

EFEITO DO LODO DE CURTUME NA FREQUÊNCIA DE MICRONÚCLEOS NO BIOINDICADOR *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*

P.H. Gorni¹, C.R. Guandalini¹, Z.V. da Silveira¹, F.T. Nakayama^{2*}

¹FAI – Faculdades Adamantinenses Integradas, Adamantina, SP, Brazil

²APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Adamantina, SP, Brazil

RESUMO

O setor produtivo busca cada vez mais a utilização de subprodutos e resíduos industriais como alternativas econômica e ambiental para sustentabilidade produtiva. O lodo de curtume é o principal resíduo da indústria de couros sendo um dos mais polêmicos resíduos utilizados como fertilizante, por conter elementos que possivelmente possa vir a contaminar solo e subsolo. O objetivo deste trabalho foi analisar o potencial genotóxico de dois tipos de lodo de curtume (caleiro e primário da ETE) na microesporogênese de *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, considerada indicador, utilizando o teste do micronúcleo (TRAD-MCN). As frequências de micronúcleos nos grupos controles e entre esses e o grupo tratado com o lodo de caleiro não diferiram. Já o grupo tratado com o lodo primário da ETE apresentou diferença significativa na frequência de micronúcleos ($P < 0,001$) em relação aos demais grupos analisados, sugerindo efeito genotóxico de elementos químicos a serem detectados após análise físico-química dos dois tipos de lodos.

Palavras-chave: Genotoxicidade ambiental. Micronúcleo (MCN). *Tradescantia pallida* var. *purpurea*.

EFFECT OF TANNERY SLUDGE IN MICRONUCLEUS FREQUENCY IN BIOINDICATOR *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*

ABSTRACT

The productive sector increasingly search the use of by-products and industrial waste as an economic and environmental alternative to productive sustainability. The tannery sludge is the main waste of leather industry is one of the most controversial waste used as fertilizer because it contains elements that can possibly come to contaminate soil and sub- soil. The objective of this study was to analyze the genotoxic potential of two types of tannery sludge (liming and primary ETE) in *Tradescantia pallida* microesporogense of var. *purpurea* , considered indicator, using the micronucleus test (TRAD - MCN) . The micronuclei frequencies in control groups and between these and the group treated with liming sludge did not differ. Already the group treated with the primary sludge from WWTP significant difference in the frequency of micronuclei ($P < 0.001$) compared to the other groups analyzed, suggesting genotoxic effects of chemicals to be detected after physical - chemical analysis of two types of sludge .

Keywords: Environmental Genotoxicity, Micronucleus (MCN), *Tradescantia pallida* var. *purple*.

* fnakayama@apta.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

O uso agrícola de lodos de curtume pode contribuir para a melhoria da fertilidade dos solos e nutrição das plantas além de representar uma forma de descarte do resíduo no ambiente (FERREIRA et al., 2003; POSSATO 2010).

Há controvérsias sobre a deposição de resíduos no solo, embora seja considerado o melhor e mais seguro meio para a disposição de poluentes, em relação à atmosfera e hidrosfera por ter capacidade de melhor oxidação. O estado oxidável é a forma química menos tóxica por precipitar os poluentes e removê-los da cadeia alimentar, de modo mais seguro que o ar e a água (WADT, 2005).

O uso do lodo de curtume na agricultura, exige a verificação do seu grau de estabilidade bem como seus componentes químicos e a forma como estão presentes, especialmente, dos metais pesados, como o cromo trivalente (Cr III), por exemplo, que não são biodegradáveis e se tornam tóxicos em determinadas concentrações (FREITAS et al., 2006) . Em trabalho realizado no estado do Mato Grosso do Sul, os autores afirmam que o cromo (Cr) encontrado nos efluentes de três curtumes do foi a forma trivalente (Cr III), considerada essencial para a nutrição humana e de pouca mobilidade no solo, aparentemente inofensivo. Estudos realizados na década de 90 com amostras de solo coletado e mantido com umidade natural indicaram que o Cr III pode ser oxidado a Cr VI (MILACIC & STUPAR, 1995), forma muito móvel no solo e tóxica para as plantas, animais e seres humanos (CASTILHOS et al., 1999).

