



## Impacto da mineração artesanal de ouro nos solos agrícolas: Caso do distrito de Manica, Moçambique

### *Impact of artisanal gold mining on agricultural soils: Case of the district of Manica, Mozambique*

Edson Fernandes Raso <sup>1</sup>, Severino dos Santos Savaio <sup>2</sup>, Eduardo Pinto Mulima <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Ciências e Tecnologias dos Minerais e Meio Ambiente, Universidade Púnguè, Faculdade de Geociências e Ambiente, Cidade de Chimoio, Moçambique, [rasoedsonfernandes@gmail.com](mailto:rasoedsonfernandes@gmail.com). <sup>2</sup>Mestre em Gestão Ambiental, Universidade Púnguè, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cidade de Chimoio, Moçambique, [ssavaio17@gmail.com](mailto:ssavaio17@gmail.com). <sup>3</sup>Doutor em Melhoramento de Plantas, Universidade Púnguè, Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas, Cidade de Chimoio, Moçambique, [mulimae@gmail.com](mailto:mulimae@gmail.com).

#### ARTIGO

Recebido: 20/10/2020  
Aprovado: 16/12/2021

#### Palavras-chave:

Garimpo  
Qualidade de solo  
Produção agrícola

#### RESUMO

Em Moçambique, a província de Manica é referência na ocorrência e exploração de ouro aluvionar. Este mineral é atualmente explorado na escala industrial e artesanal. A extração deste mineral consiste na remoção de sedimentos ricos e pobres em mineral de ouro e posterior concentração ou separação do mineral de ouro com sedimentos ou outros minerais. Os sedimentos assim como os rejeitos do processamento são descartados na superfície, recobrando os solos superficiais ricos em minerais e nutrientes alterando as características naturais deste, deixando-os inférteis para a prática de agrícola. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros químicos dos solos nas áreas de atividade garimpo em relação a fertilidade para a produção agrícola, designadamente pH, Hg, Zn, NPK, MO e CTC. O estudo foi realizado em Moçambique, província de Manica, distrito de Manica, nas localidades de Cacárue, Mucurumadze e Penhalonga, onde foram coletadas amostras de solos em dez pontos, escolhidos de forma aleatória 10 pontos de amostragens de solos, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. Verificou-se que o pH variou e os teores de N, P e K foram baixos. Estes resultados da análise laboratoriais dos solos mostraram que algumas das áreas podem ser reaproveitadas para agricultura, mas para culturas específicas após o tratamento dos solos. A atividade de garimpo nestas localidades compromete a qualidade dos solos, no concernente aos padrões exigidos para a prática de agricultura.

#### ABSTRACT

In Mozambique, the province of Manica is a reference in the occurrence and exploitation of alluvial gold. This mineral is currently explored on an industrial and artisanal scale. The extraction of gold consists on the removal of rich and poor sediments. Poor sediments as well as processing waste are discarded on the surface, covering soils rich in minerals and nutrients, leaving these poor to practice farming. Currently, agricultural production in artisanal gold mining sites has been reduced. Thus, the objective of this work was to evaluate the chemical parameters of soils in the areas of mining in relation to fertility for agricultural production, namely pH, Hg, Zn, NPK, MO and CTC. The study was carried out in the localities of Cacárue, Mucurumadze and Penhalonga, where 10 soil sampling points were chosen randomly at depths 0-20 and 20-40 cm in each of the localities, which were then homogenized respectively. These depths were chosen considering that it is the region with the highest concentration of nutrients for food crops. A total of eight samples were collected in each site, four with a depth of 0-20 and four with a depth of 20-40 cm. The results showed that the levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium were low and the pH ranged from 3.99 in Penhalonga to 5.80 in Mucurumadze. These results showed that some of the areas can be reused for agriculture, but for specific crops after soil treatment. Mining activities in these locations compromise the quality of the soil, with regard to the standards required for agricultural practice.

#### Key words:

Mining  
Soil quality  
Agricultural production

## INTRODUÇÃO

A extração de minerais do solo tem sido destacada nos últimos anos como sendo um dos indicadores-chaves de desenvolvimento social e econômico de qualquer país, por este setor proporcionar maiores valores das receitas fiscais. Em Moçambique, o distrito de Manica é de referência na ocorrência e extração de ouro aluvionar, que atualmente é extraído na escala industrial ou artesanal (RASO et al., 2022).

A extração artesanal de ouro é caracterizada como atividade garimpo, sendo a que mais contribui para a degradação do solo. A mineração é considerada uma das atividades humanas que mais contribui para a alteração da superfície terrestre, provocando expressivos impactos sobre a água, o ar, o solo, o subsolo e a paisagem como um todo. A degradação é um processo inerente à atividade de mineração e sua intensidade depende do volume explorado, do tipo de mineração e dos rejeitos produzidos (GRIFFITH, 1980). Esta degradação de solo vem nos últimos anos comprometendo a prática de agricultura que é a base de sobrevivência das comunidades arredores das áreas de exploração mineral, no concernente a produção de produtos agrícolas para alimentar as famílias.

