

Bio - 279

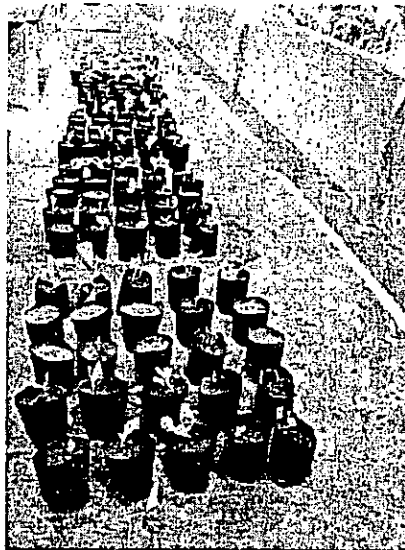


**Universidade Eduardo Mondlane**  
**Faculdade de Ciências Biológicas**

Departamento de Ciências Biológicas

Trabalho de Culminação de Curso

**Avaliação do uso de alface (*Lactuca sativa*) como  
potencial fitorremediadora de solos contaminados  
por sulfato de zinco**



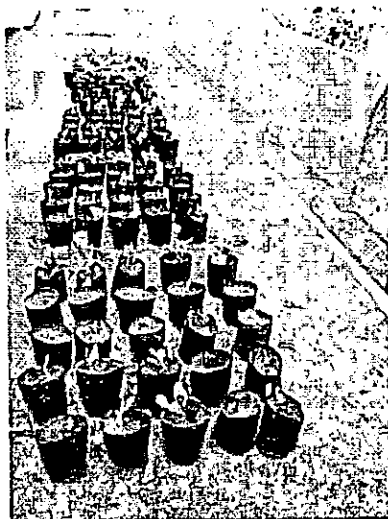
**Autora: Sónia Maria de Sousa**



**Universidade Eduardo Mondlane**  
**Faculdade de Ciências Biológicas**

Departamento de Ciências Biológicas

Protocolo de trabalho de Licenciatura  
**Avaliação do uso de alface (*Lactuca sativa*) como  
remediadora de solos contaminados por sulfato  
de zinco**



**Autora:** Sónia Maria de Sousa

**Supervisores:** Prof. Doutor. Orlando Quilambo

**Co-supervisor:** dr<sup>a</sup> Célia Martins

Maputo, Janeiro de 2009

## **Agradecimentos**

- Em primeiro lugar agradecer a Deus por ter me concedido a vida, saúde e por ter me acompanhado todos esses momentos na minha carreira estudantil.
- Agradecer aos meus supervisores, Professor Doutor Orlando Quilambo e a dr<sup>a</sup>. Célia Martins pelo apoio imensurável e o acompanhamento durante a elaboração deste trabalho.
- A dr<sup>a</sup>. Sónia Ventura agradecer pela ajuda e força que me soube dar.
- Agradecer ao Programa Avante Niassa (PROANI) que financiou este trabalho.
- Agradecer também a dona Cecília funcionária da estufa do campus universitários da UEM pelo apoio durante a rega das plantas na estufa.
- Ao laboratório do Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique (IIAM), o meu muito obrigado pelo apoio durante a determinação das concentrações de zinco no solo e nas folhas.
- Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), os meus agradecimentos pelo fornecimento de registo de temperatura efectuados.
- Aos meus queridos irmãos Anastacia, Otilia, Virgínia, Genito e Delfim, agradecer do fundo do meu coração pelo amor, carinho, coragem e força demonstrados ao longo de toda a minha carreira estudantil.
- Não deixaria de agradecer ao meu querido esposo Mbumba e ao meu filho Sousa que são tudo na minha vida e que sempre estiveram ao meu lado.
- Minhas sobrinhas Desejada, Tru-Love e Batalha, a minha querida sogra Agnês Chimpero, meus tios Armando, Quebas, João, Adelina, Natalia e meu cunhado Vasco um agradecimento profundo.
- Ao meu cunhado Garicai que neste momento se encontra Hospitalizado desejar-lhe rápidas melhorias e meu agradecimento vai por toda ajuda que soube me dar.
- Aos meus colegas Paula Macucule, Cremildo Maueia, Almiro, Remigio, Januario Arone, Angelo, Rufino, Márcia, Damboia, Eunice, Chazia, Emelva, Cíntia pelo companherismo durante as aulas.
- Meus amigos Aurélio Sapura, Manuel Escova, Cesarino e todos outros que não pude mencionar pelas força que sempre me deram.
- Finalmente por todos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização do presente trabalho.

## **Dedicatória**

Dedico o presente trabalho à

Memória inesquecível dos meus Pais, Sousa Faustino Calipui e  
Maria da Conceição Fernando

&

Aos meus irmãos Dário de Sousa, Arnaldo de Sousa e Faustina de Sousa

## I. Resumo

O presente estudo consistiu num ensaio do cultivo de alface em solos contaminados com sulfato de zinco e em solos dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola (SFCM) com o objectivo de avaliar a capacidade de alface como potencial fitorremediadora de solos contaminados com sulfato de zinco e analisar crescimento da alface em SFCM. Para o efeito utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com 5 tratamentos nomeadamente controle, T1, T2, T3 e SFCM (0,00mg/kg, 600mg/kg, 1200mg/kg, 1800mg/kg de sulfato de zinco e solo dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola), com 4 grupos de 25 vasos cada. 30 dias após a sementeira introduziu-se o sulfato de zinco em solos colhidos nos arredores do campus universitário da UEM. Na primeira e segunda semana após a introdução de sulfato de zinco registou-se morte das plantas para os tratamentos T2 e T3. O tratamento T3 foi o que registou maior concentração de zinco absorvidas pelas folhas seguido do tratamento com T1. Em relação a análise de crescimento da alface em SFCM, foram organizados 2 grupos de vasos em blocos casualizados com solo do campus da UEM (controle) e SFCM. Os valores elevados de área foliar, peso seco da planta e razão da área foliar foram registados no tratamento do SFCM quando comparados com plantas cultivadas em solo do campus universitário da UEM. Os solos utilizados nesta experiência mostraram as seguintes composições: 19.63mg/Kg de sulfato de zinco no SFCM e 0.00mg/Kg de sulfato de zinco no solo do campus da UEM.

O Resumo nas orações uma clareza em  
tema de objetivos metodológicos e resultados.  
O que está mais explícito são os procedimentos.

\*A meu ver um resumo de um trabalho  
desta natureza deve dar uma vista geral do  
trabalho.

## **I. Lista de abreviaturas**

**SFCM** – Solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola

**DTPA**- Ácido Diethylenetriaminepentaacetico ou Titriplex

**EIA** - Estudo de Impacto Ambiental

**MICOA** – Ministério para Coordenação da Acção Ambiental

**UEM** - Universidade Eduardo Mondlane

**IIAM**- Instituto de Investigação Agronomica de Moçambique

**INAM**-Instituto Nacional de Meteorologia

Índice	Páginas
1. Introdução.....	1
1.1. Importância do estudo.....	2
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Classificação Dos Metais Pesados.....	3
2.2. Técnicas Usados Na Fitorremediação.....	3
2.3. Vantagens e Desvantagens da Fitorremediação.....	3
2.3.1. Vantagens.....	3
2.3.2. Desvantagens.....	4
2.4. Mecanismo de extração de metais pelas plantas.....	4
2.5. Importância do zinco para as plantas.....	5
2.6. Concentrações de zinco nas plantas e no solo.....	5
2.7. Taxonomia e morfologia da alface.....	5
2.7.1. Taxionomia.....	5
2.7.1. Morfologia.....	6
2.8. Importância de produção.....	6
2.9. Variedades produzidas em Moçambique.....	6
2.10. Condições do solo, pH e temperatura para o crescimento da alface.....	7
2.10.1. Tipos de solo para cultivo de alface.....	7
2.10.2. pH do solo para produção de alface.....	7
2.10.3. Temperatura.....	7
2.11. Alface como fitoremediadora.....	8
3. OBJECTIVOS.....	8
3.1. Objectivo Geral.....	8
3.2. Específico:.....	8
3.3. Hipóteses.....	9
4. Material e Métodos.....	10
4.1. Materiais.....	10
4.2. Área de estudo.....	11
4.3. Métodos.....	11
4.3.1. Avaliação do uso de alface como potencial fitoremediador de solos contaminados por zinco.....	11
4.3.2. Plano de colheita.....	12
4.3.3. Análise de crescimento da alface no solo dos arredores da fábrica de cimentos da Matola.....	13
4.3.4 Parâmetros de crescimento.....	14
a) Área foliar (AF).....	14
b) Razão da área foliar (RAF).....	14

d) Conteúdo da água da folha (CAF).....	15
e) Taxa de Crescimento Relativo (TCR).....	15
4.3.5 Determinação de Clorofilas, Feofitinas e Carotenoides .....	15
5. Análise Estatística dos dados.....	17
6. Resultados .....	18
6.1. Avaliação do uso da alface como potencial fitoremediador de solos contaminados por sulfato de zinco.....	18
6.1.1. Determinação de sulfato de zinco nas amostras de solo antes da sementeira da alface.....	18
6.1.3. Taxa de sobrevivência das plantas 30 dias após a adição de sulfato de zinco no solo .....	20
6.1.4. Número de folhas .....	21
6.1.5. Comprimento da raiz .....	22
6.1.6. Comprimento do caule.....	23
6.1.7. Peso seco da planta.....	24
6.1.8. Conteúdo de água na folha.....	25
6.1.9. Área foliar .....	26
6.1.10. Razão de área foliar .....	27
6.1.11. Taxa de crescimento relativo .....	28
6.1.12. Concentração de clorofila .....	29
6.1.13. Concentração de carotenoide .....	30
6.1.14. Concentração de feofitina total .....	31
6.2. Análise do crescimento da alface no solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola.....	32
6.2.1. Concentração de zinco determinadas nos dois tipos de solo ( da Fabrica de Cimentos da Matola e do campus universitários da UEM) e nas folhas de alface 32	
6.2.1. Número de folhas .....	33
6.2.2. Comprimento da raiz .....	34
6.2.3. Peso seco da planta.....	35
6.2.4. Área foliar .....	36
6.2.5. Razão de área foliar .....	37
6.2.6. Taxa de crescimento relativo .....	38
6.2.7. Concentração de clorofila a e b.....	39
6.2.8. Concentração de carotenoides.....	40
6.2.9. Concentração de feofitina a e b.....	41
7. Discussão.....	42
7.1. Avaliação do uso da alface como fitoremediador de solos contaminados por sulfato de zinco.....	42
7.1.1. Concentrações de zinco no solo e nas folhas de alface .....	42
7.1.2. Taxa de sobrevivência .....	43
7.1.3. Parâmetros de crescimento .....	43
7.1.4. Pigmentos fotossintéticos .....	45
7.2. Análise do crescimento da alface cultivada no solo colhido dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola.....	46



7.2.1 Concentração de zinco no solo e nas folhas .....	46
7.2.2. Parâmetros de crescimento .....	46
7.2.3. Pigmentos clorofílicos .....	47
8. Conclusão .....	48
9. Recomendações .....	49
10. Bibliografia.....	50

## II. Lista de Figuras

	Páginas
Fig.1. Localização geográfica do campos universitários na Universidade Eduardo Mondlane. <i>Fonte:</i> www.uem.mz. Acessado em 22/04/2008 .....	11
Figura. 2 Concentrações de zinco nas amostras de solo do campus universitário da UEM 30 e 90 dias após a sementeira da alface. ....	18
Figura. 3 Concentrações de zinco nas folhas de alface colhidas no solo do campus universitário da UEM.....	19
Figura. 4 Efeito de concentrações de 0.00mg/Kg de sulfato de zinco (Controle), 600mg/Kg de sulfato de zinco (T1), 1200mg/Kg de sulfato de zinco (T2), e 1800mg/Kg, de sulfato de zinco (T3) sobre a taxa de sobrevivência da alface. ....	20
Figura 5. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) no número de folhas da planta de alface .....	21
Figura 6. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) no comprimento da raiz de alface.....	22
Figura 7. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) no comprimento do caule de alface .....	23
Figura 8. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) no peso seco da planta de alface.....	24

Figura 9. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) no conteúdo de água de alface.....	25
Figura 10. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) na área foliar de alface ..	26
Figura 11. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) na razão de área foliar de alface.....	27
Figura 12. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) na taxa de crescimento relativo de alface.....	28
Figura 13. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) na concentração de clorofila a e b de alface .....	29
Figura 14. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) na concentração carotenoides de alface.....	30
Figura 15. Efeito das concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg de sulfato de zinco (Controle, T1, T2 e T3 respectivamente) na concentração de feofitina a e b de alface .....	31
Figura 16. Efeito do tipo de solo no número de folhas de alface .....	33
Figura 17. Efeito do tipo de solo no comprimento de raiz da planta de alface .....	34
Figura 18. Efeito do tipo de solo no peso seco da planta de alface .....	35

Figura 19. Efeito do tipo de solo na área foliar da planta de alface .....	36
Figura 20. Efeito do tipo de solo na razão de área foliar da planta de alface .....	37
Figura 21. Efeito do tipo de solo na taxa de crescimento relativo da planta de alface..	38
Figura 22. Efeito do tipo de solo na concentração de clorofila a e b de alface .....	39
Figura 23. Efeito do tipo de solo na concentração de carotenóides de alface .....	40
Figura 24. Efeito do tipo de solo na concentração de feofitina a e b de alface .....	41

### III. Lista de Tabelas

	<b>Páginas</b>
Tabela 1. Plano de colheita das plantas.....	12
Tabela 2. Concentração do zinco no solo e na folha.....	32

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição dos solos com metais pesados tais como zinco (Zn), cromo (Cr), cobre (Co), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cádmio (Cd), constitui um problema global crescente e responsável por sérios impactos negativos ao meio ambiente no geral (Sengupta, 1993 citado por Anselmo & Jones, 2005). As actividades industriais, agrícolas e de urbanização são, geralmente, as maiores fontes de poluentes de metais pesados (Fellenberg, 1980). O que representa uma ameaça para a saúde pública e para a sustentabilidade da biodiversidade no planeta. Assim fazem parte do lote das preocupações: 1) a ingestão, pelos homens e animais, de plantas que crescem num solo contaminado por estes metais; 2) a contaminação das fontes de abastecimento da água; 3) o desconhecimento do impacto que estes metais terão na cadeia alimentar através de insectos e herbívoros que ingerirem biomassa de plantas intoxicadas; 4) o crescimento raquítico das plantas como resultado da pobre cobertura de solos que é causada pela toxicidade de metais e erosão (Fellenberg, 1980).

A recuperação de áreas contaminadas por metais pesados, devido a actividade humana, pode ser feita através de vários métodos, tais como escavação, incineração, extracção com solvente e oxiredução e outros que são bastante dispendiosos. Alguns processos deslocam a matéria contaminada para locais distante causando riscos de contaminação secundária (Glass, 1998 citado por Dinardi *et al.*, 2003). Por isso em anos recentes passou-se a dar preferência a métodos "In situ" que perturbem menos o ambiente e que sejam mais económicos. Estes métodos incluem a fitorremediação que significa o uso de sistemas vegetais fotossintetizantes e sua microbiota com o fim de desintoxicar ambientes degradados ou poluídos (Glass, 1998 citado por Dinardi *et al.*, 2003).

Em Moçambique a área de fitorremediação ainda está numa fase incipiente. O Departamento de Ciências Biológicas, da Universidade Eduardo Mondlane, tem vindo a realizar estudos ou ensaios com plantas fitoremediadoras onde analisam o crescimento de diferentes culturas e plantas em solos poluídos com metais pesados. Tais estudos incluem a avaliação de crescimento de trigo e soja em solos contaminados por fluoretos (Cumbi, 2005), efeito do flúor no crescimento de *Lolium multiflorum* (Nhancale, 2004),

g. f. 22  
1

sem sentido  
ex. 1  
fases  
incompletas  
2

Quais??

fonte??

efeitos de fluoretos no crescimento de tomate e feijão-nhemba (Mahanjane, 2005) e Efeitos da toxicidade de sulfato de Alumínio no crescimento e morfologia de duas variedades de feijão-nhemba (Ventura, 2008). Contudo, não se encontrou nenhum registo de algum estudo realizado ou recomendado pelo Ministério Para Coordenação da Acção Ambiental (MICOA) sobre a fitorremediação.

