

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

PAULO RAFAEL FENELON ABRÃO

MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL) NO SETOR  
SUCROALCOOLEIRO: ANÁLISE DA ETAPA DA QUEIMA DO BAGAÇO DA CANA  
PARA CO-GERAÇÃO DE ENERGIA E USO DA CINZA COMO FERTILIZANTE

Goiânia

2009

**PAULO RAFAEL FENELON ABRÃO**

**MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL) NO SETOR  
SUCROALCOOLEIRO: ANÁLISE DA ETAPA DA QUEIMA DO BAGAÇO DA CANA  
PARA CO-GERAÇÃO DE ENERGIA E USO DA CINZA COMO FERTILIZANTE**

Dissertação de Mestrado em Ecologia e  
Produção Sustentável como requisito para  
obtenção do título de Mestre pela  
Universidade Católica de Goiás

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cleonice Rocha

Goiânia

2009

**PAULO RAFAEL FENELON ABRÃO**

MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL) NO SETOR  
SUCROALCOOLEIRO: ANÁLISE DA ETAPA DA QUEIMA DO BAGAÇO DA CANA  
PARA CO-GERAÇÃO DE ENERGIA E USO DA CINZA COMO FERTILIZANTE

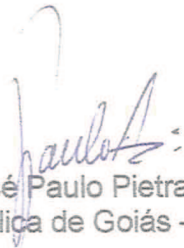
APROVADO EM: 18/12/2009

BANCA EXAMINADORA



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Cleonice Rocha

Universidade Católica de Goiás - Orientadora



Prof. Dr. José Paulo Pietrafesa  
Universidade Católica de Goiás – Avaliador



Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos  
Universidade Federal de Goiás – Avaliador Externo

**DEDICATÓRIA**

*DEDICO AOS MEUS PAIS E IRMÃOS*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS!!!

A Universidade Católica de Goiás e seus funcionários.

Aos professores por todos os conhecimentos compartilhados. Em especial à minha orientadora, professora doutora Cleonice Rocha e ao Professor doutor José Paulo Pietrafesa.

Aos colegas e amigos pelos momentos compartilhados durante toda a realização deste mestrado. Em especial aos amigos Lucas Rassi e Leonardo Ítalo.

A Usina Jalles Machado pela colaboração realizada.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização desta dissertação.

## EPÍGRAFE

### *Súplica pela natureza*

**P**recisamos nos conscientizar  
**R**ever nossos pensamentos e ações  
**E**xiste algo que está  
**S**ofrendo muitas transformações.  
**E**sperar não devemos mais  
**R**esponsáveis nós somos pela paz e  
**V**alorização do nosso habitat.  
**A**manhã será tarde demais, por isso precisamos  
**R**espeitar e preservar a nossa riqueza.

É uma grande fonte de vida para todos nós.

**P**reciosa mãe natureza:  
**R**echeada de muitas belezas;  
**E**sperança viva para quem é capaz de preservá-la.  
**C**onsolo para os que vivem a chorar.  
**I**nspiração para os poetas que cantam a paz  
**S**obrevida daqueles que dela sabem cuidar  
**O**rgulho e aconchego de quem sabe amar.

**Maria Dionésia Santos da Silva**

## RESUMO

Através de estudo de caso concreto do processo de MDL realizado no ano de 2008 pela empresa Jalles Machado S/, do setor canavieiro, o presente trabalho contribui com a análise química da cinza proveniente da queima do bagaço da cana-de-açúcar, para geração de energia, com o escopo da verificação da presença de metais pesados, visto que esta cinza é administrada em sua grande maioria nos solos, como forma de adubo. Para realização da análise foram montadas, em triplicatas, colunas de polipropileno preenchidas com amostra de Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho e mistura, e Latossolo Vermelho e Cinza, as quais foram submetidas a 4 episódios chuvosos. Posteriormente foram realizadas análises estatísticas da solução percolante coletada utilizando-se o programa estatístico SAS. Com relação ao fluxo de água, verificou-se que os fluxos foram maiores para a amostra com mistura, quando comparado com os outros tratamentos. Verificou-se ainda, que a variação das concentrações de metais não foi significativa para o solo (controle), indicando que a aplicação dos 4 episódios chuvosos não interferiu no teor dos metais analisados; havendo o aumento significativo das concentrações de Manganês (Mn), Cobre (Cu), Cromo (Cr) e Potássio (K) no solo após aplicação da cinza e mistura. Desta forma, a utilização do resíduo de incineração do bagaço de cana na lavoura pode levar ao aumento dos teores de alguns micronutrientes no solo, podendo estes atingirem níveis tóxicos e se tornarem fontes de contaminação. Outro fator de grande relevância do MDL, como pode ser observado no estudo de caso da empresa Jalles Machado S/A, é o avanço do desenvolvimento de novas matrizes energéticas, sendo que, para a obtenção dos créditos de carbono, a empresa queima através de modernas caldeiras o bagaço da cana-de-açúcar processada, e produz energia para o consumo próprio e comercialização com a empresa de energia local. Com o presente trabalho, constata-se que o Brasil possui um lugar de destaque no número de projetos de MDL em desenvolvimento, e que o estado de Goiás é responsável por 6% (seis por cento) do número total de projetos nacionais. Busca-se assim, com o desenvolvimento do tema abordado, incentivar novos projetos de MDL, contribuindo com o desenvolvimento regional do estado de Goiás e de todo o país.

Palavras chaves: Mecanismo de desenvolvimento limpo. Cana-de-açúcar. Cinza. Metais pesados. Crédito de carbono.