A produção das culturas é limitada pelo nutriente mineral menos disponível para as plantas. Por outro lado, a produção das culturas também depende de outras propriedades do solo, das quais podemos destacar a capacidade de troca catiônica (CTC) e o teor de matéria orgânica (MO) (CRUZ et al., 2017).

A disponibilidade de nitrogênio no solo depende essencialmente da presença de microrganismos a decompor a matéria orgânica, sendo que solos com baixo teor de matéria orgânica, possuem baixo nível de decomposição e baixo nível de libertação de nutrientes para a planta (DENICH et al., 1986).

O fósforo é proveniente da desintegração parcial da apatita, um mineral que contém fósforo e cálcio, além de outros elementos como flúor e cloro (SANTOS et al., 2008). As camadas aráveis da maior parte dos solos cultiváveis podem conter altas quantidades de fósforo, mas a maioria não disponível para a planta (LOPES, 1998).

Dentre vários fatores que condicionam a disponibilidade de fósforo no solo podemos encontrar: compactação, tipo e quantidade de argila, humidade, pH, entre outros. O pH é um dos mais importantes pois não só influencia a disponibilidade de fósforo, mas sim de outros elementos. As formas de fósforo mais solúveis e disponíveis estão na amplitude de pH 5,5 a 7,0. Em pH inferiores a 5,3, o alumínio e o ferro são libertados para a solução do solo, reagem com o fósforo e formam compostos insolúveis que precipitam, contribuindo para a fixação do fósforo (ZOZ et al., 2009; NOVAIS et al., 2007).

O potássio é um elemento útil para a fotossíntese da planta e quando deficiente diminui a fotossíntese e aumenta a respiração da planta, quando associado com magnésio podem ser utilizados na melhoria química de solos agrícolas, sendo que o potássio não é facilmente lixiviado embora aconteça uma parte em solos arenosos e orgânicos (COSTA, 2009). A solubilidade, precipitação, mobilização e disponibilidade de elementos nutritivos ou tóxicos são condicionados pelo pH do ambiente. Como efeito nocivo da acidez do solo também pode ser observada em pH inferior a 5,5 uma visível redução da atividade microbiana, principalmente de bactérias, influenciando assim processos biológicos do solo como mineralização, nitrificação e fixação de nitrogênio (GONÇALVES, 2020; FASSBENDER, 1975). Entanto a

acidez favorece mais a proliferação fungos do que a das bactérias, afetando a fixação do nitrogênio e a evolução da matéria orgânica (STAMFORD et al., 2005; LOPEZ; ROQUEIRO, 1994).

Zinco é essencial em muitos sistemas enzimáticos da planta, controlando a produção de importantes reguladores de crescimento, proporcionando bom desenvolvimento as plantas (NATALE et al., 2004).

O outro indicador que limita a disponibilidade de zinco é o pH, sendo que a elevação de pH diminui a concentração de zinco (PEREIRA, 2007).

Para além dos nutrientes essenciais a sua disponibilidade para as plantas, existem elementos que sua presença pode ser prejudicial às plantas e humanos como o caso de mercúrio. A contaminação dos solos nas áreas de atividade garimpo por mercúrio tem sido um problema preocupante. A maior parte do mercúrio lançado ao meio ambiente provém da mineração artesanal de ouro, e tal situação decorre do emprego de técnicas rudimentares de beneficiamento mineral (WHO, 1990; TINÔCO et al., 2010). Segundo Kabata-Pendias e Mukherjee (2007), a distribuição do Hg na crosta terrestre é muito baixa, com valores médios de 0,02 a 0,06 mg.kg<sup>-1</sup>.

