA NO TERRITÓRIO DO ALTO SERTÃO DE ALAGOAS

Marcelo Ferreira FERNANDES<sup>1</sup>; Sergio de Oliveira PROCÓPIO<sup>1</sup>; Diego Fernandes de BASTOS<sup>2</sup>;  
Thadeu Nascimento MACHADO<sup>2</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se neste trabalho identificar alterações na fertilidade química dos solos (FQS) em resposta ao cultivo de mandioca em áreas de produção familiar no Território do Alto Sertão Alagoano. Amostras de solo de sítios cultivados e sob vegetação nativa em 12 propriedades agrícolas foram avaliadas quanto a pH, matéria orgânica (MO), P, K, Ca, Mg, Al+H e CTC. A análise conjunta destas variáveis indicou que a FQS foi associada a fatores inerentes do solo e ao tempo de cultivo. Níveis baixos de P, Ca, Mg, MO e CTC sob cultivo ocorreram mesmo em áreas de fertilidade natural elevada.

**Palavras-chave:** matéria orgânica, fósforo, complexo sortivo do solo, *Manihot esculenta*.

**SUMMARY:** SHIFTS IN SOIL CHEMICAL FERTILITY IN FAMILY-BASED CASSAVA CROPPING AREAS IN THE ALTO SERTÃO DE ALAGOAS TERRITORY. The objective of this work was to identify changes in the soil chemical fertility (SCF) in response to cassava cropping in family-based production areas of the Alto Sertão Alagoano Territory. Soil samples were taken from sites under cassava and native vegetation in 12 properties and analyzed for pH, organic matter (OM), P, K, Ca, Mg, Al+H and CTC. The jointed analysis of these variables showed that SCF was associated with factors inherent to soil and with time of cultivation. Major decreases were observed in P, Ca, Mg, OM and CTC levels upon cultivation.

**Keywords:** soil organic matter, phosphorus, soil sorptive complex, *Manihot esculenta*.

### INTRODUÇÃO

O Território do Alto Sertão de Alagoas possui oito municípios (Água Branca, Canapi, Delmiro Gouveia, Inhapi, Mata Grande, Olho D'água do Casado, Pariconha e Piranhas). A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila, contudo em Água Branca, Mata Grande e Pariconha existem serras onde se concentram áreas de floresta subcaducifólia (Parahyba et al., 2007). A importância da agricultura familiar no território é inquestionável, já que, das 18.101 propriedades do território, 17.596 se enquadram neste conceito (Siqueira, 2004). A mandioca é cultivada ao longo dos anos na região,

<sup>1</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Aracaju, SE, 49025-040, e-mail: marcelo@cpac.embrapa.br; procopio@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Graduando do Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 49100-000, e-mail: thadeu\_agro07@hotmail.com; diegofe.ufs@gmail.

predominantemente, sem mecanização e sem reposição de nutrientes. A alta exportação de nutrientes pela cultura pode não assegurar produtividades econômicas da mesma com os anos de cultivo, caso não haja reposições adequadas, principalmente em solos de baixa fertilidade (Lopes et al., 2005). Objetivou-se no trabalho quantificar alterações na fertilidade química do solo (FQS) em resposta ao cultivo de mandioca em áreas de produção familiar no Território do Alto Sertão Alagoano.

## MATERIAL E MÉTODOS

Doze propriedades de produção familiar de mandioca, aqui denominadas sítios amostrais, foram selecionadas (Tabela 1). Nessas propriedades, o cultivo da mandioca é realizado manualmente, sem insumos, utilizando-se variedades desenvolvidas no próprio Território. Em cada propriedade, amostras de solo foram coletadas (0 a 20 cm de profundidade) em áreas pareadas de produção de mandioca e vegetação nativa. Determinaram-se o pH em CaCl<sub>2</sub>, os teores de matéria orgânica (MO), Ca, Mg, K, P e H+Al, a soma de bases (SB) e a CTC a pH 7,0 (SB + H+Al) (van Raij et al. 2001).