## ABSTRACT

Through the case study of the CDM process conducted in 2008 by the company Jalles Machado Inc, the sugarcane industry, this paper contributes to the chemical analysis of the ash from burning (bagasse) from sugar cane, to generate energy, with the scope of verifying the presence of heavy metals, as this ash is administered mostly in soils, such as fertilizer. To perform the analysis were assembled in triplicate columns of polypropylene filled with sample Rhodic, Oxisol and mixing, and Typic Grey, which underwent 4 rainy episodes. Later analysis of statistics collected percolating solution were performed using the SAS statistical program. With respect to the water flow, it was found that the flows were higher for the sample mixture as compared to the other treatments. It was also found that the variation of metal concentrations was not significant for soil (control), indicating that the application of 4 rainy episodes did not affect the content of the analyzed metals; there is a significant increase in concentrations of Manganese (Mn), Copper (Cu), Chromium (Cr) and Potassium (K) in the soil after application of gray and mix. Thus, the use of incineration residue of sugarcane bagasse in agriculture can lead to increased levels of some micronutrients in the soil, they can reach toxic levels and become sources of contamination. Another factor of great relevance of the CDM, as can be seen in the case study company Jalles Machado S / A, is advancing the development of new energy matrices and to obtain carbon credits, the company burns through modern boilers bagasse from sugar cane processed, and produces energy for own consumption and sale to the local power company. With this study, it appears that Brazil has a prominent place in the number of CDM projects in development, and that the state of Goiás is responsible for 6% (six percent) of the total number of national projects. The aim is thus to the development of the subject, encourage new CDM projects, contributing to the regional development of the state of Goiás and across the country.

Key words: Clean Development Mechanism. Sugar-cane. Ashes. Heavy Metals. Carbon credit.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AND	Autoridade Nacional Designada
CDM	Clean Development Mechanism
CE	Comércio de Emissões
CIMA	Comissão Interna do Meio Ambiente
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DCP	Documento de Concepção de Projeto
EOD	Entidade Operacional Designada
GEE	Gases de Efeito Estufa
IC	Implementação Conjunta
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNUMA	Programa das Nações Unidas pelo Meio Ambiente
RCE	Redução Certificada de Emissões
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO</b> .....	13
1.1-Etapas do ciclo do projeto de MDL.....	15
1.2-Atividades de projetos no âmbito do MDL no Brasil em 10/07/2009.....	17
1.3-O MDL na indústria sucroalcooleira.....	22
1.4-O MDL na empresa Jalles Machado S/A .....	24
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2 SUSTENTABILIDADE DO USO DO RESÍDUO DA QUEIMA DA CANA DE AÇÚCAR POR INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS</b> .....	27
2.1 Uso de resíduos da cana-de-açúcar .....	27
2.2 Materiais e métodos.....	30
2.3 Resultado e discussão.....	32
<b>CONCLUSÃO</b> .....	46
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48

## INTRODUÇÃO

Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) no setor sucroalcooleiro: análise da etapa da queima do bagaço da cana para co-geração de energia e uso da cinza como fertilizante.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é o processo pelo qual os países em desenvolvimento podem diminuir suas emissões de gases do efeito estufa e contribuir com os países desenvolvidos, que possuem metas de reduções estabelecidas pelo Protocolo de Quioto.

Para realização dos projetos de MDL, as atividades de projeto de MDL devem, necessariamente, passar pelas etapas do ciclo do projeto, que são sete: elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto); aprovação pela Autoridade Nacional Designada – AND, que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC (verifica a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável); submissão ao Conselho Executivo para registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão de unidades segundo o acordo de projeto.

As reduções de emissões realizadas pelos países em desenvolvimento são comercializadas no mercado internacional através das denominadas Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) sendo que, os países em desenvolvimento, instituições financeiras e outras organizações adquirem essas certidões, convalidando assim o mercado de carbono e cumprindo com as metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto.

Um dos principais objetivos do MDL é contribuir com o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento, nos quais os processos de MDL são

realizados, necessitando assim o país sede de capacitação e desenvolvimento de novas tecnologias, criação de empregos, distribuição de renda, integração regional e, gerando ao final do processo, a renda obtida com a comercialização das RCE's.

Na busca pelo desenvolvimento sustentável através do MDL, surge sempre a preocupação, visto que estes processos não podem gerar prejuízos ambientais.

Em que pese a afirmação de que os projetos de MDL são processos muito complexos e onerosos, o que dificulta o acesso de atividades de médio e pequeno porte, verifica-se com sua evolução, que as metodologias aceitas para o desenvolvimento de projetos estão aumentando, bem como o número de profissionais capacitados, o que invariavelmente aumenta o número de processos nos países em desenvolvimento.

Um dos requisitos para que a empresa possa ter seu projeto aprovado é que ela desenvolva mecanismos para a disposição do lixo por ela produzido. No caso de usinas de cana-de-açúcar, o bagaço gerado durante o processo de moagem só pode ficar armazenado pelo período de um ano. Sendo assim, nos processos de MDL estas empresas propõem a queima do bagaço para a geração de energia.

O resíduo dessa queima (cinza), comumente, retorna misturado com matéria orgânica para a lavoura a fim de atuar como fertilizante. Entretanto, são escassos estudos para se verificar o potencial contaminante desse resíduo. Embora não existam requisitos inerentes a este problema nos projetos de MDL. Existe uma preocupação ambiental atualmente sobre este problema.

Considerando a enorme quantidade de cinza administrada no solo por parte das usinas sucroalcooleiras, o presente trabalho analisou a presença de metais pesados neste resíduo, buscando verificar a possibilidade de contaminação dos solos pela prática realizada.

Dessa forma, esta dissertação está dividida em dois capítulos além desta introdução.