No presente trabalho, fez-se o uso de alface (*Lactuca sativa*) para testar o seu potencial como fitoremediadora de solos contaminados pelo zinco (Zn) e também comparar o crescimento da planta de alface no solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola com o solo colhido no campus universitário da UEM. Dinardi *et al.*, (2003) segrega o uso da alface como fitoremediador de solos contaminados por zinco por isso foi escolhida a Fábrica de Cimentos da Matola por ser um local frequentemente apontado como potencial poluidora de solos a seus arredores (fábrica). Segundo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado na fábrica de cimento da Matola, o problema de contenção insuficiente de poeiras constituídas por óxido de metais pesados como zinco, ferro, cobre magnésio e molibdénio e sua consequente emissão e deposição nas imediações da fábrica, poderão provavelmente afectar os solos dos arredores da fábrica. No mesmo estudo foi avançado uma medida de mitigação que consiste na separação eficiente das poeiras de modo a evitar se acumulação dos metais (Passela, 2006).

### 1.1. Importância do estudo

A poluição dos solos com metais pesados constitui um problema global crescente e responsável por sérios impactos negativos ao meio ambiente no geral. Nos arredores da Fábrica de cimentos da Matola são notórias as poeiras libertadas e já foram descritos, pelos órgãos de comunicação social, vários casos de conflitos que levaram o MICOA recomendar um estudo de impacto ambiental em 2006. O zinco é um dos metais apontados pelo EIA como um potencial constituinte destas poeiras e que a sua confirmação seria objecto de estudo. A maior preocupação sobre a concentração excessiva de zinco nos solos relaciona-se com a absorção do zinco pelas plantas e consequentemente com os efeitos adversos às próprias plantas, aos animais e ao homem, ao longo da cadeia alimentar (Júnior *et al.*, 2008).

No estudo do impacto ambiental da fábrica de cimento da Matola pode-se notar que a recuperação dos solos, caso esteja contaminado, não faz parte das medidas de mitigação, limitando-se apenas aos aspectos de eficiência de produção de cimento e de retenção das poeiras. Neste âmbito, este estudo é oportuno uma vez que vai permitir testar a que concentração de zinco a espécie *Lactuca sativa* pode ser recomendada para que seja usada como fitorremediadora de solos contaminados pelo metal.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Classificação Dos Metais Pesados

Os metais pesados são classificados como sendo de baixa solubilidade, baixa mobilidade quando penetram no solo. Entretanto, são também classificados como cancerígenos e mutagénicos quando em concentrações excessivas no organismo humano (Alloway, 1995; Diels *et al.*, 2002 citados por Gupt & Sinha, 2006). A biodisponibilidade dos metais pesados tem sido relacionada com a eco-toxicidade na planta que depende fortemente da sua especificidade química durante o processo de absorção e distribuição (Gupt & Sinha, 2006).

### 2.2. Técnicas Usadas Na Fitorremediação

Vários processos como Fitoextração, Fitoestabilização, Fitoestimulação, Fitovolatilização Fitodegradação, Rizofiltração, Barreiras hidráulicas, Capas vegetais são hoje usados no processo de descontaminação de poluentes.

(Devia detalhar as técnicas)

### 2.3. Vantagens e Desvantagens da Fitorremediação.

#### 2.3.1. Vantagens

- A fitorremediação é a tecnologia mais barata com capacidade de atender uma maior demanda e que apresenta o maior potencial de desenvolvimento futuro (Chekol, 2004 citado por Anselmo & Jones, 2005).



- Com a fitorremediação o custo da recuperação do solo depende dos contaminantes em estudo, propriedades do solo e das condições do local (Lasat, 2000).
- A fitorremediação usa os equipamentos e suprimentos agrícolas que podem ser fáceis de encontrar.
- Na fitorremediação as plantas usadas para além de remover os metais pesados ajudam na prevenção contra erosão eólica hídrica e do solo, evitando carregar contaminantes para outros locais (Anselmo & Jones, 2005). Além disso, as plantas poderão melhorar a paisagem no local onde são usadas, evitar perturbações e preservar o ecossistema (Lasat, 2000; Anselmo & Jones, 2005).
- As plantas são mais fáceis de serem controladas que os microorganismos (Anselmo & Jones, 2005).
- A fitorremediação pode ser usada para extensas áreas (Anselmo & Jones, 2005).

### **2.3.2. Desvantagens**

- A técnica ainda não tem resultados suficientes e concretos de pesquisa, daí que não seja aceite por algumas entidades reguladoras.
- O uso desta técnica não permite remediar solos contaminados a uma distância superior a 5 metros da superfície (Anselmo & Jones, 2005).
- O clima pode restringir o crescimento de algumas plantas (Anselmo & Jones, 2005).
- A técnica é de uso difícil para descontaminar solos com herbicidas de amplo espectro ou misturados com outros contaminantes no solo (Anselmo & Jones, 2005).
- Com esta técnica, o tempo de obtenção de uma descontaminação satisfatória pode ser longo (Anselmo & Jones, 2005).

### **2.4. Mecanismos de extracção de metais pelas plantas**

Os mecanismos de extracção de metais compreendem: complexação com compostos orgânicos e a compartimentalização dos metais no vacúolo (Taiz e Zeiger, 1998). Assim, plantas que se desenvolvem em solos com altos níveis de metais pesados podem

apresentar elevada concentração desses elementos (Carneiro *et al.*, 2002, Silveira *et al.*, 2003 Wang *et al.*, 2003; Granato *et al.*, 2004 citados por Júnior *et al.*, 2006).

## 2.5. Importância do zinco para as plantas

A actividade do Zn na planta é efectiva para determinados processos relevantes na homeostase fisiológica e nutricional da planta actuando como activador ou componente estrutural de enzimas ( Malavolta, 2006 citado por Júnior *et al.*, 2008), que actuam nas reacções metabólicas e necessárias para a produção de clorofila e formação de carboidratos (Lopes, 1937 citado por Junior *et al.*, 2008). O zinco é também necessário para a produção de triptofano, aminoácido precursor do ácido indolacético, fitohormona vegetal de crescimento. Além disso o zinco também actua como componente activador enzimático, estando directamente envolvido no metabolismo do nitrogénio, contribuindo para o crescimento da alface (Grewal *et al.*, 1997 citados por De Resende, 2002) e manutenção da integridade da membrana plasmática da raiz (Cakmak & marschner, 1988, Welch & Norvell, 1993 citados por Yuri *et al.*, 2006).

## 2.6. Concentrações de zinco nas plantas e no solo

O conteúdo normal do zinco em plantas varia conforme a espécie de planta. Quando as plantas apresentam concentrações menores que 10-20mg/kg são consideradas deficientes, concentrações normais são de 25-150mg/kg e tóxicas quando as concentrações forem maiores que 400mg/kg, enquanto que o intervalo da variação da concentrações de zinco no solo situa-se entre 150-5000mg/Kg (Lasat, 2000). Contudo, Almeida (2006), considera que os níveis normais de zinco nas folhas de alface variam de 25-50ppm.

## 2.7. Taxonomia e morfologia da alface

### 2.7.1. Taxonomia

A alface pertence a Família: Asteraceae  
Sub-família: Cichorioideae  
Género: *Lactuca*,  
Espécie: *Lactuca sativa*

A alface- (*Lactuca sativa*) é uma das cerca de 400 espécies do género *Lactuca*. Existem apenas 3 géneros nomeadamente *L. serriola*, *L. saligna* e *L. virosa*

### 2.7.1. Morfologia

A alface é uma planta herbácea com sistema radicular apumado, pouco ramificado e relativamente superficial. A raiz principal da planta originada por sementeira directa atinge cerca de 60cm, mas em cultura intensa com sistema de regadio, a maior parte das raízes atinge 30cm de comprimento (Almeida, 2006). De acordo com Vazquez, (1986), a cor verde escura das folhas de alface indicam morfologicamente o início da formação e concentração do látex nas células foliares, consequência do início de mudanças de estágios de desenvolvimento da alface e implica alterações no sabor das folhas fazendo-as amargas. A alface é uma planta anual de ciclo curto, a duração do seu ciclo de vida depende da região e da época de produção. Em estufas o ciclo é de 6 a 8 semanas na primavera-verão e 10 a 12 semanas durante o inverno (Almeida, 2006).

### 2.8. Importância da produção

A alface é originária do Ocidente e Mediterrâneo, No Egipto antigo era cultivada para o aproveitamento do óleo extraído das sementes. Na Grécia e Roma já era cultivada pelas folhas comestíveis. Hoje a alface é cultivada pelas folhas normais consumidas cruas em saladas (Almeida, 2006).

### 2.9. Variedades produzidas em Moçambique

As variedades frequentemente produzidas em Moçambique são *Iceberg*, *Betávia* e *Romana* (Almeida, 2006).

## **2.10. Tipos de solo, pH e temperatura para o crescimento da alface**

### **2.10.1. Tipos de solo para cultivo de alface**

A alface pode ser cultivada com sucesso em diferentes tipos de solo embora, prefira solos frescos e bem drenados, dá-se bem em solos de textura fraca ou argilosos, ricos em matéria orgânica. Os solos arenosos devem ser reservados para cultivo no inverno (Almeida, 2006).

### **2.10.2. pH do solo para produção de alface**

O pH do solo influencia o directamente no crescimento da raiz mas também determina a disponibilidade de nutrientes no solo. Assim uma diminuição de pH faz com que muitos catiões estejam disponíveis para absorção. Por outro lado, o pH também influencia fortemente na solubilidade de compostos orgânicos (Doddema & Quilambo, 2000)

O pH óptimo para o cultivo de alface varia de 6.5 a 7.2 (Almeida, 2006).

### **2.10.3. Temperatura**

Para Wiwn (1997) citado por Tibiriça (2004) a faixa ideal de temperatura para o crescimento da alface deve ser de 7 à 24°C (média 18°C).

As temperaturas óptimas para produção de alface dependem do estagio do desenvolvimento da cultura: na germinação deve ser 15 à 20°C (Sgnanzerla 1997 citado por Tibiriça, 2004 e Almeida, 2006) e durante o desenvolvimento 14 à 18°C durante o dia . Quando as plantas de alface crescem em condições de pouca luz solar, estas apresentam folhas de forma longa e estreita (Bensink, 1971 e Wien, 1997 citados por Tibiriça, 2004), formam melhor os seus repolhos `a temperaturas proximas dos 20°C (Almeida, 2006), por outro lado, em níveis altos de luz, as folha de alface tornam-se progressivamente largas com reduzida razão comprimento/largura (Bensink, 1971 e Wien, 1997 citados por Tibiriça, 2004).

### 2.11. Alface como fitorremediadora

As informações relativas a aplicação de zinco na produção da alface, ainda são restritas e inconclusivas, por essa razão os produtores realizam pulverizações foliares semanais com produtos contendo zinco sem a garantia de que este procedimento seja adequado, gerando preocupação quanto a sua eficiência e aproveitamento da cultura (Yuri *et al.*, 2006).

## 3. OBJECTIVOS

### 3.1. Objectivo Gerais

- Avaliar o uso da alface (*Lactuca sativa*) como potencial fitorremediadora de solos contaminados por sulfato de zinco.
- Analisar o crescimento desta espécie no solo do arredores da fábrica de cimentos da Matola.

### 3.2. Específicos

- Determinar a concentração do zinco no solo colhido nos arredores da estufa do campus universitários da UEM e no solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola antes e depois da sementeira de alface (*Lactuca sativa*);
- Determinar os parâmetros de crescimento da alface em solo contaminado por sulfato de zinco e em solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola;
- Determinar a concentração de zinco nas folhas de alface cultivada em solos contaminados por sulfato de zinco e em solos colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola.

Será que os objectivos ajudarão-nos a conhecer a potencialidade da alface na fitorremediação?

### **3.3. Hipóteses**

#### **Hipótese nula**

- A alface não pode ser usada como fitoremediadora de solos contaminados por sulfato de zinco.

#### **Hipótese alternativa**

- A alface pode ser usada como fitoremediadora de solos contaminados por sulfato de zinco.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Materiais

- ✓ Estufa de secagem
- ✓ Espectofotómetro
- ✓ Ermeyer de 100ml
- ✓ 2 copos de 100ml
- ✓ Centrifuga (Centrifuga Mod. 4222)
- ✓ Etiquetas
- ✓ GPS 12 XL Garmin
- ✓ Medidor de área foliar LI-3100
- ✓ Balança analítica eléctrica
- ✓ Balão volumétrico
- ✓ Baldes
- ✓ Provetas
- ✓ Pipetas
- ✓ Tubos de ensaio
- ✓ Papel de alumínio
- ✓ Papel de filtro
- ✓ Funil
- ✓ Água destilada
- ✓ Almofariz e pilão
- ✓ Bisturi
- ✓ Placas de petri
- ✓ Régua
- ✓ Marcadores
- ✓ Micropipetas
- ✓ Luvas
- ✓ Vasos Plásticos
- ✓ 1 pacote de Sementes de Alface (*Lactuca sativa*)

## 4.2. Área de estudo

A experiência foi realizada na estufa do Departamento de Ciências Biológicas localizada no campus universitários da UEM (Fig.1) durante os meses de Junho a Setembro de 2008.

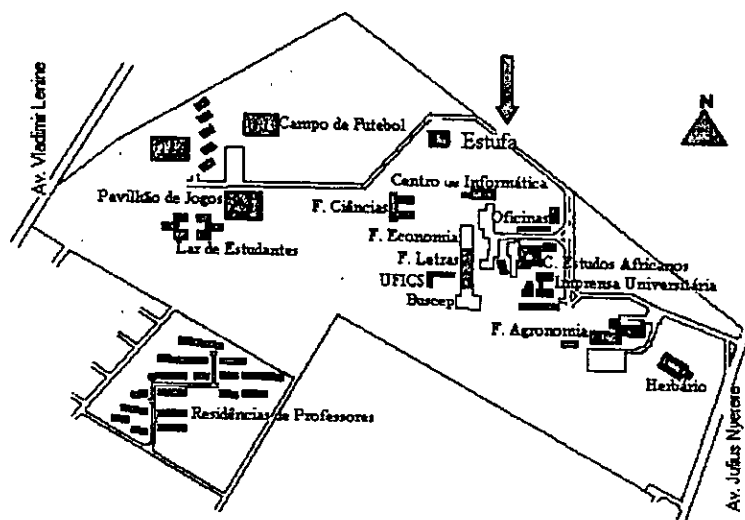


Fig.1. Localização geográfica do campus universitários na Universidade Eduardo Mondlane. Fonte: [www.uem.mz](http://www.uem.mz). Acessado em 22/04/2008

## 4.3. Métodos

### 4.3.1. Avaliação do uso de alface como potencial fitoremediador de solos contaminados por zinco

O solo foi colhido nos arredores do campus universitários da UEM e foi retirada uma parte dessa amostra para análise do teor de zinco no laboratório de solos do Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique (IIAM), pelo método de espectrofotometria de absorção atómica (anexo I).

1. Encheram-se 80 vasos plásticos, com 1Kg de solo e dividiu-se em 4 grupos de 20 vasos cada, organizados em blocos casualizados. Em cada vaso foi semeada uma semente de alface.

Metodologia } onde está?  
A metodologia está incompleta não  
discussão os resultados usados nem tipo de  
estudo?