Tabela 1. Caracterização dos sítios amostrais

Sítio	Coordenadas/ Altitude	Município	Solo (textura <sup>†</sup> )	Litoestratigrafia <sup>‡</sup>	Vegetação nativa	Anos de cultivo
A	9°14'48"S, 37°58'58"W/ 674 m	Pariconha	Cambissolo Háplico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC <sup>§</sup>	1
B	9°29'33"S, 37°52'23"W/ 269 m	Olho D'Água Casado	Neossolo Quartzarênico (a)	St	Caatinga	6
C	9°15'00"S, 37°59'41"W/ 465 m	Pariconha	Neossolo Regolítico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	10
D	9°14'53"S, 37°58'42"W/ 668 m	Pariconha	Cambissolo Háplico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	10
E	9°15'18"S, 37°58'55"W/ 677 m	Pariconha	Neossolo Regolítico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	20
F	9°11'10"S, 37°51'56"W/ 428 m	Água Branca	Neossolo Regolítico (af)	MP3bf	Caatinga	20
G	9°11'43"S, 37°51'02"W/ 443 m	Água Branca	Neossolo Regolítico (af)	MP3bf	Caatinga	20
H	9°14'45"S, 37°57'32"W/ 732 m	Água Branca	Cambissolo Háplico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	25
I	9°14'45"S, 37°57'40"W/ 745 m	Água Branca	Cambissolo Háplico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	30
J	9°15'42"S, 37°58'44"W/ 646 m	Pariconha	Cambissolo Háplico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	35
K	9°14'21"S, 37°58'42"W/ 725 m	Água Branca	Cambissolo Háplico (fa)	NP3 <sub>γ</sub> 3sh	FSC	40
L	9°10'49"S, 37°51'48"W/ 415 m	Água Branca	Cambissolo Háplico (af)	MP3bf	Caatinga	40

<sup>†</sup> (a): areia; (af): areia franca; (fa): franco arenosa. As áreas sob vegetação nativa e produção de mandioca, dentro de cada propriedade, apresentaram a mesma textura. <sup>‡</sup> NP3<sub>γ</sub>3sh: Suíte shoshonítica Salgueiro/Terra Nova, constituída por biotita-hornblenda, quartzo monzodiorítico a granito; MP3bf: Complexo Belém de São Francisco, constituído por leuco-ortognaisses tonalítico-granodioríticos migmatizados e enclaves supracrustais; St: Formações Tacaratu, constituídas de arenito fino a grosso e conglomerado. <sup>§</sup> FSC: floresta subcaducifolia.

Mudanças nas variáveis químicas em função do tempo de cultivo foram descritas pelo modelo de regressão múltipla:  $\log(V_t) = \beta_0 + \beta_1 V_0 + \beta_2 t$ , onde  $V_t$  e  $V_0$  representam os valores das variáveis no tempo de cultivo  $t$  e sob vegetação nativa ( $t = 0$ ), e  $t$ , o tempo de cultivo com mandioca. Para cada variável, as amostras foram classificadas em cinco classes de interpretação de fertilidade do solo para culturas anuais (Alvarez V. et al., 1999). Essas classes são divididas em "muito baixo", "baixo", "médio",