No primeiro capítulo faz-se uma revisão bibliográfica sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e no segundo capítulo apresenta-se os resultados da análise de metais contaminantes em um solo submetido a quatro episódios de chuva e solução lixiviada, após aplicação da cinza obtida pela queima do bagaço de cana-de-açúcar.

## 1 O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)

Na busca pela operacionalização da estabilidade global das concentrações dos gases de efeito estufa (GEE's)<sup>1</sup>, em 1997 foi assinado o Protocolo de Quioto, sendo que, sua entrada em vigor só ocorreu em 16/02/2005. Pelo Protocolo ficou definido que os países desenvolvidos, presentes no Anexo I<sup>2</sup>, são obrigados a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2%, em comparação ao nível de 1990, no período de 2008-2012.

Comparando com os dados de 1990, em 2000 os Estados Unidos teve um aumento de 14% na emissão de carbono, Canadá 17%, Holanda 17% e Japão 4%, enquanto a Inglaterra diminuiu suas emissões em 15%, a Alemanha em 17%. Dentre os países desenvolvidos, apenas a Inglaterra, Alemanha, Suécia e Dinamarca devem cumprir o acordo firmado no Protocolo de Quioto (VIOLA e SIMÕES, 2003).

Para alcançarem as reduções previstas no Protocolo, os países do Anexo I devem reduzir suas emissões internas, podendo ainda, utilizarem outros mecanismos de reduções: Comercio de Emissões (CE)<sup>3</sup>; Implementação Conjunta (IC)<sup>4</sup> e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> **Gases de efeito estufa** – GEE's (Greenhouse gases - GHG): Qualquer gás que não absorva a radiação solar direta, mas que absorva a radiação de ondas longas emitidas ou refletidas pela superfície terrestre. Os gases de efeito estufa mais importantes são vapor d'água, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano e CFC's. Quando discutimos mudança climática global, o termo "gás de efeito estufa" usualmente se refere às emissões induzidas pelo homem ou emissões antropogênicas. São considerados gases que provocam o aumento do efeito estufa o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), heptafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e as famílias dos perfluorcarbonos (PCFs) e hidrofluorcarbonos (HFCs).

<sup>2</sup> São países do **Anexo I** do Protocolo de Quioto: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Bulgária, Canadá, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Grã Bretanha, República Checa, Romênia, Suécia, Suíça.

<sup>3</sup> **Comércio de Emissões – CE** (*Emissions Trading*): As partes incluídas no Anexo B do Protocolo, correspondente ao Anexo 1 da Convenção, teriam, de acordo com esse artigo, a possibilidade de participar de um comércio de emissões, suplementar as ações domésticas, objetivando o cumprimento dos compromissos assumidos de limitação e redução de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Assim, o fato das licenças possuírem um valor como um artigo a ser vendido ou comercializado dá ao emissor um incentivo para reduzir suas emissões.

<sup>4</sup> **Implementação Conjunta - IC** (*Joint Implementation*): Definiu-se, entre as Conferências do Rio de Janeiro e de Quioto, como um conceito através do qual os países industrializados atingiriam suas obrigações de redução de emissões de gases de efeito estufa, recebendo créditos por investimentos em reduções nas emissões em outros países (retirado do Art.4, 2a da CQNUMC). O IC deverá atingir reduções de gases de efeito estufa em países industrializados a custos muito mais baixos, enquanto estiver fornecendo benefícios de investimentos estrangeiros aos países hospedeiros.

<sup>5</sup> **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**: O propósito real do MDL é facilitar as partes não incluídas no Anexo I a lograr o desenvolvimento sustentável e contribuírem com o objetivo final da Convenção, bem como ajudar as Partes incluídas no Anexo I a cumprirem com os seus compromissos quantificados de limitações e reduções de emissões sob o Artigo 3. Ficou definido, também, que o MDL estará sujeito à Conferência das Partes e supervisionado por um conselho executivo. Basicamente, as reduções serão certificadas por entidades operacionais designadas pela Conferência da Partes, com base nos seguintes pontos: 1) participação voluntária das partes; 2) benefícios relacionados à mitigação das mudanças climáticas reais,

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite aos países emergentes a possibilidade de desenvolverem projetos para a respectiva aquisição das denominadas Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), que poderão ser adquiridas pelos países do Anexo I, com o escopo ao cumprimento de suas metas de redução de emissões.

Segundo Amyra El Khalili (2003), os processos de MDL “[...] são alternativas que implicam em assumir uma responsabilidade para reduzir as emissões de poluentes e promover o desenvolvimento sustentável”.

No Brasil, de acordo com a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC 2008), verificam-se projetos em diversos setores; fontes renováveis de energia; eficiência e conservação de energia; reflorestamento e estabelecimento de novas florestas; e outros projetos de redução de emissões, como projetos de aterros sanitários e agropecuários. A emissão de carbono per capita no país encontra-se abaixo dos países desenvolvidos, mas acima dos países em desenvolvimento (VIOLA, 2004)

Para estudo do MDL, deve-se ter sempre a preocupação em verificar a regulamentação atualizada, conforme explica Frondizi (2009):

[...] é importante esclarecer que a regulamentação do MDL é dinâmica, refletindo não apenas as negociações no âmbito da Conferência das Partes na qualidade de Reunião das Partes do Protocolo de Quioto (COP/MOP), mas também decisões tomadas nas decisões periódicas do Conselho Executivo do MDL(...). Os princípios, as regras e a estrutura geral de funcionamento do MDL já estão definidos. No entanto, algumas dessas regras são específicas para o primeiro período de compromisso, de 2008 a 2012, e poderão ser renegociadas para períodos subseqüentes.