- 30 dias após a sementeira foram preparadas soluções de sulfato de zinco de 0.00mg/Kg (Controle), 600mg/Kg (T1), 1200mg/Kg (T2) e 1800mg/Kg (T3) e, de seguida adicionou-se o solo de 3 grupos de vasos, o primeiro grupo serviu de Controle.
- As plantas foram regadas diariamente ao longo de toda experiência.
- Foram feitas observações e anotações das plantas mortas e as que sobreviveram logo após a contaminação.
- Depois de período estabelecido (90 dias após a sementeira), foram colhidas 16 plantas por tratamento (Tabela 1) e foram feitas medições de parâmetros de crescimento numa única colheita.
- Foram retiradas amostras de folhas das plantas de cada tratamento, secas numa estufa à 80°C durante 48 horas, e depois foram usadas para determinar as concentrações de zinco no laboratório do Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique (IIAM).
- No final do ensaio, foi determinada a concentração de zinco no solo depois de cultivadas as plantas no laboratório do Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique (IIAM).

#### 4.3.2. Plano de colheita

A colheita das plantas foi feita numa única colheita para as duas experiências, nomeadamente avaliação do uso da alface como potencial fitorremediadora de solos contaminados por zinco e para a análise do crescimento da alface no solos dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola. A Tabela 1, mostra o número de plantas colhidas em cada tratamento, 90 dias após a sementeira.

**Tabela 1.** Plano de colheitas das plantas. Os tratamentos Controle, T1, T2 e T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente e SFCM representa solo dos arredores da fábrica de cimentos da Matola.

Tratamentos	Número de plantas colhidas	Observação
Controle (0.00mg/kg de zinco)	16	
T1 (600mg/kg de zinco)	16	
T2 (1200mg/kg de zinco)	7	Moreram 9 plantas
T3 (1800mg/kg de zinco)	5	Morreram 11 plantas
SFCM	16	

Os tratamentos T2 e T3 com 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco, apresentam-se com número de plantas colhidas inferior a 16 devido a morte das mesmas.

#### **4.3.3. Análise de crescimento da alface no solo dos arredores da fábrica de cimentos da Matola**

##### Localização da área de colheita de amostras do solo da Fábrica de Cimento:

A Fábrica de Cimento da Matola localiza-se no Bairro Línqamo, na zona industrial da Matola, Município da Matola, cobrindo uma área de 130.000 m<sup>2</sup>, dos quais 2.016 m<sup>2</sup> representam a superfície ocupada pelas instalações da fábrica e os restantes 127.984 m<sup>2</sup> correspondem ao espaço ocupado pelas diversas infra-estruturas de apoio, entre as quais o bairro social, que inclui o centro de formação, e as empresas da CIMBETÃO e JOACO. Na área circundante à fábrica, existem várias habitações e empresas industriais, destacando-se a Companhia Industrial da Matola, SARL e a empresa STEMA Lda (Passela, 2006).

O solo dos arredores da Fábrica de Cimento da Matola foi colhido a cerca de 1000m da Fábrica, entre as coordenadas de 25° 57'33.8" Sul e 32° 28'46.2". Do solo colectado foi retirada uma amostra e efectuaram-se análises laboratoriais para determinação do teor de zinco e da textura do solo no laboratório de solos de Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique (IIAM).

1. Foram enchidos 20 vasos plásticos de 1Kg de solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola, designado por tratamento solo da Fábrica de Cimentos de Matola (SFCM) e 20 vasos com solo dos arredores do campus universitários da UEM designado por tratamento Controle (C). Os 2 grupos foram organizados em blocos casualizados, em cada vaso foi semeada uma semente de alface.
2. Repetiram-se os passos 3, 5, 6 e 7 mencionados no ponto 4.3.1.

#### 4.3.4 Parâmetros de crescimento

Para ambas experiências (avaliação de uso da alface como potencial fitoremediador e para análise de crescimento da alface no solo dos arredores da fábrica de cimentos da Matola) foram medidos parâmetros de crescimento, nomeadamente comprimento da raiz, peso seco da planta, área foliar razão de área foliar conteúdo de água e taxa de crescimento relativo.

a) Para o peso fresco efectuou-se a pesagem das partes da planta (Folha, caule e raiz), numa balança analítica logo após a colheita e para a determinação do peso seco foram colocados num envelope de papel e introduzidos numa estufa a 80°C, durante 48 horas, após os quais, foi feita pesagem das folhas raízes e caule para obtenção dos pesos secos.

#### b) Área foliar (AF)

A área foliar foi obtida usando o instrumento de medição da área foliar (Leaf área meter, modelo LI-COR, inc, Nebraska USA:LI-3100).

#### c) Razão da área foliar (RAF)

Segundo Atwell *et al.*, (1999), a razão da área foliar foi calculada pela formula:

$$RAF = AF / Pst \quad (1)$$

Onde: AF- área da folha (cm<sup>2</sup>)

Pst- peso seco total da planta (mg)

#### d) Área específica da folha (AEF)

Segundo Hunt (1990), a área específica da folha foi calculada pela formula:

$$AEF = AF / Psf \quad (2)$$

Onde: AF- área da folha (cm<sup>2</sup>)

Psf- peso seco da folha (mg)

**e) Conteúdo da água da folha (CAF)**

O conteúdo da água da folha foi determinado segundo Garnier e Laurent, (1994).

$$\text{CAF} = \text{Pff-Psf} / \text{Pff} \quad (3)$$

Onde: Pff- peso fresco da folha (mg)

**f) Taxa de Crescimento Relativo (TCR)**

Segundo Brown, (1984), a taxa de crescimento relativo da planta foi determinada da seguinte forma:

$$\text{TCR} = (\ln \text{Ps}_2 - \ln \text{Ps}_1) / (t_2 - t_1)$$

Onde: Ps<sub>1</sub>- peso seco da planta (mg)no tempo 1 (dia)

Ps<sub>2</sub>- peso seco da planta (mg)no tempo 2 (dia)

t<sub>1</sub>- tempo 1

t<sub>2</sub>-tempo2

**4.3.5 Determinação de Clorofilas, Feofitinas e Carotenoides**

A determinação da clorofila-a e b, feofitina-a e b e carotenoides foi feita segundo Wintermans e De Mots (1965) citados por Carreras e Pignata (2001), onde foram homogeneizados 5g de folhas em 10ml de etanol a 90% V/V. Posteriormente foi separado o sobrenadante e foram medidas as absorvâncias (A) a 665 e 649nm para quantificação da Clorofila-a e Clorofila-b.

As concentrações das Clorofilas foram calculada pelas formulas:

$$\text{Clorofila-a (mg/l)} = (13.65 \times A_{665}) - (5.7 \times A_{649}) \quad (5)$$

$$\text{Clorofila-b (mg/l)} = (25.79 \times A_{649}) - (7.6 \times A_{665}) \quad (6)$$

Para a determinação da feofitina a e b, 5ml do sobrenadante foram incubados com 1ml de HCl 0.06 N durante 10min, transcorrido esse tempo foi lida a absorvância (A) a 666 e 654nm. As concentrações das Feofitinas foram calculadas pelas formulas:

$$\text{Feofitina-a (mg/l)} = (23.4 \times A_{666}) - (7.64 \times A_{654}) \quad (7)$$

$$\text{feofitina-b (mg/l)} = (35.2 \times A_{654}) - (16.1 \times A_{666}) \quad (8)$$

Para o cálculo de carotenoides foi usado o sobrenadante antes de adição de HCl, foi lida a absorvância a 470nm e essa absorvância foi usada para quantificar a concentração de carotenoides através da fórmula:

$$\text{Carotenoides (mg/l)} = ((1000 \times A_{470}) - (2.05 \times [\text{Chl-a (mg/l)}]) - (114.8 \times [\text{Chl-b (mg/l)}])) \quad (9)$$

### \* Na metodologia

- É importante notar <sup>essenciais da</sup> que uma boa metodologia determina um bom procedimento do W.
- Na metodologia a candidata apresenta dois subtemas:
  - \* Materiais
  - \* e Métodos: mas no entanto nos descreve nenhum método?
- ⇒ técnicas de coleta de dados nos consta na metodologia.

## 5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

- Para análise dos dados, usou-se o pacote estatístico "SPSS versão 15.0" (da Statsoft 2006) e o pacote excel versão 2003, e fez-se ANOVA II para a comparação entre médias dos diferentes parâmetros biométricos nos diferentes tratamentos.
- Para a análise de distribuição normal e distribuição homogénea dos dados foi feito o teste Tukey (Zar, 1996) e quando não se mostraram normais e homogéneos recorreu-se ao teste de Dunnett T3 (Zar, 1996).
- Os resultados, para todos testes, foram considerados significantes quando  $p < 0,05$

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Avaliação do uso da alface como potencial fitoremediador de solos contaminados por sulfato de zinco

#### 6.1.1. Concentração de sulfato de zinco nas amostras de solo antes da sementeira da alface

Observou-se uma redução de concentração de zinco no solo 90 dias após a sementeira da alface, onde o tratamento T3 destacou-se na redução de concentração de zinco. O tratamento Controle não foi adicionado sulfato de zinco daí a não representação no gráfico (Fig. 2).

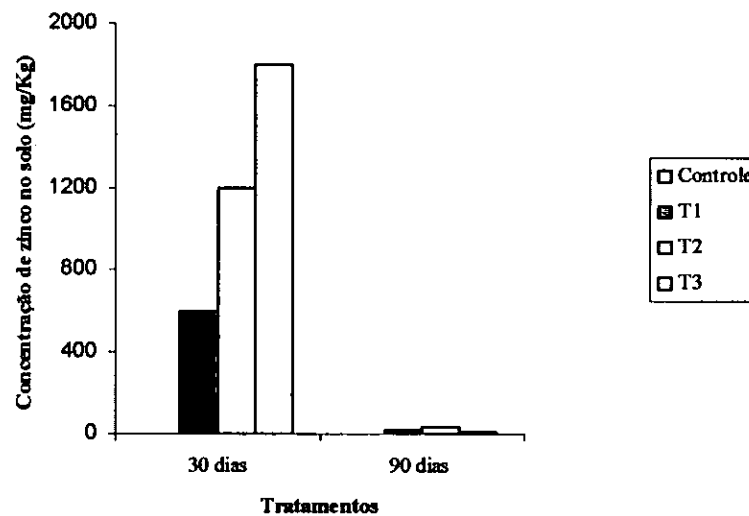


Figura. 2. Concentrações de zinco nas amostras de solo do campus universitários da UEM 30 e 90 dias após a sementeira da alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente.

Observou-se ainda que a concentração de zinco no tratamento T2, 90 dias após a sementeira da alface foi relativamente maior em relação aos outros tratamentos (Fig.2).

### 6.1.2. Determinação de zinco nas amostras de folhas passados 90 dias de após a sementeira

A Figura 3 apresenta a concentração de zinco nas folhas de alface colhidas no solo com adição de sulfato de zinco (solo dos arredores do campus universitários da UEM) 90 dias após a sementeira. Observou-se uma tendência do aumento de concentração de zinco absorvido pelas plantas à medida que a concentração de sulfato de zinco adicionada aumentou ao longo dos tratamentos efectuados nomeadamente Controle, T1, T2 e T3 (Fig. 3).

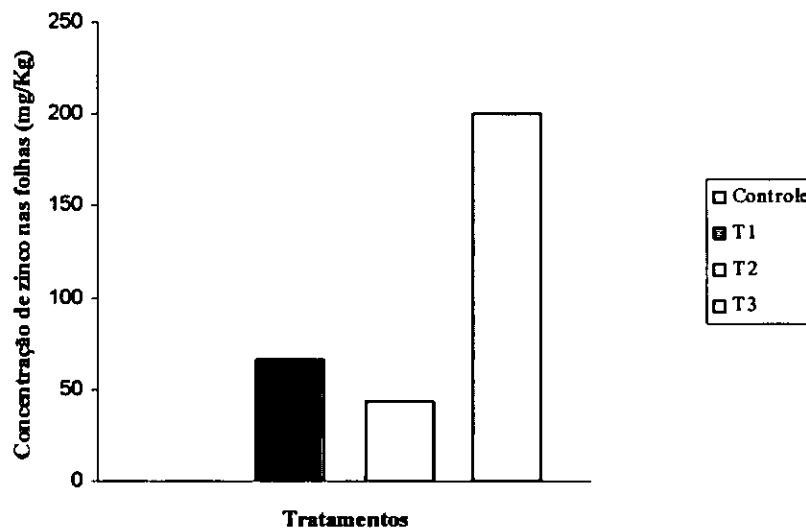


Figura. 3 Concentrações de zinco nas amostras de folhas de alface colhidas no solo do campus universitário da UEM. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente.

O tratamento T3, foi o que apresentou maior concentração de zinco nas folhas, seguido do tratamento T1 e finalmnete o tratamemnto com menor concentratação de zinco nas folhas foi o T2 (Fig. 3).



### 6.1.3. Taxa de sobrevivência das plantas 30 dias após a adição de sulfato de zinco no solo

A taxa de sobrevivência da alface cultivadas no solo adicionado o sulfato de zinco (solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM), foram altas nos tratamentos Controle e no tratamento T1 e menor nos dois últimos tratamentos nomeadamente tratamento T2 e tratamento T3 (Fig. 4)

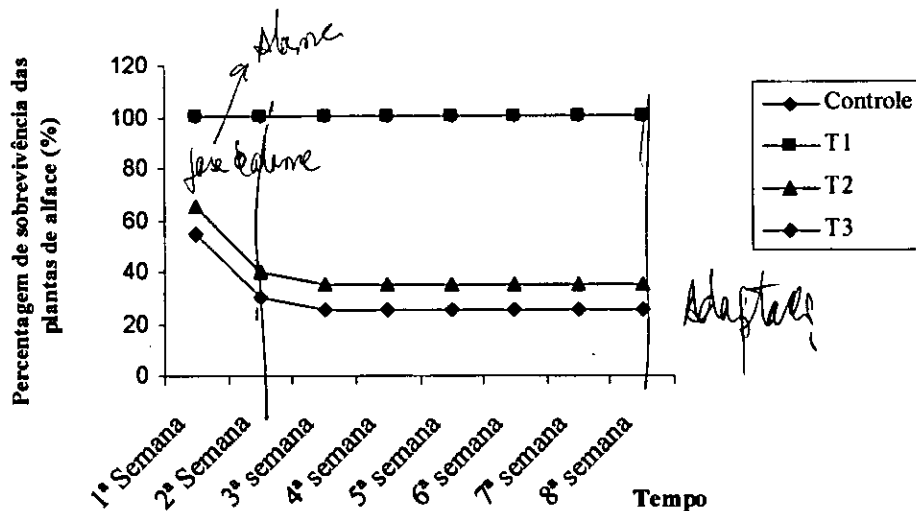


Figura. 4 Efeito de concentrações de zinco na percentagem de sobrevivência da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente.

Nos tratamentos Controle e T1 não foram registadas mortes de plantas de alface até ao fim da experiência, enquanto que nos tratamento T2 e T3, foram registadas morte das plantas nas duas primeiras semanas logo após a adição de com sulfato de zinco no solo.

### Parâmetros de crescimento

#### 6.1.4. Número de folhas

O número de folhas foi diminuindo a medida que a concentração de sulfato de zinco, adicionado no solo (solo dos arredores do campus universitários da UEM) aumentou. Os maiores números de folhas nas plantas de alface foram registados no tratamento Controle e no tratamento T1, tendo o tratamento T3 se apresentado com menor número de folhas (Fig.5).

