



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

JOELY PEREIRA PINHEIRO

**SOLARIZAÇÃO: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O CONTROLE DE
VEGETAÇÃO EM TALUDES DE MINERAÇÃO NO BAIXO AMAZONAS**

JURUTI-PA

2023

JOELY PEREIRA PINHEIRO

SOLARIZAÇÃO: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O CONTROLE DE VEGETAÇÃO EM TALUDES DE MINERAÇÃO NO BAIXO AMAZONAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de minas, no Campus Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. Mes. Régis Quesada Casquet

JURUTI-PA

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA
Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA - Biblioteca Campus Juruti**

Pinheiro, Joely Pereira.

Solarização: alternativa sustentável para o controle de vegetação em Taludes de Mineração no Baixo Amazonas / Joely Pereira Pinheiro. - Santarém, 2023.
16fl.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA. Campus Universitário de Juruti. Bacharelado em Engenharia de Minas.
Orientador: Régis Quesada Casquet.

1. Lagoas - Rejeito. 2. Roçagem. 3. Riscos ergonômicos. I. Casquet, Régis Quesada. II. Título.

UFOPA Campus Juruti

CDD 630.7 23.ed.

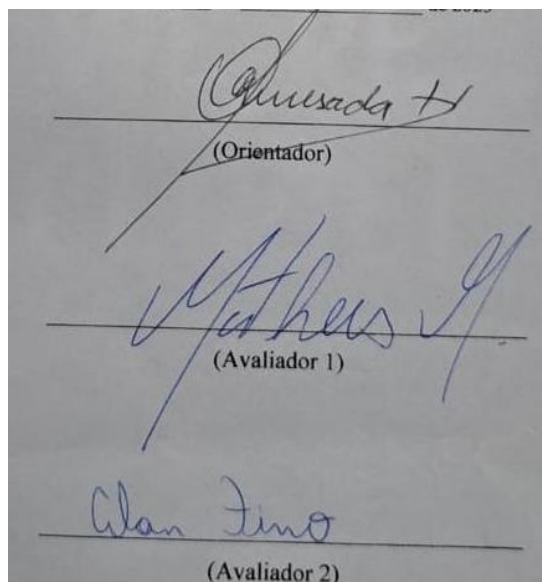
JOELY PEREIRA PINHEIRO

SOLARIZAÇÃO: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O CONTROLE DE VEGETAÇÃO EM TALUDES DE MINERAÇÃO NOBAIXO AMAZONAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Conceito: 9,52

Data de Aprovação: 19 de Outubro de 2023



The image shows three handwritten signatures on a document, each followed by a horizontal line and a printed name in parentheses. The first signature is 'Giusada H' with the printed name '(Orientador)'. The second signature is 'Mathias J' with the printed name '(Avaliador 1)'. The third signature is 'Alan Fino' with the printed name '(Avaliador 2)'. The signatures are written in blue ink.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me ajudar a vencer todos os desafios encontrados durante este curso.

Ao meu esposo Railson da Silva Pinheiro que tem sido companheiro e compreensivo durante minha ausência em busca de novos conhecimentos, motivação esta que me impulsiona a crescer cada vez mais no âmbito profissional.

Aos meus pais Dongilma Lourenço Pereira e Joel Pereira, e irmãos que me incentivaram a continuar diante dos obstáculos que enfrentei.

À Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), Campus de Juruti e aos professores do curso de Engenharia de Minas por todas as experiências e pela orientação na melhor forma de percorrer este caminho educacional e colegas da turma 2018.2 que têm somado conhecimento de forma interativa, enriquecendo meu processo de formação profissional.

A minha amiga Adria Sousa, pela contribuição no auxílio do desenvolvimento do resumo para apresentação ao congresso e em todo decorrer do curso.

Ao meu orientador Prof^o. Regis Quesada Casquet, muito obrigado pela oportunidade, pelas incansáveis ajudas e incentivos, pela excelente orientação, além de paciência e dedicação por fazer parte da minha formação acadêmica.