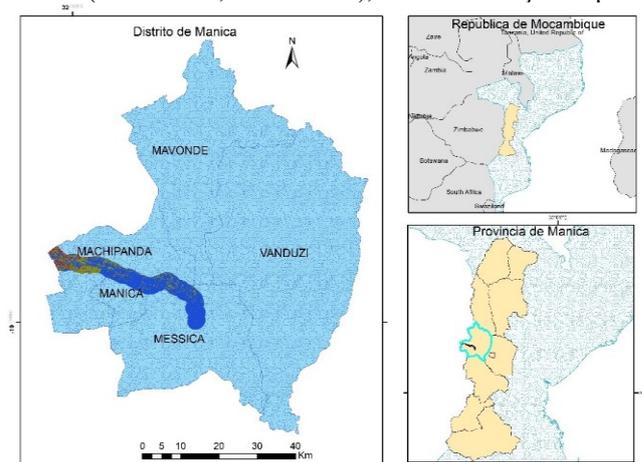
Este trabalho visa avaliar os parâmetros químicos de pH, Hg, Zn, NPK, MO e CTC dos solos nas áreas de atividade de extração artesanal de ouro e sua relação com a fertilidade para a produção agrícola no distrito de Manica, Moçambique.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa extensão de 45 km numa área de influência (buffer) de 2 km do leito principal do rio Revué no distrito de Manica, localizado na província de Manica (19.50 60° S, 33.43 84° E), centro de Moçambique (Figura 1). Esta área é caracterizada por formações montanhosas, vegetação natural e antropogênica. É uma área de referência de ocorrência de minério de ouro aluvionar e incluso em veios de quartzo, extraído na sua maioria na escala artesanal.

A coleta de amostras de solo foi realizada nas localidades de Cacárué, Penhalonga e Mucurumadze, sendo três áreas mineradoras e uma de produção agrícola (controlo) na localidade de Penhalonga. Esta atividade, contatos com os garimpos e uso das imagens citadas neste artigo teve autorização do governo do Distrito de Manica e dos garimpeiros envolvidos na pesquisa.

**Figura 1.** Localização do distrito de Manica na província de Manica (19.50 60° S, 33.43 84° E), centro de Moçambique



Fonte: Autor, 2022

Os locais foram potenciais zonas de exploração mineral e abandonados. Em cada local, foram escolhidos de forma aleatória 10 pontos de amostragem e homogeneizou-se a amostra de solo seguindo duas profundidades, sendo 0-20 cm e 20-40 cm respectivamente. Estas profundidades foram tomadas em consideração por ser a região de maior concentração dos nutrientes para as culturas alimentares. Neste caso, um total de 8 amostras foram coletadas, isto é, duas amostras em cada local. Sendo 4 de profundidade de 0-20 e 4 de profundidade de 20-40 cm.

As amostras foram enviadas ao laboratório de solos do Instituto Superior Politécnico de Manica (ISPM) para análises das componentes nutricionais do solo. As análises laboratoriais de solo foram feitas seguindo os protocolos SoilDoc do Centro de Agricultura e Segurança Alimentar, versão de dezembro 2015. As amostras de solo foram previamente secas ao ar e peneiradas em peneira com malha de 2 mm. A extração dos nutrientes foi realizada com uma solução de 0,01 M de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Após agitar por 10 minutos, o pH foi medido na suspensão em sedimentos.

Para análise e discussão dos resultados foi feita a comparação dos dados das análises químicas obtidos nos solos onde é praticada a extração artesanal de ouro com os da área de produção agrícola (controlo) e parâmetros recomendados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo de extração e processamento artesanal de ouro, a superfície original de solo sofre alteração devido a sobreposição das camadas dos subsolos na superfície. Este fenómeno pode ocorrer durante a extração do material nas cavas ou minas e também durante o processamento deste material (Figura 2a). Durante a extração do material rico em ouro nas camadas profundas do subsolo, as primeiras camadas são consideradas estéreis, isto é, pobres em mineral de ouro. Por este motivo, este material é descartado na área de extração (Figura 2a), alterando assim a superfície do solo original (Figura 2b). Durante o processamento do material rico em ouro extraído, são gerados rejeitos. O rejeito normalmente corresponde aos sedimentos e lama, que são depositados ao redor das áreas de processamento (Figura 2c). Estes sedimentos e lamas recobrem a superfície de solo original, dando origem a cobertura da superfície do solo por lama (Figura 2d). Portanto, as sobreposições do solo da superfície alteram as suas propriedades iniciais, comprometendo assim a sua qualidade para a prática da agricultura.

Os resultados da concentração de mercúrio e pH dos solos das três áreas de atividade garimpo, nas duas profundidades, nomeadamente, 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, como ilustra a Tabela 1. Os resultados mostram que a concentração de Hg atinge

**Figura 2.** Impacto da extração e processamento de ouro na alteração da qualidade de solo: (a) mina ativada de extração de ouro, mostrando a sobreposição das camadas de subsolo na superfície; (b) camada de subsolo depositado na superfície durante a extração de ouro, dando origem sobreposição de solo; (c) processamento de ouro e deposição de sedimentos e lamas em pilhas; (d) superfície recoberta de lamas e sedimentos resultante de processamento de ouro em extração localizada no distrito de Manica na província de Manica (19.50 60° S, 33.43 84° E), Moçambique.



