



Semina: Ciências Agrárias

ISSN: 1676-546X

semina.agrarias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina
Brasil

Melém Júnior, Nagib Jorge; de Batista Fonseca, Inês Cristina; Rodrigues Brito, Osmar;
Decaëns, Thibaud; Meireles Carneiro, Massiene; Alves de Matos, Maria de Fátima;
Carneiro Guedes, Marcelino; Leite de Queiroz, José Antonio; de Oliveira Barroso, Kátia
Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade
de solos do Amapá

Semina: Ciências Agrárias, vol. 29, núm. 3, julio-septiembre, 2008, pp. 499-506

Universidade Estadual de Londrina

Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744089003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá

Principal components analysis for evaluation of analytical results from Amapá soil fertility

Nagib Jorge Melém Júnior^{1*}; Inês Cristina de Batista Fonseca²; Osmar Rodrigues Brito²; Thibaud Decaëns³; Massiene Meireles Carneiro⁴; Maria de Fátima Alves de Matos⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁵; José Antonio Leite de Queiroz⁵; Kátia de Oliveira Barroso⁴

Resumo

Estudar os solos do Estado do Amapá é uma necessidade urgente dada a redução de produção observada naquele estado devido, principalmente, ao êxodo rural. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de agrupar os solos dos municípios do Estado do Amapá, utilizando-se resultados analíticos de amostras coletadas no período de 1993 a 2003. As análises de componentes principais e a classificação hierárquica possibilitaram o agrupamento dos municípios do estado em quatro grupos diferentes, considerando a similaridade entre as propriedades químicas do solo. A baixa disponibilidade de fósforo, acidez elevada, altos teores de alumínio trocável, baixa soma de bases e baixos valores para a saturação por bases, foram as principais restrições encontradas para o aproveitamento agrícola dos solos do Estado do Amapá. Nos municípios de Cutias e Mazagão (grupo 1) a fertilidade do solo foi considerada mais desfavorável ao aproveitamento agrícola, enquanto que nos municípios de Laranjal do Jarí, Macapá, Pedra Branca, Santana e Serra do Navio (grupo 3) e Amapá, Ferreira Gomes, Oiapoque e Vitória do Jarí (grupo 4) a fertilidade do solo foi considerada favorável em relação aos outros grupos.

Palavras-chave: Análise de solo, análise multivariada, análise de agrupamento

Abstract

The soil study in the State of Amapá is an urgent need because it has been observed a decrease in production in that state due mainly to the rural exodus. This work was carried out with the objective of studying the soils of municipal districts of Amapá State, using collected samples in the period from 1993 to 2003. The principal component analysis (PCA) and the hierarchical classification allowed the grouping of the municipal districts of the state in four different groups, according to the similarity presented in the soil chemical properties. The low phosphorus availability, the high acidity, the high levels of exchangeable aluminum, the low sum of bases, and low values for bases saturation were the main restrictions found for the agricultural use of the soils. In the municipal districts of Cutias and Mazagão (group 1) the soil fertility was more unfavorable, while in the municipal districts of Laranjal do Jarí, Macapá, Pedra Branca, Santana and Serra do Navio (group 3) and Amapá, Ferreira Gomes, Oiapoque and Vitória do Jarí (group 4) it was more favorable in relation to other groups.

Key words: Soil analysis, multivariate analysis, grouping analysis

¹ Pesquisador Embrapa Amapá, pós-graduando em Agronomia, bolsista Embrapa, Universidade Estadual de Londrina (UEL). E-mail: nagibmelem@gmail.com

² Docentes Universidade Estadual de Londrina (UEL).

³ Docente Université de Roen – França (Prof. Visitante UEL).

⁴ Bel. Geografia.

⁵ Pesquisador Embrapa Amapá.

