

## Atributos químicos de solos em diferentes pisos altitudinais na Serra do Rio do Janeiro <sup>(1)</sup>.

**Michele Ribeiro Ramos<sup>(2)</sup>; Alexandre Uhlmann<sup>(3)</sup>; Gustavo Ribas Curcio<sup>(3)</sup>; Alexander Silva Resende<sup>(4)</sup>; Eder Caglioni<sup>(5)</sup>; Fernando Lima Aires Gonçalves<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Macroprograma 2 – Embrapa.

<sup>(2)</sup> Pesquisador colaborador – Projeto Biomas (Embrapa – CNA - FAPED); Embrapa Florestas, Colombo, PR; [michele.ramos@colaborador.embrapa.br](mailto:michele.ramos@colaborador.embrapa.br); <sup>(3)</sup> Pesquisador; Embrapa Florestas, Colombo, PR; [alexandre.uhlmann@embrapa.br](mailto:alexandre.uhlmann@embrapa.br); [gustavo.curcio@embrapa.br](mailto:gustavo.curcio@embrapa.br); <sup>(4)</sup> Pesquisador; Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ; [alexander.resende@embrapa.br](mailto:alexander.resende@embrapa.br); <sup>(5)</sup> Doutorando em Engenharia Florestal; Centro de Ciências Florestais e da Madeira – UFPR – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; [eder.caglioni@gmail.com](mailto:eder.caglioni@gmail.com) <sup>(6)</sup> Analista ambiental 1; Acácia amarela produção de mudas e consultoria ambiental, Seropédica, RJ; [fernando.lima85@yahoo.com.br](mailto:fernando.lima85@yahoo.com.br)

**RESUMO:** A faixa atlântica brasileira possui extrema diversidade ambiental, onde a ocorrência de diversidade dos solos é muito grande, dado os diferentes patamares altitudinais ocupado por ela. Com o objetivo de identificar essas diferenças foi estudado os atributos químicos dos solos em áreas próximas e dentro do Parque Estadual dos Três Picos no Rio de Janeiro. Foram coletados solos em cinco pisos altitudinais, sendo três perfis para cada piso, para verificar a diversidade pedológica. Foi utilizado a análise de componentes principais como ferramenta de segregação. De uma maneira geral, os solos mais férteis estão situados no maior piso altitudinal e os que estão em cotas mais baixas tenderam a apresentar baixa fertilidade natural.

**Termos de indexação:** patamares altitudinais; fertilidade natural; serra fluminense.

### INTRODUÇÃO

A Floresta Tropical Atlântica é encontrada ao longo da costa brasileira, desde o sul até o nordeste, avançando para o interior em variadas extensões. O que a torna estratégica no ponto de vista econômico, social e principalmente ambiental, por abrigar mais de 61% da população brasileira e deter 35% da biodiversidade vegetal. Além disso, sob o ponto de vista hidrológico é responsável por regular o fluxo hídrico, promover o equilíbrio climático e ainda garantir a fertilidade dos solos.

Apesar de no bioma mata atlântica ser expressiva a presença de Argissolos (Carvalho Jr et al., 2008), nos maiores patamares altimétricos, devido a muitos fatores, esses solos sofrem alterações em sua composição, originando os mais diversos tipos de solos. Além disso, a vegetação que se desenvolve nesses ambientes contribui significativamente com a formação de horizontes com características específicas (Scheer et al., 2013; 2014).

Considerando que a ciclagem de nutrientes é o principal processo provedor da fertilidade dos solos

sob florestas, a diversidade de espécies também será fator determinante. Contudo, são as variáveis edáficas e climáticas que vão exercer o mais importante papel nesse sistema. Poucos são os trabalhos que visam estudar a variações edáficas em diferentes pisos altitudinais. O que existe muito na literatura são trabalhos com distribuição e diversidade florística e fitossociológica em diferentes regiões e altitudes (Martins et al., 2003; Gomes et al., 2011; Rocha & Amorim, 2012).