“bom” e “muito bom” para MO, P, Ca, Mg, K e CTC. De acordo com essa classificação, os níveis críticos no solo correspondem ao limite superior da classe “médio”. Para pH, as classes são “muito baixo”, “baixo”, “bom”, “alto” e “muito alto”. A técnica de ordenação “non-metric multidimensional scaling” (NMS) foi empregada para avaliar o impacto do cultivo de mandioca sobre a FQS, expresso como a resposta conjunta das variáveis analisadas. Para esta análise, valores de 0 a 4 foram atribuídos para classes crescentes de fertilidade de MO, P, K, Ca, Mg e CTC. Para H+Al utilizou-se a escala em ordem inversa. Para pH, atribuíram-se valores 4 para a classe “bom”, 2 para “baixo” e “alto” e 0 para “muito baixo” e “muito alto”. Os eixos do gráfico de NMS foram caracterizados pelas correlações entre as variáveis de solo e os escores das amostras na ordenação. Grupos de amostras com FQS distintas foram obtidos por análise de agrupamento (distância de Sørensen, ligação de grupos:  $\beta$  flexível = 0,25).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cerca de 96% da variabilidade na FQS entre as amostras foram representados em um gráfico de 2-D obtido por NMS (Figura 1). A maior porção desta variabilidade (90%) foi representada ao longo do eixo 1, associado negativamente aos teores de areia e positivamente aos de silte (Tabela 2). Da esquerda para a direita do gráfico observaram-se melhorias na FQS em termos de MO, P, K, Ca, Mg, CTC e pH (Tabela 2). O eixo 2 representou 6% da variabilidade da FQS e foi significativa e negativamente associado ao tempo de cultivo com mandioca; amostras sob vegetação nativa ( $t=0$ ) tenderam a se situar no topo do eixo, ao passo que as sob cultivo distribuíram-se em direção à parte inferior do eixo de acordo com a cronossequência de cultivo. Esta variação temporal foi associada a decréscimos em MO, CTC, P, K, Mg, Ca e H + Al (Tabela 2). A análise de agrupamento revelou seis conjuntos de amostras com FQS distintas. As áreas sob vegetação nativa foram agrupadas em quatro destes conjuntos na seguinte ordem de FQS:  $J = E = H = D > I = K = C = L > A = F = G > B$ .

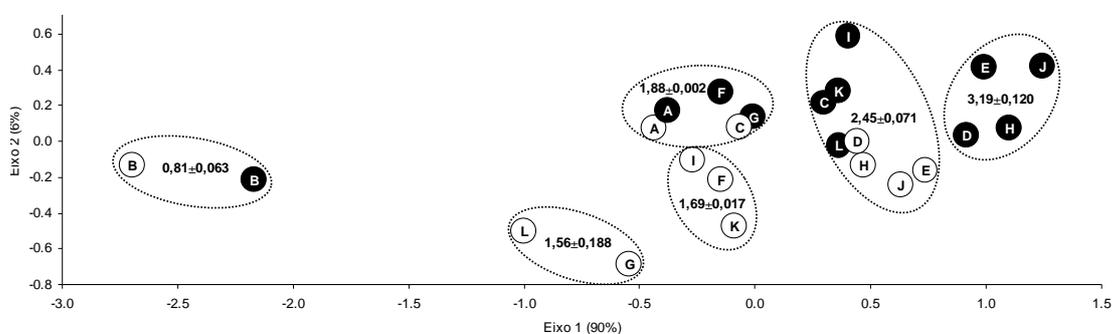


Figura 1. Similaridade entre a FQS de amostras de solo coletadas em 12 propriedades agrícolas (A a L) sob cultivos de mandioca e sob vegetação nativa representados por símbolos vazios e cheios, respectivamente. As elipses contêm amostras com FQS similares de acordo com análise de agrupamento. Os valores nas elipses indicam a média  $\pm$  1 EP de FQS das amostras de cada grupo.