Além de possuir uma regulamentação dinâmica, o futuro pós 2012 ainda é uma incógnita, sendo que, os países do Anexo I, participam de constantes discussões para definir quais são as futuras metas de redução. Importantes contribuições também são realizadas por parte dos países sedes dos Projetos de MDL, os quais participam da discussão global.

---

mensuráveis e de longo prazo; e 3) reduções em emissões que são adicionais àquelas que teriam ocorrido na ausência do projeto.

## 1.1 Etapas do ciclo do projeto de MDL

De acordo com o Documento Eletrônico “*Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo*”, compilação do *site* da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC): 10 de julho de 2009. Verifica-se as sete etapas do ciclo do projeto de MDL, desde sua concepção até a emissão das RCEs.

Para que um projeto resulte em reduções certificadas de emissões –RCEs, as atividades de projeto de MDL devem, necessariamente, passar pelas etapas do ciclo do projeto, que são sete: elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto); aprovação pela Autoridade Nacional Designada – AND, que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC (verifica a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável); submissão ao Conselho Executivo para registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão de unidades segundo o acordo de projeto.

A primeira etapa na realização do projeto de MDL, realizada no país sede, é a elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP). Neste documento encontra-se a descrição minuciosa da atividade que será realizada, seus participantes, a metodologia da linha de base, a metodologia para cálculo da redução de emissões dos GEE’s, metodologia para estabelecimento dos limites da atividade, metodologia para verificação das fugas, bem como, o plano de monitoramento.

Ainda nesta fase inicial, o participante deve definir o período de obtenção dos créditos, sua justificativa sobre a adicionalidade da atividade apresentada, relatório de impactos ambientais, comentários dos atores, bem como, dados acerca da utilização ou não de fontes adicionais de financiamento.

A segunda etapa do projeto de MDL, também realizada no país sede, é a avaliação independente da atividade de projeto pela Entidade Operacional Designada (EOD), a qual verificará os requisitos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo com base no Documento de Concepção do Projeto (DCP).

A terceira etapa consiste na aprovação do projeto pela Autoridade Nacional Designada (AND). Esta aprovação depende do processo pelo qual a AND das partes envolvidas confirma a participação voluntária e a AND do país onde o MDL será executado, atesta que a atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país.

Os critérios para verificação da contribuição para o desenvolvimento sustentável do país são cinco: a) distribuição de renda; b) sustentabilidade ambiental local; c) desenvolvimento das condições de trabalho e geração líquida de emprego; d) capacitação e desenvolvimento tecnológico; e) integração regional e articulação com outros setores.

No Brasil, após a aprovação pela AND - Comissão Interministerial para Mudança Global do Clima (CIMGC), realiza-se a quarta etapa. Qual seja, a submissão do Projeto ao Conselho Executivo para sua aceitação formal pelo registro. Para que se obtenha o registro do Projeto é necessário que tenha havido aprovação por parte da AND, todavia, esta aprovação não garante o registro pelo Conselho Executivo, o qual analisa também a metodologia escolhida, a adicionalidade do projeto e outros aspectos.

Para que seja realizada a quinta etapa, necessário se faz a obtenção do registro. Podendo assim, iniciar o monitoramento através do recolhimento e armazenamento de todos os dados que serão utilizados nos cálculos de redução das emissões dos gases de efeito estufa. Para a realização do cálculo das reduções, que tenham ocorrido respeitando os limites da atividade de projeto e o período de obtenção de créditos, leva-se em conta a metodologia de linha de base estabelecida no DCP. A responsabilidade pelo monitoramento é dos participantes do projeto.

A sexta etapa consiste na verificação/certificação, que é um processo de auditoria periódico e independente onde se realiza a revisão dos cálculos de reduções de emissões ou de remoção de CO<sub>2</sub> na execução do projeto, buscando-se assim quantificar com precisão as reduções ocorridas.

Depois de verificada a atividade de MDL, o Conselho Executivo certifica que esta atividade atingiu um nível determinado de redução por certo período de tempo.

A etapa final, após a certeza por parte do Conselho Executivo de terem sido respeitadas todas as etapas do processo e, que as reduções de GEE's são reais, mensuráveis e de longo prazo, as RCEs são emitidas e creditadas aos participantes.



Com a análise das especificidades de cada uma das etapas administrativas que um projeto deve cumprir, verifica-se tratar de um processo complexo e oneroso, o que dificulta sua aplicação em atividades de pequena e média escala.

Pelo Protocolo de Quioto, um dos quesitos a serem avaliados nos projetos de MDL é o desenvolvimento sustentável. O MDL tem dois propósitos principais: “Assistir às Partes não incluídas no Anexo I a atingir o desenvolvimento sustentável” (artigo 12) e demonstrar que o desenvolvimento sustentável contribui para a redução dos riscos ambiental, social e político do projeto (AUKLAND e COSTA, 2002).

Apesar do conceito de desenvolvimento sustentável estar em construção, em sua premissa é patente o compromisso com um modelo de desenvolvimento em que o crescimento seja compatível com melhor qualidade de vida em termos sociais e ambientais (MMA, 2002). Para que o projeto de MDL seja aprovado é necessário que as atividades propostas contribuam para o desenvolvimento sustentável do país hospedeiro.

Todavia, como em toda nova atividade, os profissionais que lidam com os Projetos de MDL estão se especializando, bem como, novas metodologias de redução das emissões estão sendo aceitas. O que, invariavelmente, vem contribuindo para o maior número de Projetos de MDL com o passar do tempo.