O objetivo deste trabalho foi fazer o levantamento dos atributos químicos em diferentes pisos altitudinais, para verificar diversidade pedológica, no que se refere a fertilidade natural dos solos, em função da altitude na Serra Fluminense.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada em áreas próximas e dentro do Parque Estadual dos Três Picos – PETP. O parque é uma unidade de conservação de proteção integral Estadual do Rio de Janeiro (INEA, 2013), localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro, abrangendo cinco municípios, Teresópolis, Guapimirim, Silva Jardim, Nova Friburgo e Cachoeiras de Macacu.

A cobertura florestal nas áreas estudadas, segundo (IBGE, 2012), pode ser classificada como Floresta Ombrófila Densa nas formações Submontana, Montana e Altomontana. E o clima, influenciado pela altitude e pelas características meteorológicas de grande escala do continente sul-americano, conferem à região um clima úmido a superúmido, mesotérmico, com pouco ou nenhum déficit hídrico (pluviosidade superior a 2.000 mm anuais) e calor igualmente distribuído ao longo do ano (INEA, 2013), sendo classificada, conforme escala de Köppen, como tropical (Af) nas partes mais baixas em Cachoeiras de Macacu ao mesotérmico brando (Cwb) nas áreas acima de 1200 m, com verões brandos (média simples do mês de fevereiro entre 15°C e 18°C) e invernos frios (média simples do mês de julho abaixo de 10°C).

(INEA, 2013). De modo geral, os solos do PETP são caracterizados pelos Latossolo vermelho-amarelos, Cambissolos, Neossolo e pelos afloramentos rochosos (INEA, 2013).

As coletas dos solos foram realizadas em cinco patamares altitudinais, sendo 400 m; 800 m; 1200 m; 1600 m e 2200 m s.n.m. Considerando para piso altitudinal três perfis, um em cada terço (superior, médio e inferior), todos sob floresta. Os mesmos foram caracterizados morfológicamente e classificados de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2013). Amostras foram coletadas por horizonte e analisadas quanto a fertilidade no laboratório da Universidade Federal do Paraná. Os parâmetros determinados foram: pH  $\text{CaCl}_2$ , capacidade de troca catiônica, soma de bases, saturação por bases, saturação por alumínio,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H+Al}$ , (extraídos com  $\text{KCl}$ )  $\text{K}^+$  (extraído com Mehlich I) e carbono orgânico (EMBRAPA, 1997).

### Análise estatística

A matriz de dados brutos (Anxp) foi constituída por 21 observações (perfis de solos) e 15 variáveis (parâmetros granulométricos e de fertilidade). Foram construídas duas matrizes desta natureza, uma contendo os dados do horizonte superficial e outra contendo os dados do horizonte subsuperficial dos mesmos 21 perfis.

Destas matrizes derivaram duas outras de correlação (ppxp) entre as p variáveis e extraídos seus autovalores e autovetores, aplicando-se os procedimentos de uma análise de componentes principais.

Os autovalores foram utilizados para medir o percentual de variância atribuído a cada componente principal e a significância dos eixos aferida através de 999 permutações Monte Carlo.

Como resultado, somente os dois primeiros componentes principais foram significativos. Considerando-se somente estes dois eixos, as comunalidades serviram para eliminar aquelas variáveis de pequena representação dentre estes componentes principais. Como resultado, foram eliminadas da matriz A (horizonte superficial) as variáveis  $\text{H+Al}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{V\%}$ , areia grossa, areia fina, argila e silte. Da outra matriz A, a qual continha os dados dos horizontes superficial, foram eliminadas as variáveis  $\text{Al}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ , areia grossa, areia fina, argila e silte. Em ambas, os mesmos procedimentos descritos acima e que conduziram à extração de autovalores e autovetores para cada uma destas matrizes foi seguido. Aqui também os autovalores foram utilizados como medida da quantidade de variância contida em cada eixo e, permutações

Monte Carlo foram novamente utilizadas para testar a significância dos eixos.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se somente os dados dos horizontes A, apenas os dois primeiros eixos da análise de componentes principais foram maiores que 1 (4,48 e 2,78) e significativos ao nível de 1%. No entanto, os dois explicaram a maior parte da variância original dos dados (56% e 34,8%). A análise de componentes principais aplicada à outra matriz (dados dos horizontes B) novamente extraiu somente dois componentes principais com autovalores maiores que 1 (4,12 e 3,24), os quais explicaram 92,1% da variância original dos dados (51,6% + 40,5%).