Aos professores Mest. Alan Andersson de Arruda Tino e Prof^o. Matheus Moraes, por aceitarem compor a banca, serei eternamente grata.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

A presença de vegetação em taludes das lagoas de rejeitos atrapalha a identificação de anomalias, devido à dificuldade de inspecionar essas áreas de difícil acesso de máquinas. A remoção da vegetação por roçagem é constantemente associada a diversos riscos ergonômicos, resultando em alterações posturais e lesões ocupacionais, como distúrbios musculoesqueléticos. Na busca por uma solução, o projeto CREATHON ALUMINIUM, através de processo seletivo, proporcionou a realização de teste na qual foi aplicado o método de solarização, a fim de substituir o método de roçagem e, conseqüentemente, reduzir a exposição dos colaboradores aos riscos ergonômicos que inerentes a atividade. O objetivo deste trabalho é demonstrar resultados obtidos na aplicação da solarização a fim de substituir a roçagem como controle da vegetação em taludes de mineração de Bauxita.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de Rejeito; Roçagem; Riscos ergonômicos.

ABSTRACT

The presence of vegetation on the slopes of the tailings ponds hinders the identification of anomalies, due to the difficulty of inspecting these areas that are difficult for machines to access. The removal of vegetation by clearing is constantly associated with various ergonomic risks, resulting in postural changes and occupational injuries, such as musculoskeletal disorders. In the search for a solution, the CREATHON ALUMINUM project, through a selective process, provided a test in which the solarization method was applied, in order to replace the mowing method and, consequently, reduce the exposure of employees to ergonomic risks that are inherent in the activity. The objective of this work is to demonstrate the results obtained in the application of solarization in order to replace mowing as a control of vegetation on dam slopes in Bauxite Mining.

KEYWORDS: Tailing Ponds, Mowing; Ergonomic Risks.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4. CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

A presença de vegetação em taludes de mineração dificulta a identificação de anomalias passíveis de geração de instabilidade nos taludes em barragens (TEIXEIRA, 2017). A dificuldade de inspecionar essas áreas gerou a necessidade da realização de atividades de roçagens. Sua realização ocorre com alta exposição ao sol e com frequência de manutenção em pontos de difícil acesso de maquinário, sendo necessárias vistorias diárias.

A remoção da vegetação por roçagem é constantemente associada a diversos riscos ergonômicos, resultando em alterações posturais e lesões ocupacionais, como distúrbios musculoesqueléticos. A exposição dos trabalhadores da limpeza a riscos ergonômicos está associada aos regimes de trabalho, evidenciados pelo vigor da atividade, uso de força física e levantamento de peso manual. No entanto, apesar das ferramentas e regulamentações, as tarefas frequentes não são adaptadas às necessidades físicas e psicológicas dos trabalhadores, expondo-os a acidentes de trabalho, declínio funcional e desenvolvimento de doenças ocupacionais (FILHO, 2013).

O controle de vegetação nos taludes de lagoas de disposição de rejeitos de bauxita, por se tratar de uma atividade que demanda esforços físicos do colaborador, devido ser realizados em áreas de inclinação e exposição ao sol, desencadeou a necessidade de buscar formas alternativas para realização dessa atividade. Então, o projeto CREATHON ALUMINIUM, por meio de um processo seletivo buscou por ideias inovadoras e sustentáveis que promovessem o controle da vegetação nos taludes da lagoa de rejeito, substituindo o método de roçagem e, conseqüentemente, reduzindo a exposição dos colaboradores aos riscos ergonômicos que vinham sendo expostos. A ideia selecionada foi colocada em prática na mineração de bauxita no município de Juruti no estado do Pará, onde a vegetação precisava ser controlada.

A ideia selecionada foi a solarização, que segundo Witter *et al.* (2020) trata-se de uma abordagem ecologicamente correta, amplamente utilizada para o manejo de plantas daninhas em sistemas de produção orgânica. Nesse contexto, a aplicação da solarização para controle de vegetação em taludes de mineração de bauxita trata-se de uma proposta inovadora.

A solarização é um método que utiliza a energia solar como fonte de calor a fim de inibir o desenvolvimento vegetativo. Essa técnica consiste em cobrir a superfície com um filme de polímero, retendo a radiação solar e prolongando o tempo de aquecimento, além de transferir calor para as camadas mais profundas do solo (KANAAN *et al.*, 2018).

O uso da solarização como método de combater inimigos das culturas presentes no solo teve início em Israel, no fim do século passado, e sua utilização vem expandindo desde então (PEREIRA, pág.154, 2011). Assim sendo, o objetivo do presente estudo é apresentar os resultados obtidos com a aplicação do método de solarização como controle da vegetação em taludes na mineração de bauxita no Baixo-Amazonas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação e avaliação dos resultados ocorreram durante os meses de Maio a Agosto de 2022. O método de solarização foi realizado em três pontos que apresentavam cobertura vegetal em diferentes estágios fenológicos.