## **1.2 Atividades de projetos no âmbito do MDL no Brasil em 10/07/2009**

De acordo com o Documento Eletrônico “*Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo*”, última compilação do *site* da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) registrado no dia 10 de julho do ano de 2009, verifica-se que o Brasil ocupa o 3º lugar em número de atividades de projetos. Nestes termos:

Um total de 5074 projetos mundiais encontrava-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL, sendo 1.717 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 3.357 em outras fases do ciclo. Como pode ser verificado nas figuras 1 e 1a, o Brasil ocupa o 3º lugar em número de atividades de projeto, com 397 projetos (7,8%), sendo que em primeiro lugar encontra-se a China com 1865 (36,8%) e, em segundo, a Índia com 1368 projetos (27,0%).

De acordo com os dados aludidos percebe-se a importância do Brasil no cenário mundial de projetos de MDL, representando cerca de 8% (oito por cento) no total de atividades de projetos de MDL, necessariamente tem uma grande importância no potencial de redução de emissões.

Ainda pelo documento citado, verifica-se que o Brasil possui a terceira posição em potencialidade de reduções de emissões associadas aos projetos de MDL, no primeiro período de obtenção de créditos. Vejamos:

Em termos do potencial de reduções de emissões associado aos projetos no ciclo do MDL, o Brasil ocupa a terceira posição, sendo responsável pela redução de 352.195.706 de tCO<sub>2</sub>e, o que corresponde a 6% do total mundial, para o primeiro período de obtenção de créditos, que podem ser de no máximo 10 anos para projetos de período fixo ou de 7 anos para projetos de período renovável (os projetos são renováveis por no máximo três períodos de 7 anos dando um total de 21 anos). A China ocupa o primeiro lugar com 2.804.274.309 tCO<sub>2</sub>e a serem reduzidas (46%), seguida pela Índia com 1.553.319.630 de tCO<sub>2</sub>e (25%) de emissões projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos.

Destarte, pelos índices apresentados, verificamos que o Brasil também possui um lugar de destaque no cenário mundial em virtude de redução das emissões de gases de efeito estufa, por meio de projetos de MDL.

Importante destacar, que além do Brasil possuir um lugar de destaque no cenário mundial de redução das emissões de GEE's, verifica-se um novo movimento atualmente. Empresas brasileiras estão assumindo compromissos de reduções de emissões, bem como, o surgimento da preocupação de setores da economia com as questões de sustentabilidade, como demonstram os textos a seguir.

A tendência atual mostra que há uma maior atratividade para projetos relacionados com geração de energia e redução de gás metano. Até 2008 estes correspondiam a 77,03% do total de projetos brasileiros (ALVIM e SANTIN, 2008).

Em matéria publicada em 24 de agosto de 2009 no jornal "O POVOonline", constata-se que as empresas brasileiras já estão assumindo o compromisso de reduções nas emissões de gases de efeito estufa. Nestes termos:

## **Empresas assinam compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa**

24 Ago 2009 - 21h13min

Um grupo de grandes empresas brasileiras vai assumir cortes na emissão de gases de efeito estufa. A ideia é reduzir a contribuição do setor industrial no balanço de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do país e aproveitar oportunidades no mercado voluntário de carbono.

Vale, Brasken, Camargo Correa, Suzano, Andrade Gutierrez, Natura e outras companhias apresentarão o compromisso em uma carta, que será entregue amanhã (25) aos ministros do Meio Ambiente, Carlos Minc, e da Ciência e Tecnologia, Sérgio Rezende.

As empresas não vão assumir metas quantitativas de redução de emissões. De acordo com o gerente da diretoria de sustentabilidade da Camargo Correa, Ciro de Carvalho Fleury, o compromisso é diminuir a emissão por unidade de faturamento. No caso das empresas do grupo que produzem cimento, o objetivo é reduzir a emissão por tonelada do produto. “Isso é possível com investimentos em tecnologia, por exemplo”, explica.

Na carta, as companhias vão se comprometer a publicar anualmente balanços de emissões de gases de efeito estufa e a incorporar a “variável do carbono” na análise de projetos e investimentos futuros, segundo Fleury.

Com a iniciativa, às vésperas da reunião da Organização das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em dezembro, em Copenhague (Dinamarca), o empresariado sinaliza para o governo brasileiro que espera posições mais firmes do país na negociação do futuro regime global de emissões, que vai complementar o Protocolo de Quioto.

“O Brasil pode assumir uma posição de liderança, não só com o discurso de país emergente, esperando compromissos dos mais ricos. Olhando para frente, temos que ter responsabilidade e contribuir com a nossa parcela de reduções”, avalia o representante da Camargo Correa.

As empresas também estão de olho em outro ponto da negociação climática global: a expansão do mercado de carbono, com o provável crescimento do comércio de emissões entre empresas e até governos nacionais. “Em todo grande projeto hoje já é um caminho natural avaliar as oportunidades financeiras da redução de emissões”, aponta Fleury.

Agência Brasil

Na reportagem da Agencia Estado, verifica-se que no dia 24 de agosto de 2009, através do Programa das Nações Unidas pelo Meio Ambiente (PNUMA), foi lançado relatório que apresenta um levantamento de dados mundiais sobre políticas públicas, que apresenta soluções ecoeficientes para o setor da construção civil.

### **Redução de emissão de Gases de Efeito Estufa de Edificações Agência Estado**

A Iniciativa Construção e Edifícios Sustentáveis e o Programa das Nações Unidas pelo Meio Ambiente (PNUMA) lançam no Brasil no dia 24 de agosto o relatório Avaliação de Políticas Públicas para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa em Edificações, resultado de um levantamento de dados mundial sobre políticas públicas, que apresenta soluções ecoeficientes para o setor de construção civil.

O estudo, feito em parceria com a Universidade da Europa Central (CEU), é parte do quarto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apresentado em 2007, o qual aborda, entre outras questões, o consumo de energia e a substituição de combustível fóssil por energia renovável.