valores máximos nas profundidades menores (0 – 20 cm), isto é, na superfície, variando entre  $1,48 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Penhalonga) e  $3,17 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Cacárue), sendo a área de Mucurumaze com concentração intermediária, de  $2,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ . A maior concentração de Hg nas profundidades menores (0 – 20 cm) é justificado pela mobilidade de mercúrio utilizado para formação de amálgama durante o processamento de ouro incluso em rocha. No período chuvoso, o mercúrio descartado nas usinas de processamento artesanal de ouro, são transportados pelas correntes pluviais contaminado assim os solos da região. Segundo Steinnes (1995), a atividade antropogênica é, uma importante fonte de emissão de Hg e contribui significativamente para a contaminação dos solos. Por outro lado, o pH do solo, conteúdo de matéria orgânica, deposição atmosférica, irrigação de esgoto, fertilizantes e pesticidas aplicações e outras atividades humanas também podem influenciar a concentração de Hg no solo (QIANJIN et al., 2002; VEGA, 2004; ZHAOCHAN; BENYUN, 2016).

As principais fontes de contaminação por Hg provêm de atividades mineiras, fundição de metais, queima de combustíveis fósseis e incineração de resíduos, produção industrial de hidróxido de sódio e da utilização de fertilizantes na agricultura (STEINNES, 1995). Dentre todas estas atividades, nas áreas estudadas, apenas a atividade mineira em escala artesanal é desenvolvida. Como era de se esperar, isto vem indicar que a prática de garimpo pode ser proporcional à concentração de mercúrio no solo, afetando assim a atividade agrícola e conseqüentemente a saúde humana.

**Tabela 1.** Análises química de solos/sedimento das áreas de extração artesanal de ouro no distrito de Manica, Moçambique.

Localidade	Profundidade (cm)	pH	N	P	K	S	Na	Hg	Zn	CTC	SOC	OM
		(em CaCl <sub>2</sub> )	mg. Kg <sup>-1</sup>	mg Kg <sup>-1</sup>	0,1M HCl	0,1M HCl	cmol(+)/kg	%				
Controlo	0-20	4,09	48,93	68,08	95,74	11,17	12	2,43	2,20	8,6	0,60	0,83
	20-40	5,45	44,68	21,27	102,12	4,77	8	0,74	16,51	6,3	0,00	0,00
Penhalonga	0-20	4,56	23,40	119,14	159,57	5,99	5	1,48	1,38	2,6	0,76	1,06
Penhalonga	20-40	4,05	55,31	117,02	138,29	4,20	8	0,73	1,54	3,1	0,82	1,14
Cacárué	0-20	4,07	65,95	25,53	127,65	5,82	7	3,17	2,48	4,3	0,52	0,72
Cacárué	20-40	4,40	93,61	174,46	170,21	0,50	5	0,74	1,25	6,1	0,93	1,29
Mucurumadze	0-20	4,32	12,76	0,00	125,53	1,90	10	2,70	4,40	5,5	0,41	0,57
Mucurumadze	20-40	5,80	8,51	117,02	153,19	12,00	9	1,93	1,98	5,9	0,87	1,21

A compreensão da concentração de Hg no solo agrícola é de importância crítica para avaliar impacto no solo Hg e têm grande significado em termos de produção agrícola (WANG et al., 2016).

Segundo Inácio et al. (2013), da contaminação solos agrícolas por metais pesados podem ocorrer várias consequências, entre as quais a absorção pelas plantas de poluentes até níveis que possam vir a ser prejudiciais para a saúde humana ou animal, através do seu consumo.

Para a área de controlo, em que são ativamente agrícolas, a concentração de Hg no solo não difere significativamente da faixa da concentração das áreas onde são realizadas as atividades garimpo (1,8 mg.kg<sup>-1</sup> a 3,17 mg.kg<sup>-1</sup>). Este resultado vem indicar que as áreas ativamente agrícolas também sofrem os impactos da atividade garimpo ou que nos anos passados foi uma área de atividade garimpo, variando somente da concentração de Hg. Estas concentrações de mercúrio estão acima das encontradas em uma das áreas de exploração artesanal de ouro na Tanzânia (país vizinho de Moçambique), em que num estudo realizado por Straatenu (2000), os resultados das análises químicas do solo indicaram altos níveis de mercúrio para profundidade de 0 - 10 cm, no valor de 2,49 mg.kg<sup>-1</sup>. Esta comparação mostra que os solos das áreas de processamento artesanal de ouro no distrito de Manica estão mais contaminados por mercúrio, visto que a concentração de mercúrio mais alta é de 3,17 mg.kg<sup>-1</sup>, ficando cerca de 32 vezes maior que as concentrações naturais do mercúrio nos solos, que são de 0,098 mg.kg<sup>-1</sup> (URE; BERROW, 1982). Comparando ainda os resultados de concentração de mercúrio dos solos das áreas em estudo com os valores médios da crosta terrestre, que ficam entre 0,02 e 0,06 mg.kg<sup>-1</sup> (KABATA-PENDIAS; MUKHERJEE, 2007), verifica-se que as concentrações nas áreas em estudo ainda continuam muito altas.

