

Mestrado Profissional
Sustentabilidade em
Recursos Hídricos

PRODUTO

**Potencial de remoção de cobre do solo por técnica
de fitorremediação: Relatório técnico**

Caio Cesar Andrade dos Santos

Alexandre Tourino Mendonça

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

POTENCIAL DE REMOÇÃO DE COBRE DO SOLO POR TÉCNICA DE FITORREMEDIAÇÃO

**Universidade Vale Do Rio Verde
2019**

Universidade Vale do Rio Verde
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Elaboração: Caio Cesar Andrade dos Santos

Coordenação: Alexandre Tourino Mendonça

Co-Orientadora: Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

FICHA CATALOGRAFICA

Caio Cesar Andrade dos Santos

POTENCIAL DE REMOÇÃO DE COBRE DO SOLO POR
TÉCNICA DE FITORREMEDIAÇÃO.

Produto apresentado ao programa de mestrado profissional
Sustentabilidade em Recursos Hídricos. Universidade Vale do Rio
Verde – UNINCOR

Orientador: Profº Drº Alexandre Tourino Mendonça

1 Remediação de solos poluídos 2 Fitorremediação de cobre 3
Potencial de remoção de cobre. I Potencial de remoção de cobre do
solo por técnica de fitorremediação.

Fonte: O autor (2019).

Caio Cesar Andrade dos Santos

Alexandre Tourino Mendonça

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Caio César Andrade dos Santos
Alexandre Tourino Mendonça
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

POTENCIAL DE REMOÇÃO
DE COBRE POR TÉCNICA
DE FITORREMEDIAÇÃO

Reitora

Prof^a. Dra. Gleicione Aparecida Dias Bagne de Souza

Vice-Reitor

Prof^o. Me. Marcelo Junqueira Pereira

Diretor Geral

Prof^o. Leandro Rodrigues de Souza

Diretor Executivo

Prof. Túlio Marcos Romano

Pró-Reitor de Graduação e Assuntos Acadêmicos

Prof. Dr. Ricardo Junqueira Del Carlo

Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

Prof. Dr. Ricardo Junqueira Del Carlo

Pró-Reitora de Assuntos Administrativos

Prof^a. Viviane Barbosa

Coordenação do Mestrado

Prof^a. Dra. Marília Carvalho de Melo

Mantenedora da UninCor**Fundação Comunitária Tricordiana de Educação – FCTE**

Fundação Comunitária Tricordiana de Educação - FCTE Universidade
Vale do Rio Verde de Três Corações - UNINCOR Av. Castelo Branco,
82 - Chácara das Rosas – Centro 37410-000 - Três Corações - MG Tel:
(0xx) 35- 3239-1239
E-mail: biblioteca@unincor.edu.br

Catálogo na fonte
Bibliotecária responsável:

Caio Cesar Andrade dos Santos, A

ENDEREÇOS UNINCOR

UNIDADE TRÊS CORAÇÕES

Av. Castelo Branco, 82 - Chácara das Rosas 37417-150 - Três Corações - Minas Gerais

e-mail:

secretaria@unincor.edu.br

Telefax: (35) 3239-1000

UNIDADE BETIM

Rua Santa Cruz,750,Centro, Betim - Minas Gerais

e-mail:

secretariabt@unincor.edu.br

Telefax: (31) 3514-2500

UNIDADE BELO HORIZONTE

Av Amazonas, 3.200 – Prado - Belo Horizonte – Minas Gerais

e-mail:

secretariabh@unincor.edu.br

Telefone: (31) 3064-6333

UNIDADE PARÁ DE MINAS

Rua José Bahia Capanema, 440, João Paulo II Minas Gerais

e-mail:

secretariapm@unincor.edu.br

Telefone: (37) 3232-2089

<http://www.unincor.br>

Conteúdo

1 APRESENTAÇÃO	7
2 O PRODUTO	8
2.1 Montagem do experimento	8
2.2 Coleta e análises laboratoriais	9
2.3 Delineamento Experimental e caracterização do experimento	10
2.4 Análises estatísticas	11
3 ORIENTAÇÕES	11
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
REFERÊNCIAS	18

1 APRESENTAÇÃO

A contaminação do solo e lençol freático por metais é uma preocupação de pesquisadores e técnicos na atualidade. Diversas são as fontes de poluição, sendo que a maior destaque pode se dar para as atividades industriais e a agricultura. Dentro da atividade agrícola uma das causas de poluição é a aplicação de fungicida com o principal agente o sulfato de cobre, que se aplicado em grandes quantidades ou em curto espaço de tempo podem superar a capacidade de suporte do solo, e em consequência pode ocorrer a lixiviação para as camadas mais profundas, podendo atingir águas subterrâneas.