"A leitura do relatório é recomendada a todos os profissionais da construção civil, para que a sociedade entenda as oportunidades e a importância da construção sustentável e as relações que todos nós temos com o setor. E esta é a nossa missão: capacitar pessoas para que possam auxiliar no processo de busca por resultados corretos", diz Marcelo Takaoka, membro do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e do SBCCI. (Agência Envolverde)

Constata-se pela leitura das reportagens aludidas que a preocupação com a redução das emissões dos créditos de carbono é atual. As empresas estão cada vez mais preocupadas em vincular sua imagem com a idéia de sustentabilidade perante a sociedade. Seja para melhor aceitação de seus serviços e produtos, seja para a obtenção de créditos de carbono, através da comercialização das RCE's.

De acordo com o Documento Eletrônico "*Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo*", compilação do *site* da CQNUMC em 10 de julho de 2009, verifica-se que o estado de Goiás possui 6% (seis por cento) do número de atividades de projetos de MDL no Brasil, sendo que, os estados de São Paulo e Minas Gerais lideram o ranking, com 23% (vinte e três por cento) e 16% (dezesesseis por cento) respectivamente.

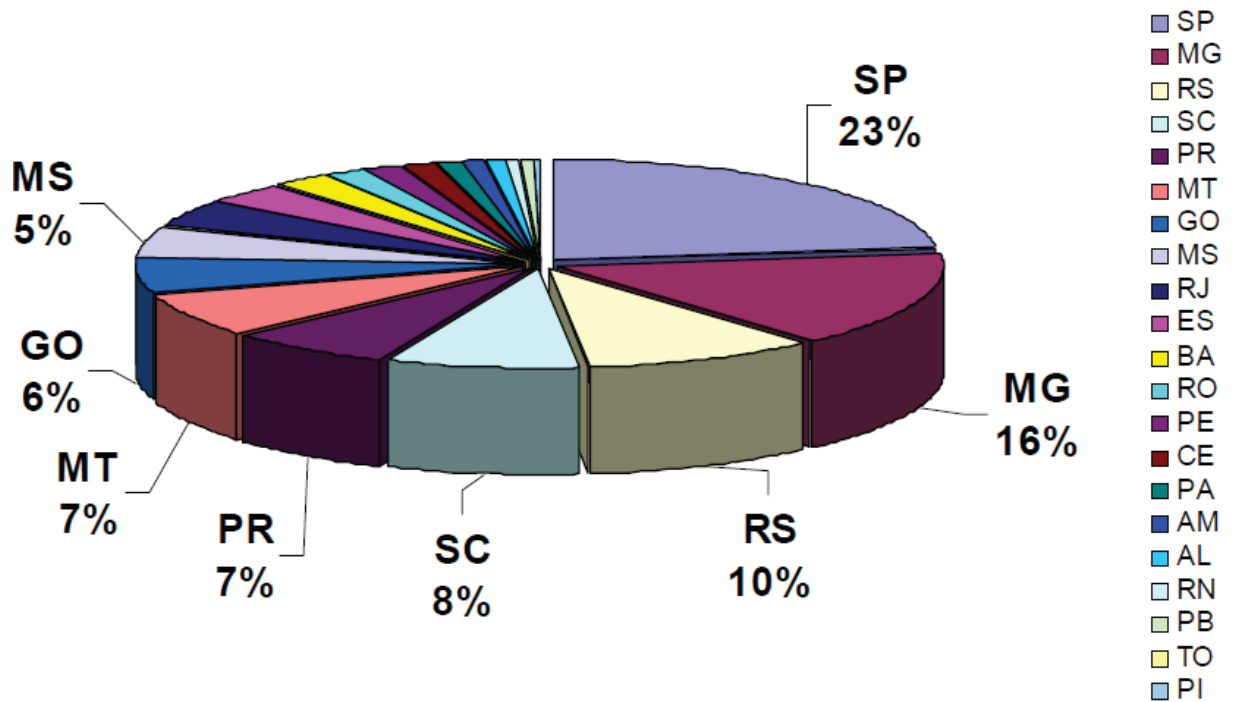


Figura 1 – Número de atividades de projeto do MDL no Brasil por estado  
 Fonte: Documento Eletrônico: Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo.

Verifica-se ainda, que as atividades de MDL desenvolvidas no Brasil estão divididas por segmentos setoriais, tendo como predominante as atividades de projeto no setor energético (Figura 2).