* Autor para correspondência

Introdução

A Amazônia abrange uma área no território brasileiro de aproximadamente 4,5 milhões de km², dos quais cerca de 75% são formados por solos de baixa fertilidade (SANCHEZ et al., 1982). Essa região, além dos solos de baixa fertilidade natural, caracteriza-se pela adoção do manejo baseado no desmatamento, queimada e cultivo de culturas de subsistência, por período nunca superior a dois anos (CERRI; VOLKOF; EDUARDO, 1985).

O Estado do Amapá situa-se na porção setentrional do Brasil, e possui área territorial de 143.453,70 km². O clima é equatorial com temperatura média anual de 26°C e precipitação de cerca de 2.700 mm anuais. A cobertura vegetal permite o estabelecimento de quatro regiões ecológicas distintas, sendo: floresta densa tropical, formação pioneira, cerrados e floresta de transição. Os solos do Amapá de forma geral são ácidos e de baixa fertilidade, e as classes de maior representatividade são: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Gleissolos (ALVES; ALVES; MOCHIUTTI, 1992).

A avaliação da fertilidade de um solo permite caracterizar sua capacidade em fornecer nutrientes para as plantas, identificar a presença de acidez e elementos tóxicos, orientar programas de correção e adubação e escolher espécies ou variedades mais adaptadas ao cultivo.

Para realização deste trabalho, utilizou-se o banco de dados de análises químicas de solos do Laboratório de Solos da Embrapa Amapá, que inclui amostras de todos os municípios do Estado do Amapá, referente ao período de 1993 a 2003.

O trabalho foi conduzido com o objetivo de usar a Análise de Componentes Principais (ACP) para agrupar os municípios do Estado do Amapá, quanto a similaridade dos atributos químicos do solo.

Material e métodos

Análises químicas e tratamento dos resultados

As análises químicas de rotina foram realizadas no período de 1993 a 2003, no Laboratório de Solos da Embrapa Amapá em amostras de solo enviadas por agricultores e técnicos e consistiram das seguintes determinações: pH em água (1:2,5), cátions trocáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$), acidez trocável (Al^{3+}) e potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$), fósforo disponível (P - Mehlich-1) e carbono orgânico (C), utilizando-se a metodologia recomendada por Embrapa (1979) e Embrapa (1997). Com os resultados analíticos obtidos, foram estimados os valores para a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC pH 7,0), CTC efetiva (CTCe), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

Os resultados obtidos foram inseridos em um banco de dados incluindo ainda informações sobre o município de procedência e a profundidade de coleta para cada amostra. Quando da existência de mais de uma amostra proveniente da mesma propriedade, foi feita a exclusão das demais, considerando-se apenas a primeira amostra protocolada no laboratório, para evitar efeitos de possíveis manejos como calagem e adubação. Neste estudo foram considerados os resultados para amostras coletadas na profundidade de 0-20 cm, o que resultou num total de 1343 amostras.

Análises estatísticas

Foi realizada uma análise de componentes principais (ACP), utilizando os resultados das análises de solo de todos os municípios, resultando em um diagrama de ordenação das mesmas. Posteriormente procedeu-se a classificação hierárquica dos municípios de modo a agrupá-los de acordo com os valores médios das propriedades químicas do solo. Na execução dessas análises foi utilizado o software ADE-4 (THIOULOUSE et al., 1997). Alvarenga e Davide (1999) relatam que a ACP sintetiza a variação multidimensional dos dados, ordenando-os nos eixos do diagrama de acordo com

a similaridade das variáveis consideradas. Com essa análise objetivou-se agrupar municípios com solos de propriedades químicas semelhantes.

Todas as análises estatísticas posteriores foram realizadas levando-se em consideração os agrupamentos formados. Inicialmente testou-se a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk (SAS INSTITUTE, 1999). Como não se observou distribuição normal dos mesmos, foi então realizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn, utilizando-se o programa BioEstat 3.0 (AYRES et al., 2003) para comparação múltipla dos postos médios. Posteriormente foram feitas as distribuições de frequência em sete classes de fertilidade para os agrupamentos formados.

