



## MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) COMO ALTERNATIVA NA MINERAÇÃO ARTESANAL DE OURO

Anne Grasielle dos Santos Pereira <sup>1</sup>  
Nicole Rinara dos Santos Rodrigues <sup>2</sup>  
Marcelo Linon Batista <sup>3</sup>  
Bruna Iohanna Santos Oliveira <sup>4</sup>

### INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande área territorial que, principalmente por conta de sua formação geológica, apresenta uma grande diversidade de minerais, sendo um dos maiores produtores e exportadores de metais do mundo, o que faz da mineração um setor crucial para a economia brasileira (FERNANDES; ARAUJO, 2016).

O ouro (Au) é um dos metais mais importantes na mineração do Brasil, em cuja exploração nos garimpos é comum utilizar o mercúrio (Hg) como principal reagente no processo de amalgamação, que consiste em separá-lo de outros materiais; procedimento que é possível por conta da facilidade de adesão entre eles. Após a aderência, é necessário separar as substâncias da mistura Au-Hg, o que pode ser feito através da vaporização do mercúrio ao ar livre, o que é prejudicial tanto ao meio ambiente quanto aos trabalhadores envolvidos nessa atividade, por conta dos riscos do contato com o mercúrio (SOUZA; LINS, 1989).

O uso de mercúrio como principal reagente de extração é comum nos garimpos, na chamada mineração artesanal, atividade mundial responsável pela inclusão de aproximadamente 20 milhões de garimpeiros e produção de 450 toneladas de ouro por ano (LIMA, 2022A). Porém, diante da perspectiva dos danos ambientais e de saúde humana gravíssimos, tem-se realizado pesquisas quanto a opções que possam substituir o mercúrio. O cianeto verde, produzido a partir da mandioca, ganha destaque em alguns estudos por conta da sua volatilidade e de seu menor impacto ambiental (LIMA, 2022A).

O uso alternativo de estratégias que neutralizem ou minimizem a dispersão de contaminantes nos ecossistemas originários de atividades minerárias é fundamental para

---

<sup>1</sup> Discente do Curso Técnico em Mineração do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, [annegrasi05@gmail.com](mailto:annegrasi05@gmail.com);

<sup>2</sup> Discente do Curso Técnico em Mineração do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, [rinaranicole@gmail.com](mailto:rinaranicole@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutor pelo curso de Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras - UFLA, [marcelolinon@ifba.edu.br](mailto:marcelolinon@ifba.edu.br);

<sup>4</sup> Professora orientadora: Mestra em Ciências Ambientais, Universidade Federal da Bahia - UFBA, [bruna.oliveira@ifba.edu.br](mailto:bruna.oliveira@ifba.edu.br).



formação de profissionais de mineração e também de meio ambiente, sendo imprescindível esse tipo de estudo na Educação Técnica e Tecnológica. Assim, o objetivo do presente trabalho foi levantar dados sobre a utilização da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) como alternativa na mineração de ouro em pequena escala.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa tem um caráter qualitativo e adotou como metodologia a revisão sistemática, reunindo as principais contribuições de trabalhos anteriores sobre a temática, resultando em um panorama sobre a mesma. A base de dados utilizada foi o Google Acadêmico e os descritores adotados foram "substitutos do mercúrio" *and* "mineração".

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A influência do mercúrio nos ecossistemas não é inteiramente mensurável, devido à dificuldade de estudá-la monitorando suas consequências (LACERDA, 1997), porém há estudos que permitem que haja conhecimento quanto aos efeitos do seu uso no meio ambiente e na saúde das pessoas envolvidas. O trabalho de Deschamps e outros (1998), ocorrido em Mariana - MG, buscou avaliar os impactos do uso de mercúrio, sobretudo na saúde dos trabalhadores da mineração e da comunidade de pessoas que vivem no entorno dessa atividade, a partir de coletas de amostras de sangue e urina para analisar a dosagem do metal presente nos organismos e relacionar a outros aspectos de sua saúde.