Os resultados das análises do pH tendo em consideração os intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm em todas as amostras variam de 4,05 a 5,80 mg.kg<sup>-1</sup>. Esses solos mostraram um comportamento ácido, que vai diminuindo com a profundidade do solo (0 - 40 cm). De acordo com Lopes (2017), muitas culturas se desenvolvem melhor quando o pH varia entre 6,0 e 7,0, podendo algumas culturas desenvolverem em solos ácidos, mas a acidez do solo não retarda o crescimento de todas as culturas.

Os resultados das amostras nas profundidades de 0-20 cm mostram concentrações elevadas do zinco para a localidade de Mucurumadze com 4,40 mg.kg<sup>-1</sup>, acima do nível do controlo de acordo com a Tabela 1. Para a profundidade de 0-40 cm, os valores das concentrações de Zinco se encontram dentro do padronizado (Tabela 1) variando as concentrações de 1,25 mg.kg<sup>-1</sup> a 1,98 mg.kg<sup>-1</sup>.

Em relação ao Zinco, nas profundidades de 0-20 cm e 20 -40 cm, os resultados mostraram que para níveis aceitáveis tendo em consideração os padrões recomendados com exceção para o Mucurumaze na profundidade de 0 - 20 cm que apresenta resultados de 4,40 mg.kg<sup>-1</sup>. Segundo Alloway (2008), estes valores estão muito abaixo dos valores médios mundiais. Isto pode dever-se a este elemento nunca ter sido aplicado na área e as quantidades existentes vão reduzindo com o tempo pela atividade de erosão ou atividades humanas.

Segundo Romualdo (2008), o zinco é o micronutriente importante na fase inicial das plantas e que pode limitar a produção das culturas. O conhecimento da dinâmica do zinco no solo, água e plantas são passos importantes para alcançar soluções sustentáveis para os problemas de deficiência de zinco (NOULAS et al., 2018). Apesar de ser necessário em pequenas quantidades, é impossível alcançar altas produções em solos com deficiência de Zn. Este elemento torna-se menos disponível com aumento do pH do solo e a sua deficiência não ocorre em todos os solos com pH neutro ou alcalino, podendo diminuir 30 vezes para cada unidade de aumento de pH entre 5 e 7 (NOULAS et al., 2018).

A deficiência de zinco pode ocorrer em solos com altos teores de fósforo. Altos níveis de um nutriente podem reduzir a absorção do outro nutriente. A aplicação de um destes elementos em solos pode induzir a deficiência do outro nutriente. O pH do solo interfere ainda mais esta interação Zn-P. Segundo Hafeez et al. (2013), a disponibilidade e solubilidade do Zn no solo diminui à medida que o pH aumenta. A aplicação de fosforo em solo com níveis suficientes de zinco não irá produzir uma deficiência desse último (CAMARGOS, 2005).

Os resultados da Tabela 1 mostram que a área controlo apresentou de uma forma geral valores médios mais baixos dos nutrientes fósforo e potássio. Em relação ao nitrogénio, apresentou valores na posição intermediária quando comparado com os outros locais. Este dado mostra claramente uma possível cobertura dos solos da superfície que resultantes da extração artesanal de ouro. Outra suposição pode dever-se a prática excessiva de atividades agrícolas ou formas de preparo do solo como o uso de queimadas que consequentemente redução da matéria orgânica na superfície e redução da disponibilidade dos nutrientes.

Para a quantidade de nitrogénio no solo, Cacárué apresentou maior quantidade de nitrogénio em todas as profundidades em relação aos outros locais. Os seus valores foram de 65,95 e 93,61 mg.Kg<sup>-1</sup> nas profundidades 0-20 e 20-40 cm respectivamente. Mucurumaze apresentou dados mais baixos de disponibilidade de nitrogénio, sendo 0-20 cm com 12,76 mg.Kg<sup>-1</sup> e 20-40 cm com 8,51 mg.Kg<sup>-1</sup>. Este elemento

apresenta maior mobilidade e facilmente é lixiviado. A decomposição da matéria orgânica fornece praticamente mais de 90% do nitrogénio do solo, mas a maioria dos solos estudados contém pouca matéria orgânica, geralmente 2% ou menos. A matéria orgânica dissolvida desempenha um papel importante na mobilidade de metais e também dos nutrientes do solo (KAISER; KALBITZ, 2012). Segundo Lopes (1998) a matéria orgânica do solo contém cerca de 5% de nitrogénio, mas somente cerca de 2 % ou menos da matéria orgânica são decompostos a cada ano. Solos com baixo teor de matéria orgânica, possuem baixo nível de decomposição e baixo nível de libertação de nutrientes para a planta