A Tabela 1 aponta as correlações entre os escores dos dois primeiros componentes principais e os descritores pedológicos (variáveis). Os escores do primeiro componente principal mostraram-se relacionados positivamente com pH, soma de bases e os teores de  $\text{Ca}$  e  $\text{Mg}$ , mas foram inversamente relacionados com o valor  $m$ , os teores de  $\text{Al}$ ,  $\text{P}$  e a CTC.

Os escores do segundo componente principal tiveram correlações menos destacadas que aquelas descritas anteriormente. Além disso, os coeficientes são muito aproximados àqueles descritos para o primeiro componente principal, à exceção daqueles que indicam as correlações com as variáveis pH,  $\text{Al}$  e  $m\%$ , acentuadamente maiores com o primeiro eixo da ACP. Claramente, portanto, o primeiro eixo exibe um gradiente de fertilidade, estando as unidades de maior fertilidade no seu extremo negativo, enquanto o positivo aloja os perfis de menor fertilidade (Figura 1a).

Tabela 1 – Coeficientes de correlação entre os parâmetros pedológicos e os escores dos componentes principais.

	Horizonte A		Horizonte B	
	ACP 1	ACP 2	ACP 1	ACP 2
pH	0,87	-0,41	0,61	-0,68
Ca	0,66	0,65	0,00	0,00
Mg	0,64	0,66	0,46	0,79
Al	-0,79	0,55	0,00	0,00
P	-0,70	0,64	-0,75	0,63
$m\%$	-0,87	-0,39	-0,81	-0,54
CTC	-0,76	0,57	-0,85	0,47
SB	0,65	0,75	0,66	0,73
$\text{H+Al}$	0,00	0,00	-0,75	0,61
$\text{V\%}$	0,00	0,00	0,78	0,58

O mesmo gradiente de fertilidade é exibido nas correlações entre os escores do primeiro componente principal e os valores V% e m%, este último associado com a CTC no extremo negativo deste eixo. Novamente, as correlações com o segundo eixo são muito aproximadas àquelas descritas acima, à exceção daquela calculada para o teor de Mg.

De uma maneira geral os solos do piso altitudinal 2200 m foram os que se diferenciaram dos demais. Na figura 1 é possível observar que tanto para o horizonte superficial como para o subsuperficial as variáveis, conteúdo de fósforo (P), H+Al e CTC (capacidade de troca catiônica) foram as que apresentaram maior correlação. As proximidades das setas bem como o tamanho das mesmas indicam para esse resultado, e este pode ser visualizado no gráfico do PCA (figura 1 – a e b).

Além da correlação, a CTC é maior em 2200 m, devido principalmente ao incremento da matéria orgânica, destacado pelo maior teor de carbono orgânico, sobretudo pelo clima mais frio, que proporciona menor intemperismo e mineralização da matéria orgânica, e por consequência menos lixiviação e perdas de nutrientes. Porém essa CTC é predominantemente composta pelos teores de H e Al.

Nessas altitudes predominam os Organossolos, que são caracterizados por apresentar elevados teores de carbono orgânico e de altíssima especificidade ambiental, pois além de grande retentor de carbono é um excelente armazenador de água (Scheer et al., 2011).

Os elevados teores matéria orgânica característica do horizonte diagnóstico desta classe de solos (Embrapa 2013), tem participação na mobilização e/ou complexação do Al. A presença permanente da serapilheira pode estar contribuindo para os maiores teores de P, tanto na camada superficial como na subsuperficial.

A PCA, além de segregar o piso de 2200 m, separou em um de seus quadrantes o piso de 1200 m apenas na camada superficial, indicando uma elevada saturação por alumínio (m%) e baixos teores de Mg, Ca e Soma de bases. Essa menor fertilidade está denunciando o uso que foi estabelecido nessa área em tempos anteriores.