O estudo mostrou que, no organismo dos garimpeiros, a média de Hg está acima do valor de referência de normalidade proposto pela NR7 e, em algumas amostras, também acima do índice biológico máximo permitido (IBMP), que são 5 microgramas de creatinina por grama de urina e 35 microgramas de creatinina por grama de urina, respectivamente (BRASIL, 1996). Os moradores da região que não são ligados à mineração, por sua vez, demonstraram 50% de presença de Hg no corpo a mais do que a média de outro grupo analisado no estudo, que não residia próximo à mineração. O que comprova que a utilização do mercúrio afeta não somente as pessoas ligadas a essa prática, mas sim todo o ecossistema daquele local.

De-Paula, Lamas-Correa e Tutunji (2006) também demonstraram um grau de relação entre patologias humanas e a exposição ao mercúrio, destacando a irreversibilidade dos efeitos que a intoxicação por metais pesados pode causar às pessoas e enfatizando a necessidade de estudos para estabelecer a ligação entre o quadro epidemiológico presente na população exposta e os metais pesados e desenvolver medidas preventivas e corretivas.



Nas empresas de mineração, o mais usual é a utilização do cianeto (HCN), a partir da solubilização do ouro em soluções alcalinas dessa substância, porém, ele também apresenta alta toxicidade, pois inibe o metabolismo do oxigênio nos seres vivos e, assim como o mercúrio, também tem a capacidade de acúmulo nos organismos e desequilíbrio do ecossistema no qual foi inserido, porém sabe-se que há uma diversidade de tipos de cianeto e cada uma possui um nível de toxicidade (SOUZA; LINS, 1989).

Devido aos problemas relacionados aos compostos comumente utilizados, o estudo de Castigo, Nobre e Welengane (2021) apresenta-se como uma análise da possibilidade do uso de uma planta de origem amazônica conhecida como pau-de-balsa na substituição do mercúrio com o intuito de tentar minimizar os impactos desta substância na exploração do ouro. Eles notaram que o pau-de-balsa consegue clarear o ouro e separá-lo de minerais de tamanhos maiores misturados a ele, mas não é capaz de separá-lo de minerais menores, como a argila. Porém, a separação do ouro de minerais de dimensões menores foi possível utilizando plantas que apresentam cianeto, principalmente a mandioca amarga, que causam a atração das partículas de ouro.

De acordo com os autores, o cianeto vegetal ou cianeto verde não faz tão mal à saúde e ao meio ambiente, pois não se acumula na natureza como o cianeto usado nos garimpos atualmente. Apesar de o cianeto estar presente em uma variedade de plantas, a extração dessa substância na mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) mostra potencial maior devido à facilidade de cultivo dessa raiz, que cresce em solos secos e sem fertilizantes, e à eficácia da aplicação dessa substância na produção aurífera (LIMA, 2022B).

Essa planta é nativa da América do Sul, pertence à família Euphorbiaceae e utilizada de diversas maneiras, sendo 65% no ramo alimentício, já que é fonte de alimento para mais de 300 milhões de pessoas, e o restante no setor industrial; apesar dessa importância, há uma negligência de informações notável nos últimos tempos, acarretando na necessidade de mais estudos (BALAGOPALAN et al., 2018).

A alternativa de utilização do cianeto de mandioca também é destacada por Lima (2022A), em estudo realizado na Amazônia. O autor apresentou a ecotecnologia para uso na mineração, com métodos capazes de erradicar a utilização do mercúrio, considerando o baixo custo de implantação, a potencial fitorremediação e estabilidade das moléculas do cianeto.

Nas variedades de mandiocas analisadas, os fatores climáticos, disponibilidade hídrica e umidade influenciaram diretamente nos teores de cianeto encontrado nas raízes, sendo identificadas seis variedades com alto teor de cianeto em amostras de manipueira e encontradas de forma abundante produtos cianogênicos em caule, folhas e raízes de



mandioca, gerando novos modelos econômicos contribuintes em sintetizar produtos de alto valor tecnológico na indústria ou agronegócio da mandiocultura, fortalecendo o financeiro dos amazonenses. Os experimentos realizados foram capazes de possibilitar a substituição do mercúrio através do cianeto verde, produzido a partir dos glicosídeos da mandioca, podendo ser usado para derreter o ouro, apenas em mineração artesanal ou de pequena escala, no processo de cianetação.