Por considerarem que a utilização do lodo de curtume na agricultura é uma das alternativas de disposição deste resíduo de forma sustentável, Silva & Araujo (2011) avaliaram a incorporação de cinco doses crescentes de lodo de caleiro em substrato comercial utilizado para o crescimento de uma espécie exótica de eucalipto e concluiu que o lodo de curtume na dose de

15% promoveu o crescimento das mudas e que, com doses acima, houve tendência de redução do crescimento das plantas. Por outro lado, em outro experimento doses de lodo acima de 3% no substrato comercial Plantmax[®] influenciaram, negativamente, o desenvolvimento de mudas de *Jacarandá cuspidifolia* Mart (FRANCZAK & NETO, 2008).

Schalch & Rezende (1991) recomendam que para a utilização de resíduos industriais em solos agrícolas são necessários estudos sobre sua composição e toxicidade bem como a determinação de uma ação definida, a fim de não causar danos ao ambiente, principalmente ao solo. A utilização do composto de lodo de curtume como adubo deve ser precedida de um estudo das características físico-químicas do solo, pois o destino e a especiação de cada elemento dependem da quantidade de matéria orgânica presente nesse solo e do tipo de planta e/ou sistemas biológicos que aí existam. Os elementos tóxicos podem ficar retidos no solo, serem absorvidos pelas plantas e outros organismos ou, se solúveis, serem lixiviados contaminando os cursos de água e águas subterrâneas ao se infiltrarem no solo. FERREIRA et al. (2003) concluem que ainda é necessário estudar mais as respostas das plantas ao resíduo, definindo critérios para a disposição do efluente líquido gerado no curtume, buscando padronizar um potencial fertilizante dentro da agricultura.

O biomonitoramento é a avaliação da qualidade ambiental de uma determinada área, utilizando organismos vivos que respondem a poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas. As respostas das plantas bioindicadoras aos poluentes podem ser observadas tanto em nível macroscópico, através do aparecimento de cloroses, necroses, queda de folhas ou diminuição no seu crescimento, como pode ocorrer em nível genético, estrutural, fisiológico ou

bioquímico. Trata-se de uma metodologia com padronizações nacionais e internacionais já bastante utilizada principalmente em áreas extensas e de baixo custo operacional. O biomonitoramento não é capaz de substituir os métodos analíticos, mas sim complementá-los, ajudando numa análise de risco ambiental (FURLAN, 2008).

Plantas bioindicadoras são espécies vegetais que indicam precocemente a existência de modificações biológicas ou abióticas de um ambiente. São organismos que ajudam a detectar alterações ambientais antes que essas se agravem. Servem como um instrumento de previsão medindo, comparando e determinando decisões. Assim, a bioindicação é uma ótima alternativa para diversos tipos de monitoramento: do solo, ar e água.

Entre as técnicas atualmente reconhecidas como excelentes indicadoras de danos cromossômicos induzidos por substâncias químicas presentes no ambiente, destaca-se a análise de micronúcleos na fase de tétrades na microesporogênese de *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, tendo em vista a sensibilidade que este vegetal apresenta a ação genotóxica de substâncias presentes no ambiente sendo, portanto, uma planta bioindicadora. Poluentes genotóxicos induzem fragmentos cromossômicos (DNA) nas células-mães dos grãos de

pólen, no início da meiose (microesporogênese) que se tornam micronúcleos no estágio de tétrade, bem como afetam a viabilidade do grão pólen na microgametogênese em *Tradescantia*.

A *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, pertence a família das *Commelinaceae* e é originária do leste do México e Honduras, onde cresce espontaneamente, gerando prejuízos para a agricultura (BRANDÃO et al. 1995). É uma planta herbácea, postada, suculenta, de 15 a 25 cm de altura, ornamental, com folhas roxas muito decorativas. As flores são pequenas, também roxas, porém pouco vistosas. A planta é pouco tolerante às baixas temperaturas do inverno. Multiplica-se por estacas e por divisão da planta. Produz sementes, que não são utilizadas diretamente para a multiplicação, mas que levadas por diversos agentes, germinam em locais inesperados e muitas vezes onde ela é indesejável.

Tendo em vista, a não constatação de estudos sobre o potencial genotóxico do lodo de curtume utilizado na agricultura e as consequências citogenéticas na microesporogênese de vegetais, o objetivo deste trabalho é verificar a resposta de *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, ao tratamento com dois tipos de lodos utilizando o teste de análise de tétrades com micronúcleos (TRAD/MCN).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Adamantina (SP), localizada na região da Alta-Paulista no oeste do Estado. O período de experimentação compreendeu-se de abril a julho de 2012. As amostras de lodo utilizadas no presente

trabalho foram fornecidas por curtume instalado no município a condução do bem como as análises foram realizadas em laboratório pertencente à FAI – Faculdades Adamantinenses Integradas.