Resultados e discussão

Com a ACP e a classificação hierárquica avaliou-se a relação entre as propriedades químicas do solo dos dezesseis municípios do Amapá, além de estabelecer agrupamentos de municípios com características similares. Inicialmente realizou-se a ACP utilizando todas as análises químicas e a classificação hierárquica pela média das variáveis resultando na partição em quatro agrupamentos considerando os dois primeiros eixos fatoriais (Figura 1).

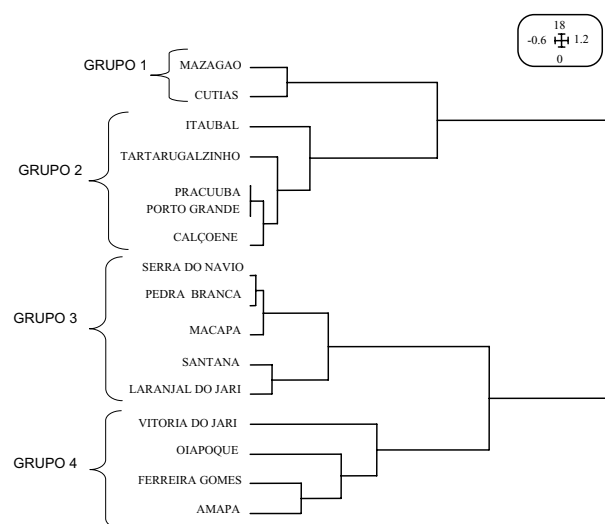


Figura 1. Classificação hierárquica ascendente dos dois primeiros eixos fatoriais e partição em quatro agrupamentos.

Os agrupamentos formados foram então incluídos na ACP (Figura 2) e neste caso a primeira componente principal (Figura 2b - CP1), resultou da combinação linear das 11 variáveis estudadas e foi composta por 46% da variância total, enquanto a segunda componente principal (Figura 2b – CP2), foi composta por 24% da variância total, totalizando para as duas componentes principais 70% da variância total.

No diagrama de localidades (Figura 2c) é apresentado o baricentro de cada agrupamento, e a distribuição das propriedades do solo é representada por pontos. A aproximação entre dois pontos, significa semelhança entre os valores das propriedades do solo para cada agrupamento. No círculo de correlações (Figura 2b) as propriedades químicas do solo são representadas por vetores, que indicam a o sentido do aumento dos valores da variável estudada.

De modo geral a maioria das amostras de solos apresentaram elevada acidez e elevado teor de alumínio trocável, baixos teores de fósforo e soma de bases, baixa saturação por bases e médios teores de carbono. As variáveis V, SB, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, P, K^+ e CTCe se correlacionaram com a parte positiva do primeiro eixo fatorial, enquanto a variável m se correlacionou com a parte negativa desse eixo (Figura 2b). As variáveis C, CTC (pH 7,0) e Al^{3+} se correlacionaram com a parte positiva do segundo eixo fatorial, enquanto a variável pH assumiu uma posição intermediária entre o primeiro e o segundo eixos (Figura 2b). Embora tenham sido utilizadas onze propriedades químicas do solo na análise, selecionou-se para discussão sete variáveis que são indicadores representativos da fertilidade do solo (pH (H_2O), SB, Al^{3+} , CTC (pH 7,0), V, P e C).