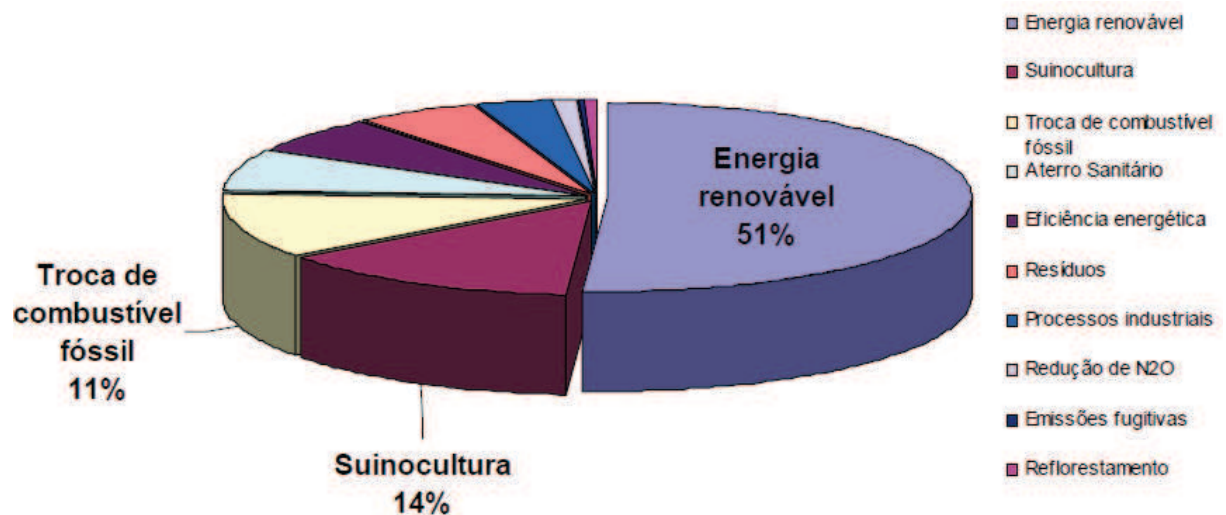


Figura 2 – Número de projetos brasileiros por escopo setorial  
 Fonte: Documento Eletrônico: Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo.

Neste contexto, considerando que a economia do Estado de Goiás se concentra na agropecuária e agroindústria, constata-se que as atividades de MDL desenvolvidas em Goiás estão mais direcionadas aos setores diretamente relacionados à sua economia.

Com a análise da participação do Estado de São Paulo, a maior do país, a qual possui 23% (vinte e três por cento) das atividades desenvolvidas nacionalmente, pode-se concluir que a participação do Estado de Goiás com 6% (seis por cento) das atividades nacionais, é uma participação relevante, pois encontra-se em sétimo lugar no cenário nacional.

### 1.3 O MDL na indústria sucroalcooleira

Usinas sucroalcooleiras podem obter RCEs mas, para isso precisam ter seus projetos aprovados junto à *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Neste projeto a usina deve demonstrar o quanto contribuirá para a redução de emissão dos gases de efeito estufa na atmosfera (MENEGUELLO e CASTRO, 2007).

A figura 3 mostra a metodologia utilizada pela UNFCCC para análise dos projetos de usinas de cana-de-açúcar, conhecida como metodologia de linha base.

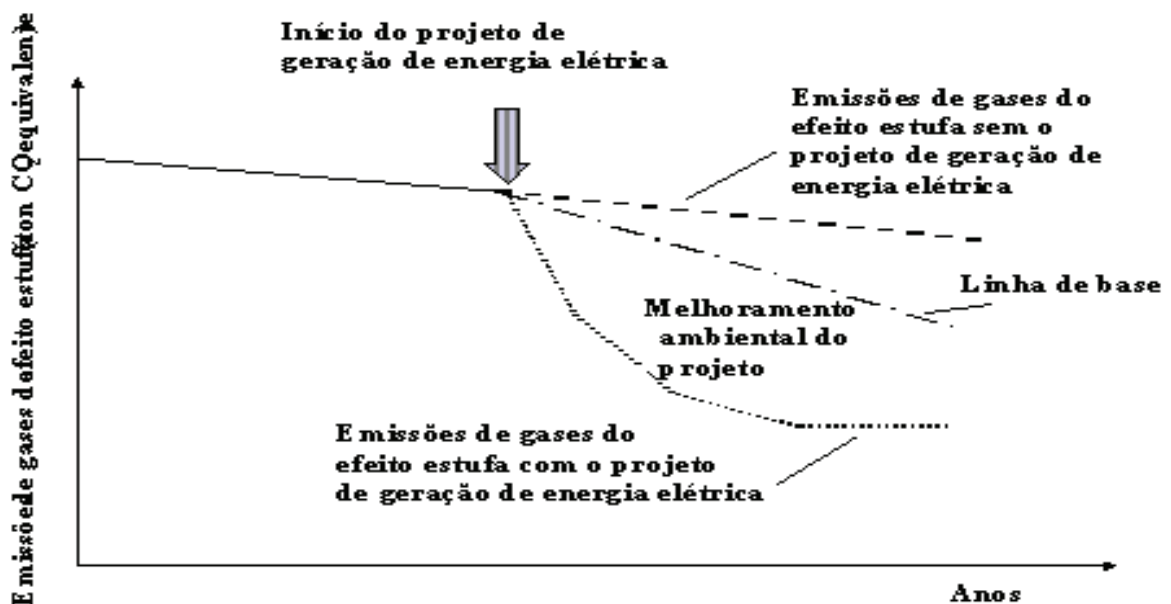


Figura 3 - Metodologia da Linha de Base.  
Fonte: MENEGUELLO e CASTRO (2007)

Observa-se que na avaliação dos projetos é considerado o quanto de gases de efeito estufa a usina emitirá no início do projeto de geração de energia e a projeção de quanto continuará emitindo sem esta alternativa, em comparação com a diminuição de emissão após a implantação do projeto. A quantidade de Certificados de Emissões Reduzidas que a usina terá direito é obtida pela diferença entre a quantidade de GEE emitidas no início do projeto, sem ele, e a quantidade emitida após a implantação do projeto.

Nesta metodologia é ainda previsto que para a usina receber as RCEs, o projeto de geração de energia deverá ser monitorado durante todo o tempo de sua vida útil a fim de verificar se as etapas da proposta estão sendo realmente atendidas. Segundo as normas do MDL, o bagaço da cana-de-açúcar só pode ficar armazenado por 1 ano (MENEGUELLO e CASTRO, 2007)

No caso de usinas sucroalcooleiras que utilizam a biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia, o sequestro de carbono durante o crescimento da cana compensa o carbono emitido para a atmosfera durante a queima do combustível, obtendo assim um balanço nulo para as emissões de carbono. Sendo assim, os créditos de carbono são obtidos uma vez que a energia elétrica gerada substituirá outras fontes de energia, como as obtidas em usinas térmicas a gás natural ou a óleo combustível, que possuem um balanço de emissões desfavorável (MACEDO, 2004).