Este relatório foi desenvolvido a partir do trabalho de conclusão de curso Potencial de remoção de cobre do solo por técnica de fitorremediação, apresentado a banca examinadora no ano de 2019, mesmo de conclusão do curso.

O TCC assim como o relatório tem como objetivo verificar o potencial de remoção de cobre do solo pelas espécies vegetais *Chrysopogon zizanioides* (Capim Vetiver) e *Cyperus rotundus* (Tiririca) e apontar qual alternativa mais viável para minimização dos impactos ambientais no solo e água subterrânea.

A motivação da pesquisa está relacionada com o interesse do autor em minimizar impactos ambientais decorrentes do uso excessivo de cobre em áreas rurais e industriais. Neste contexto este produto é destinado a setores da sociedade que em suas funções utilizam cobre.

2 O PRODUTO

Os dados apresentados neste relatório são baseados no experimento realizado do desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso Potencial de remoção de cobre do solo por técnica de fitorremediação. O experimento foi realizado em ambiente protegido na fazenda experimental da Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR.

2.1 Montagem do experimento

Para verificar o potencial de remoção de cobre do solo foram utilizadas espécies vegetais *Chrysopogon zizanioides* (Capim Vetiver) e *Cyperus rotundus* (Tiririca) em escala experimental. A montagem do experimento ocorreu no dia 04/10/2018. Os recipientes utilizados no experimento eram de polietileno preto, com capacidade para 5,5 litros. Os recipientes foram perfurados na parte inferior para que se evitasse o acúmulo de água. O solo utilizado na realização do experimento é caracterizado como Argissolo e o mesmo é composto por minerais com nítida diferenciação entre as camadas ou horizontes, reconhecida em campo especialmente pelo aumento nos teores de argila em profundidade. Podem ser arenosos, de textura média ou argilosos no horizonte mais superficial (COLLARES, 2006). Utilizou-se 2,5 kg de solo, retirado a uma profundidade de 25cm com auxílio de um trado holandês e colocados nos recipientes, os quais posteriormente, foram dispostos em ambiente protegido, para que não houvesse interferência de intempéries.

Para a montagem do experimento foram utilizadas concentrações baseadas na legislação CETESB, que estabelece valores orientadores de qualidade 35 mg.Kg^{-1} , prevenção 60 mg.Kg^{-1} , e intervenção 400 mg.Kg^{-1} . O cobre foi aplicado como solução de sulfato pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) puro para análise. Entretanto, se fez necessário a realização de cálculos estequiométricos para se obter a quantidade de cobre purificado para o desenvolvimento do trabalho. Na estequiometria desenvolvida foram estabelecidos os valores de 219,77 mg, para valores de qualidade, 376,75 mg, para valores de prevenção e 2511 mg, para valores de intervenção.

Foram utilizadas espécies vegetais *Chrysopogon zizanioides* (Capim Vetiver) e *Cyperus rotundus* (Tiririca) pelo rápido desenvolvimento e grande capacidade de absorção de contaminantes do solo de acordo com a literatura. O Capim Vetiver

Caio César Andrade dos Santos

Alexandre Tourino Mendonça

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

POTENCIAL DE REMOÇÃO
DE COBRE POR TÉCNICA
DE FITORREMEDIAÇÃO

desenvolve um enraizamento muito intenso e bastante profundo, alcançando cinco metros de profundidade, favorecendo a formação de biofilme e potencializando a estabilização da matéria orgânica presente no tratamento (PEREIRA, 2006).

Experimento montado com as espécies vegetais e concentrações de cobre.