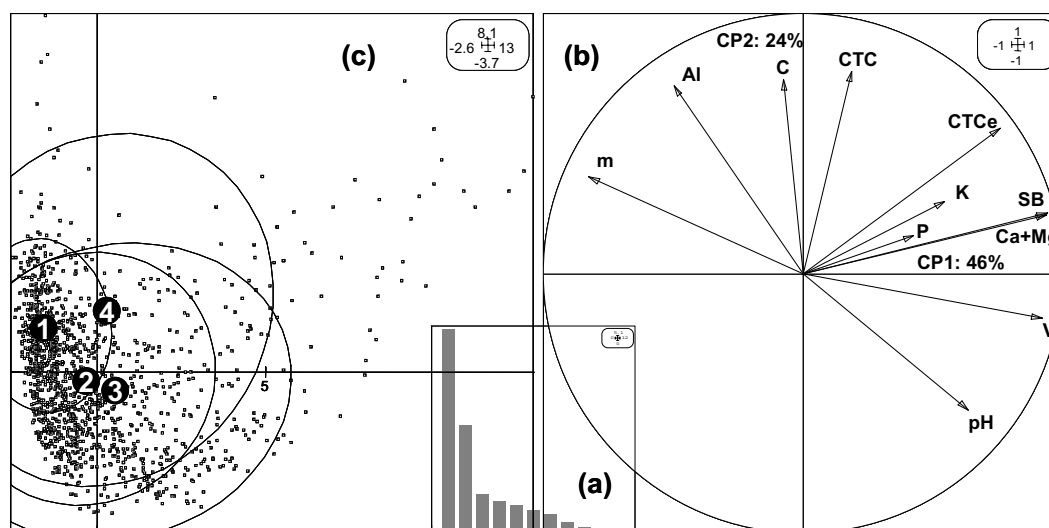


Figura 2. Resultado da ACP entre propriedades químicas do solo de municípios do Estado do Amapá. a) valores próprios dos eixos fatoriais; b) círculo das correlações associadas aos dois primeiros eixos; c) resultados analíticos das propriedades químicas e baricentro dos grupos formados.

De acordo com o resultado da ACP, foi possível caracterizar a fertilidade do solo de cada grupo, da seguinte forma:

- Grupo 1 (Municípios de Cutias e Mazagão): apresentou solos com maior acidez (valores mais elevados de Al^{3+} e menores de pH e V), menores teores de P, SB e CTC (pH 7,0) e teores elevados de C;
- Grupo 2 (Calçoene, Itauba, Porto Grande, Pracuuba e Tartarugalzinho): apresentou valores intermediários de pH, V, SB, CTC (pH 7,0), P, C e Al^{3+} ;
- Grupo 3 (Municípios de Laranjal do Jari, Macapá, Pedra Branca, Santana e Serra do Navio): apresentou os valores mais elevados de

pH, V e SB, teores intermediários de P, e os menores teores de Al^{3+} , C e CTC (pH 7,0);

- Grupo 4 (Municípios de Amapá, Ferreira Gomes, Oiapoque e Vitória do Jari): apresentou valores intermediários de pH, V e Al^{3+} , e os maiores valores de P, SB, C e CTC (pH 7,0).

O teste de comparação de postos médios (Tabela 1) de modo geral confirmou os resultados obtidos com a ACP, entretanto para algumas variáveis foram observadas semelhanças entre grupos. Destaca-se que houve uma discrepância quanto aos resultados de carbono orgânico, pois pela interpretação da ACP, o grupo 4 apresentou maior valor, enquanto que pelo teste de Dunn o maior valor foi observado no grupo 1.

Tabela 1. Comparação múltipla entre os postos médios (*) nos agrupamentos estudados.

Grupos	pH	SB	CTC	Al	V	C	P
1	296,8 d	413,7 c	611,9 bc	1116,5 a	439,0 c	992,0 a	448,0 d
2	624,9 b	630,9 b	680,3 b	596,3 c	629,8 b	705,9 c	630,3 c
3	823,8 a	737,4 a	608,8 c	575,9 c	764,5 a	532,3 d	713,2 b
4	518,6 c	782,7 a	1041,1 a	774,8 b	618,1 b	869,4 b	860,5 a

Postos médios seguidos de mesma letra não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Dunn.

(*) para os testes não paramétricos os dados originais são transformados em postos ordenáveis

Visando estudar a distribuição de frequências das propriedades químicas do solo avaliadas neste estudo nos agrupamentos formados, inicialmente estabeleceu-se uma escala de valores para cada variável agrupadas em sete classes de fertilidade como apresentado a seguir.