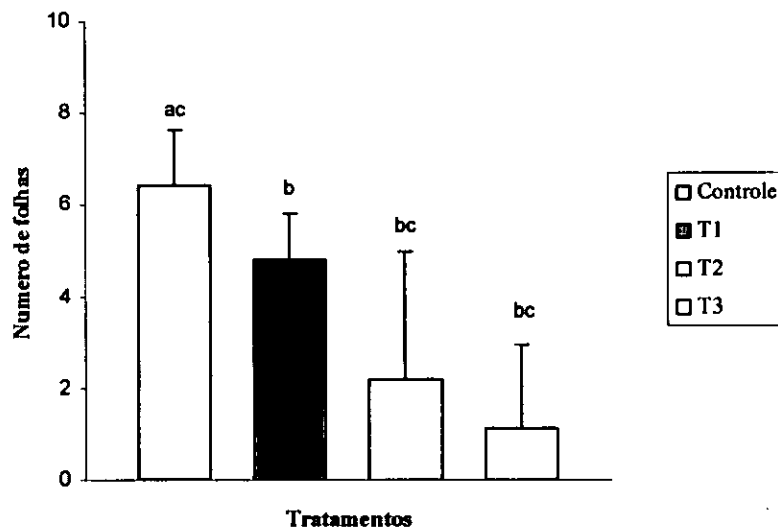


Figura 5. Efeito das concentrações de zinco no número de folhas da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0,00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente adicionadas ao solo. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0,05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre tratamento Controle e os tratamentos T1, T2 e T3. Foram também observadas diferenças significativas entre o tratamento T1 com os tratamentos Controle, T2 e T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0,05$ ),.

### 6.1.5. Comprimento da raiz

Houve uma tendência de redução de comprimento da raiz à medida que a concentração de sulfato de zinco adicionada no solo (solo dos arredores do campus universitários da UEM) aumentara. Os maiores valores de comprimento da raiz foram observados no tratamento controle seguido do tratamento T1 (Fig. 6).

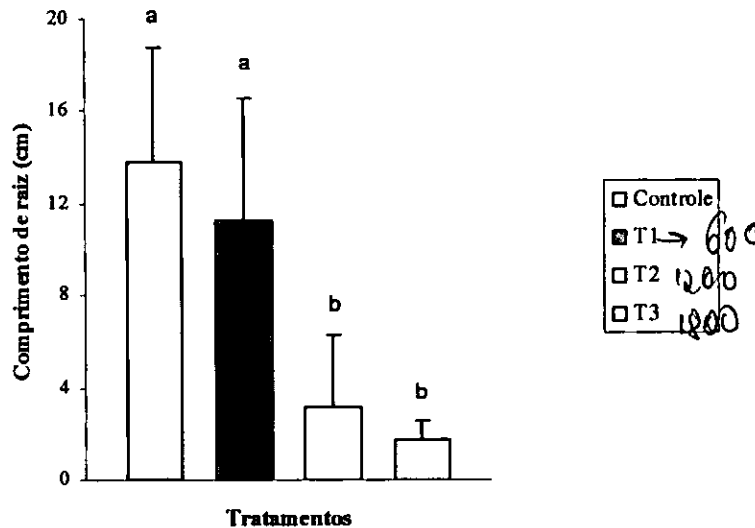


Figura 6. Efeito das concentrações de zinco no comprimento da raiz da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

O menor comprimento da raiz foi observado no tratamento T3, conforme a Figura 6. Foram observadas diferenças significativas do comprimento da raiz entre o Controle e os tratamentos T2 e T3, e também entre o tratamento T1 e os tratamentos T2 e T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.1.6. Comprimento do caule

Os tratamentos Controle e o T1 apresentaram-se com valores próximos de comprimentos do caule da alface. Observou-se uma diminuição deste parâmetro nos dois últimos tratamentos T2 e T3 (Fig. 7).

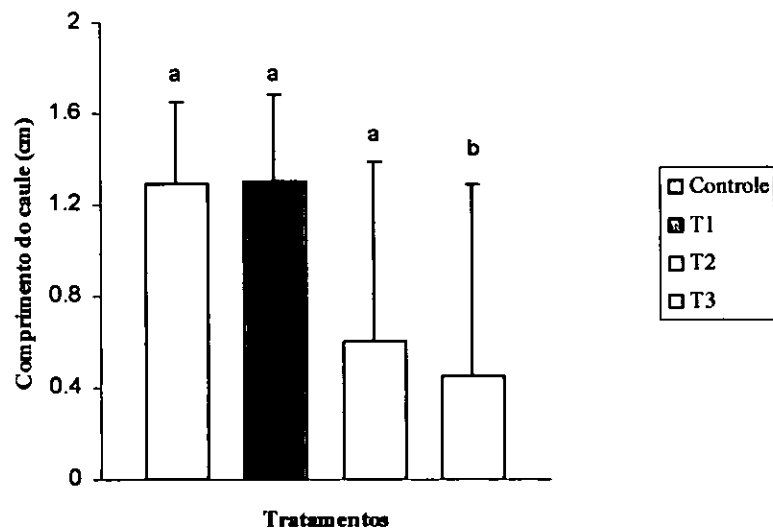


Figura 7. Efeito das concentrações de zinco no comprimento do caule da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre o controle e o tratamento T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ). Contudo não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos Controle, T1 e T2 (Two-way ANOVA,  $p > 0.05$ ).

### 6.1.7. Peso seco da planta

Observou-se uma tendência da redução de peso seco da planta à medida que a concentração de sulfato de zinco adicionada no solo (solo dos arredores do campus universitários da UEM) aumentou. O tratamento Controle apresentou-se com pesos secos maiores em relação aos outros tratamentos (Fig.8).

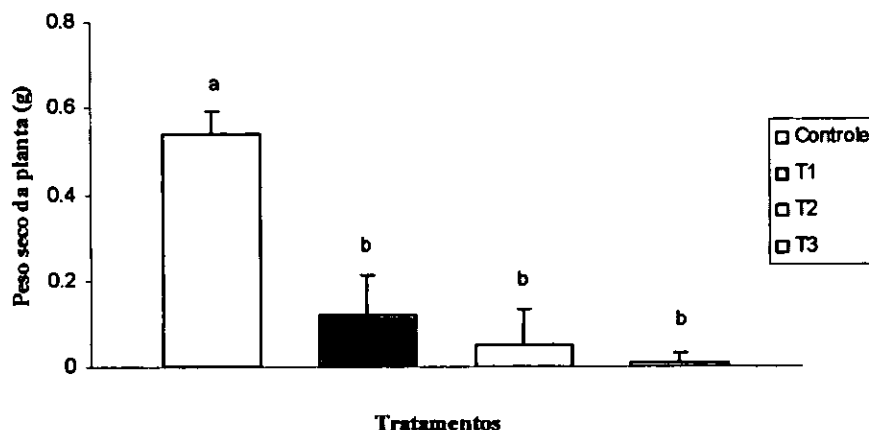


Figura 8. Efeito das concentrações de zinco no peso seco da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos controle e os tratamentos T1, T2 e T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.1.8. Conteúdo de água na folha

Observou-se uma diminuição do conteúdo de água na folha da alface à medida que a concentração de sulfato de zinco adicionada no solo (solo dos arredores do campus universitários da UEM) aumentou. O conteúdo de água, foi alto no tratamento Controle e T1 (Fig. 9).

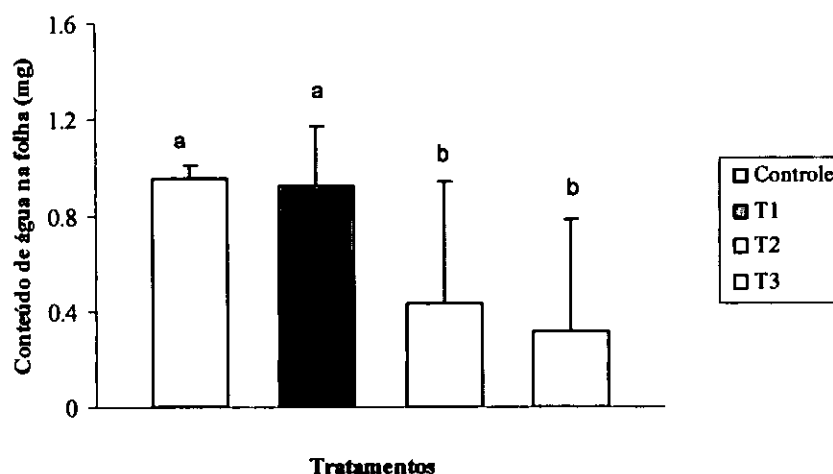


Figura 9. Efeito das concentrações de zinco no conteúdo de água na folha de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

O menor conteúdo de água na folha foram observado nos tratamentos T2 e T3 (Fig. 9). Foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos Controle e T2, T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.1.9. Área foliar

A área foliar diminuiu à medida que a concentração de sulfato de zinco adicionada no solo (solo dos arredores do campus universitários da UEM) aumentou. Os tratamentos Controle e T1 apresentaram-se com valores altos de áreas foliar enquanto que os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores menores de área foliar (Fig. 10)

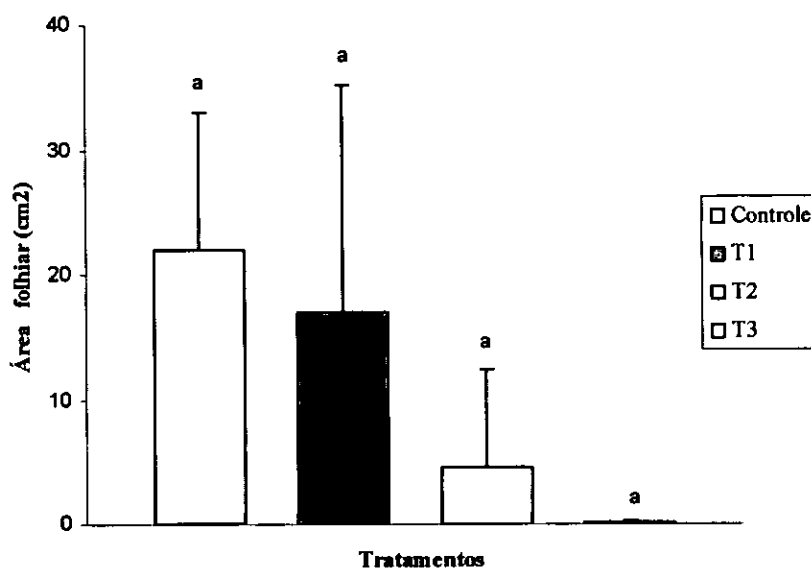


Figura 10. Efeito das concentrações de zinco na área foliar da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

O valor mais baixo de área foliar foi registrado no tratamento T3 (Fig. 10). Contudo não foram encontradas diferenças significativas entre o controle e T1, T2 e T3 (Two-way ANOVA,  $p > 0.05$ ).

#### 6.1.10. Razão de área foliar

Foram observadas variações na razão de área foliar ao longo dos tratamentos. A razão de área foliar, mostrou-se com valores altos no tratamento T1 seguidos do tratamento Controle e T2, enquanto que o tratamento T3 foi o que registou menor valor de razão de área foliar (Fig. 11).

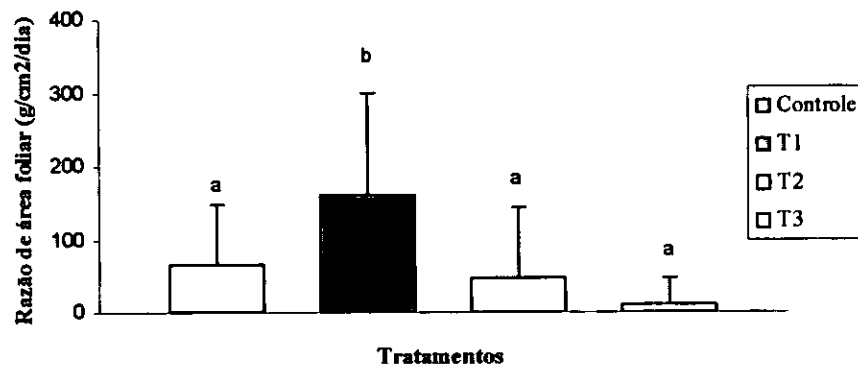


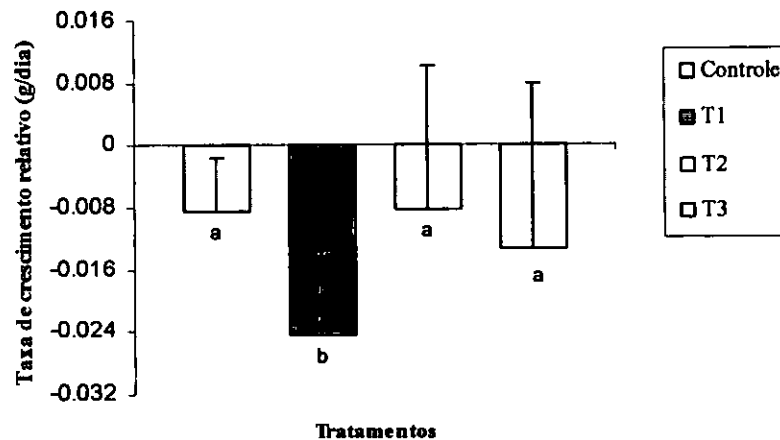
Figura 11. Efeito das concentrações de zinco na razão de área foliar da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente adicionadas ao solo. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre o tratamento controle e T1, e também entre T1 com T2 e T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).



### 6.1.11. Taxa de crescimento relativo

Foi observada uma oscilação na taxa de crescimento relativo ao longo dos tratamentos efectuados. Valores baixos da taxa de crescimento relativo foram registados nos tratamentos T1 e T3 (Fig.12).



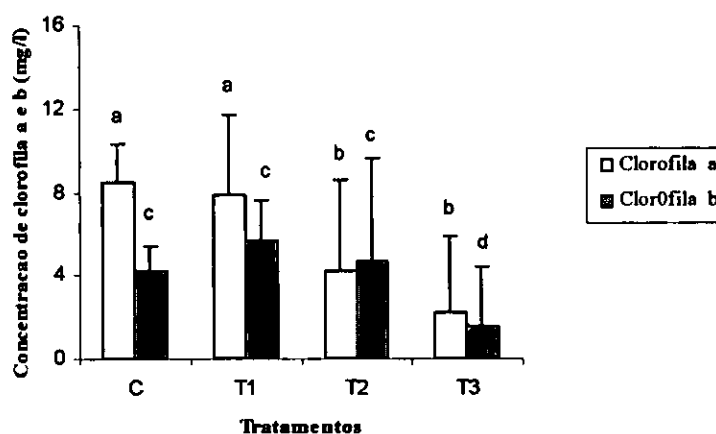
**Figura 12.** Efeito das concentrações de zinco na taxa de crescimento relativo da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

O tratamento Controle apresentou diferenças significativas com T1 e por sua vez este (T1) apresentou diferenças significativas com T2 e T3 (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### Pigmentos fotossintéticos

#### 6.1.12. Concentração de clorofila

De uma forma geral observou-se uma redução da concentração de clorofila a e b à medida que a concentração de sulfato de zinco adicionada no solo (solo dos arredores do campus universitários da UEM) aumentou. A concentração mais alta de clorofila a foi observada nos tratamentos Controle e T1, enquanto que a concentração mais alta de clorofila b foi observada no tratamento T1 e T2 (Fig 13).



**Figura 13.** Efeito das concentrações de zinco na concentração de clorofila a e b da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas na concentração de clorofila a, entre o controle (0,00mg/Kg de sulfato de zinco) e os tratamentos T2 e T3. A clorofila b apresentou diferenças significativas entre o tratamento T3 e os restantes tratamentos (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.1.13. Concentração de carotenoides

Observou-se uma redução de concentração de carotenoide ao longo dos tratamentos. Valores altos de concentração de carotenoides, foram observados nos tratamentos Controle seguido do tratamento T1, enquanto que a concentração mais baixa de carotenoides foi registada no tratamento T2 (Fig 14).