Fonte: O Autor, 2018

2.2 Coleta e análises laboratoriais

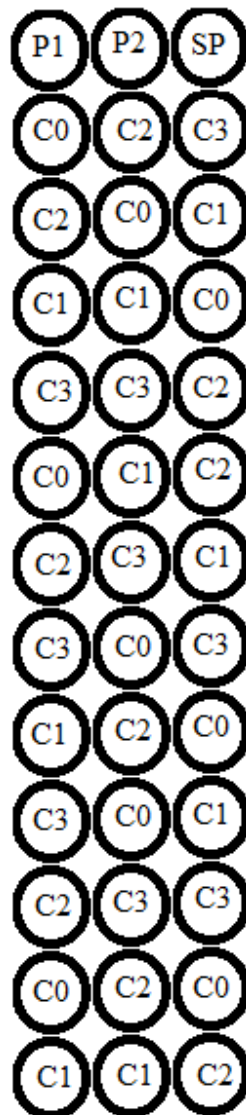
As amostras de solo foram analisadas seguindo metodologia EMBRAPA (1997). As variáveis do solo analisadas foram: Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al). As amostras de plantas foram encaminhadas ao laboratório para as análises de macro e micronutrientes. Dentre os macronutrientes foram avaliados: Nitrogênio (N),

Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), e Enxofre (S), e os micronutrientes análises de: Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Ferro (Fe).

2.3 Delineamento Experimental e caracterização do experimento

O delineamento experimental utilizado no experimento foi o de blocos inteiramente casualizados num esquema fatorial 3x4, com 3 tratamentos plantas (sendo controle, tiririca e capim vetiver) e 4 concentrações (0 mg.L⁻¹, 219,77 mg.L⁻¹, 376,75 mg.L⁻¹, 2511 mg.L⁻¹). Com três repetições totalizando 36 parcelas, ou seja, 12 tratamentos x 3 repetições (Figura 3). A variável resposta a ser avaliada no experimento será a quantidade de cobre absorvida

Croqui do experimento em blocos casualizados.



P1= *Chrysopogon zizanioides*; P2= *Cyperus rotundus*; SP= Solo controle sem planta; C0= 0 mg.L⁻¹; C1= 219,77 mg.L⁻¹; C2= 376,75 mg.L⁻¹; C3= 2511 mg.L⁻¹.

Fonte: O Autor, 2019

2.4 Análises estatísticas

Os dados amostrados foram submetidos a análise de variância, ao teste de média de Scott-Knott a nível de significância 5%, sendo também realizado análise de regressão pelo programa SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA 2006).

3 ORIENTAÇÕES

A descontaminação de ambientes poluídos, tem se destacado medidas que englobam: tempo demandado pelo processo, menor custo, eficiência na descontaminação e simplicidade na execução. Neste contexto este relatório mostra duas espécies vegetais que possuem potencial de remoção de cobre, mas que possuem características distintas, A tiririca absorve uma quantidade de cobre maior que o capim vetiver, porém morre muito rápido e a sua retirada do local dever ser feita constantemente para que não haja recontaminação, o capim vetiver absorve uma quantidade inferior, mas suporta o contato com o contaminante por mais tempo diminuindo a frequência de retirada da plantas do local, viabilizando a sua implatação.

Para a implatação da técnica, é necessário que as plantas que possuam potencial para fitorremediação e algumas características que devam ser usadas como indicativos para sua escolha. Segundo estudos apresentados por vários autores (Ferro et al.,1994; Perkovich et al., 1996; Cunningham et al., 1996; Newman et al., 1998; Accioly e Siqueira, 2000; Vose et al., 2000), essas características devem ser:

- capacidade de absorção, contração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante;
- sistema radicular profundo e denso;
- alta taxa de crescimento e produção de biomassa;
- capacidade transpiratória elevada, especialmente em arvores e plantas perenes;
- fácil colheita, quando necessária a remoção da planta da área contaminada;

Caio César Andrade dos Santos
Alexandre Tourino Mendonça
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

POTENCIAL DE REMOÇÃO
DE COBRE POR TÉCNICA
DE FITORREMEDIAÇÃO

- elevada taxa de exsudação radicular;
- resistência a pragas e doenças;
- fácil aquisição ou multiplicação de propágulo;
- capacidade de desenvolver-se bem em ambientes diversos;
- ocorrência natural em áreas poluídas (importante na identificação, porem não é pré requisito).