Para o fósforo, o nível mais alto encontrou-se também em Cacárué na profundidade de 20-40 cm com valores de 174,46 mg.Kg<sup>-1</sup> e um nível muito baixo de 25,53 mg.Kg<sup>-1</sup> na profundidade de 0-20 cm. Em Mucurumaze apresentou na profundidade de 0-20 cm valores de 0 mg.Kg<sup>-1</sup> e 117,02 mg.Kg<sup>-1</sup> na profundidade de 20-40 mg.Kg<sup>-1</sup>. Nota-se que os valores de fósforo crescem em profundidade no perfil do solo, exceto em Penhalonga que mostrou um comportamento contrário. Segundo Freitas et al., (2012), a baixa mobilidade de fósforo faz com que este elemento se concentre em maiores quantidades na superfície do solo em comparação com camadas mais profundas. Para estes solos, pode se justificar pela atividade de garimpo onde se revira o solo, tornando as camadas mais profundas com maiores quantidades de fósforo.

Cacárué apresentou níveis de potássio mais altos na profundidade 20-40 cm com valores de 170,21 mg.Kg<sup>-1</sup> e valor de 127,65 mg.Kg<sup>-1</sup> na profundidade 0-20 cm. Os valores mais baixos deste elemento foram encontrados na área controle tanto na profundidade 0-20 cm como 20-40 cm com valores 95,74 e 102,12 mg.Kg<sup>-1</sup> respectivamente. Estes resultados contrariam ao que muitos autores descrevem, que o potássio decresce com o perfil do solo (FREITAS et al., 2013). Isto mostra que a perturbação do solo pela atividade de garimpo, torna as camadas superficiais menos aptas para agricultura devido a redução dos nutrientes da parte superficial do solo e maiores concentrações nas profundidades.

Os resultados de CTC mostraram que os solos em estudo têm baixa capacidade de troca catiônica. O valor mais alto foi encontrado no solo controle na profundidade 0-20 cm, com um valor de 8,6 cmol<sup>(+)</sup>.kg<sup>-1</sup>. Em Penhalonga as duas profundidades estudadas, apresentaram os valores mais baixos, sendo 2,6 e 3,1 cmol<sup>(+)</sup>.kg<sup>-1</sup> respetivamente para 0-20 e 20-40 cm. A acidez dos solos é também influenciada pela perda de elementos como potássio, cálcio e magnésio, que tem início com a remoção de cátions trocáveis da superfície, através de: a) água de chuva; b) decomposição de minerais de argila; c) troca iônica das raízes; d) decomposição da matéria orgânica; e) adição de fertilizantes nitrogenados (NATALE et al., 2012).

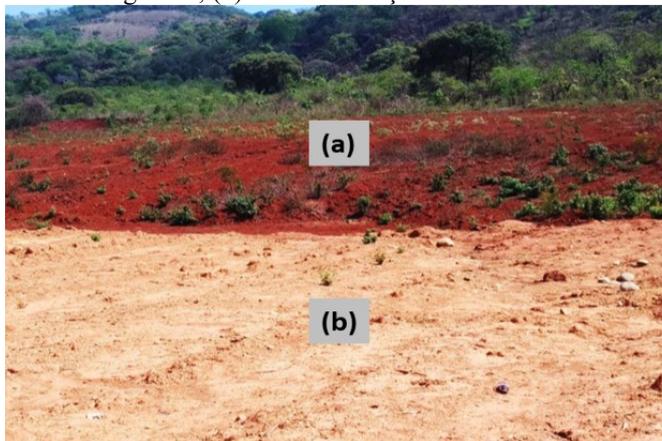
Segundo Camargos (2005), os níveis de pH 6 a 7 traz benefícios no aumento de CTC do solo e consequente aumento da atividade microbiana. Os solos com valores entre 1-10 são considerados de baixo CTC, com alto teor de areia e maior predisposição para a lixiviação de nitrogénio e potássio. Isto pressupõe que estes solos podem ter baixos valores de CTC devido aos movimentos dos solos durante as atividades de garimpo e isto tem um impacto nas atividades de agricultura que possa se pretender fazer. As argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais colóides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos sob condições tropicais (RONQUIM, 2010).

O teor de matéria orgânica (MO) em todas as amostras de solo mostrou-se com níveis muito baixos, com valores de 0 a 1,29%. A área de controlo apresentou o valor mais baixo de teor de matéria orgânica na profundidade de 20-40 cm. O valor mais elevado foi encontrado em Cacárué na profundidade de 20-40 cm com valor de 1,29%. Segundo Lopes (1998), os solos com valores entre 0-2% são considerados inadequado para o cultivo de plantas enquanto que com valores entre 2-3% são de manejo normal e com valores superiores a 3% são de integração e bom manejo, sendo apropriadas para o cultivo de plantas.