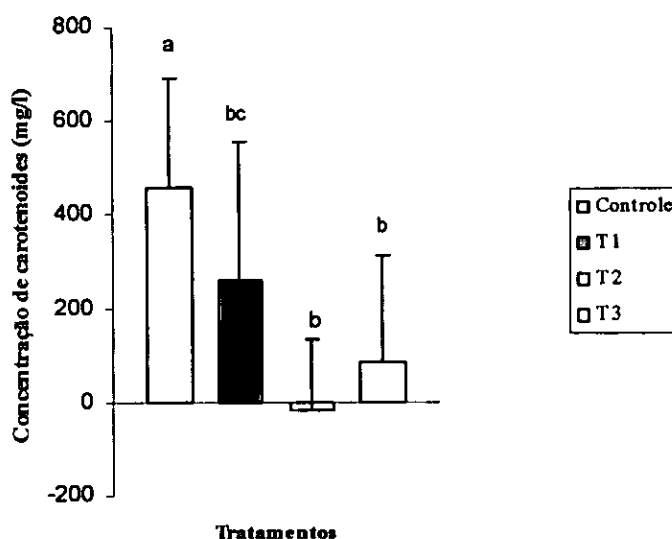


Figura 14. Efeito das concentrações de zinco na concentração de carotenoides da planta de alface. Os tratamentos controle, T1, T2, T3 representam concentrações de 0.00mg/Kg, 600mg/Kg, 1200mg/Kg e 1800mg/Kg de sulfato de zinco respectivamente. Cada barra representa a média de 16 plantas em cada tratamento ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre o tratamento Controle e os tratamentos T1, T2 e T3. Por outro lado, foram também observadas diferenças significativas entre o tratamento T1 e os restantes tratamentos (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

## 6.2. Análise do crescimento da alface no solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola

### 6.2.1. Concentração de zinco determinada nos dois tipos de solo ( da Fábrica de Cimentos da Matola e do campus universitários da UEM) e nas folhas de alface

No solo colhido nos arredores da estufa do campus universitários da UEM não se registou a presença concentrações de zinco (0,00mg/Kg de zinco), enquanto que no solo dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola foram registados concentrações de 19.63mg/kg de zinco. As concentrações de zinco determinadas nas folhas de alface cultivadas no solo colhido nos arredores do campus universitários foi de 0.00mg/Kg de zinco enquanto que as concentraoes de zinco determinadas nas folhas de alface cultivadas no solo colhidonos rredores da fábrica de cimentos da Matola foi de 19.63mg/kg. (Tabela.2).

Tabela 2. Concentrações de zinco nas amostras de solo e nas amostras de folhas de alface no SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimento da Matola) e no Controle (solo do campus da UEM).

Tratamentos	Concentração de zinco no solo (mg/Kg)	Concentração de zinco nas folhas de alface (mg/Kg)
Controle	0.00	0.00
SFCM	19.63	13.63

Para as folhas de alface do controle não há

No tratamento controle não foram registadas concentrações de zinco nem no solo e nem nas folhas de alface. Enquanto que no tratamento SFCM foram registadas concentrações de zinco tanto no solo como nas folhas de alface.

### Parâmetros de crescimento

#### 6.2.1. Número de folhas

Os dois tratamentos Controle e SFCM apresentaram em média número de folhas nas plantas de alface acima de 5, embora o tratamento SFCM se tenha apresentado com valores relativamente maiores em relação ao Controle. Foram também observadas folhas de tamanho maior no tratamento SFCM (Fig.16).

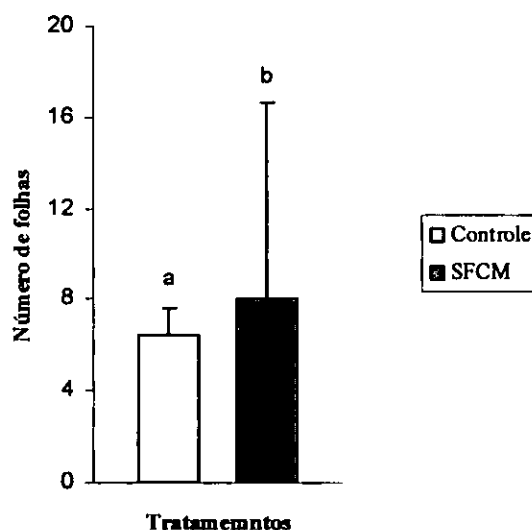
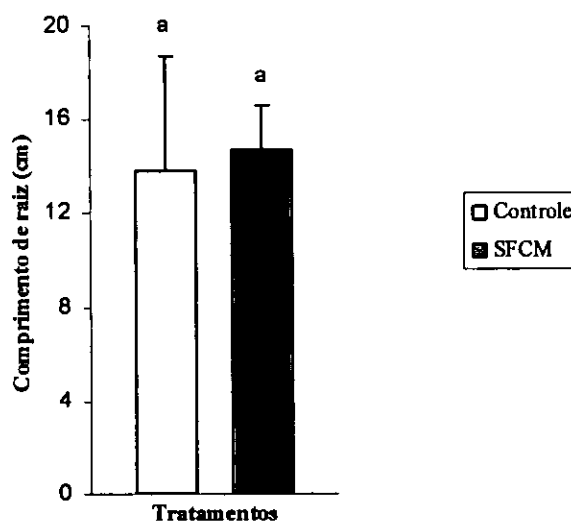


Figura 16. Efeito do tipo de solo no número de folhas da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ ).

Foram observadas diferenças significativas entre SFCM e o Controle (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.2.2. Comprimento da raiz

O comprimento da raiz da alface não variou muito nos dois tratamentos Controle e SFCM, embora o tratamento SFCM se tenha apresentado com valores de comprimento de raiz relativamente maiores que no Controle (Fig.17).



**Figura 17.** Efeito do tipo de solo no comprimento da raiz da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SFCM e Controle (Two-way ANOVA,  $p > 0.05$ ).

### 6.2.3. Peso seco da planta

O tratamento SFCM apresentou-se com valores altos de peso seco da planta em relação ao tratamento Controle. Os valores médios de peso seco da planta de alface no tratamento controle não chegam a atingir 0.8 g enquanto que os valores médios de peso seco da planta de alface no tratamento SFCM ultrapassam 1g (Fig.18).

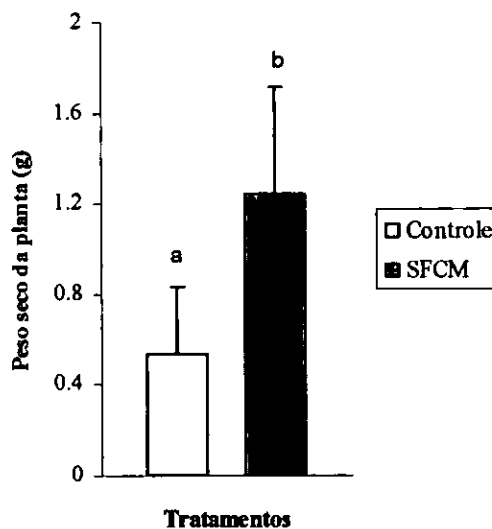


Figura 18. Efeito do tipo de solo no peso seco da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SFCM e Controle (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.2.5. Razão de área foliar

A razão de área foliar foi registada com valores altos no tratamento SFCM comportamento semelhante foi também observado para o parâmetro de crescimento (Área foliar) medido anteriormente no tratamento SFCM. Tendo o tratamento Controle se apresentado com valores de razão de área foliar menores (Fig.20).

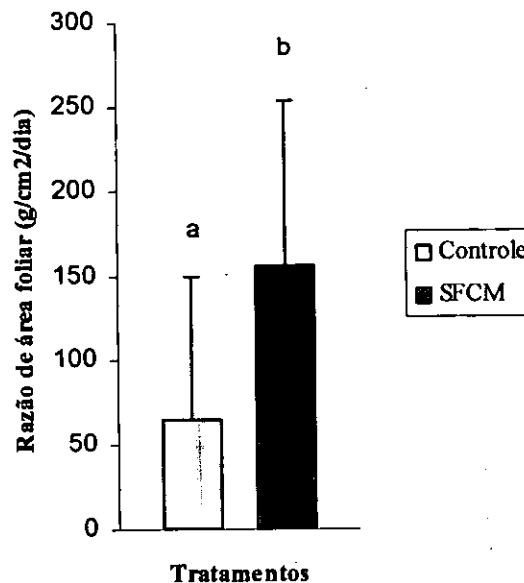


Figura 20. Efeito do tipo de solo na razão de área foliar da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SFCM e Controle (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).



### 6.2.6. Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo que se apresenta em média com valores negativos foi menor no tratamento Controle, enquanto que a maior taxa de crescimento relativo com valores médios positivos foi observada no tratamento SFCM (Fig.21).

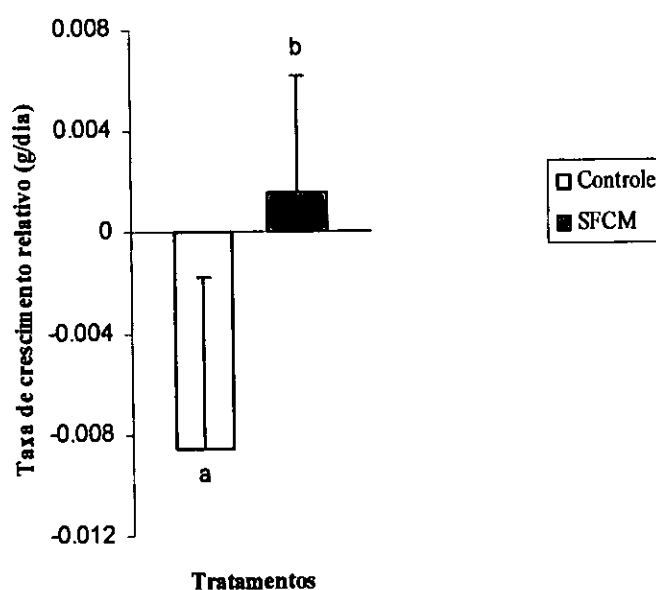


Figura 21. Efeito do tipo de solo na taxa de crescimento relativo da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SFCM e Controle (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### Pigmentos fotossintéticos

#### 6.2.7. Concentração de clorofila a e b

O tratamento Controle registou valores relativamente maiores de concentração de clorofila a embora não tenha havido diferenças significativas, enquanto que a concentração de clorofila b foi maior no tratamento SFCM (Fig. 22).

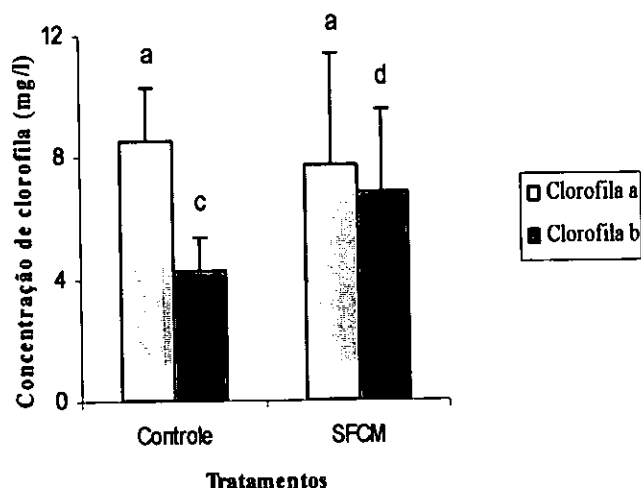


Figura 22. Efeito do tipo de solo na concentração de clorofila a e b da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Em relação a concentração de clorofila a, não foram observadas diferenças significativas entre o SFCM e Controle (Two-way ANOVA,  $p > 0.05$ ). A clorofila b apresentou diferenças significativas entre o tratamento o SFCM e controle (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.2.8. Concentração de carotenoides

A concentração de carotenoide foi duas vezes maior no tratamento Controle que tratamento SFCM. O tratamento DFCM apresentou-se com concentração média de carotenoides abaixo de 200mg/l. (Fig.23).

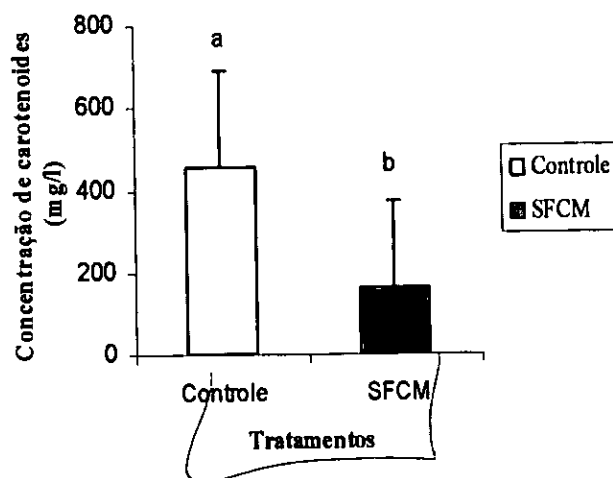


Figura 23. Efeito do tipo de solo na concentração de carotenoide da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SFCM e Controle (Two-way ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 6.2.9. Concentração de feofitina a e b

Os dois tratamentos SFCM e Controle apresentaram valores próximos de concentração de feofitina a e b não se observado diferenças na concentração. A feofitina a apresentou-se concentrações altas em relação a feofitina b nos dois tratamentos (Fig.24).

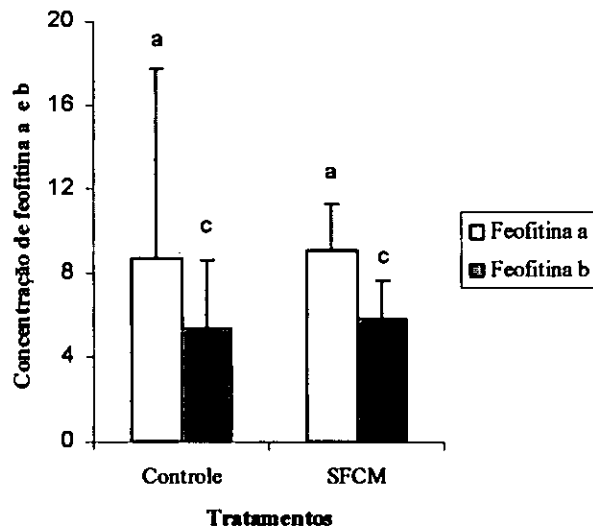


Figura 24. Efeito do tipo de solo na concentração de feofitina a e b da planta de alface. Os tratamentos controle e SFCM representam: solo colhido nos arredores do campus universitários da UEM e solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola respectivamente. Cada barra representa a média de 16 ( $\pm$ DP). Barras com letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de significância ( $p=0.05$ )

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SFCM e Control (Two-way ANOVA,  $p > 0.05$ ).

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Avaliação do uso da alface como fitoremediador de solos contaminados por sulfato de zinco

#### 7.1.1. Concentrações de zinco no solo e nas folhas de alface

A concentração de zinco determinada no solo 90 dias após experiência foi maior no tratamento T2 presumindo assim que o tratamento T2 foi aquele em que as plantas absorveram menos zinco que os restantes tratamentos com excepção do tratamento controle. Este resultado foi confirmado quando determinada concentração de zinco nas folhas de alface colhidas no tratamento T2, em contrapartida, o tratamento T3 que registou concentração de zinco menores no solo, 90 dias após experiência foi aquela em que as plantas absorveram maiores concentrações de zinco, resultado confirmado quando foram determinadas as concentrações de zinco nas folhas de alface colhidas no tratamento T3.

As concentrações de zinco absorvidos pela folhas de alface, foram maiores no tratamento T3, onde a concentração de zinco atingiu cerca de 199.94mg/kg. Esta concentração é superior em relação às concentrações de 25-150mg/kg que Lasat (2000) & Mattiazzo-Prezotta (1994) citado por Junior *et al.* (2008) considera normais para plantas. Segundo Carneiro *et al.* (2002), Silveira *et al.* (2003), Wang *et al.* (2003), Granato *et al.* (2004) citados por Júnior *et al.* (2006), plantas fitoremediadoras que se desenvolvem em solo com altos níveis de metais pesados podem apresentar elevada concentração desses elementos. No presente estudo, a alface mostrou não suportar valores como 199.94mg, pois as plantas desse tratamento morreram em maior número nas duas primeiras semanas depois da adição de sulfato de zinco, provavelmente devido ao excesso de zinco absorvido nas folhas. Entretanto no tratamento controle (sem adição de sulfato de zinco), as plantas apresentaram um bom crescimento indicando assim que o solo proporcionou absorção de outros nutrientes provavelmente devido a boa condutividade eléctrica do solo do solo usado.