Coleta e transporte das amostras de lodos

No presente trabalho foram utilizadas amostras de dois tipos de lodo: Caleiro (L1) que é resultante do tratamento com cal hidratada e sulfeto de sódio, tensoativos

aniônicos e aminas e lodo primário da ETE (L2) submetido ao tratamento com sulfato de alumínio, sulfeto de sódio, cloreto férrico e polímeros ativos resultando em

concentrações altas de enxofre (S), nitrogênio (N) e sódio (Na). Os dois tipos de lodo são armazenados, separadamente, em grandes tanques para depois serem utilizados como fertilizantes (Figura 1 a, b).

As amostras foram coletadas no outono, no período da manhã (entre 8:00 e 9:00 horas), armazenado em vidros esterilizados (Figura 2) e transportadas imediatamente para o Laboratório de Genética e Biologia da FAI.



Figura 1. (A) – Reservatório de Lodo Primário (ETE)(L2); (B) – Reservatório de Lodo Caleiro (L1)



Figura 2. Tipos de Lodo

Coleta de amostras de *T. pallida* var. *purpurea*

A Figura 3 mostra a espécie vegetal *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*. As inflorescências de *T. pallida* var. *purpurea*, propagadas vegetativamente por estacas, foram

obtidas no perímetro urbano de Adamantina (SP), no canteiro central da Avenida Moisés Justino, entre as 8:00 e 9:00 horas no dia anterior à exposição às amostras de lodo de curtume (Figura 4).



Figura 3: *Tradescantia pallida* var. *purpurea*. Inflorescência. Anteras: seta (amarela); Estigma: seta (azul); Botões florais: seta (vermelha). (LOBO, 2009)

Para a realização deste trabalho as inflorescências coletadas deveriam ser jovens, ou seja, apresentando um bercinho,

no centro do qual se encontra o conjunto de várias flores/botões (Figura 4).



Figura 4. *T. pallida* var. *purpurea* inflorescências com botões (LOBO, 2009)

Etapas do tratamento das inflorescências de *T. pallida* var. *purpurea*.

As amostras de *T. pallida* var. *purpurea* coletadas foram transferidas, imediatamente, para o Laboratório de Biologia e Genética da FAI, localizado no Campus 2, onde foram depositadas em beckers contendo água destilada e

submetido à aeração durante 24 horas, para o período de adaptação (Figura 5).

Inflorescências dos grupos tratados com o lodo de curtume (L1 e L2) foram transferidas, após as 24 horas de adaptação em água destilada, para as amostras de lodo contidas em beckers sob aeração e

mantidas por 6 horas (Figura 5). Na sequência foram transferidas para água

destilada onde passaram por período de recuperação de 72 horas.



Figura 5. Hastes florais de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* em amostras dos lodos L1 (à esquerda) e L2 (à direita), por 6 horas.

Preparação citológica

Antes de iniciar a realização das atividades citológicas, a bancada era esterilizada com álcool etílico 70%, para impedir que qualquer material impuro pudesse interferir na confecção das lâminas. Além disso, todas as atividades na bancada foram desenvolvidas sobre papel de filtro, utilizado como forro. As lâminas e lamínulas antes de serem utilizadas, foram devidamente limpas e colocadas em xilol puro.

O protocolo adotado para o bioensaio foi o estabelecido por Ma et al. (1994). Inflorescências com botões florais dos

grupos controles e tratados, após o período de recuperação em água destilada, foram fixados em álcool etílico e ácido acético glacial (3:1), durante 24 horas e, posteriormente, transferidos para frascos com solução aquosa de álcool etílico a 70% e conservados em geladeira, a aproximadamente 4 °C.

Para identificar células na fase de tétrades, os botões foram selecionados a partir de várias preparações citológicas com botões florais de vários tamanhos (Figura 6 A, B).