A matéria orgânica no solo decresce em profundidade no perfil do solo quando este não apresenta nenhum revolvimento do solo (FREITAS et al., 2013). Segundo Iwata et al., (2012), as condições de maior deposição ocorrem durante o período chuvoso.

A figura 3 mostra dois tipos de superfície de solo, sendo figura 3a de solos de grande potencial de atividade agrícola e 3b áreas de extração artesanal de ouro. A diferença na coloração é justificada pelo teor de matéria orgânica.

**Figura 3.** Diferença dos solos na localidade de Mucurumazde no distrito de Manica na província de Manica (19.50 60° S, 33.43 84° E), Moçambique: (a) área com grande potencial atividade agrícola; (b) área de extração artesanal de ouro.



## CONCLUSÕES

As atividades de extração e processamento artesanal de ouro no distrito de Manica, vem provocando a degradação dos solos agrícolas, deixando estes inférteis e inapropriados para a prática agrícola, afetando significativamente na segurança alimentar da população do distrito.

Os valores de NPK estão abaixo dos valores recomendando para a prática de agricultura. Assim como o teor de matéria orgânica, zinco e pH também se encontram com níveis abaixo do recomendado. A elevada concentração de mercúrio pode ser justificada pela mobilidade deste, descartadas nas usinas de concentração mineral onde se usa mercúrio para formação de amálgama.

A extração artesanal de ouro impacta negativamente a fertilidade de solo, comprometendo assim a prática de agricultura.

## AGRADECIMENTOS

Ao Fundo Nacional de Investigação de Moçambique pelo financiamento da pesquisa e a Universidade Púnguê pela logística e laboratório.

## REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B.J. Zinc in Soil and Crop Nutrition. 2nd ed. Paris: IZA and IFA, 2008, 139p.
- ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A.; OLIVEIRA, M. L.; OLIVEIRA, M. C. M.; OKUMURA, R. S. Fontes de fósforo no crescimento inicial de mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart). *Nucleus*, v. 12, n. 2, p.299-309, 2015. [10.3738/1982.2278.1460](https://doi.org/10.3738/1982.2278.1460).
- CAMARGOS, S. L. Acidez do Solo e Calagem (Reação do Solo). Universidade Federal de Mato Grosso – Departamento de solos e Engenharia Rural, 2005.
- COSTA, A. Avaliação dos resíduos gerados pelas indústrias de pedras e granito do Espírito Santo no manejo de solos agrícolas. Tese de Pós-Doutorado, Instituto de geociências - IGC-UFMG-Belo Horizonte-MG, 2009, 137p.
- CRUZ, A. C., PEREIRA, F. S., FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro, BNDES Setorial 45, p. 137-187, 2017.
- RASO, E. F., MACHAVA, C. D. A., NHONGO, E. J. Mapeamento de áreas degradadas pela mineração de ouro através de técnicas de sensoriamento remoto ao longo do rio revue – Moçambique. *Rev. Geociênc. Nordeste, Caicó*, v.8, n.1, p.1-9, 2022. [10.21680/2447-3359.2021v8n1ID22350](https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v8n1ID22350).
- DENICH, M. B. Z.; G.; BLUM, E. Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia oriental: Relatório Final do Convênio. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Umido – CPATU Belém, PA, EMBRAPA-Brasil, 1986.
- FASSBENDER, H.; W. Química de suelos: com ênfase em suelos de America Latina, costa Rica, Turriabla: IICA, 1975, 385p.
- FREITAS, I. C.; SANTOS, F. C. V.; FILHO, R. O. C.; CORRECHEL, V.; SILVA, R. B. Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1310-1317, 2013. [10.1590/S1415-43662013001200009](https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200009).
- GONÇALVES, M. C. Imobilização de frutossiltransferase microbiana em gel de alginato e sua caracterização para a produção de frutooligossacarídeos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais, 2019.
- GRIFFITH, J. J. Recuperação conservacionista da superfície de áreas mineradas: uma revisão de literatura. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, UFV, p. 106, 1980.
- HAFEEZ, B. M.; KHANIF, Y.; SALEEM, M. Role of Zinc in Plant Nutrition-A Review. *Journal of Experimental Agriculture International*, v. 3, n. 2, p. 374-391, 2013.
- INÁCIO, M.; NEVES, O.; PEREIRA, V.; SILVA, E. Concentração de As, Cu, Hg e Zn em solos e produtos agrícolas numa área industrial no NW de Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 36, p. 229-237, 2013. [10.19084/rca.16301](https://doi.org/10.19084/rca.16301).
- IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p. 730-738, 2012. [10.1590/S1415-43662012000700005](https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700005).
- KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A. B. Trace Elements from Soil to Human. Berlin: Springer- Verlag, 2007, 550p.
- KAISER, K.; KALBITZ, K. Cycling downwards – dissolved organic matter in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 52, p. 29-32, 2012. [10.1016/j.soilbio.2012.04.002](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.04.002).
- LAWAL, O.; AROKOYU, S. B.; UDEH, I. I. Assessment of Automobile Workshops and Heavy Metal Pollution in a Typical Urban Environment in Sub-Saharan Africa. *Environmental Research Engineering and Management Journal*, v. 71, n. 1, p.27-35, 2015. [10.5755/j01.erem.71.1.9303](https://doi.org/10.5755/j01.erem.71.1.9303).
- LOPES, A. S. Fertilidade de solo: Manual Internacional de Fertilidade de solo. 2ª Ed, revisão ampliada. Piracicadas: potafos, 1998.
- LOPES, A. S. Solos: Fatos e Conceitos. Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Processos Técnicos da Biblioteca Universitária da UFLA, 2017.
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; LEAL, R. M.; FRANCO, C. F. Efeitos da aplicação de zinco no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 2, p. 310-314, 2004. [10.1590/S0100-29452004000200031](https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200031).
- NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S-E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012. [10.1590/S0100-29452012000400041](https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400041).
- NOULAS, C.; TZIOUVALEKAS, M.; KARYOTIS, T. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 49, p. 252-260, 2018. [10.1016/j.jtemb.2018.02.009](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009).
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; LIMA, J. C. Fertilidade do Solo. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo. 1. ed. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.1017.
- PEREIRA, N. M.; ZAVAGLIA, P. R.; SANGOI, L. Disponibilidade de zinco para o milho afectada pela adição de Zn e pelo pH do solo. *Brazilian Journal of Maize and Sorghum*, v. 6, n.3 p. 273-284, 2007. [10.1590/S1415-43662011000100005](https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000100005).