O tratamento T1 apresentou altos valores de zinco absorvidos pelas folhas comparativamente ao T2. Por outro lado, não se registaram mortes de plantas no tratamento T1, o que pode levar a interpretação deste facto como sendo resultante de

uma concentração que estimulou de certa forma o crescimento das alfaces, uma vez que actividade do zinco na planta é efectiva para determinados processos relevantes na homeostase fisiológica e nutricional da planta actuando como activador ou componente estrutural de enzimas (Malavolta, 2006 citado por Junior *et al.*, 2008).

### **7.1.2. Taxa de sobrevivência**

A taxa de sobrevivência das plantas foi registada como alta nos tratamentos controle e T1, nas quais o número de plantas manteve-se até ao fim da experiência sem nenhum registo de mortes indicando, assim que concentrações como 600mg/kg de zinco não influenciam negativamente no crescimento normal da planta de alface.

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores baixos de taxa de sobrevivência das plantas até ao fim da experiência, provavelmente as concentrações de sulfato de zinco adicionadas no solo para os tratamentos T2 e T3 terão reduzido a fotossíntese das plantas (Carreras *et al.*, 1996 citado por Nhancale, 2004) e como consequência ocorreu maior morte das plantas.

### **7.1.3. Parâmetros de crescimento**

O número de folhas reduziu à medida que a concentração de zinco aumentou e o tratamento T3 foi o que registou menor número de folhas. Este menor número de folhas pode estar associado à alta concentração de zinco, ao tipo de solo usado ou ainda a temperatura registada ao longo da experiência que provavelmente terão inibido a síntese de novas folhas, pois em condições normais a alface apresenta mais de 15 folhas por planta (Almeida, 2006)

Quanto ao comprimento da raiz, os tratamentos controle e T1 registaram valores relativamente altos entre 12-16 cm em relação aos tratamentos T2 e T3. A maior parte das raízes da planta de alface atingem 30cm de comprimento (Almeida, 2006), facto que não foi observado neste estudo, provavelmente devido ao menor tamanho dos vasos (vasos plásticos) usados neste estudo que terão limitado a expansão das raízes.

Os tratamentos Controle e T1, registaram maior comprimento do caule que variaram entre 1.2 a 1.6cm . Estes valores estão abaixo dos comprimentos normais para culturas de alface que varia de 2-5 cm durante a fase vegetativa (Almeida, 2006). Entretanto ensaios feitos com pulverização de sulfato de zinco em alface resultaram em caules com comprimento entre 5.1 a 5.6cm (Yuri *et al.*, 2006).

Os pesos secos totais das plantas diminuíram à medida que as concentrações de sulfato de zinco aumentaram, podendo assim indicar que as concentrações altas de zinco provavelmente influenciaram negativamente na massa seca da planta. De Lima (2006) sugere que alguns metais como zinco quando em excesso no solo podem provocar a inibição da síntese de produtos bioquímicos nas folhas conduzindo assim uma redução do seu peso. Os valores mais baixos de peso seco das plantas foram registados no tratamento T3. Neste estudo, o tratamento Controle apresentou-se com maior massa seca total, seguido do tratamento T1, indicando assim que sob concentrações baixas de sulfato zinco como 0,36 Kg/ha usadas por Moreira *et al.*, 2001 citado por Yuri, (2006), a alface pode ter bom metabolismo, por outro lado estes dados sugerem que a adição de zinco na produção de alface tem um efeito positivo com relação a matéria seca da planta.

A área foliar foi diminuindo à medida que se aumentou a concentração do sulfato de zinco adicionada no solo, pois, concentrações elevadas do zinco no solo provavelmente inibiram o desenvolvimento das folhas reduzindo assim o crescimento da planta. Segundo Taiz e Zeiger, (1998), metais pesados como zinco são micronutrientes essenciais para as plantas mas quando há aumentos acentuados nos níveis desses elementos, os mesmos podem se tornar tóxicos às plantas o que provavelmente se observou no tratamento T3 (com 1800mg/Kg de sulfato de zinco). Toda via, para Canãs *et al.*, 1997) o aumento da área foliar tem sido considerado como indicador de danos produzidos por poluentes nas plantas.

A razão de área foliar no tratamento T3 foi menor , mas no tratamento T1 (com 600 mg/Kg de sulfato de zinco) foram registados valores altos de razão de área foliar. A baixa razão de área foliar no tratamento T3 pode estar associada ao baixo conteúdo de

água e consequentemente baixa expansão da folha (Sharp *et al.*, 1989 citado por Nhancale, 2004).

O conteúdo de água nas folhas da alface, foi registado com valores baixos nos tratamentos T2 e T3. O valor baixo de conteúdo de água na folha pode estar associado ao facto de as plantas deste tratamento terem absorvido altas concentrações de sulfato de zinco, pois Canãs *et al.*, (1997) afirmou que quando os poluentes entram nos seus estomas, as suas folhas, perdem a capacidade reguladora de água.

A taxa de crescimento, foi baixa em todos os tratamentos, os tratamentos T1 e T3 foram os que se apresentam com valores relativamente mais baixos em relação aos outros tratamentos. Estes valores baixos da taxa de crescimento relativo nos tratamentos T1 e T3 podem ser associados a altas concentrações de zinco que as folhas de alface nestes tratamentos absorveram e que provavelmente tiveram alguma influência negativa no metabolismo das plantas e consequentemente baixa taxa de crescimento relativo das plantas.

#### 7.1.4. Pigmentos fotossintéticos

As clorofila a e b, caretenoides e feofitina a e b apresentaram-se em concentrações altas nos tratamentos controle e T1. Paralelamente, observou-se que estes dois tratamentos apresentaram-se com valores clorofila a e b, caretenoides e feofitina a e b mais elevados que se pode relacionar com o aumento no número de cloroplastos (Dodema & Quilambo, 2000), aumentando também a fotossíntese na planta. O tratamento T3 foi o que registou menores concentrações dos pigmentos fotossintéticos (clorofila, carotenóide e feofitinas), indicando assim a baixa taxa fotossintética para as plantas neste tratamento. Este resultado vai de acordo com Carreras *et al.*, (1996) citado por Nhancale, (2004) segundo o qual, os poluentes reduzem a concentração dos pigmentos fotossintéticos. Para Pell *et al.*, (1994) citado por Cumbi, (2005) a fotossíntese também pode ser afetada pela ocorrência de danos envolvendo os movimentos estomáticos, a colecta de luz ou fixação de dióxido de carbono. A redução da concentração de clorofila nas plantas de alface pode também estar algumas vezes



relacionada com a redução na actividade fotossintética devido à grande destruição de moléculas de clorofila (Leite & Pascholati, 1995 citado por Jadão, 2004).

A presença de concentrações altas de carotenóides nos três tratamentos C, T1 e T2, podem ser explicados devido ao facto de terem funcionados como pigmentos auxiliares na absorção de diferentes comprimentos de onda, em que sua principal função é a de antioxidante, prevenindo danos fotooxidativos às moléculas de clorofila (Raven, *et.al.*, 2001).

## **7.2. Análise do crescimento da alface cultivada no solo colhido dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola**

### **7.2.1 Concentração de zinco no solo e nas folhas**

A concentração de zinco determinada no solo da Fábrica de Cimento da Matola é de cerca de 19.63mg/Kg, esta concentração encontra-se dentro das concentrações consideradas normais no solo que é de cerca de cerca de 10-300mg/kg, (Mttiazzo-Prezott, 1994 citado por Júnior *et al.*, 2008). Por outro lado, as concentrações de zinco nas folhas de alface cultivadas neste solo (dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola) foram registadas com valores de 13.63mg/Kg, resultado este que segundo Lasat, (2000) é uma concentração considerada deficiente nas plantas.

### **7.2.2. Parâmetros de crescimento**

Foram registados valores mais altos de número de folhas, comprimento da raiz e peso seco da planta cultivada no solo colhido nos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola comparando com as plantas cultivadas no solo do campus universitário da UEM, indicando assim um bom crescimento das plantas de alface neste tipo de solo. Este resultado pode dever-se provavelmente ao facto de o solo ser rico em nutrientes. o que poderá ter estimulado o crescimento das plantas. Almeida, (2006), referiu ainda que o alface prefere solos frescos e bem drenados com os usados nesta experiência

A área foliar e a razão de área foliar, tiveram valores altos no solo colhido dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola o que indica que as folhas aumentaram de tamanho resultando assim numa boa taxa fotossintética resultado de aumento dos cloroplastos nas células foliares (Doddema & Quilambo, 2000).

Foram registados valores altos de taxa de crescimento relativo em plantas cultivadas no solo dos arredores da Fábrica de Cimento da Matola indicando. Para Horak & Loughin, (2000) citados por Cumbi, (2005), uma causa que pode levar à velocidade de crescimento relativo é a presença de elevados teores de clorofila que se refletem no aumento da taxa de crescimento relativo

### 7.2.3. Pigmentos fotossintéticos

As clorofilas a e b, caratenoide e feofitinas a e b no tratamento SFCM a apresentaram diferenças significativas entre si, comportamento similar foi observado no tratamento controle, provavelmente, devido a variação da incidência de luz que se fez sentir na estufa durante os meses que decorreu a experiência, terá influenciado na concentração dos pigmentos fotossintéticos. Pois a presença de luz é importante para que o processo fotossintético ocorra normalmente Taiz e Zeiger, (1998),

## 8. CONCLUSÃO

- A concentração de zinco determinada no solo do campus universitário da UEM 60 dias após a adição de sulfato de zinco, reduziu em todos os tratamentos efectuados, com destaque para o tratamento T3;
- As concentrações de zinco determinadas nas amostras de folhas de alface cultivadas em solos adicionados sulfato de solo, 90 dias após a sementeira da alface foram maiores no tratamento T3, seguido pelo tratamento T1;
- A percentagem de sobrevivência da planta de alface, reduziu na primeira e segunda semana após a adição de sulfato de zinco nos tratamentos T2 e T3;
- Em relação a análise de crescimento tais como: o número de folhas, comprimento da raiz e do caule, peso seco da planta, conteúdo de água e a área foliar; reduziram ao longo dos tratamentos com aumento da concentração do sulfato de zinco adicionada no solo;
- A razão de área foliar da planta de alface foi registada com valores altos no tratamento T1 e com valores baixos no tratamento T3;
- A taxa de crescimento relativa da planta de alface foi menor no tratamento T1;
- Em relação aos pigmentos fotossintéticos, as concentrações de clorofila a diminuíram ao longo dos tratamentos com aumento da concentração do sulfato de zinco adicionada no solo, enquanto que a clorofila b foi menor no tratamento T3, a concentração de carotenoides foi menor no tratamento T2 e a concentração de feofitina a e b reduziram ao longo dos tratamentos com aumento da concentração do sulfato de zinco adicionada no solo;
- Concentrações de zinco determinadas antes da sementeira de alface, no solo da Fábrica de Cimentos da Matola foi 19,63mg/kg e concentrações determinadas depois da sementeira de alface foi de 13,63mg/kg;

- Em relação a análise de crescimento, o número de folhas, comprimento da raiz, peso seco da planta, área foliar, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo, foram maiores em plantas colhidas no tratamento com solos dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola.
- Em relação os pigmentos fotossintéticos, a clorofila a foi maior em plantas colhidas no tratamento com solos do campus da UEM e a clorofila b foi maior em plantas colhidas no solo dos arredores da Fábrica de Cimentos da Matola. A concentração de carotenoides foi menor em plantas colhidas no solo dos arredores da Fábrica de cimentos da Matola.

## 9. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se mais estudo de género com a mesma espécie usada de forma a validar os resultados obtidos no presente.

guas ?? @ Jie M

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Anselmo, A. L. F., C. M. Jones, (2005). Fitorremediação de solos Contaminados-O Estado da Arte. Enegep. 5273-5280 pp.
- Almeida, D. (2006). Manual de Culturas Horticolas. Volume I. 346pp. Lisboa, Editora Presença.
- Atwell, B., P. Kriedmann, C. Turnbull, (1999). Plants in Action. 664pp. Australia, Macmillan education Australia.
- Brown, R. H. (1984). Growth of Green Plant. In: Tesar, M. b. (editor). *Physiological Basis of Crop Growth and Development.* USA. USA, American Society of Agronomy.
- Cañas, M. S., H. A. Carreras, L. Orellana, M. L. Pignata (1997). Correlation Between Environmental Conditions and Foliar Chemical Parameters in Ligustrum lucidm Ait. Exposed to Urban Air Pollutants. *Journal of Environmental Management*, 49: 167-181
- Carreras, H. A. & M. L. Pignata (2001). Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen .Usnea amblyoclada . *Environmental pollution*, 111:45-52
- Cumbi A. J. (2005). Avaliação do uso do trigo (Triticum aestivum) e soja (Glycine max), como fitorremediadores de solos contaminados com fluoretos. Trabalho de tese de licenciatura. 50pp. Maputo, Departamento de ciências biológica. Universidade Eduardo Mondlane.
- De Resende, G. M., J. E. Yuri, J. H. Mota, J. C. R. Júnior, R. J. De Souza, J. G. De Carvalho (2002). Resposta da Alface Tipo Americana a doses e Épocas de aplicação Foliar de Zinco. 2 (18).66-72pp.
- Dinardi, A. L., V. M. Hay, C. M. R. Coneglian, N. N. De Brito, G. D. Sobrinho, S. Tonso, R. Pelegrini (2003). Fitorremediação. *III Fórum de Estudos Contábeis.* 1-15 pp.

- Doddema D. H., O. Quilambo, (2000). Fisiologia vegetal, manual de laboratório. Departamento de ciencias Biologicas. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
- Evans, G. C. (1972). Quantitative Analysis of Plant Growth. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 734pp.
- Fellenberg, G. (1980). Introdução aos Problemas da Poluição ambiental. 196pp. São Paulo-Brasil, Springer-Edusp.
- Fitter, A. H. & R. k. M. Hay (1981). Enviromental Physiology of Plant . 355pp. New York, Academic press.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, R. L. Mitchell, (1994). Physiology of Crop Plant. First Edituon. 208pp. USA, Iowa State University Press.
- Garnier E., G. Laurent, (1994). Leaf Anatomy Specific Mass and Water Content in Congeneric Annual and Perennial Grass Species. *New Phytol.* 128: 725-736.
- Gupt. A. K., S. Sinha (2006). Phytoextraction capacity in plant grown in curtume dumping sites. Ecotoxicology and Bioremediation Group. National Research Institute Botanic. *Lucknow* 226001. 11pp.
- Hunt, R. (1990). Basic growth Analisys. 112pp. London, Unwin Hyman.
- Jadão, A. S., M. A. Pavan, R. Krause-Sakate, F. M. Zerbini, (2004). Efeitos Na Fotossíntese e Área Foliar de Cultivares de Alface Inoculadas Mecanicamente Com Patótipos do Lettuce mosaic virus e Lettuce mottle virus. Departamento de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo 29:11-15pp.
- Junior, V.O., R. M. Prado, C. L. Leonel, D. .A. Cazetta, C. M. da Silveira, R. J. B. Queiroz, J. C. H. A. G. .Bastos (2008). Modos de Aplicação de Zinco na Nutrição e na Produção de Massa Seca de Plantas de Trigo. Dissertação de Mestrado. São Paulo. 8 (1): 28-36.
- Junior, A. A. B., A. N. L. Torrês., J. A. da Fonseca, J. R. Teixeira (2006). Crescimento e Teores de Nutrientes em Tecido de Alface pela Aplicação de

Calcario e Resíduos de Reciclagem de Papel num Solo Ácido. Revista de Ciências Agroveterinárias. 5(1) 9-15.

Lasat, M. M. (2000). Phytoextraction of Metals From Contaminated Soil: A Review of Plant/Soil/Metal Interaction and Assessment of pertinent Agronomic Issues. Kansas State University. *Journal of Hazardous Substance Research.* (2) 5-23pp.