- Ponto de testagem 1 – P1: Localizado na parede Oeste da lagoa de rejeito com vegetação baixa, com altura aproximada de 5 cm.
- Ponto de testagem 2 – P2: Localizado na parede Oeste da lagoa de rejeito com vegetação média, de altura aproximada de 20 cm.
- Ponto de testagem 3 – P3: Localizado na parede Oeste da lagoa de rejeito com vegetação alta, com altura aproximada de 40 cm.

A solarização na vegetação baixa e na vegetação média teve duração de 15 dias, enquanto que na vegetação alta teve duração de 30 dias. Os materiais utilizados na técnica de solarização estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 – Material aplicado durante o período de realização do projeto no município de Juruti.

FERRAMENTAS	USO
Lona Preta	Cobertura do solo – material de polietileno, possuindo 150 µm de espessura e dimensões de 4X50 m.
Fita métrica	Delimitação – material usado para medir a área a ser solarizada
Tesoura	Corte – material usado para deixar a lona preta nas medidas da área a ser coberta.
Picareta Alvião	Escavação - Usada para escavação do solo a ser utilizado para prender as extremidades da lona preta.
Fita Zebrada	Sinalização - Usada para demarcação da área solarizada.
Pá de bico cabo “Y”	Carregamento - Utilizada para carregar o solo e distribuir ao longo das extremidades da lona preta.

Fonte: Autores, 2023.

No talude a jusante da parede oeste da lagoa de rejeitos, delimitou-se três áreas, sendo duas áreas medindo 2x3 m e uma área medindo 2x4,5 m. Em cada perímetro da área foi escavado 10 cm de solo com auxílio de uma picareta alvião. Para cobrir as áreas, utilizou-se uma lona preta que foi estendida sobre cada ponto de testagem. A fim de prender a lona ao chão, foi utilizado o solo oriundo das escavações, sendo este jogado sobre as extremidades da lona com o auxílio de uma pá. Em seguida, foi colocado rochas presentes no local nas bordas da lona com o objetivo de mantê-la presa ao chão e auxiliar na sinalização junto com a fita zebrada que restringia o acesso ao local.

Durante esse período foram realizadas medições de precipitação usando um pluviômetro convencional. Esses dados pluviométricos foram obtidos através de um

pluviômetro em escala de 0 a 150mm, instalado em uma estaca, situado a uma distância de aproximadamente 500 m da área experimental

O método de avaliação dos resultados foi baseado em uma análise visual da presença e ausência de plantas no local de aplicação. A solarização usada como método de controle da vegetação neste presente estudo foi desenvolvida em uma regiões de clima tropical úmido, em áreas com luz solar abundante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

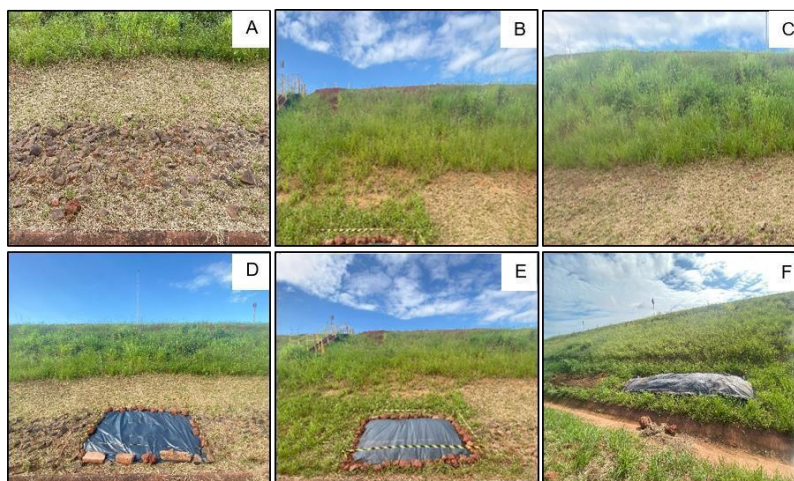
Neste trabalho a solarização foi aplicada com o objetivo de substituir os trabalhos de roçagem realizados em taludes da mineração de bauxita, com incidência de vegetação, visto que o surgimento espontâneo de espécies vegetais em áreas de atividade humana pode causar enormes prejuízos (Carvalho, 2013).