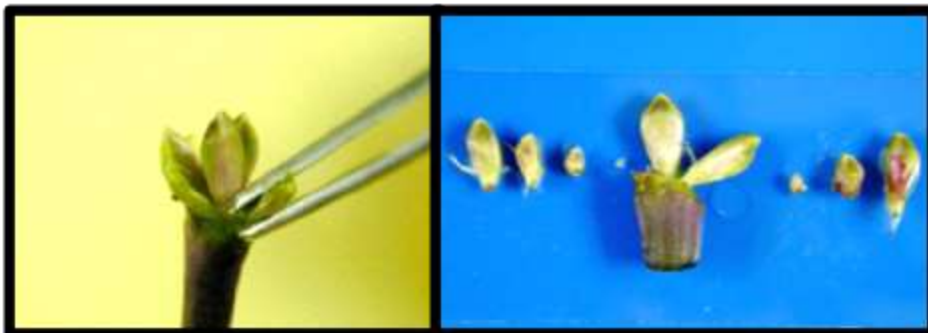


Figura 6. Botões sendo retirados com a pinça (A); e botões separados na lâmina (B)

Cada inflorescência obtida do fixador, já sem as folhas, foi colocada sobre uma lâmina. Para escolha do botão

correto, foram utilizadas três flores de tamanho pequeno, médio e maior. As duas flores maiores, no centro da Figura (6 B),

em 99,99% das vezes, são muito velhas para achar tétrades e foram descartadas .

Deve-se escolher, de preferência, das médias a maior, seguindo de acordo com o que for encontrado, se muito jovem, para uma flor mais velha, se muito velha, para um botão mais jovem. Dessa maneira evita-se muito desperdício de tempo, abrindo botão por botão, aleatoriamente. A dissecação para a obtenção das anteras foi feita com estiletos sobre a lâmina em uma gota de carmim acético a 2%. Posteriormente, foram levemente maceradas com bastão de vidro e, a seguir, foram retirados os fragmentos da antera com pinça ficando apenas as células.

A etapa seguinte consistiu em adicionar mais uma gota do corante carmim acético a 2%, misturar os grãos de pólen ao corante, adicionar a lamínula sobre a preparação. Após a constatação ao microscópio óptico da presença de tétrades, foi feita a vedação da lamínula com parafina, com o objetivo de impedir a entrada de ar na preparação citológica. Terminado todo o processo, as lâminas foram armazenadas em caixa próprias de madeira.

A Figura 7, abaixo, mostra os materiais utilizados para a preparação das lâminas e posterior análise microscópica das imagens das tétrades.



Figura 7. Material utilizado para a análise microscópica das tétrades em *T. pallida* var. *purpurea*. Fonte: (SOUZA, 2011)

Análise Microscópica das Tétrades

A estimativa foi feita comparando-se o número tétrades com MCN e sem MCN. Foram consideradas normais as tétrades

sem micronúcleos (Figuras 8 A) e, anormais as tétrades com micronúcleos (Figuras 8 B, C e D).



Figura 8. Tétrades sem micronúcleos (A); tétrades com um micronúcleo (seta) (B); Tétrade com 2 micronúcleos(setas) (C); tétrades com 3 micronúcleos(setas) (D).

Contagem das Células e Análise Estatística

Foram preparadas dez lâminas para cada grupo (controles e tratados) com botões florais obtidos de dez inflorescências, ou seja, totalizando dez repetições por grupo.

A contagem das tétrades foi realizada sob microscópio óptico (40X), totalizando 300 tétrades sem MCN e com MCN por

lâmina e, conseqüentemente, 3000 por grupo analisado.

Os dados foram distribuídos em tabelas e analisados pelo teste não paramétrico de Kurskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste de Dunn ($P < 0,001$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os totais das contagens de tétrades nos quatro

grupos experimentais (Controles C1 e C2 e tratados com o lodo de curtume - L1 e L2).

Tabela 1. Número total de tétrades com MCN e sem MCN em *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, no grupo controle (C1) tratado com água destilada durante 24H.

Nº	Tétrades Normais	Tétrades 1MN	Tétrades 2MN	MN Total	Total
1	300	0	0	0	300
2	300	0	0	0	300
3	300	0	0	0	300
4	300	0	0	0	300
5	300	0	0	0	300
6	300	0	0	0	300
7	300	0	0	0	300
8	300	0	0	0	300
9	300	0	0	0	300
10	300	0	0	0	300
TOTAL	3000	0	0	0	3000

Tabela 2. Número total de tétrades com MCN e sem MCN em *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, no grupo controle tratado com água destilada durante 72 horas.

