

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO SOLO EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA (CAMPUS URBANOVA UNIVAP)

Gabriel Beckert Suzuki¹, Breno Pupin², Maria Regina de Aquino Silva¹.

¹Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, suzukibio.contato@gmail.com, mreginaquino@gmail.com.

²Centro de Ciência do Sistema Terrestre. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Avenida dos Astronautas, nº 1758, CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP, Brazil. E-mail: breno0891@hotmail.com

Resumo

A restauração de áreas mineradas exige o restabelecimento das funções ecológicas do solo, incluindo atributos físicos, químicos e biológicos. Este trabalho apresenta resultados parciais de um estudo realizado no Campus Urbanova da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), em três áreas com diferentes manejos de recuperação. Foram coletadas amostras de solo em duas profundidades (0–10 cm e 10–20 cm), submetidas à secagem, peneiramento e análise nutricional por meio do Polikit profissional de Solo (PoliKit Solo® e CardKit®). Os teores de cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, nitrogênio mineral foram classificados como muito baixo, matéria orgânica foi classificada como baixa e muito baixa e pH como acidez muito elevada, refletindo as características de solos tropicais, mas também os distintos históricos de uso e práticas de recuperação. Os resultados aqui obtidos refletem um solo típico de ambientes tropicais, caracterizado em especial pela elevada acidez. Todavia, evidencia-se que a área A1 – Mata Nativa, apresentou melhores indicadores, em especial a matéria orgânica proveniente da serapilheira, que contribui fortemente na dinâmica nutricional dos solos.

Palavras-chave: Solos degradados. Análise química do solo. Áreas impactadas por mineração.

Área do Conhecimento: Ecologia.

Introdução

A Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul origina o Vale do Paraíba que é uma formação geológica antiga, na qual houve a formação de depósitos sedimentares do período terciário, decorrentes do intemperismo, que depositou material ao longo das planícies baixas, criando depósitos de areia em áreas de fácil acesso (DEVIDE, 2013; ROSS, 2006).

Com a expansão urbana da década de 1940, na Região Metropolitana de São Paulo, a construção civil esgotou os depósitos de areia das bacias dos rios Pinheiros e Tietê, tornando o Vale do Paraíba o principal ponto de extração de areia, chegando a representar 10% da produção nacional (VALVERDE, 2001; BECKER; VALÉRIO FILHO, 2018). No entanto, mesmo após o encerramento das atividades mineradoras e a desativação dos empreendimentos de extração, os impactos ambientais e ecológicos ainda persistem no meio, como a compactação do solo, ausência da vegetação nativa, afloramento do lençol freático e a consequente formação das lagoas de mineração, apresentando normalmente alterações significativas em características como turbidez, oxigênio dissolvido, pH entre outros (SANTO, 2000).

Com o aumento do conhecimento acerca da importância da preservação dos ecossistemas tanto para a sustentabilidade quanto para os ciclos econômicos, a promulgação do decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, torna obrigatória a apresentação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para áreas que apresentam impactos ambientais. Dessa forma, a antiga área de mineração conhecida como Fazenda do Poço, situada entre os municípios de Jacareí e São José dos Campos (SP) a exemplo do estabelecido para outros portos de areia, passou a receber, a partir de 2003, intervenções para a recuperação ecológica a fim de atingir a reversão do passivo ambiental ali presentes, buscando obter como resultado uma paisagem estável, a partir da qual a poluição do ar e da água fosse minimizada e o solo voltasse a ser novamente produtivo.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma avaliação nutricional do solo em diferentes sítios localizados na Fazenda do Poço, os quais passaram por diferentes processos de manejo visando a recuperação ambiental e dos serviços ecossistêmicos.

Metodologia

A Figura 1 apresenta uma vista geral da Fazenda do Poço, localizada no Campus Urbanova da Univap, onde são indicados os diferentes pontos de estudo, sendo: A1: área-controle com vegetação nativa preservada; A2: em processo de regeneração natural com aplicação de *topsoil* (inoculação de solo alóctone no solo-destino para a estabilização de parâmetros); A3: submetida a reflorestamento por plantio direto. As coletas foram realizadas entre os meses de março e maio de 2025, e as amostras foram coletadas manualmente com cavadeira tipo tesoura em dois estratos de profundidade (0–10 cm e 10–20 cm). Cada amostra composta foi formada pela homogeneização de cinco subamostras coletadas aleatoriamente em cada área.