Na Figura 3, observa-se que para a maioria das amostras analisadas, os valores de pH estão distribuídos na classe 4,6 - 5,2 com frequências de 69%, 41%, 27% e 47% para os grupos 1, 2, 3 e 4, respectivamente; os grupos 2 e 3 apresentaram frequências de 37% e 34% na classe 5,2 - 5,7 respectivamente.

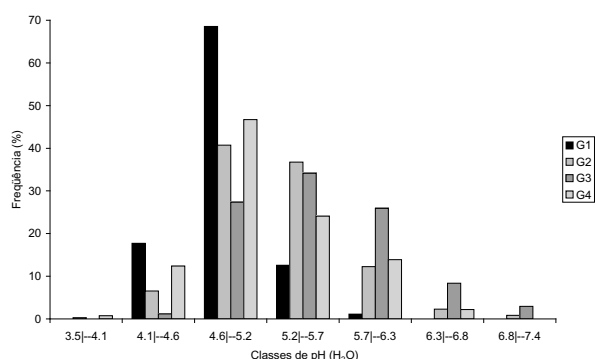


Figura 3. Distribuição de frequências para pH(H₂O) nos grupos estudados.

Os resultados da distribuição de frequências para saturação por bases são apresentados na Figura 4. Observa-se que na maioria das amostras analisadas os valores estão localizados na classe 12,5 - 24,2%, sendo as frequências de 91%, 69%, 49% e 64%, para os grupos 1, 2, 3, e 4 respectivamente.

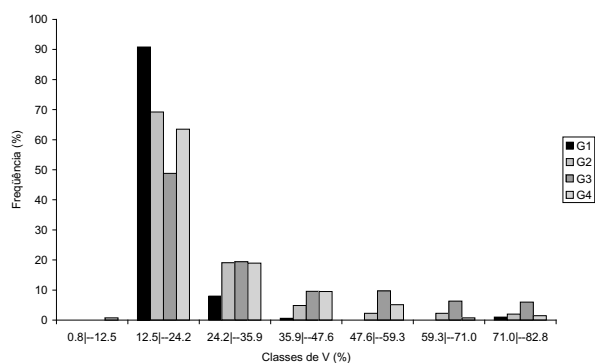


Figura 4. Distribuição de frequências para V% nos grupos estudados.

Na Figura 5 observa-se a distribuição de frequências para o alumínio trocável do solo, onde verifica-se que a maioria das amostras analisadas encontram-se concentradas na classe 8,4 - 16,4 mmol_c dm⁻³, com frequências de 3%, 66%, 52% e 45% para os grupos 1, 2, 3, e 4, respectivamente; o grupo 1 apresentou frequência de 57% na classe 16,4 - 24,3 mmol_c dm⁻³ e de 39% na classe 24,3 - 32,3 mmol_c dm⁻³.

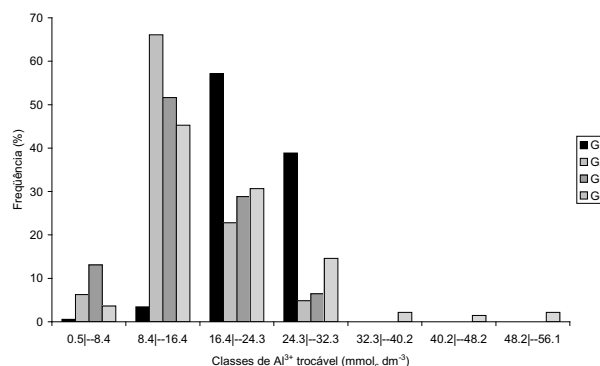


Figura 5. Distribuição de frequências para Al³⁺ nos grupos estudados.