Deve-se ressaltar que na introdução de espécies vegetais, apesar de terem uma eficiência elevada, é necessário uma manutenção desses sistemas diariamente e a retirada do material quando há morte das plantas para evitar a poluição, sendo a mesma em aterro sanitário de classe 1. Andrade et al., (2007) resalta que a viabilidade econômica da fitorremediação varia, pois, depende da composição de preços no processo, como, por exemplo, os custos com a mão de obra e local de insumos agrícolas. As condições climáticas também podem influenciar nos custos e na eficácia da tecnologia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

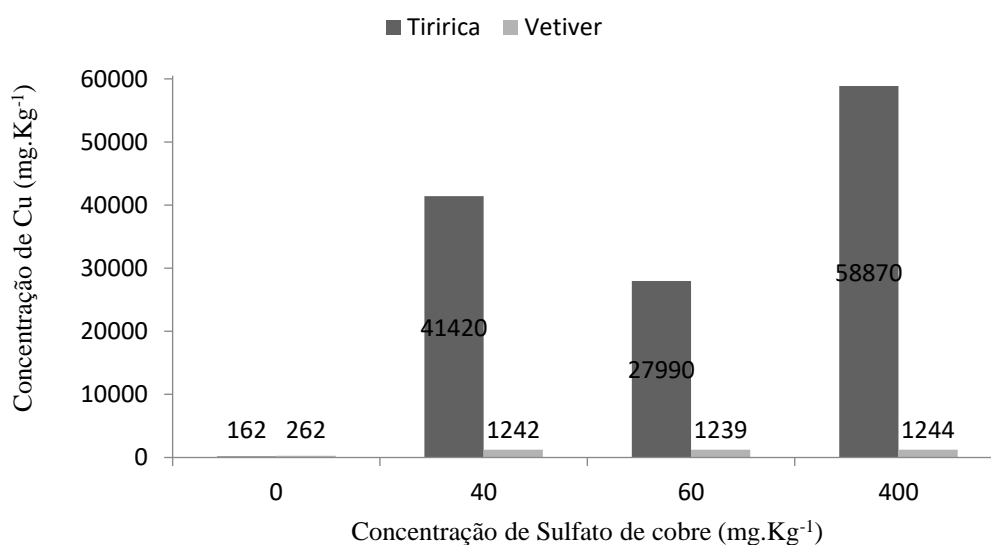
Análise estatística das plantas fitorremediadoras (Tiririca e Vetiver) em função das diferentes concentrações de cobre.

Tratamento				
Planta	C0	C1	C2	C3
Vetiver	161,98Aa	1242,33Aa	1239,33Aa	1244,33Aa
Tiririca	261,98Aa	41420,00Ab	27990,00Ab	58870,00Ab

*Valores seguidos da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si dentro para as diferentes concentrações de cobre, assim como valores seguidos da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre plantas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

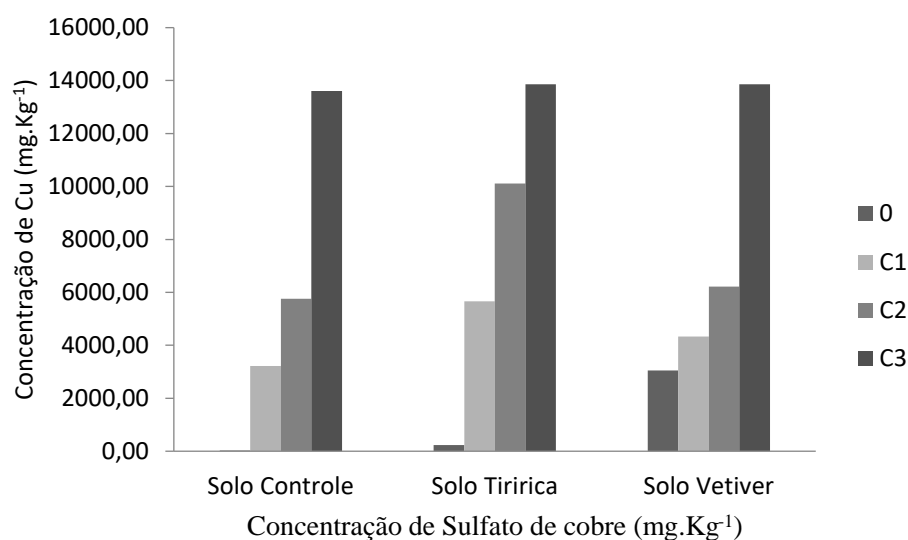
Fonte: O autor (2019).

Concentrações de sulfato de cobre nas espécies vegetais.



Fonte: O autor (2019)

Cobre residual em diferentes concentrações no solo.



Fonte: O autor (2019).

Análise estatística das concentrações de cobre residuais no solo a final do experimento.