Apesar da floresta estar estabelecida, a fertilidade do solo ainda não se recuperou, bem como os atributos físicos, principalmente porosidade e densidade (dados não apresentados). Trabalhos de fitossociologia e florística realizados na área identificou baixa diversidade de espécies (dados não publicados). Nesta mesma área foi encontrado resquícios de uma antiga estrada que passava dentro parque.

Os demais solos dos pisos estudados (400 e 800 m) não segregaram na PCA, indicando que são áreas relativamente semelhantes no quesito fertilidade do solo. Essa semelhança se acentua no horizonte subsuperficial, onde as variações e/modificações externas pouco influenciam, quando comparados com os horizontes de superfície.

Além disso, os processos que se estabelecem nessas encostas mais íngremes, como por exemplo fluxo de massas e erosão podem explicar essa maior semelhança entre pisos, principalmente no horizonte superficial.

Nos patamares mais baixos, a baixa fertilidade é justificada pelo uso mais intensivo dessas áreas, por estarem em cotas mais baixas o acesso a elas é mais facilitado, ocorrendo, portanto, uma maior exploração antrópica. Cabral. (2004; 2008) relata que áreas com cotas inferiores a 1000 m eram visivelmente desflorestadas e ocupadas para exploração madeireira e implantação de atividades agrícolas extensiva em 1820.

A perda da fertilidade natural dos solos de países tropicais está no desaparecimento da matéria orgânica, pois ela é a principal fonte de nutrientes para as plantas (Franco et al., 1992).

A variação da composição dos solos nos diferentes pisos estudados demonstra que em ambientes florestais a ciclagem de nutrientes é o grande mantenedor da fertilidade (Schaefer et al., 2009).

Morel. (2014) estudando a relação entre a vegetação arbórea e variáveis pedológicas ao longo de um gradiente altitudinal em floresta no sul de Minas Gerais, verificou diferenças significativas nos atributos químicos dos solos nos diferentes patamares.

Desta forma o equilíbrio entre as duas vertentes proporcionará maior estabilidade dos ecossistemas naturais. A dificuldade de acesso pelo homem, em algumas situações, acaba por proteger esses remanescentes florestais altitudinais.

## CONCLUSÕES

Os solos são mais férteis no maior piso altitudinal (2200 m).

A área que está a 1600 m apresenta resquícios de exploração e uso pretérito no local, e isso foi refletido nos atributos químicos daqueles solos.

As áreas que estão a 800 e 400 m, apesar de estarem sob floresta, apresentam solos com baixa fertilidade natural.

A altitude por influenciar diretamente o clima proporciona condições distintas para formação de diferentes classes de solos.