Considerando-se os resultados apresentados para as três propriedades químicas relacionadas à acidez do solo (pH, saturação por bases e alumínio trocável), verifica-se que a maioria dos solos analisados podem ser classificados como de acidez elevada, com altos teores de alumínio trocável e baixa saturação por bases. Destacando-se o grupo 1, representado pelos municípios de Cutias e Mazagão, como o de menor pH, maior alumínio trocável e menor saturação por bases, e o grupo 3 (Municípios de Laranjal do Jarí, Macapá, Pedra Branca, Santana e Serra do Navio) como o de pH mais elevado, menor alumínio trocável e maior saturação por bases, embora ainda apresentem valores inadequados para a maioria das culturas, esses solos podem ser incorporados ao processo produtivo mediante emprego de corretivos. Os resultados obtidos são compatíveis com os encontrados por Chaves et al. (2004), que avaliaram os resultados de 1053 análises químicas de amostras de solos de Ilha

de Assunção em Pernambuco e verificaram que 60% das áreas necessitavam de corretivos, já que apresentavam acidez elevada, enquanto Cavalcanti et al. (2000) avaliando 1851 amostras de solo de todas as mesoregiões de Pernambuco, estimaram que cerca de 53% das amostras apresentaram acidez elevada, destacando-se a incidência de amostras com valores de pH menores que 5,1 na mesoregião Metropolitana e entre 5,1 e 5,7 nas mesoregiões do Agreste e Mata.

Na Figura 6 observa-se a distribuição de freqüências para soma de bases, indicando que a maioria das amostras analisadas estão localizadas na classe de soma de bases 18,2 - 35,5 mmol_c dm⁻³, sendo as freqüências de 99%, 88%, 78% e 78%, para os grupos 1, 2, 3, e 4 respectivamente.

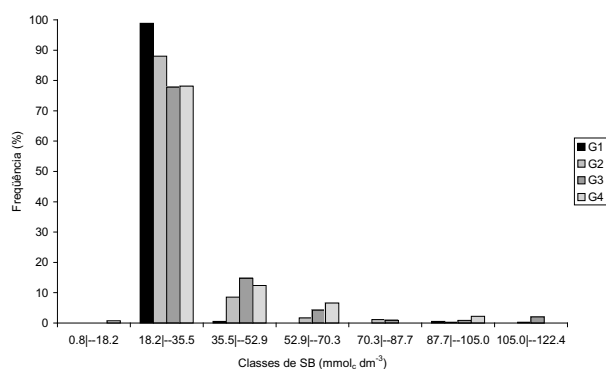


Figura 6. Distribuição de freqüências para soma de bases nos grupos estudados

No histograma da distribuição de freqüências para o fósforo disponível (Figura 7), observa-se que na maioria das amostras analisadas os valores estão localizados na classe 1,0 - 17,7 mg dm⁻³ com freqüências de 89%, 64% e 53% para os grupos 1, 2 e 3 respectivamente, enquanto o grupo 4 apresentou sua maior freqüência (61%) na classe 17,7 - 34,4 mg dm⁻³.

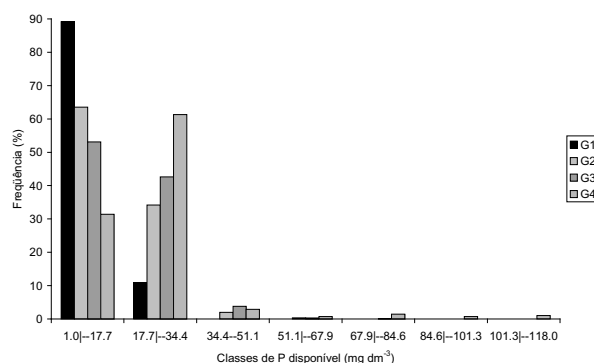


Figura 7. Distribuição de freqüências para P disponível nos grupos estudados.

Os resultados referentes a soma de bases e fósforo indicam a necessidade de correção para elevar os níveis de cálcio e magnésio e da adubação potássica e fosfatada. O grupo 1 apresentou menores valores de soma de bases e fósforo disponível, enquanto que os grupos 3 e 4 (Municípios de Amapá, Ferreira Gomes, Oiapoque e Vitória do Jari) apresentaram valores mais adequados de soma de bases, e o último grupo apresentou teor mais elevado de fósforo disponível, ressaltando-se novamente que em todos os grupos os valores são inadequados para o cultivo. Os resultados obtidos para fósforo disponível se assemelham aos obtidos por Chaves et al. (2004) para a Ilha de Assunção em Pernambuco e por Cavalcanti et al. (2000) no mesmo estado. Estes pesquisadores encontraram baixos teores de fósforo em praticamente todas as áreas estudadas que indicaram a necessidade correção via adubação.