A roçagem é um método de controle de vegetação que requer constância, pois a vegetação rebrota rapidamente, e algumas espécies ao serem submetidas a roçagens periódicas apresentam maior desenvolvimento embaixo do solo, dificultando a sua eliminação definitiva ao longo do tempo (EMBRAPA, 2004). Enquanto que, a solarização apresenta maior inibição do crescimento da vegetação, e a rebrota é mais espaçada quando comparada ao método de roçagem, pois reduz o banco de sementes no local de aplicação do método (ANALYTICS, 2021).

A solarização aplicada nos taludes de barragens de mineração de bauxita consistiu no aproveitamento da radiação solar para induzir o aumento da temperatura na área coberta com a lona plástica, provocando a diminuição de plantas espontâneas.

Segundo Baptista (2006) o tempo de solarização do solo, assim como as temperaturas alcançadas e o nível de infestação do solo, são fatores importantes para que se obtenha o controle. A Figura 1 apresenta os estágios de desenvolvimento da vegetação que foram classificados como vegetação baixa (Fig. 1A), vegetação média (Fig. 1B) e vegetação alta (Fig. 1C), que foram solarizadas, respectivamente. Já na Fig. 1D a 1E, encontram-se a solarização na vegetação baixa (Fig. 1D) e na vegetação média (Fig. 1E) que tiveram duração de 15 dias, enquanto que na vegetação alta (Fig. 1F), teve duração de 30 dias.

Figura 1 - Diferentes estágios fenológicos no período de solarização, a saber: A) vegetação classificada como baixa; B) vegetação classificada como média; C) vegetação classificada como alta; D) solarização vegetação baixa; E) solarização vegetação média; F) solarização vegetação alta.



Fonte: Autores, 2023.

A solarização apresenta melhores resultados quando o solo é umedecido antes de cobri-lo com a lona (KANAAN et al., 2018) no entanto, o clima na região

amazônica é dividido em períodos chuvosos e períodos menos chuvosos, ou seja, a estação chuvosa é frequente, (Alvares *et al.*, 2014) sendo que, nesse contexto, a etapa de umedecer o solo pode ser eliminada. O período em que este trabalho foi realizado ocorreu durante a estação menos chuvosa, registrando uma precipitação de 75 mm, com uma média de chuva a cada dois dias.

Segundo Patrício e Sinigaglia (2008) as camadas superficiais do solo alcançam as temperaturas mais elevadas (49 a 54° C) e as camadas mais profundas, acima de 10 cm, podem variar entre 35 e 42° C. Durante o período de realização do presente estudo, a temperatura máxima chegou em média de 31° C segundo (Weatherspark), sendo possível inferir que o solo coberto pode ter alcançado altas temperaturas.

Na Figura 2, são apresentados os resultados obtidos com a solarização no dia da retirada da lona. No dia 16 de maio foi realizada a retirada da lona da vegetação baixa (Fig. 2A) e da vegetação média (Fig. 2B) e no dia 02 de junho retirou-se a lona da vegetação alta (Fig. 2C). Apesar da solarização ter duração diferentes entre os pontos, não houve influência na eficácia do método, alcançando resultados eficientes no controle vegetativo.

Figura 2- Vegetação após o período de solarização, a saber: A) lona retirada do ponto que tinha vegetação baixa; B) lona retirada do ponto que tinha vegetação média; C) lona retirada do ponto que tinha vegetação alta.



Fonte: Autores, 2023.

De acordo com os dados levantados dentro da empresa, para roçar um talude de 800 m de comprimento, são gastos em média 5 dias. Essa atividade geralmente é realizada por três colaboradores, sendo dois roçadores e um ajudante, com o auxílio de roçadeira transversal motorizada. Com 15 dias após a realização da roçagem no talude, a vegetação apresentou uma rebrota rápida e adensada, preenchendo toda a área que foi roçada, podendo apresentar a altura de 15 a 20 cm aproximadamente (dados não publicados).

Após 60 dias de retirada da lona nos pontos solarizados, foi realizada uma visita de campo com o objetivo de observar o crescimento vegetativo das plantas daninhas em cada ponto, a visita nos pontos com vegetação baixa e vegetação média foi realizada no dia 16 de julho, enquanto que no ponto com a vegetação alta ocorreu no dia 03 de agosto. Durante a visita de campo, foi constatado que os pontos onde foi realizada a solarização a incidência de rebrota da vegetação daninha foi visivelmente inferior se comparado com a roçagem, pois a vegetação rebrotou de forma lenta e pontual, com uma altura média de aproximadamente 5 a 8 cm, conforme Figura 3.