Figura 1 – Vista geral da área com identificação dos locais de coleta



Fonte: Google Earth, elaborado pelo próprio autor.

Para a análise química, as amostras foram secas em estufa ventilada a 44 °C por 96 horas, maceradas manualmente e peneiradas em malha de 0,075 mm (mesh 200).

A avaliação nutricional do solo foi realizada a partir do Polikit profissional de Solo (PoliKit Solo® e CardKit®) comercializado pela AlfaKit® que permitiu a determinação dos seguintes parâmetros: pH, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P – fosfato) e matéria orgânica (MO).

Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros analisados nas 3 áreas estudadas. Assim, foi possível observar que, no que se refere ao pH, em todas as áreas estudadas, tanto na camada superficial (0 – 10 cm) quanto na camada mais profunda, este parâmetro apresentou

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

valores na faixa da acidez, sendo o valor máximo no sítio A1 (floresta nativa) sendo seguido do sítio A3 e do tendo menor valor no sítio A2.

Tabela 1 - Resultados obtidos para a caracterização nutricional das três áreas estudadas, nas duas diferentes profundidades

A1			A2		A3	
PROFUNDIDADE (cm)						
Parâmetro	0 – 10	10 - 20	0 – 10	10 – 20	0 - 10	10 - 20
pH	4,33	4,09	3,68	3,70	3,97	3,89
Ca ²⁺ (mmolc/dm³)	0,06	0,04	0,03	0,05	0,02	0,02
Mg ²⁺ (mmolc/dm³)	0,09	0,01	0,00	0,00	0,05	0,05
PO ₄ ⁻ (mmol/dm³)	0,13	0,2	0,00	0,00	0,1	0,13
M O (%)	15,12	3,00	8,74	0,23	10,02	10,23

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Quanto ao nutriente Cálcio, observou-se que houve uma distribuição uniforme entre as camadas e áreas, sendo o valor máximo no sítio A1 (floresta nativa), e o menor observado no sítio A3 (manejo por plantio direto). Para o nutriente Magnésio, houveram maiores dispersões dos valores, apresentando altos valores na camada superficial da área A1 (floresta nativa) e não sendo detectado na área A2 (topsoil) e valores iguais e reduzidos em ambas as profundidades na área A3. Para o nutriente Fosfato, os valores encontrados seguiram a tendência do nutriente Magnésio, porém em concentrações mais elevadas quando comparado aos demais nutrientes aqui estudados.

No que se refere a concentração de matéria orgânica, observou-se que as camadas superficiais de todas as áreas estudadas apresentaram maiores valores sendo os maiores valores observados para a área A1, seguido da área A3 e finalmente A2. Já para a segunda profundidade, observa-se que a área A1 a concentração de matéria orgânica apresentou-se reduzida a um terço, na área A2 reduziu drasticamente, quase a zero, como no caso dos demais nutrientes, e na área A3 manteve-se praticamente igual.

A Tabela 2 apresenta a interpretação dos resultados obtidos para os parâmetros analisados nas 3 áreas estudadas baseados no estabelecido por Alvarez et al (1999)

Tabela 2 - Interpretação dos resultados obtidos

Tabela 2 – Interpretação dos Resultados Obtidos						
A1			A2		A3	
PROFUNDIDADE						
Parâmetro	0 -10	10 -20	0 -10	10 -20	0 -10	10 -20
pH	Ac. muito elevada	Ac. muito elevada	Ac. muito elevada	Ac. muito elevada	Ac.muito elevada	Ac. muito elevada
Ca ²⁺	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo
Mg ²⁺	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo
PO ₄ ⁻	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo
M O (%)	Baixo	Muito baixo	Baixo	Muito baixo	Baixo	Baixo

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Discussão

A dinâmica dos nutrientes no solo tem forte relação com sua granulometria e, consequentemente, textura, uma vez que influencia diretamente na capacidade de retenção da solução nutritiva do solo e do teor de matéria orgânica. Solos com maior teor de argila possuem maior teor de matéria orgânica e decomposição lenta da mesma, além de possuírem alta capacidade de retenção de água.