Para os grupos 2 e 3, os resultados do carbono orgânico do solo (Figura 8) encontram-se concentrados na classe 17,1 - 30,0 g dm⁻³ com freqüências de 54% e 71% respectivamente, enquanto as amostras dos grupos 1 e 4 se concentraram na classe 30,0 - 43,0 g dm⁻³, com freqüências de 74% e 47% respectivamente.

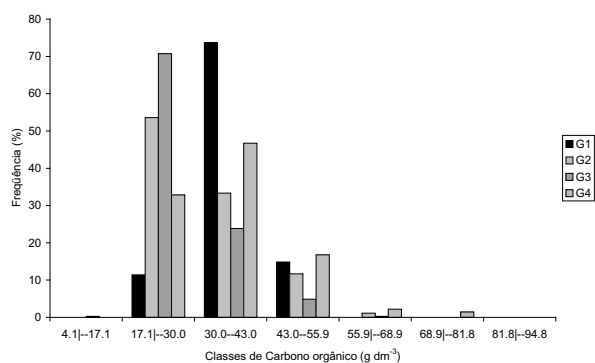


Figura 8. Distribuição de frequências para C orgânico nos grupos estudados.

Na Figura 9 é apresentado o histograma da distribuição de frequências para a capacidade de troca de cátions a pH 7,0. Observa-se que para a maioria das amostras analisadas os valores ficaram concentrados na classe 97,4 - 139,9 mmol_c dm⁻³, sendo as frequências de 64%, 55% e 40% para os grupos 1, 2, e 4 respectivamente. Para o grupo 3, 44% das amostras de solo ficaram entre os valores de 55,0 - 97,4 mmol_c dm⁻³ de CTC.

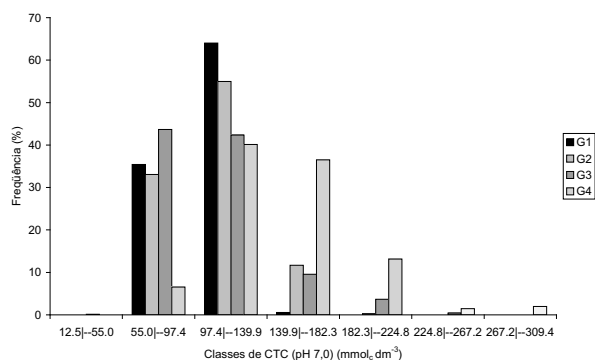


Figura 9. Distribuição de frequências para CTC (pH 7,0) nos grupos estudados.

Os resultados demonstram que para a maioria das amostras os teores de carbono orgânico e a CTC (pH 7,0), foram adequados para a agricultura, pois os seus níveis podem ser considerados entre médios a altos, destacando-se que a CTC (pH 7,0) encontrada na maioria dos solos tropicais é dependente do carbono orgânico do solo.

Segundo dados do levantamento sistemático da produção agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2005) a produção de lavouras temporárias no Amapá representou em 2005 somente 0,3%, 0,6%, 1,1% e 0,1%, da produção da Região Norte respectivamente para arroz, feijão, mandioca e milho, e apresenta os menores rendimentos na região para as culturas de arroz (1227 kg ha⁻¹) e milho (848 kg ha⁻¹), o segundo menor rendimento para mandioca (10625 kg ha⁻¹) e o terceiro menor rendimento para feijão (636 kg ha⁻¹). Considerando-se os grupos formados em relação aos atributos químicos do solo, e ressaltando-se que diversos outros fatores contribuem para a produtividade das culturas, verifica-se na Tabela 2 que, com exceção da cultura do arroz, o Grupo 1, que apresentou as propriedades químicas menos favoráveis, possui os menores rendimentos médios para lavouras temporárias em relação aos outros grupos formados, confirmando a validade do emprego da ACP para macro avaliações que possibilitem o estabelecimento de programas regionais de recuperação do solo com o objetivo de aumentar a produtividade das culturas em áreas já utilizadas e diminuir os impactos da agricultura itinerante sobre as áreas de floresta primária ou secundária.