Nº	Tétrades Normais	Tétrades 1MN	Tétrades 2MN	MN Total	Total
1	299	1	0	1	300
2	300	0	0	0	300
3	300	0	0	0	300
4	300	0	0	0	300
5	300	0	0	0	300
6	300	0	0	0	300
7	300	0	0	0	300
8	300	0	0	0	300
9	300	0	0	0	300
10	300	0	0	0	300
TOTAL	2999	1	0	1	3000

Tabela 3. Número total de tétrades com MCN e sem MCN em *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, no grupo tratado com o lodo de caleiro (L1) durante 6 horas.

Nº	Tétrades Normais	Tétrades 1MN	Tétrades 2MN	MN Total	Total
1	300	0	0	0	300
2	300	0	0	0	300
3	300	0	0	0	300
4	300	0	0	0	300
5	300	0	0	0	300
6	299	1	0	1	300
7	300	0	0	0	300
8	300	0	0	0	300
9	300	0	0	0	300
10	300	0	0	0	300
TOTAL	2999	1	0	1	3000

Tabela 4. Número total de tétrades com MCN e sem MCN em *Tradescantia pallida* Var. *purpurea*, no grupo tratado com o lodo primário da ETE (L2) durante 6 horas.

Nº	Tétrades Normais	Tétrades 1MN	Tétrades 2MN	MN Total	Total
1	300	0	0	0	300
2	300	0	0	0	300
3	297	3	0	3	300
4	295	5	0	5	300
5	295	3	2	5	300
6	299	1	0	1	300
7	290	8	2	10	300
8	298	2	0	2	300
9	294	6	0	6	300
10	296	4	0	4	300
TOTAL	2964	32	4	36	3000

A tabela 5 mostra que as frequências médias de tétrades com micronúcleos nos grupos controles (C1 e C2) bem como no grupo tratado com o lodo de caleiro

apresentaram valor zero, ao contrário do grupo tratado com o lodo primário da ETE (L2) que apresentou valor, aproximadamente, três vezes e meia maior.

Tabela 5. Frequência de tétrades com micronúcleos (MCN) em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* nos grupos controles e tratados com amostras de lodo de curtime.

Grupos	Exposições	Repetições	Média
Controle (C1) - Água	24 horas	10	0.000
Controle (C2) - Água	72 horas	10	0.000
Lodo de Caleiro (L1)	6 horas	10	0.000
Lodo Primário da ETE(L2)	6 horas	10	3.500

Teste não paramétrico de Kurskal-Wallis.

A comparação múltipla das médias de tétrades com micronúcleos entre os grupos controles (C1 e C2), tratados (L1 e L2) e entre controles e tratados através do teste de Dunn, mostrou aumento altamente significativo ($P < 0,001$) na frequência média de tétrades com micronúcleos apenas no grupo tratado com o lodo primário da ETE (Tabela 6).

O fato de não haver diferença entre as frequências de tétrades com micronúcleos entre os controles (C1 e C2),

revela que não é necessário tempo de exposição maior que 24 horas em água nesse tipo de experimento, por não interferir nos resultados. Também não houve diferença entre as frequências de tétrades com micronúcleos comparando-se os grupos controles e grupo tratado com o lodo de caleiro, ao contrário do grupo tratado com o lodo primário da ETE (L2) cuja diferença foi altamente significativa ($P < 0,001$).

Tabela 6. Comparação múltipla das médias de tétrades com micronúcleo (MCN) em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* entre grupos controles (C1, C2) e tratados (L1,L2).

Grupo	Diferença (Média)	PROBABILIDADE
Controle (C1) x Controle (C2)	1.650 ns	P>0.05
C1 x Lodo de Caleiro (L1)	1.650 ns	P>0.05
C1 x Lodo Primário da ETE(L2)	16.700***	P<0.001
C2 x L1	0.000 ns	P>0.05
C2 x L2	15.050***	P<0.001
L1 x L2	15.050***	P<0.001

Teste de Dunn. ***= altamente significativa - $P < 0,1\%$. ns = não significante

O lodo de caleiro apresenta pH em torno de 11,5 a 12,0 e é considerado altamente poluente devido ao alto teor de íons hidroxila, cal hidratada, sulfetos e tensoativos aniônicos utilizados no processo de remoção de pêlos. Entretanto, este resíduo foi inócua para *T. pallida* var. *purpurea* por não induzir aumento na frequência de tétrades com micronúcleos. Tal resultado era esperado considerando que as peles tratadas pelo presente curtume não são pré-salgadas e também, nesta etapa inicial do curtimento do couro, não são utilizados metais pesados como o cromo, por exemplo, que poderiam danificar o DNA, resultando no aumento da frequência de tétrades com micronúcleos. Visando diminuir a carga de poluentes gerada no sistema cal-sulfeto esta indústria utiliza o sistema de segregação e reciclagem dos banhos de caleiro como é recomendado.