Solos	Solo tiririca	Solo c. Vetiver	Solo controle
Concentração (0)	635.33 Aa	3050.00 Ba	1174.33 Ca
Concentração (1)	5660.00 Aa	4329.00 Ba	3214.00 Ca
Concentração (2)	10105.90 Ab	6213.66 Ba	5754.33 Ca
Concentração (3)	13865.33 Aa	13863.66 Ba	13611.68 Ca

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si para as diferentes concentrações de cobre, e valores seguidos de letra maiúscula na horizontal diferem em tipos de solo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: O autor (2019)

Valores médios da análise química das características que afetam o processo de adsorção (pH, CTC, e t) do solo no início e no final do experimento.

Tipo	Concentrações	pH	T (cmolc. dm ⁻³)	t (cmolc. dm ⁻³)
Solo Antes	-	6,13	2,59	1,29
Solo Controle	C0	5,85	4,18	2,46
	C1	5,23	6,85	3,16
	C2	4,99	13,49	4,91
	C3	4,49	31,11	6,9
Solo Tiririca	C0	6,05	5,84	1,74
	C1	5,03	11,27	6,86
	C2	4,88	19,59	5,57
	C3	4,24	46,28	6,02
Solo Vetiver	C0	5,96	4,61	2,64
	C1	5,17	10,55	2,67
	C2	5,08	12,27	2,16
	C3	4,38	38,95	8,41

Legenda: pH em água e CaCl₂ - Relação 1:2,5; H + Al- Extrator: SMP; SB= Soma de Bases Trocáveis CTC;(t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

Fonte: O autor (2019).

Identificação da lixiviação de cobre ao final do experimento do tratamento controle (sem espécies vegetais).



Fonte: O autor (2018).

Os resultados apresentados pelas análises feitas na folha e raiz das plantas, mostraram que as espécies vegetais *Chrysopogon zizanioides* (Capim Vetiver) e *Cyperus rotundus* (Tiririca) possuem potencial para fitorremediação de solo contaminado por cobre. A espécie vegetal *Cyperus rotundus* (Tiririca), mostrou muito eficiente na remoção de cobre, sua permanência em contato com o contaminante foi por um breve período, quatro dias, devido a suscetibilidade da planta ao contaminante. Já a espécie *Chrysopogon zizanioides* (Capim Vetiver) permaneceu em contato com o contaminante por um período maior de tempo, 80 dias, porém os resultados apresentados foram menores, a planta absorveu uma quantidade inferior q a *Cyperus rotundus* (Tiririca).

Nas análises estatísticas do solo, não houve diferenças significativas. No entanto o solo controle, ou seja, sem tratamento com as plantas observou-se uma quantidade menor de cobre residual, este resultado se dá pela ausência de cobertura vegetal o que facilita o processo de lixiviação do cobre. O solo tratado com as espécies vegetais teve um percentual maior de cobre residual, enfatizando a importância de plantas para minimizar a quantidade de material lixiviado.

Independente da quantidade de cobre absorvido, o desenvolvimento da técnica de fitorremediação na remoção de cobre do solo se mostrou eficaz tanto na absorção feita pelas plantas quanto na redução da quantidade de cobre que poderia ser lixiviado para camadas mais profundas do solo atingindo e contaminando águas subterrâneas. Mas deve ressaltar que a espécie vegetal Capim Vetiver apresenta uma viabilidade maior, pois a mesma suporta o contato com o contaminante por mais tempo, se tratando de custo benefício torna-se mais vantajosa, pois, diminui a frequência no descarte das plantas.

REFERÊNCIAS

. COLLARES, GILBERTO LOGUÉRCIO et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1663-1674, 2006.

FERREIRA, D. F. Sistemas de análise estatística para dados balanceados. Lavras, **UFLA/DEX/ SISVAR**, 2006, 145 p.

FERRO, A. M.; SIMS, R. C.; BUGBEE, B. Hycrest crested wheatgrass accelerates the degradation of pentachlorophenol in soil. **J. Environ. Qual.**, v. 23, p. 272-279, 1994.

PEREIRA, A. R. Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas. **Boletim técnico**. Ano 01- nº 003, setembro de 2006.

Caio César Andrade dos Santos
Alexandre Tourino Mendonça
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

POTENCIAL DE REMOÇÃO
DE COBRE POR TÉCNICA
DE FITORREMEDIAÇÃO