Estes grupos apresentaram FQS média de 3,19; 2,45; 1,88 e 0,81, respectivamente (Figura 1). O grupo com maior FQS caracterizou-se por valores médios de MO e na faixa ótima para todas as variáveis, exceto P na amostra E, CTC em D e H, e pH elevado em J (Figura 2). O segundo grupo de amostras sob vegetação nativa apresentou teores abaixo do nível crítico para todas as variáveis, exceto para P e K. No terceiro grupo, apenas o K apresentou níveis acima do crítico, enquanto o P foi muito reduzido. A amostra B sob vegetação nativa apresentou níveis baixos a muito baixos para todas as variáveis, inclusive para o K. Variações na FQS original destas amostras podem estar relacionadas a diferenças no material parental do solo (unidade litoestratigráfica), no tipo de solo e vegetação nativa em cada sítio (Tabela 3). Com exceção dos sítios cultivados A e B, que representam as áreas com os menores tempos de cultivo, a FQS dos demais foi reduzida em relação ao correspondente sob vegetação nativa (Figura 1). Para o grupo J, E, H e D, originalmente de alta fertilidade, reduções acentuadas nos teores de P a níveis abaixo do crítico foram observadas sob cultivo. Dentre os cátions, o K e o Mg, especialmente nas áreas mais antigas, se aproximam ou já estão abaixo do nível crítico. Esse mesmo padrão de forte redução de P, K e Mg foi observado no grupo I, C, K e L. Estimativas das reduções anuais das variáveis ao longo da cronosequência de cultivo são apresentadas na Tabela 3. Estas reduções foram significativas para todas as variáveis, exceto pH. As quantidades exportadas de P, K, Ca e Mg, estimadas dos respectivos valores críticos no primeiro ano de cultivo, foram de 2,7; 3,0; 17,6 e 5,2 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Valores de P, K, Ca e Mg exportados por duas variedades de mandioca em São Paulo foram 3,9; 32,0; 12,1 e 6,7 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Lorenzi et al., 1975), os quais, com exceção do K, aproximaram-se dos estimados neste trabalho. Os baixos valores estimados de K exportado estão provavelmente associados a uma alta capacidade dos solos predominantes na região de repor este nutriente pelo intemperismo de minerais primários e secundários. As reduções no estoque de K trocável nos solos cultivados, no entanto, indicam que esta capacidade decresce com o tempo.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis químicas, teores de argila, silte e areia e tempo versus os escores de FQS das amostras obtidos pela técnica de ordenação de NMS

Escores	pH	MO	P	Ca	Mg	K	H+Al	CTC	Tempo	Areia	Silte	Argila
Eixo 1	0,72 <sup>***</sup>	0,62 <sup>***</sup>	0,62 <sup>***</sup>	0,73 <sup>***</sup>	0,78 <sup>***</sup>	0,71 <sup>***</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>***</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,73 <sup>***</sup>	0,80 <sup>***</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
Eixo 2	0,16 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>***</sup>	0,51 <sup>**</sup>	0,44 <sup>*</sup>	0,57 <sup>**</sup>	0,58 <sup>**</sup>	0,45 <sup>*</sup>	0,63 <sup>***</sup>	-0,71 <sup>***</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>

\*\*\*, \*\*, \* p < 0,001, 0,01 e 0,05, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo (p > 0,05).

## CONCLUSÃO

Variações na FQS são associadas a fatores naturais inerentes dos solos e ao tempo de cultivo das áreas com mandioca. Mesmo nos sítios com fertilidade natural alta da região, o cultivo prolongado com

mandioca, sem reposição de nutrientes, resulta em decréscimos acentuados de P e, em menor extensão, de Ca e Mg. Decréscimos significativos sob cultivo são observados ainda na MO e na CTC.