Segundo informações obtidas da indústria curtumeira que forneceu as amostras do lodo primário da ETE utilizado no presente trabalho, não há presença de cromo devido à reciclagem e separação dos efluentes que é feita atendendo às novas exigências ambientais. Considerando que o aumento na frequência de tétrades com micronúcleos foi altamente significativa ($P < 0.001$) no grupo tratado com o lodo primário da ETE há forte sugestão da presença de substâncias mutagênicas que danificaram os cromossomos (DNA).

Não se pode inferir que os danos no material genético nas células-mães do grão

de pólen do grupo L2, que resultou num aumento na frequência de tétrades com micronúcleos tenham sido causados pelo cromo, pelo fato de não ter sido feita a análise do conteúdo do mesmo na amostra obtida e utilizada no presente trabalho. Segundo Martinez (2005) o lodo primário da ETE em curtumes que separam os efluentes de curtimento o teor de cromo é reduzido a valores inferiores a 500 mg Kg^{-1} que é o exigido pela Norma P 4233 da CETESB (1999). Assim, somente será possível concluir sobre o possível efeito genotóxico do cromo na microesporogênese da espécie vegetal estudada após a análise para verificar a presença e a concentração desse metal pesado em amostras de lodo primário da ETE da referida indústria.

Além disso, no tratamento físico-químico (ou primário) de coagulação/floculação dos resíduos, realizado nas etapas após a depilação/caleiro para a remoção de poluentes em efluentes que originaram o lodo primário, foram utilizados como coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico. Há evidências de que a ação tóxica do alumínio (Al) pode inibir diretamente a divisão celular em leguminosa cinco horas após a presença do alumínio (HORST et al., 1982). Estudos bioquímicos revelaram que porções da dupla hélice de DNA são capturadas por polímeros de Al, através de forte ligação com fosfatos (NAIDOO et al., 1978; WALLACE & ANDERSON, 1984).

Também não se podem descartar os efeitos sinérgicos ou antagônicos das

misturas químicas que podem alterar sensivelmente a toxicidade esperada para as substâncias individualmente.

O tipo de lodo de curtume que tem sido utilizado como fertilizante na agricultura e o resultante da depilação/caleiro. Assim, MARTINES (2005) obteve bons resultados na cultura da soja utilizando mistura 1:1 de lodo de caleiro e lodo primário da ETE.

CONCLUSÕES

O fato do lodo de caleiro (L1) não demonstrar efeito genotóxico na espécie estudada, embora seja considerado altamente poluente devido ao teor de elementos químicos utilizados para a remoção de pêlos, ocorreu porque o curtume não utiliza peles pré-salgadas e também, nesta etapa inicial do curtimento do couro, não utiliza metais pesados como o cromo, por exemplo, que poderiam danificar o DNA, resultando no aumento da frequência de tétrades com micronúcleos.

O aumento da frequência de micronúcleos resultante de danos no material genético no grupo tratado com o lodo primário da ETE (L2) pode ter sido causado por substâncias utilizadas em etapas anteriores (coagulação/floculação)

Novos estudos sobre a aplicação de lodo de curtume na *T. pallida* são necessários para obter resultados de forma definitiva sobre a causa do efeito genotóxico do lodo primário da ETE na microesporogênese de *T. pallida* var. *purpurea*, individualmente, bem como sobre os efeitos da mistura dos dois tipos de lodo: caleiro e primário da ETE.

como o sulfato de alumínio, por exemplo, já demonstrado ser tóxico para o DNA.

Não se pode descartar os efeitos sinérgicos ou antagônicos das misturas químicas que podem alterar sensivelmente a toxicidade esperada para as substâncias individualmente.

Embora as informações obtidas da indústria que forneceu as amostras do lodo primário da ETE utilizado no presente trabalho, sejam de que não há presença de cromo devido à reciclagem e separação dos efluentes que é feita atendendo às novas exigências ambientais, é necessário um estudo sobre a caracterização físico-química dos dois tipos de lodo.