De Lima, V. I. (2006). Crescimento e Produção de gergelim cv.G3 em Função de Zinco e Boro. Trabalho de conclusão de curso. 72pp. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências agrárias. Campus III-Areia-PB.

Mahanjane, Y. T. (2005). Efeito do Fluoretos no Crescimento de Lycopersicum esculentum (tomate) e Vigna Unguiculata (Feijão-nhemba). Trabalho de Tese de licenciatura. Departamento de Ciências Biológicas. 64pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.

Nhancale, B. (2004). Efeito do Flúor nos Parâmetros Bioquímicos e de Crescimento do Lolium multiflorum. Trabalho de Tese de licenciatura. Departamento de Ciências Biológicas. 55pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.

Passela, P. (2006). Estudo de Impacto Ambiental da Fábrica de Cimento da Matola e Plano de Gestão Ambiental [Relatório do EIA]. volume 3. Maputo, Cimentos de Moçambique SARL versão final.

Raven, P. H., F. E. Ray, E. E. Susan (2001). Biologia Vegetal. 6ª edição, 906pp. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S. A.

Taiz, L., E. Zeiger, (1998). Plant Physiology. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. 794 pp. Massachusetts, Publishers. Sunderland.

Tibiriça, A. C. G., A. A. B. Alessandra, C.B. Fernando (2004). Produção de Alface no Verão: Estufas Como Ambientes de Culltivo. Dissertação. 417-425pp. Universidade São Paulo.

Vazquez, M. S. V. (1986). Estudo Comparativo da Morfogenese Foliar em Seis Cultivares de Alface (Lactuca sativa). ESALQ. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 129pp. Universidade São Paulo.

Ventura, S. I. (2008). Efeito de Toxicidade de Sulfato de Alumínio no Crescimento e Morfologia de duas Variedades Locais de Feijão-nhemba (Vigna unguiculata (L.) Walp. Trabalho de Culminação de Curso. Departamento de Ciências Biológicas 61pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane..

Zar, J. H. (1997). Biostatistica Analysis 3<sup>rd</sup> edition. 662pp. New Jersey, Prentice Hall.

Yuri, J. E, G. M. Resend; J. H. Mota, R. J. De Sousa, J. G. De Carvalho (2006). Produção de Alface-America em Função de Doses e Épocas de Aplicação de Zinco. 4 (30). 665-669pp.



## **Anexo I**

### Metodologia de espectrofotometria de absorção atômica

Procedimentos:

#### Extracção

Pesar 20.0g de solo seco < 2 mm em frasco de polietileno de 100ml. Inclie uma amostra padrão e 2 esboços em cada série , adicionar 40.0 ml do extratante DTPA. Agitar longitudinalmente em posição horizontal em um agitador reciproco com uma velocidade. Filtrar através de um filtro fino (De Tropen 1991).

#### Determinação de Zn

Medir Zn nas séries padrão nas amostras e medir no esboço com espectrofotometro de absorção atômica.

## Anexo II

Tabela 1. Textura do solo do campus universitário da UEM

Parâmetros (unidades)	Valores
<b>Texturas</b>	
Areia	85.60
Argila	1.00
PH	6.80
Conditividade eléctrica (ms.cm <sup>-1</sup> )	Ca <sup>+2</sup> 26.00

Fonte: Quilambo (2000).

Tabela 2. Textura do solo dos arredores da fábrica de cimentos da Matola

Parâmetros (unidades)	Valores
<b>Texturas</b>	
Areia	63,03
Argila	1,23
PH	7,20
Conditividade eléctrica (ms.cm <sup>-1</sup> )	0,14

### Anexo III

Tabela 1. Comprimento (cm) do caule das plantas

	C	T1	T2	T2	M1
	1.5	1.6	0.8	2.6	1.9
	1.4	1.5	1.6	2.1	5.7
	1.2	1.2	1.7	1.2	1.3
	1.1	1.2	0.6	0.7	1.4
	1	2.5	2.9	0.6	4
	0.8	0.9	1.4	0	2.6
	1.2	1.1	0.6	0	2.1
	0.8	1	0	0	7
	2.1	1.3	0	0	2.7
	1.3	1.6	0	0	6.4
	2	1.4	0	0	6.5
	1.4	1.6	0	0	2.2
	1.1	1.2	0	0	2.1
	1.2	1.6	0	0	4.5
	1.4	1.2	0	0	2.3
	1.2		0	0	2.1
<b>Média</b>	1.29375	1.30625	0.6	0.45	3.425
<b>SD</b>	0.35678	0.382598	0.872544	0.825429	1.965197

Tabela. 2. Dados diários de Temperatura (°C) em média do Instituto Nacional de Meteorologia

Dias	Temperatura média de Junho	Temperatura média de Julho	Temperatura média de Agosto	Temperatura média de Setembro
1		22.3	20.75	21.55
2		21.6	19.65	20.75
3		22.9	19.5	20.1
4		24.1	20.65	27.15
5		20.5	20.05	21.2
6		19.9	22.9	23.55
7		23.8	19.8	23.45
8		26.9	20.95	23.5
9		20.0	19.9	22.1
10		18.2	19.05	20.2
11		17.8	20.85	17.95
12		18.2	23.15	19.45
13		17.3	22.6	21.9
14		19.1	21.4	22.4
15		21.4	21.7	27.05
16		19.1	17.9	21.35
17		19.5	17.9	22.65
18		18.8	21.2	24.65
19		20.0	20.6	16.95
20		19.3	20.5	17.35
21		19.4	21	18.85
22		19.5	20.25	26.4
23		19.0	20.2	25.6
24		19.8	25.25	20.65
25		20.2	21.75	27.05
26	18.85	22.0	23.25	
27	18.85	20.9	28.85	
28	17.25	19.3	24.75	
29	18.8	21.4	23.35	
30	18.85	23.4	29.3	

Tabela 3. Parâmetros de crescimento das plantas em todos tratamentos medidos

	Controlo	SD	T1	SD	T2	SD	T3	SD	SFCM	SD
TCR	-0.00859	0.006865	-0.02436	0.010719	-0.00833	0.018335	-0.0134	0.021424	0.00158	0.0045
AF	21.9425	11.06535	16.88375	18.15449	4.598125	7.746381	0.100625	0.272579	163.53	72.524
RAF	65.69818	83.23991	161.3395	137.8114	46.54931	95.64198	10.91572	35.30804	155.936	97.395
PFF	5.165	2.445584	2.795625	1.656273	1.6275	1.942104	0.105625	0.198258	22.2938	5.3562
CAF	0.956543	0.05437	0.921657	0.246056	0.433313	0.507484	0.306615	0.470013	0.9681	0.0169
PEF	0.009532	0.008455	0.003346	0.003032	0.001116	0.00221	0.083971	0.333173	0.00527	0.0042
PSP	0.539375	0.292198	0.118125	0.095094	0.05	0.08165	0.009375	0.019483	1.24125	0.4713
AEF	335.1578	456.9334	446.0391	442.417	335.9981	708.9943	6.171875	24.48821	349.092	300.68

**Tabela 4.** Concentração dos pigmentos fotossintéticos das plantas no tratamento Controle

	Clorofila a no C	Clorofila b no C	Caratenoide no C	Feofitina a no C	Feofitina b no C
	11.359	6.069	467.956	12.644	7.410
	8.382	3.995	422.171	7.807	3.193
	8.627	4.401	358.041	8.557	4.413
	9.092	4.844	392.313	8.447	4.369
	5.013	1.529	711.230	4.631	2.234
	8.805	3.488	-81.484	7.706	3.382
	6.908	3.029	814.069	7.653	3.628
	9.483	3.563	975.517	6.890	3.015
	6.991	3.842	360.585	6.032	3.575
	7.513	4.298	376.182	7.103	3.407
	8.877	4.624	413.969	8.539	4.036
	10.136	5.755	450.507	10.788	5.872
	7.735	3.835	349.862	13.377	11.277
	7.019	3.827	353.274	9.281	6.490
	12.609	6.482	639.038	11.275	4.729
	7.639	4.160	361.785	8.575	15.061
<b>Média</b>	8.512	4.234	460.314	8.707	5.381
<b>SD</b>	1.781	1.162	230.252	2.254	3.286

**Tabela 5.** Concentração dos pigmentos fotossintéticos das plantas no tratamento T1

	Clorofila a no T1	Clorofila b no T1	Caratenoide no T1	Feofitina a no t1	Feofitina b no T1
	8.50065	7.41203	229.6726	17.01828	15.7789
	4.3848	4.20786	95.94883	4.51828	3.1195
	16.98	8.09624	762.7426	14.39332	5.1285
	9.8412	5.62529	420.0422	8.6554	3.7764
	6.76515	5.7322	171.0749	6.42472	3.8739
	10.374	6.57254	505.2057	9.44484	4.9999
	4.31565	5.87474	-188.267	5.21604	4.7654
	5.1702	6.93686	-160.95	4.24752	3.725
	4.57395	3.51452	736.1565	4.6114	2.9656
	9.43365	6.44023	-139.677	8.61052	4.1666
	10.0617	3.76106	490.6038	7.78244	4.4968
	11.6916	7.21853	467.345	10.72136	5.0798
	7.6029	6.32873	268.8759	6.5804	3.7069
	6.67635	5.91734	202.0029	6.6554	4.5536
	9.1344	6.76516	316.6341	8.44912	4.7268
	0	0	0	0	0
<b>Média</b>	7.844138	5.650208	261.0881	7.708065	4.678975
<b>SD</b>	3.869309	1.977286	295.4365	4.0589508	3.210124



Tabela 8. Concentração dos pigmentos fotossintéticos nas plantas do solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola (SFCM)

	Clorofila a do SFCM	Clorofila b do SFCM	Caratenoide do SFCM	Feofitina a do SFCM	Feofitina b do SFCM
	10.107	6.15579	354.595958	11.3418	8.3659
	8.16735	5.56213	265.7244085	8.3006	4.7691
	7.1112	5.0872	259.41148	6.79532	4.3675
	6.77265	4.50674	243.7423155	7.51884	4.9776
	-2.85195	14.36615	-541.3875225	9.6526	5.7852
	7.64565	5.10626	256.1277695	9.45728	5.8597
	10.5045	7.06529	328.370483	10.6866	8.8167
	7.9947	7.26402	109.701369	9.63684	5.7661
	7.1595	6.16851	124.178077	8.06852	5.2881
	4.8942	4.2861	173.92261	5.84304	3.4357
	8.1345	5.33164	282.252003	7.45768	3.792
	3.52755	3.9162	34.1887625	4.0474	2.9045
	10.4625	8.98845	163.677815	10.78016	7.2851
	10.9848	8.3584	237.93684	11.52992	6.9489
	13.7277	10.24629	253.584123	14.16132	8.5819
	8.79045	7.72562	91.0784015	9.5232	6.4731
<b>Media</b>	7.69576875	6.883424375	164.8190558	9.05007	5.83856875
<b>SD</b>	3.725797114	2.677962431	208.0832494	2.464361679	1.815526937



## Anexo IV

### Análise estatística dos dados no SPSS

**Tabela 1.** Análise estatística de dados: número de folhas(a) e peso fresco de folha (b)  
M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Numero de Folha  
LSD

(I) Solo	(J) Solo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	5% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Control	T1	1.625*	.669	.017	.29	2.96
	T2	4.250*	.669	.000	2.82	5.58
	T3	5.313*	.669	.000	3.98	6.64
	M1	-2.188*	.669	.002	-3.52	-.86
T1	Control	-1.625*	.669	.017	-2.96	-.29
	T2	2.625*	.669	.000	1.29	3.96
	T3	3.688*	.669	.000	2.38	5.02
	M1	-3.813*	.669	.000	-5.14	-2.48
T2	Control	-4.250*	.669	.000	-5.58	-2.92
	T1	-2.625*	.669	.000	-3.96	-1.29
	T3	1.063	.669	.116	-.27	2.39
	M1	-6.438*	.669	.000	-7.77	-5.11
T3	Control	-5.313*	.669	.000	-6.64	-3.98
	T1	-3.688*	.669	.000	-5.02	-2.36
	T2	-1.063	.669	.116	-2.39	.27
	M1	-7.500*	.669	.000	-8.83	-6.17
M1	Control	2.188*	.669	.002	.86	3.52
	T1	3.813*	.669	.000	2.48	5.14
	T2	6.438*	.669	.000	5.11	7.77
	T3	7.500*	.669	.000	6.17	8.83

\*.The mean difference is significant at the .05 level.

Dependent Variable: Peso fresco da folha  
LSD

(I) Solo	(J) Solo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	5% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Control	T1	2.36938*	.01522	.022	.3470	4.3918
	T2	3.53688*	.01522	.001	1.5145	5.5593
	T3	5.05938*	.01522	.000	3.0370	7.0818
	M1	7.12875*	.01522	.000	-19.1512	-15.1063
T1	Control	2.36938*	.01522	.022	-4.3918	-.3470
	T2	1.16750	.01522	.254	-.8549	3.1899
	T3	2.69000*	.01522	.010	.6676	4.7124
	M1	9.49813*	.01522	.000	-21.5205	-17.4757
T2	Control	3.53688*	.01522	.001	-5.5593	-1.5145
	T1	1.16750	.01522	.254	-3.1899	.8549
	T3	1.52250	.01522	.138	-4.9999	3.5449
	M1	0.66563*	.01522	.000	-22.6880	-18.6432
T3	Control	5.05938*	.01522	.000	-7.0818	-3.0370
	T1	2.69000*	.01522	.010	-4.7124	-.6676
	T2	1.52250	.01522	.138	-3.5449	.4999
	M1	2.18813*	.01522	.000	-24.2105	-20.1657
M1	Control	7.12875*	.01522	.000	15.1063	19.1512
	T1	9.49813*	.01522	.000	17.4757	21.5205
	T2	0.66563*	.01522	.000	18.6432	22.6880
	T3	2.18813*	.01522	.000	20.1657	24.2105

\*.The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.2. Comprimento de Raiz. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: comprimento da raiz  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	2.57438	1.48159	.086	-3.771	5.5258
	T2	10.71875*	1.48159	.000	7.7673	13.6702
	T3	12.07500*	1.48159	.000	9.1235	15.0265
	M1	-1.88438	1.48159	.259	-4.6358	1.2671
T1	Controle	-2.57438	1.48159	.086	-5.5258	.3771
	T2	8.14438*	1.48159	.000	5.1929	11.0958
	T3	9.50063*	1.48159	.000	6.5492	12.4521
	M1	-4.25875*	1.48159	.005	-7.2102	-1.3073
T2	Controle	-10.71875*	1.48159	.000	-13.6702	-7.7673
	T1	-8.14438*	1.48159	.000	-11.0958	-5.1929
	T3	1.35825	1.48159	.363	-1.5952	4.3077
	M1	-12.40313*	1.48159	.000	-15.3546	-9.4517
T3	Controle	-12.07500*	1.48159	.000	-15.0265	-9.1235
	T1	-9.50063*	1.48159	.000	-12.4521	-6.5492
	T2	-1.35825	1.48159	.363	-4.3077	1.5952
	M1	-13.75938*	1.48159	.000	-16.7108	-10.8079
M1	Controle	1.68438	1.48159	.259	-1.2671	4.6358
	T1	4.25875*	1.48159	.005	1.3073	7.2102
	T2	12.40313*	1.48159	.000	9.4517	15.3546
	T3	13.75938*	1.48159	.000	10.8079	16.7108