Figura 3- Rebrotas da vegetação daninha controlada por solarização.



Fonte: Autores, 2023.

O presente estudo fez análise em uma pequena área para verificar como seria o comportamento da solarização na região específica do baixo Amazonas, contudo em atividades agrícolas a solarização é amplamente utilizada no controle de vegetação daninhas e fitopatógenos. Em estudo amplo sobre a suscetibilidade de plantas daninhas à solarização, Candido (2011) avaliou a influência da solarização no controle de 57 espécies daninhas em cultivos de lentilha (*Lens culinaris*) e de feijão-fava (*Vicia faba*), onde quarenta e seis espécies anuais foram consideradas altamente suscetíveis, muitas atingindo nível máximo de controle.

Este trabalho, com utilização de solarização para controle de vegetação em taludes, é inédito para a mineração. Contudo, experimentos com maior número de replicatas e maior tempo de aplicação do método, se fazem necessários para comprovação da eficiência.

4. CONCLUSÕES

A solarização apresentou eficiência no controle da vegetação, tanto na área mensurada com 15 dias quanto na de 30 dias, podendo ser uma ferramenta potencial para a otimização no controle de vegetação em taludes, o que facilita a visualização de possíveis danos causados por erosões.

Este foi um primeiro trabalho piloto para desenvolvimento dessa atividade sendo necessários trabalhos posteriores com replicação da metodologia em áreas maiores para verificar tanto a questão de custo, quanto à implantação nessas áreas. Recomendamos experimentos que comparem diferentes períodos solares com medições locais de temperatura do solo e do ar.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 6, p. 711–728, 2014. Disponível em: <http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref>. Acesso em: 09/09/2022.

ANALYTICS. SOLARIZAÇÃO DO SOLO COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/solarizacao-do-solo/>. Acesso em: 31 de março de 2023.

CARVALHO, L. B., *Herbicidas*. 1 ed. Lages, Santa Catarina 2013. 62 p.

CANDIDO, V.; D'ADDABBO, T.; MICCOLIS, V.; CASTRONUOVO, D. Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. *Scientia Horticulturae*, v. 130, n. 3, p. 491-497, 2011.

COSTA, N. L. ET. AL., *FISIOLOGIA E MANEJO DE PLANTAS FORRAGEIRAS*. **EMBRAPA**, PORTO VELHO – RO, 2004. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/916005/1/doc85planta_sforrageiras.pdf. Acesso em: 16 de Abril de 2023.

FILHO, J. A. P. ANÁLISE DOS RISCOS FÍSICOS E ERGONÔMICOS EM ROÇADORA TRANSVERSAL MOTORIZADA. **UNESP**, BOTUCATU - SP, v. 1, n. 1, p. 1-165, ago./2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101879/000756845.pdf;jsessionid=C0197FF7B5AC7B7DB5A9376984997B5A?sequence=1>. Acesso em: 26 de março de 2023.

KANAAN, H.; FRENK, S.; RAVIV, M.; MEDINA, S.; MINZ, D. LONG AND SHORTTERM EFFECTS OF SOLARIZATION ON SOIL MICROBIOME AND AGRICULTURAL PRODUCTION. **APPLIED SOIL ECOLOGY**, v. 124, p. 54-61, 2018.

PATRÍCIO, F.R.A; SINIGAGLIA, C. **É tempo de solarizar**. 2008. Artigo em Hypertext. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/solarizacao/index.htm. Acesso em: 18/4/2023.

TEIXEIRA, S. H. C. ET AL., MÉTODO EXEMPLIFICADO DE INSPEÇÕES DE CAMPO PARA AVALIAÇÃO DE ANOMALIAS E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM BARRAGENS DE TERRA. **2º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (2º SPPC)**, artigo 2SPPC2001, pp. 461–473, 2017.

WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Juruti no anotodo**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29321/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Juruti-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 18 jun.2023.

WITTER, A. P. W. *et al.* AGRICULTURA EM FOCO: Tópicos Em Manejo, Fertilidade do Solo e Impactos Ambientais. 2. ed. Brasil: **Editora Científica**, 2020. p. 167-174.