Testes de mutagenicidade com vegetais bioindicadores podem ser úteis em uma das etapas de avaliação de risco genotóxico para os seres humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO J. S.; PERAZZO, F. G. C.; SILVA, V. A. L. Efeito de diferentes níveis de proteína na ração sobre o rendimento de carcaça e a deposição de gordura abdominal em frangos de corte. **Anais da Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas**. Curitiba, PR. 1995; p.59.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Lodo de curtume**: critérios para o uso em áreas agrícolas e procedimentos para apresentação de projetos (Manual Técnico). São Paulo, 1999, 35p.

CASTILHOS, D. D.; VIDOR, C.; TEDESCO, M. J. Redução do cromo em solo suprido com lodo de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Agrocência**, v.5, n.3, p.228-232, 1999.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.27, p.755-763, 2003.

- FRANCZAK, D. D.; NETO, R. M. R. Adição de dosagens de lodo de curtume em substrato comercial para produção de mudas de caroba (*Jacaranda cuspidifolia*). **VI Encontro Nacional sobre Substrato de Plantas**. Fortaleza, 2008. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/PDF>. Acesso em 04 de outubro de 2012.
- FREITAS, T. C. M.; MELNIKOV, P. **O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústria de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.11, n.4, p. 305-310, 2006.
- FURLAN, C. **Uso de plantas como bioindicadora**, 2008. Disponível em: http://felix.ib.usp.br/bib138/bioind_claudia.pdf. Acesso em: 28 nov. 2012.
- HORST, W. J.; WACNARA, A.; MARSCHNER, H. Mucilage protects root meristems from Al injury. **Zeitschrift fuer Pflanzenphysiologie** v. 105, p.435-444, 1982.
- LOBO, D. J. A. Manual prático para utilização de Tradescantia como biomonitor e bioacumulador, *Allium cepa* (cebola) e aborto do pólen. Disponível em: <http://www.Inaira.org/avisofile/ARQ323>, 2009, 1pdf. Acesso em: 14 nov. 2012.
- MA, T. H., CABARERA, G. L., CEBULSKA-WASILLEWSKA, A., CHEN, R., LOARCA, F., VANDENBERG, A. L. & SALAMONE, M. F.. *Tradescantia* stamen hair mutation bioassay. **Mutation Research**, v. 310. p. 211-220, 1994.
- MARTINES, A. M. **Impacto do lodo de curtume nos atributos biológicos e químicos do solo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição), USP. Disponível em <http://www.teses.usp.br/pdf>. Acesso em 30/10/2011.
- MILACIC, R.; STUPAR, J. Fractionation and oxidation of chromium in tannery waste-and sewage sludge-amended soils. **Environmental Science and Technology**, v.29, n.2, p.506-514, 1995.
- NAIDOO, G.; STEWART, J. McD.; LEWIS, R.J. Accumulation sites of Al in snapbean and cotton roots. **Agronomy Journal**, v.70, n.3, p.489-492, 1978.
- POSSATO, L. E. Uso do lodo de curtume em eucalipto e seu efeito no crescimento de mudas e nos atributos químicos de um cambissolo, **Dissertação de Mestrado**. Disponível em <http://www.ufmt.br/posfloresta>. Acesso em 16 de outubro de 2012.
- SCHALCH, V. R.; REZENDE, M. O. O. O processo de compostagem do lixo e sua relação com a qualidade de adubo formado: **BIO**, p.44-47, 1991.
- SILVA, D. M.; ARAUJO, F. F. Uso do lodo de curtume na composição de substratos para produção de mudas para reflorestamento. **Coloquium Agriare**. V.7, n. Especial, 2011.
- SOUZA, T. A. L. A. **Biomonitoramento da poluição do ar e das águas do córrego Tocantins (Adamantina, SP) utilizando o teste da viabilidade polínica em Tradescantia pallida (Rose) D.R. Hunt var. purpurea**. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia. Faculdades Adamantinenses Integradas, p.25, 2011.
- WADT, P. G. S.; ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. F.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. O método da Chance Matemática na interpretação de dados de levantamento nutricional de eucalipto. **Revista Brasileira De Ciência do Solo**, v.22, p.773-778, 2005.
- WALLACE, S. O.; ANDERSON, I. C. Aluminium toxicity and DNA syntesis in wheat roots. **Agronomy Journal**. Madison, v.76, n.1, 1984.