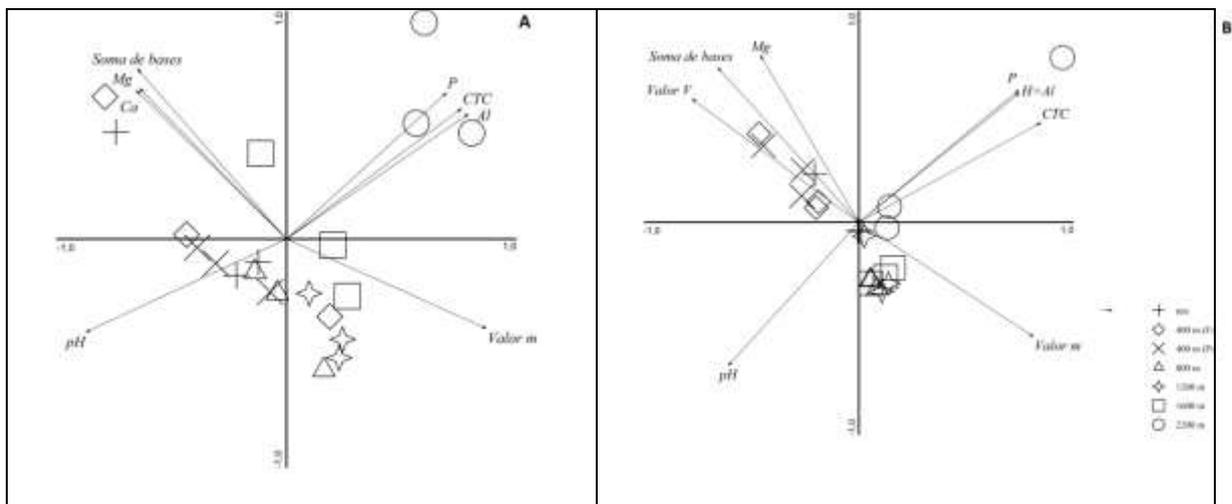
## AGRADECIMENTOS

Apenas agradecer seria pouco por todo apoio e presença de espírito que o nosso amigo Thelmo nos proporcionou. O projeto como um todo contou não só com a sua força nos trabalhos de campo, mas também com sua alegria que contagiava a todos. Queremos através de um gesto tão singelo deixar registrado o quão você foi importante e o quanto você deixou saudades.

Agradecer a Universidade Federal do Paraná e a Embrapa Florestas, Embrapa Agrobiologia e Embrapa Solos.

## REFERÊNCIAS

- CABRAL, D. de C. Produtores rurais e indústria madeireira no Rio de Janeiro do final do século XVIII – Evidências empíricas para a região do vale do macacu. *Ambiente & Sociedade*, 7:125-143, 2004.
- CABRAL, D. de C. Floresta, política e trabalho: a exploração das madeiras-de-lei no Recôncavo da Guanabara (1760-1820). *Revista Brasileira de História*. São Paulo, 28:217-241, 2008.
- CARVALHO JUNIOR, W.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CHAGAS, C. da S.; FERNANDES FILHO, E. I. Análise multivariada de Argissolo na faixa atlântica brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 32:2081-2090, 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 3.ed. Brasília-DF, 2013.353p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 209p.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E.; F.; DA SILVA, E. M. R.; DE FARIA, S., M. Revegetação de solos degradados. Comunicado técnico – Embrapa – CNPAB. ISSN:0103-9407, n.8, out, p.1-9.1992.
- GOMES, J. A. M. A.; BERNACCI, L. C. & JOLY, C. A. Diferenças florísticas e estruturais entre duas cotas altitudinais da Floresta Ombrófila Densa Submontana Atlântica, do Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba/SP, Brasil. *Biota Neotrópica*, 11:123-137, 2011.
- INEA, Parque Estadual dos Três Picos: Plano de Manejo - resumo executivo. Rio de Janeiro: INEA, 2013.
- Manual técnico da vegetação brasileira. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_tecnico\\_vegetacao\\_brasileira.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf)> acesso em 23 de abr. 2015.
- MOREL, J. D. Relação entre vegetação arbórea e variáveis ambientais ao longo do gradiente altitudinal de uma floresta montana no sul de Minas Gerais. Lavras – MG, 2014 Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras.
- MARTINS, S. V.; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L. & MEIRA NETO, J. A. A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. *Scientia Forestalis*, 64:172-181, 2003.
- ROCHA, D. S. B. & AMORIM, A. M. A. Heterogeneidade altitudinal na Floresta Atlântica setentrional: um estudo de caso no sul da Bahia, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 26:309-327, 2012.
- SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R. & RODERJAN, C. V. Environmental functionalities of upper montane soils in Serra da Igreja, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:1013-1026, 2011.
- SCHEER, M. A.; CURCIO, G.R. & RODERJAN, C.V. The Late Holocene upper montane cloud forest and high altitude grassland mosaic in the Serra da Igreja, Southern Brazil. *Anais da Acadêmica Brasileira de Ciências*, 85:769-783, 2013.
- SCHEER, M. B.; PEREIRA, N. V.; BEHLING, H. & CURCIO, G. R. Nine thousand years of upper montane soil/vegetation dynamics from the summit of Caratua Peak, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 56:365-375, 2014.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; et al., Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florística. In: Martins, S.V. (Ed.). *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Viçosa: Editora da UFV, 2009, cap.6, p. 143-184.



**Figura 1** – Diagrama demonstrando a ordenação de variáveis e observações no plano composto pelos dois primeiros eixos da análise de componentes principais aplicada aos parâmetros pedológicos dos horizontes A (a) e horizonte B (b) dos perfis distribuídos ao longo de um gradiente altimétrico.