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.2. Comprimento do caule. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: comprimento de caule  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	-.01250	.37716	.974	-.7638	.7388
	T2	.69375	.37716	.070	-.0576	1.4451
	T3	.84375*	.37716	.028	.0924	1.5951
	M1	-2.13125*	.37716	.000	-2.8826	-1.3799
T1	Controle	-.01250	.37716	.974	-.7388	.7638
	T2	.70625	.37716	.065	-.0451	1.4576
	T3	.85625*	.37716	.026	.1049	1.6076
	M1	-2.11875*	.37716	.000	-2.8701	-1.3674
T2	Controle	-.69375	.37716	.070	-1.4451	.0576
	T1	-.70625	.37716	.065	-1.4576	.0451
	T3	.15000	.37716	.692	-.6013	.9013
	M1	-2.82500*	.37716	.000	-3.5763	-2.0737
T3	Controle	-.84375*	.37716	.028	-1.5951	-.0924
	T1	-.85625*	.37716	.026	-1.6076	-.1049
	T2	-.15000	.37716	.692	-.9013	.6013
	M1	-2.97500*	.37716	.000	-3.7263	-2.2237
M1	Controle	2.13125*	.37716	.000	1.3799	2.8826
	T1	2.11875*	.37716	.000	1.3674	2.8701
	T2	2.82500*	.37716	.000	2.0737	3.5763
	T3	2.97500*	.37716	.000	2.2237	3.7263

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.3. Peso seco da Planta. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Peso seco da planta  
LSD

(I) Tratamentos	(J) Tratamentos	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	.42044*	.08990	.000	.2413	.5995
	T2	.48913*	.08990	.000	.3100	.6682
	T3	.52998*	.08990	.000	.3509	.7091
	M1	-.70200*	.08990	.000	-.8811	-.5229
T1	Controle	-.42044*	.08990	.000	-.5995	-.2413
	T2	.06869	.08990	.447	-.1104	.2478
	T3	.10954	.08990	.227	-.0696	.2886
	M1	-1.12244*	.08990	.000	-1.3015	-.9433
T2	Controle	-.48913*	.08990	.000	-.6682	-.3100
	T1	-.06869	.08990	.447	-.2478	.1104
	T3	.04085	.08990	.651	-.1382	.2199
	M1	-1.19113*	.08990	.000	-1.3702	-1.0120
T3	Controle	-.52998*	.08990	.000	-.7091	-.3509
	T1	-.10954	.08990	.227	-.2886	.0696
	T2	-.04085	.08990	.651	-.2199	.1382
	M1	-1.23198*	.08990	.000	-1.4111	-1.0529
M1	Controle	.70200*	.08990	.000	.5229	.8811
	T1	1.12244*	.08990	.000	.9433	1.3015
	T2	1.19113*	.08990	.000	1.0120	1.3702
	T3	1.23198*	.08990	.000	1.0529	1.4111

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.4. Conteúdo da água da folha. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Conteúdo da água da folha  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	.03489	.11650	.765	-.1972	.2670
	T2	.52268*	.11650	.000	.2906	.7548
	T3	.64993*	.11650	.000	.4178	.8820
	M1	-.01156	.11650	.921	-.2438	.2205
T1	Controle	-.03489	.11650	.765	-.2670	.1972
	T2	.48779*	.11650	.000	.2557	.7199
	T3	.61504*	.11650	.000	.3830	.8471
	M1	-.04645	.11650	.891	-.2785	.1856
T2	Controle	-.52288*	.11650	.000	-.7548	-.2906
	T1	-.48779*	.11650	.000	-.7199	-.2557
	T3	.12725	.11650	.278	-.1048	.3593
	M1	-.53424*	.11650	.000	-.7663	-.3022
T3	Controle	-.64993*	.11650	.000	-.8820	-.4178
	T1	-.61504*	.11650	.000	-.8471	-.3830
	T2	-.12725	.11650	.278	-.3593	.1048
	M1	-.86149*	.11650	.000	-.8936	-.4294
M1	Controle	.01156	.11650	.921	-.2205	.2438
	T1	.04645	.11650	.891	-.1856	.2785
	T2	.53424*	.11650	.000	.3022	.7663
	T3	.68149*	.11650	.000	.4294	.8936

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.5. Área da Folha. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Area da folha  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	5.05875	12.01238	.675	-18.8711	28.9888
	T2	17.34438	12.01238	.153	-6.5855	41.2743
	T3	21.84188	12.01238	.073	-2.0880	45.7718
	M1	-141.58750*	12.01238	.000	-165.5174	-117.6576
T1	Controle	-5.05875	12.01238	.675	-28.9888	18.8711
	T2	12.28563	12.01238	.310	-11.6443	36.2155
	T3	16.78313	12.01238	.166	-7.1468	40.7130
	M1	-146.64625*	12.01238	.000	-170.5761	-122.7164
T2	Controle	-17.34438	12.01238	.153	-41.2743	6.5855
	T1	-12.28563	12.01238	.310	-36.2155	11.6443
	T3	4.49750	12.01238	.709	-19.4324	28.4274
	M1	-158.93188*	12.01238	.000	-182.8618	-135.0020
T3	Controle	-21.84188	12.01238	.073	-45.7718	2.0880
	T1	-16.78313	12.01238	.166	-40.7130	7.1468
	T2	-4.49750	12.01238	.709	-28.4274	19.4324
	M1	-163.42938*	12.01238	.000	-187.3593	-139.4995
M1	Controle	141.58750*	12.01238	.000	117.6576	165.5174
	T1	146.64625*	12.01238	.000	122.7164	170.5761
	T2	158.93188*	12.01238	.000	135.0020	182.8618
	T3	163.42938*	12.01238	.000	139.4995	187.3593

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.6. Razão de área da folha. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Razao area foliar  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	-95.64135*	33.83825	.006	-163.0508	-28.2321
	T2	19.14740	33.83825	.573	-48.2618	86.5566
	T3	54.78246	33.83825	.110	-12.6268	122.1917
	M1	-90.23788*	33.83825	.009	-157.8471	-22.8286
T1	Controle	95.64135*	33.83825	.006	28.2321	163.0506
	T2	114.78876*	33.83825	.001	47.3795	182.1980
	T3	150.42382*	33.83825	.000	83.0146	217.8331
	M1	5.40348	33.83825	.874	-62.0058	72.8127
T2	Controle	-19.14740	33.83825	.573	-86.5566	48.2618
	T1	-114.78876*	33.83825	.001	-182.1980	-47.3795
	T3	35.83506	33.83825	.296	-31.7742	103.0443
	M1	-109.38528*	33.83825	.002	-176.7945	-41.9760
T3	Controle	-54.78246	33.83825	.110	-122.1917	12.6268
	T1	-150.42382*	33.83825	.000	-217.8331	-83.0146
	T2	-35.83506	33.83825	.296	-103.0443	31.7742
	M1	-145.02034*	33.83825	.000	-212.4296	-77.6111
M1	Controle	90.23788*	33.83825	.009	22.8286	157.6471
	T1	-5.40348	33.83825	.874	-72.8127	62.0058
	T2	109.38528*	33.83825	.002	41.9760	176.7945
	T3	145.02034*	33.83825	.000	77.6111	212.4296

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.7. Clorofila a na planta. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Clorofila a na planta  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	.667813	1.271218	.801	-1.86478	3.20001
	T2	4.863750*	1.271218	.000	2.33135	7.39615
	T3	6.323000*	1.271218	.000	3.79060	8.85540
	M1	.815981	1.271218	.523	-1.71642	3.34838
T1	Controle	-.667813	1.271218	.601	-3.20001	1.86478
	T2	4.198138*	1.271218	.001	1.68374	6.72853
	T3	5.655388*	1.271218	.000	3.12299	8.18778
	M1	-.148369	1.271218	.907	-2.38403	2.68077
T2	Controle	-4.863750*	1.271218	.000	-7.39615	-2.33135
	T1	-4.198138*	1.271218	.001	-6.72853	-1.68374
	T3	-1.459250	1.271218	.255	-1.07315	3.99165
	M1	-4.047789*	1.271218	.002	-6.58017	-1.51537
T3	Controle	-6.323000*	1.271218	.000	-8.85540	-3.79060
	T1	-5.655388*	1.271218	.000	-8.18778	-3.12299
	T2	-1.459250	1.271218	.255	-3.99165	1.07315
	M1	-5.507019*	1.271218	.000	-8.03942	-2.97462
M1	Controle	-.815981	1.271218	.523	-3.34838	1.71642
	T1	-.148369	1.271218	.907	-2.68077	2.38403
	T2	4.047789*	1.271218	.002	1.51537	6.58017
	T3	5.507019*	1.271218	.000	2.97462	8.03942

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.8. Clorofila b na planta. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

*Avaliação do uso de alface (Lactuca sativa) como fitorremediador de solos contaminados por Sulfato de Zinco*

Dependent Variable: Clorofila b na planta  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	-1.416398	1.050344	.182	-3.50879	.67600
	T2	.148688	1.050344	.888	-1.94370	2.24108
	T3	2.648000*	1.050344	.014	.55561	4.74039
	M1	-2.648612*	1.050344	.014	-4.74200	-.55722
T1	Controle	1.416398	1.050344	.182	-.67600	3.50879
	T2	1.565083	1.050344	.140	-.52731	3.65748
	T3	4.084398*	1.050344	.000	1.97200	6.15679
	M1	-1.233216	1.050344	.244	-3.32561	.85918
T2	Controle	-.148688	1.050344	.888	-2.24108	1.94370
	T1	-1.565083	1.050344	.140	-3.65748	.52731
	T3	2.499313*	1.050344	.020	.40692	4.59170
	M1	-2.798299*	1.050344	.009	-4.89069	-.70591
T3	Controle	-2.648000*	1.050344	.014	-4.74039	-.55561
	T1	-4.084398*	1.050344	.000	-6.15679	-1.97200
	T2	-2.499313*	1.050344	.020	-4.59170	-.40692
	M1	-5.297612*	1.050344	.000	-7.39000	-3.20522
M1	Controle	2.648612*	1.050344	.014	.55722	4.74200
	T1	1.233216	1.050344	.244	-.85918	3.32561
	T2	2.798299*	1.050344	.009	.70591	4.89069
	T3	5.297612*	1.050344	.000	3.20522	7.39000

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

**Tabela.9.** Caratenoide. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Caratenoide  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	199.225312*	81.136553	.016	37.59301	360.85761
	T2	469.893125*	81.136553	.000	308.26082	631.52543
	T3	377.163750*	81.136553	.000	215.53145	538.79605
	M1	295.494382*	81.136553	.000	133.86208	457.12668
T1	Controle	-199.22531*	81.136553	.016	-360.85761	-37.59301
	T2	270.667813*	81.136553	.001	109.03551	432.30012
	T3	177.938438*	81.136553	.031	16.30614	339.57074
	M1	96.269070	81.136553	.239	-65.36323	257.90137
T2	Controle	-469.89313*	81.136553	.000	-631.52543	-308.26082
	T1	-270.66781*	81.136553	.001	-432.30012	-109.03551
	T3	-92.729375	81.136553	.257	-254.36168	68.90293
	M1	-174.39874*	81.136553	.035	-336.03105	-12.78644
T3	Controle	-377.16375*	81.136553	.000	-538.79605	-215.53145
	T1	-177.93844*	81.136553	.031	-339.57074	-16.30614
	T2	92.729375	81.136553	.257	-68.90293	254.36168
	M1	-81.669368	81.136553	.317	-243.30167	79.96293
M1	Controle	-295.49438*	81.136553	.000	-457.12668	-133.86208
	T1	-96.269070	81.136553	.239	-257.90137	65.36323
	T2	174.398743*	81.136553	.035	12.78644	336.03105
	T3	81.669368	81.136553	.317	-79.96293	243.30167

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

**Tabela.10.** Feofitina a. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Avaliação do uso de alface (*Lactuca sativa*) como fitoremediador de solos contaminados por Sulfato de Zinco

Dependent Variable: Feofitina a  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	.998498	1.317145	.451	-1.62539	3.62239
	T2	5.027125*	1.317145	.000	2.40324	7.65101
	T3	5.815563*	1.317145	.000	3.19167	8.43945
	M1	-.343508	1.317145	.795	-2.96740	2.28038
T1	Controle	-.998498	1.317145	.451	-3.62239	1.62539
	T2	4.028628*	1.317145	.003	1.40474	6.65252
	T3	4.817065*	1.317145	.000	2.19318	7.44095
	M1	-1.342005	1.317145	.312	-3.96589	1.28188
T2	Controle	-5.027125*	1.317145	.000	-7.65101	-2.40324
	T1	-4.028628*	1.317145	.003	-6.65252	-1.40474
	T3	.788438	1.317145	.551	-1.83545	3.41233
	M1	-5.370633*	1.317145	.000	-7.99452	-2.74674
T3	Controle	-5.815563*	1.317145	.000	-8.43945	-3.19167
	T1	-4.817065*	1.317145	.000	-7.44095	-2.19318
	T2	-.788438	1.317145	.551	-3.41233	1.83545
	M1	-6.159070*	1.317145	.000	-8.78296	-3.53518
M1	Controle	.343508	1.317145	.795	-2.28038	2.96740
	T1	1.342005	1.317145	.312	-1.28188	3.96589
	T2	5.370633*	1.317145	.000	2.74674	7.99452
	T3	6.159070*	1.317145	.000	3.53518	8.78296

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.11. Feofitina b. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

Dependent Variable: Feofitina b  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	.701713	1.111913	.530	-1.51333	2.91876
	T2	3.314000*	1.111913	.004	1.09898	5.52904
	T3	2.784000*	1.111913	.014	.57898	5.00904
	M1	-.457881	1.111913	.682	-2.67292	1.75716
T1	Controle	-.701713	1.111913	.530	-2.91876	1.51333
	T2	2.612288*	1.111913	.021	.39724	4.82733
	T3	2.092288	1.111913	.064	-.12276	4.30733
	M1	-1.159594	1.111913	.300	-3.37484	1.05545
T2	Controle	-3.314000*	1.111913	.004	-5.52904	-1.09898
	T1	-2.612288*	1.111913	.021	-4.82733	-.39724
	T3	-.520000	1.111913	.641	-2.73504	1.69504
	M1	-3.771881*	1.111913	.001	-5.98692	-1.55684
T3	Controle	-2.784000*	1.111913	.014	-5.00904	-.57898
	T1	-2.092288	1.111913	.064	-4.30733	.12276
	T2	.520000	1.111913	.641	-1.69504	2.73504
	M1	-3.251881*	1.111913	.005	-5.46692	-1.03884
M1	Controle	.457881	1.111913	.682	-1.75716	2.67292
	T1	1.159594	1.111913	.300	-1.05545	3.37484
	T2	3.771881*	1.111913	.001	1.55684	5.98692
	T3	3.251881*	1.111913	.005	1.03684	5.46692

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela.12. Taxa de crescimento relativo. M1=SFCM (solo colhido nos arredores da fábrica de cimentos da Matola)

*Avaliação do uso de alface (Lactuca sativa) como fitoremediador de solos contaminados por Sulfato de Zinco*

---

Dependent Variable: Taxa de crescimento relativo  
LSD

(I) Solo1	(J) Solo1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Controle	T1	.01577*	.00473	.001	.0063	.0252
	T2	.00357	.00473	.453	-.0059	.0130
	T3	.00481	.00473	.312	-.0048	.0142
	M1	-.01017*	.00473	.035	-.0196	-.0008
T1	Controle	-.01577*	.00473	.001	-.0252	-.0063
	T2	-.01220*	.00473	.012	-.0216	-.0028
	T3	-.01096*	.00473	.023	-.0204	-.0015
	M1	-.02594*	.00473	.000	-.0354	-.0165
T2	Controle	-.00357	.00473	.453	-.0130	.0059
	T1	.01220*	.00473	.012	.0028	.0216
	T3	.00124	.00473	.793	-.0082	.0107
	M1	-.01374*	.00473	.005	-.0232	-.0043
T3	Controle	-.00481	.00473	.312	-.0142	.0048
	T1	.01096*	.00473	.023	.0015	.0204
	T2	-.00124	.00473	.793	-.0107	.0082
	M1	-.01499*	.00473	.002	-.0244	-.0058
M1	Controle	.01017*	.00473	.035	.0008	.0196
	T1	.02594*	.00473	.000	.0165	.0354
	T2	.01374*	.00473	.005	.0043	.0232
	T3	.01499*	.00473	.002	.0058	.0244

\*. The mean difference is significant at the .05 level.