Além dos benefícios ligados ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores dos garimpos, o uso do cianeto da mandioca também se apresenta como uma contribuição importante para a economia, sobretudo para as populações rurais do Norte do país, com um destaque para o estado do Pará, onde a comercialização da mandioca é uma das principais fontes de subsistência para os cidadãos. Nesse caso, o cianeto, que apresenta os glicosídeos linamarina e lotaustralina, é liberado quando é realizada a moagem da raiz de mandioca. O cianeto desta raiz apresenta toxicidade para seres vivos apenas se ingerido em dose letal; nos seres humanos, por exemplo, quando ingeridas concentrações abaixo da dose letal, esse cianeto transforma-se em tiocianato, não tóxico, que é eliminado do corpo através da urina, o que evidencia o seu carácter não bioacumulativo (CHISTÉ et al, 2010).

Incentivar o uso do cianeto verde na mineração significa não somente beneficiar as mineradoras apresentando uma forma mais barata de se realizar um processo fundamental na área, como também beneficia essas famílias de trabalhadores rurais, que poderão contar com a possibilidade de lucrar com os subprodutos da mandioca, como é o caso do carvão ativado e do amido, que podem ser fornecidos à indústria (LIMA, 2022B).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos elementos abordados ao longo do presente trabalho, percebe-se que há uma urgência em erradicar o uso do mercúrio na extração de ouro, já que os danos ambientais e as patologias relacionadas têm-se mostrado insustentáveis. Embora as pesquisas sobre o cianeto verde estejam no início, surge como opção promissora para sua utilização na mineração de pequeno porte, havendo a necessidade de mais estudos relacionados.

**Palavras-chave:** Educação Técnica e Tecnológica, Mercúrio, Sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

BALAGOPALAN, C. *et al.* Cassava in Food, Feed and Industry. **CRC Press**, 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt->



BR&lr=&id=\_EUPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=info:twu\_VV\_-  
8fsJ:scholar.google.com/&ots=dTAJIKESEv&sig=ig4RG-  
qm9XrULxPzdC1YuulZf70#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 08/06/2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 7: nota técnica**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego/Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho; 1996.

CASTIGO, P.; NOBRE, F. DTE C.; WELENGANE, E.. Avaliação da eficácia da aplicação das folhas da ochroma pyramidale na concentração gravítica do ouro na sub-bacia do Alto Revuè. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e68101623211-e68101623211, 2021.

CHISTÉ, R. C. *et al.* Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 221-226, 2010.

DE-PAULA, V. G.; LAMAS-CORREA, R.; TUTUNJI, V. L. Garimpo e mercúrio: impactos ambientais e saúde humana. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1 / 2, p. 101-110, 2006. Disponível em: <https://www.rel.uniceub.br/cienciasaude/article/view/25>. Acesso em: 10/04/2023.

DESCHAMPS, E. *et al.* Pesquisa da contaminação por mercúrio em garimpo do Estado de Minas Gerais, seu impacto na saúde e no meio ambiente. Belo Horizonte: **FEAM, (Relatório Técnico Final)**, v. 1, 1998.

FERNANDES, F. R. C.; ARAUJO, E. R.. Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais. 2016.

LACERDA, L. D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais vs garimpo de ouro. **Química Nova**, v. 20, p. 196-199, 1997.

LIMA, R. G. Mercúrio na Amazônia – cianeto "verde" a partir da mandioca como alternativa ao mercúrio em mineração artesanal e pequena escala (ASM). 2022, 85 f. **Tese (Doutorado)**



**em Biotecnologia**) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022A. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9144>.

LIMA, R. G. *et al.* Cianeto de Mandioca: viabilidade econômica do uso de manipueira para erradicação do mercúrio na mineração, e proposta para Bioeconomia Circular na Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e43211729981-e43211729981, 2022B.

SOUZA, V. P.; LINS, F. F. Recuperação do ouro por amalgamação e cianetação: problemas ambientais e possíveis alternativas. Rio de Janeiro: **CETEM/MCT**, 1989.