Tabela 2. Rendimento de lavouras temporárias nos agrupamentos estudados

Grupos	Arroz	Feijão	Mandioca	Milho
	kg ha ⁻¹			
1	801	543	9924	817
2	945	680	11124	853
3	740	596	10886	851
4	806	674	10730	838

Fonte: IBGE (2005).

Conclusões

As análises de componentes principais e a classificação hierárquica possibilitaram a caracterização e o agrupamento dos municípios do Estado do Amapá em quatro grupos diferentes, considerando a similaridade entre as propriedades químicas do solo;

A baixa disponibilidade de fósforo, a acidez elevada, os altos teores de alumínio trocável, a baixa soma de bases, e os baixos valores para a saturação por bases, foram as principais restrições encontradas para o aproveitamento agrícola dos solos do Estado do Amapá;

Entre os grupos avaliados, o grupo 1 (Cutias e Mazagão) foi o que apresentou as maiores limitações ao aproveitamento agrícola dos solos em razão da baixa fertilidade. Nos grupos 3 (Laranjal do Jarí, Macapá, Pedra Branca, Santana e Serra do Navio) e 4 (Amapá, Ferreira Gomes, Oiapoque e Vitória do Jarí) encontram-se os solos com fertilidade mais próxima do adequado, mas que mesmo assim ainda exigem correção.

Agradecimentos

Aos funcionários da Embrapa Amapá: Adalberto Azevedo Barbosa, Edilaldo Santana Nunes, Jacivaldo Barbosa da Costa, Maria Leila de Almeida Guerra, Raimundo Nonato Teixeira Moura, Ricardo Santos Costa e Rodolfo Santos Costa pela realização das análises químicas. A Prof^ª. Dr^ª Jacinta Ludovico Zamboti pela orientação quanto as análises não paramétricas e ao Sr. Luiz Carlos Fabrício de Melo pela execução das mesmas. A Prof^ª. Dr^ª Ivone Yurika Mizubuti pela revisão do abstract. Ao Dr. Benedito Vitor Rabelo e equipe do IEPA/ZEE pela colaboração com amostras de solo.

Referências

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira*

de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.

ALVES, R. N. B.; ALVES, R. M. M.; MOCHIUTTI, S. *Diagnóstico da agropecuária amapaense*. Macapá: Embrapa Amapá, 1992. (Documentos, 3).

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. *BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq, 2003.

CAVALCANTI, F. J. A.; MESSIAS, A. S.; SILVA, M. C. L.; MORAES, E. J. F. Avaliação da fertilidade do solo de Pernambuco: Resultados de 1999. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus. *Anais... Ilhéus*: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM.

CERRI, C. C.; VOLKOF, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 1-4, 1985.

CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G.; SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção - Cabrobró (Pernambuco). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 431-437, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. (Documentos, 1).

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa SNLCS, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Produção Agrícola Municipal 2005; Malha municipal digital do Brasil: situação em 2005*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 7 set. 2007.

SANCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILLACHICA, J. H.; NICHOLAIDES, J. J. Amazon basin soils: management for continuous crop production. *Science*, Washington, v. 216, n. 4548, p. 821-827, 1982.

SAS INSTITUTE. *The SAS system for windows 8.02*. Cary: SAS INSTITUTE, 1999-2001. CD ROM.

THIOULOUSE, J.; CHESSEL, D.; DOLÉDEC, S.; OLIVIER, J. M. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing*, London, v. 9, n. 1, p. 75-83, 1997.