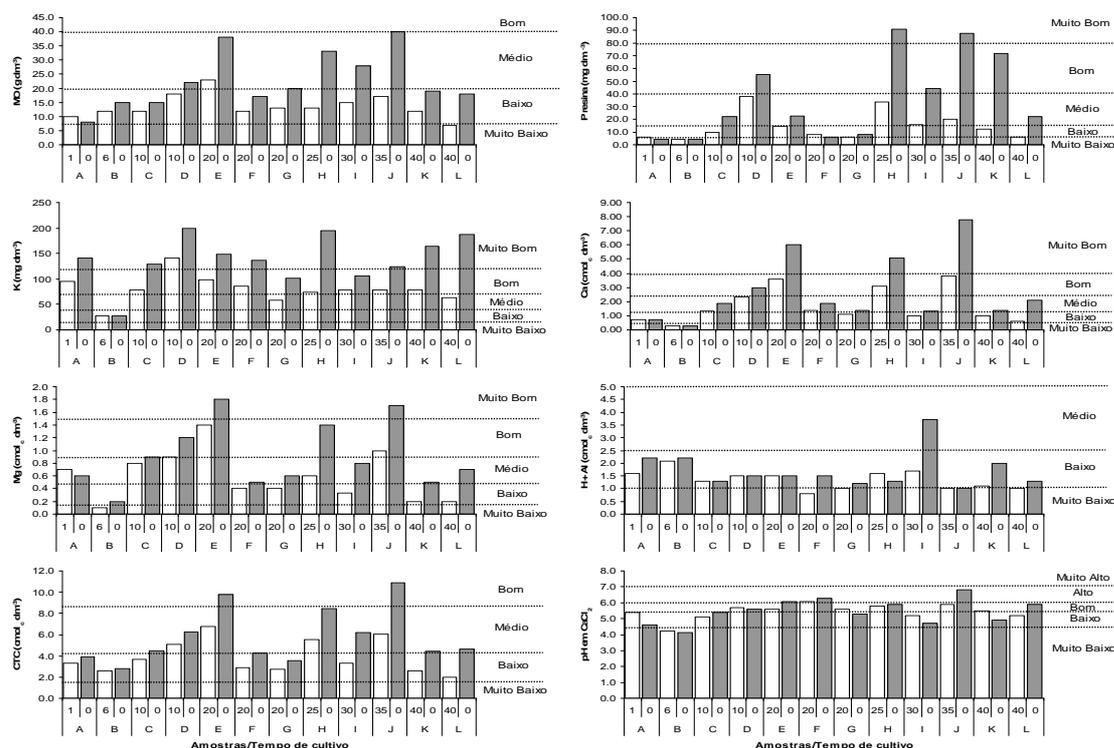


Figura 2. Classes de interpretação de fertilidade do solo para variáveis químicas em áreas de produção familiar de mandioca no Território do Alto Sertão de Alagoas. Barras vazias e cheias representam áreas com mandioca ou sob vegetação nativa, respectivamente. Letras de A a L indicam os sítios amostrais (Tabela 1). Valores sob as barras correspondem ao tempo de cultivo em anos.

Tabela 3. Mudanças nas variáveis químicas do solo em função de tempo de cultivo de mandioca (anos) expressas pelos coeficientes lineares  $\beta_2$  do modelo de regressão para log das variáveis

Variáveis respostas	$\beta_2$	Erro Padrão	Exp $\beta_2^{\dagger}$	Exp ( $\beta_2 \pm 1$ EP)	Decréscimo anual (%) <sup>‡</sup>	R <sup>2</sup> <sup>§</sup>
MO (g dm <sup>-3</sup> )	-0,0215***	0,0023	0,979	0,976 – 0,981	2,13	0,95
P-resina (mg dm <sup>-3</sup> )	-0,0339***	0,0048	0,967	0,962 – 0,971	3,33	0,96
K (mg dm <sup>-3</sup> )	-0,0217***	0,0030	0,979	0,976 – 0,981	2,15	0,94
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-0,0185***	0,0028	0,982	0,979 – 0,984	1,83	0,98
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-0,0242***	0,0030	0,976	0,973 – 0,979	2,39	0,97
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-0,0203***	0,0020	0,980	0,978 – 0,982	2,01	0,99
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-0,0094*	0,0034	0,991	0,987 – 0,994	0,94	0,81
CTC total (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-0,0178***	0,0011	0,982	0,981 – 0,983	1,76	0,99

<sup>†</sup> (Exp  $\beta_2$ )<sup>†</sup> expressa a fração remanescente da variável resposta após *n* anos de cultivo com mandioca. <sup>‡</sup> (1-exp  $\beta_2$ ) x 100%.

<sup>§</sup> R<sup>2</sup> refere-se ao ajuste do modelo completo. \*\*\*, \*: significativo a 0,1% e 5% de significância, respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LORENZI, J.O.; GALLO, J.R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. *Bragantia*, v.40, p.145-156, 1975.

PARAHYBA, R.V.; LEITE, A.P.; OLIVEIRA NETO, M.B.; OLIVEIRA, A.C. Solos do Município de Água Branca, Estado de Alagoas, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, p.1398-1401, 2007.

SIQUEIRA, J. *Codificação de dados preliminares e diagnóstico territorial do Alto Sertão de Alagoas*. Delmiro Gouveia: MDA, 2004. 55p.

van RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001. 285p.