Silva (2016) classificou a área A1 como franco-argiloso-arenosa, apresentando como características boa permeabilidade, circulação de ar, melhor retenção de água, ou seja, nutrientes. Ainda segundo o mesmo autor, as áreas A2 e A3 foram classificadas como franco-arenosas, apresentando facilidade de perder nutrientes por lixiviação.

A acidez do solo reflete a concentração de íons H^+ presente na solução do solo e, segundo Lopes e colaboradores (1990) pode ser causada por toxidez (H^+ , Mn^{2+} e Al^{3+}) ou pela baixa disponibilidade de nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+). Ao comparar os resultados obtidos para acidez no presente trabalho com os valores de referência recomendados por Alvarez et al. (1999), para todos os ambientes estudados e em todas as profundidades este parâmetro é classificado como muito elevado. De acordo com Silva (2016), solos de áreas degradadas pela extração de areia são, normalmente, classificados como altamente ácidos, justamente por serem pobres em bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), corroborando os resultados aqui obtidos.

Para o nutriente cálcio, considerando a área este nutriente se apresentou em maior concentração no horizonte superficial, provavelmente em função da presença da matéria orgânica disponível pela serapilheira, reduzindo levemente na segunda profundidade estudada. Todavia, ao se considerar o estabelecido por Alvarez et al (1999) para este nutriente, em todas as áreas estudadas e perfis avaliados a sua disponibilidade é classificada como muito baixa.

Para o nutriente magnésio, relacionado a produção do pigmento clorofila, observou-se concentrações notavelmente baixas, sendo detectada no estrato superficial da área A1 a maior concentração. Tal fato pode estar indicando um estágio sucessional de floresta madura onde a necessidade de recomposição da porção fotossintética das plantas não é tão evidente, como se espera em fases iniciais da sucessão ecológica. Tal déficit pode ser sugerido nas demais áreas estudadas, em especial na área A2 e A3 que podem ter esgotado seu estoque de nutrientes para produção de fotossíntese ou que, em função do pH ácido do sistema, não puderam manter a fertilidade do solo.

O fósforo atua na fotossíntese, respiração e transferência de energia, divisão e crescimento das células e em vários outros processos da planta (Lopes, 1989). O estrato superficial de A1 apresenta níveis mais elevados do nutriente fósforo em relação às demais áreas, fato correlacionado à maior deposição de material biológico na serapilheira, pois o fragmento se trata de uma área de mata nativa. O estrato mais profundo de A3 apresenta, igualmente, níveis mais elevados de fosfato do que a camada superficial, indicando a sua lixiviação.

A matéria orgânica do solo representa o principal reservatório de nutrientes para as plantas e de energia para os microrganismos presentes neste sistema. Segundo Coelho (2015) este elemento tem forte influência sobre o crescimento e manutenção das plantas e, segundo Alvarez et al (1999) valores superiores a 70 g/dm^3 são classificados como muito bons.

No presente trabalho, a concentração de matéria orgânica se apresentou mais expressiva no horizonte superficial da área A1, fragmento de mata nativa, sendo seguido do horizonte superficial do sítio A3 (plantio direto) e pelo horizonte superficial do sítio A2 (topsoil). De acordo com Alvarez et al (1999) todos estes perfis são classificados como Baixa concentração de Matéria Orgânica. Considerando-se os estratos inferiores, ambiente onde as raízes fazem a captação dos nutrientes, as concentrações observadas podem ser reflexo da ação das raízes ou mesmo do processo de lixiviação dos nutrientes para perfis mais profundos.