QIANJIN, D.; XINBIN, F.; GUIPING, T. The geochemical behavior of mercury in soil and its pollution control. *Geology*, v. 4, p. 75-79, 2002.

ROMUALDO, L. M. Modos de aplicação de Zinco no crescimento inicial de Plantas de milho e de sorgo em casa de Vegetação. Tese de mestrado, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2008.

RONQUIM, C. C. Conceitos de Fertilidade de solo e manejo adequado para regiões Tropicais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 8. Embrapa, Campinas SP. 2010.

STAMFORD, N. P., STAMFORD, T. L. M., ANDRADE, D. E., MICHEREFF, S.J. Microbiota dos solos tropicais. *Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais*. Recife – PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005, 92p.

STEINNES, E. M. In.: Alloway, B.J. *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic & Professional, 2ª ed., 1995, 257p.

STRAATEN, P. V. Mercury contamination associated with small-scale gold mining in Tanzania and Zimbabwe. *The Science of the Total Environmental*, v. 259, p. 105-113, 2000. [10.1016/S0048-9697\(00\)00553-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00553-2).

TINÓCO, A. A. P.; AZEVEDO, I. C. A. D.; MARQUES, E. A. G.; MOUNTEER, A. H.; MARTINS, C. P.; NASCENTES, R.; REIS, E. L.; NATALINOR. Avaliação de contaminação por mercúrio em Descoberto. Nota Técnica. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 15, n. 4, p. 305-314, 2010. [10.1590/S1413-41522010000400003](https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000400003).

VEGA, F.; COVELO, E.; ANDRADE, M.; MARCET, P. Relationships between heavy metals content and soil properties in minesoils. *Anal. Chim. Acta*, v. 524, p. 141-150, 2004. [10.1016/j.aca.2004.06.073](https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.06.073).

WANG S.; ZHONG T.; CHEN D.; ZHANG X. Spatial Distribution of Mercury (Hg) Concentration in Agricultural Soil and Its Risk Assessment on Food Safety in China. *Sustainability*, v. 8, n. 795, p. 1-12, 2016. [10.3390/su8080795](https://doi.org/10.3390/su8080795).

ZHAOCHAN, Z.; BENYUN, L. Preliminary study on soil mercury pollution and its prevention and control in Wanshan mercury mine area. *Environmental Research Engineering and Management Journal*, v. 41, p. 115-118, 2016.

ZOZ, T.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R. Influência do pH do solo e de Fertilizantes fosfatados sobre a adsorção de fosforo em Latossolos vermelho. *Synergismus scyentifica UTFPR*, v. 4, n. 1, 2009.