Conclusão

Apesar das diferentes estratégias e ações de recuperação adotadas, os resultados aqui obtidos refletem um solo típico de ambientes tropicais, caracterizado em especial pela elevada acidez. Todavia, evidencia-se que a área A1 – Mata Nativa, apresentou melhores indicadores, em especial a matéria orgânica e dos micronutrientes cálcio, magnésio e fósforo, provenientes da serapilheira, a qual contribui fortemente na dinâmica nutricional dos solos. Adicionalmente, por ser uma área preservada, a presença

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

de argila na sua fração textural provavelmente deve garantir maior tendência na manutenção da vegetação presente.

Referências

ALFAKIT EQUIPAMENTOS E ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA. Manual Técnico – PoliKit Solo®: testes químicos para análise de solo. Florianópolis: Alfakit, 2014.

ALFAKIT EQUIPAMENTOS E ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA. Manual Técnico – CardKit®: testes químicos para análise de solo. Florianópolis: Alfakit, 2023.

ALVAREZ, Victor Hugo V.; RIBEIRO, Antonio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácito Gontijo (orgs.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

BECKER, Giorgia Yoshiko Rossignolo Suzumura; VALÉRIO FILHO, Mário. A exploração de areia na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte e a gestão minerária nos municípios de São José dos Campos e Jacareí-SP. Revista Univap, v. 24, n. 44, p. 111–127, 2018.

BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 03 jun. 2025.

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C. C.; SANTOS, H. G. dos; BREFIN, M. de L. M. S.; PEREZ, D. V.; Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. Embrapa Solos - Artigo em anais de congresso (ALICE), 17870, 2013.

DEVIDE, Antonio Carlos Pries. História ambiental do Vale do Paraíba. 2013.

FREITAS, Ruy Ozório de. Tectônica e geologia do Vale do Paraíba. Engenharia, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 273–283, 1957.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: estação São José dos Campos (83809), série histórica de 1961 a 1994. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 03 jun. 2025.

KÖPPEN, Wladimir. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. v. 1, p. 1–44.

LOPES, A. S. Manual de Fertilidade do Solo. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

LOPES, A.S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L.R. G. Acidez do solo e calagem, 3ª ed., Anda. São Paulo, 1990.

MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M.; BENDER, Kelly S.; BUCKLEY, Daniel H.; STAHL, David A. Microbiologia de Brock. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ODUM, Eugene P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1972.

PEREIRA, Douglas Cubas; DOS SANTOS, Reinaldo José; DE AQUINO-SILVA, Maria Regina; SAKANE, Kumiko Koibuchi. Determinação dos atributos mecânicos e caracterização por FTIR do solo da Fazenda do Poço “Jacareí Univap Campus Urbanova”: uma avaliação integrada da recuperação ambiental. Revista Univap, v. 26, n. 51, p. 155–170, 2020.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

RAIJ, Bento van; ANDRADE, José Carlos de; CANTARELLA, Heitor; QUAGGIO, José Antônio. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001.

REIS, Benedito Jorge dos; BATISTA, Getúlio Benedito; DIAS, Antônio José. Recuperação de área degradada pela extração de areia no Vale do Paraíba Paulista. Taubaté: CETESB, 2016. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br>. Acesso em: 28 abr. 2025.

REIS, Benedito Jorge dos; BATISTA, Getúlio Benedito; DIAS, Antônio José. Influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do Vale do Paraíba do Sul. Rem: Revista Escola de Minas, v. 59, p. 391–396, 2006.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 2006.

SANTO, Éder Luiz. Determinação de indicadores de impactos ambientais cumulativos decorrentes da mineração de areia no Vale do Paraíba através de geoprocessamento. 2000. 200 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-15072024-134243/pt-br.php>. Acesso em: 05 fev. 2025.

SILVA, M. A. Avaliação da qualidade ambiental de áreas degradadas em recuperação : Fazenda do Poço (Jacarei/SP) - um estudo de caso / [manuscrito]:São José dos Campos, SP : 2016.

VALVERDE, Fernando Magalhães. Agregados para a construção civil. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Balanço Mineral Brasileiro 2001. Brasília, DF: DNPM, 2001.