No Brasil, até 01 de novembro de 2009 existiam 273 usinas com projetos aprovados ou em aprovação para obtenção de crédito de carbono ([www.unfccc.int/Projects/Validation](http://www.unfccc.int/Projects/Validation)), 227 projetos a mais do que em junho de 2006 (MENEGUELLO e CASTRO, 2007). Isto se deve, provavelmente, à expansão de usinas para obtenção de etanol da cana-de-açúcar e também por uma maior preocupação com a preservação do meio ambiente.

Até 2008 o Brasil tinha 244 usinas que utilizavam o bagaço de cana para geração de energia, produzindo 3.048.605 kWatts de energia o que representa 3,03% de participação neste setor (ESPARTA, 2008)

#### 1.4 O MDL na empresa Jalles Machado S/A

A empresa Jalles Machado S/A é uma das maiores indústrias do setor sucroalcooleiro do Centro Oeste brasileiro, Santos (2008) assim a defini:

A Jalles Machado S/A, é uma empresa brasileira de grande porte, localizada no município de Goianésia-GO, numa região denominada de Vale do São Patrício, conforme Figura 17. Seus produtos são comercializados, tanto em nível nacional quanto internacional, utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar.

Vale ressaltar que a empresa Jalles Machado S/A constitui-se numa das maiores indústrias do setor sucroalcooleiro da região Centro-Oeste. Sua atuação se dá na produção de açúcar, materiais para limpeza além de outros produtos que tem o álcool como princípio ativo, destacando-se o etanol utilizado como combustível. A empresa produz também energia, sendo ela considerada limpa por ser gerada através do bagaço da cana, e também comercializa crédito de carbono, dentro do MDL.

A Jalles Machado S/A foi pensada e idealizada pelo ex-governador de Goiás Otávio Lage de Siqueira. O nome foi dado como forma de homenagear o pai do exgovernador de Goiás o Sr. Jalles Machado. Jalles Machado, que também foi deputado Federal, defendeu no início do século XX o uso do etanol como fonte de combustível ecologicamente correto (JALLES MACHADO S/A, 2006a).

Ainda de acordo com Santos (2008), a empresa Jalles Machado S/A foi a pioneira no desenvolvimento de projeto de MDL e comercialização de créditos de carbono no setor canavieiro nacional. Afirma que:

Para conseguir esse feito, a Jalles Machado teve que promover fortes investimentos objetivando a contratação de técnicos e também aquisição de equipamentos, permitindo assim o domínio de uma nova tecnologia, antes só imaginada para os grandes centros.

O projeto de crédito de carbono da empresa Jalles Machado S/A baseia na eficiência energética, sendo que, com a queima do resíduo (bagaço) da cana-de-açúcar, a empresa produz energia elétrica para consumo próprio, substituindo a utilização de combustíveis fósseis, bem como, comercializa o excedente para a companhia energética.



Ainda de acordo com Santos (2008), verificamos que a Jalles Machado S/A possui um grande leque de ações ambientais através de sua Comissão Interna do Meio Ambiente (CIMA), destacando-se:

- a) programa AME a EMA;
- b) programas com a comunidade;
- c) viveiro de mudas;
- d) reflorestamento de matas ciliares;
- e) serpentário;
- f) reaproveitamento de resíduos;
- g) reserva legal extra-propriedade;
- h) manejo integrado de pragas;
- i) colheita mecanizada;
- j) projeto seringueira;
- k) cana orgânica;
- l) substituição de insumos poluentes;
- m) assistência social;

Com a realização destas ações nos campos social e ambiental, afirma Santos (2008):

Essas são as principais ações da empresa nos campos social e ambiental, e que tem permitido a ela o recebimento de certificações e de prêmios, facilitando dessa forma o processo de comercialização dos seus produtos. Além das certificações apresentadas anteriormente, a empresa possui também: o prêmio Manoel Madruga de responsabilidade social; o prêmio CREA-GO/2006 – Projeto Crédito de Carbono a partir do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL); o prêmio Máster Cana 2006 – Gestão Socioambiental e Qualidade; o prêmio Máster da Agricultura 2006 – Projeto crédito de carbono – desenvolvimento sustentável; Selo ABRINQ – empresa Amiga da Criança e o prêmio Ministério das Minas e Energia – Cogeração de energia.

Com relação às atividades sócio ambientais desenvolvidas pela Jalles Machado S/A, para o presente trabalho destacamos a ação de reaproveitamento de resíduos, caracterizada por Santos (2008) da seguinte forma:

Percebe-se que as indústrias do setor sucroalcooleiro tem sido responsáveis pela emissão de grandes quantidades de resíduos na atmosfera e também nos rios e córregos. A Jalles Machado S/A (2008), afirma que vêm trabalhando no sentido de amenizar os impactos ambientais causados por esses resíduos. Segundo ela existe uma preocupação no reaproveitamento desses resíduos. O reaproveitamento é realizado na fabricação de adubo orgânico, via compostagem, utilização como fertirrigação, através da vinhaça e geração de energia por meio da queima do bagaço da cana. Além disso, a empresa enfatiza que foi instalado na indústria um sistema “*scrubber*”, que evita que seja lançado fuligem, poeiras e outras partículas na atmosfera.

Uma das formas de reaproveitamento de resíduos é com a fabricação de adubo orgânico. As cinzas provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de energia são reutilizadas, na forma de adubo, através da mistura com outros produtos e sua administração no solo.

## 2 SUSTENTABILIDADE DO USO DO RESÍDUO DA QUEIMA DA CANA DE AÇÚCAR POR INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS

### 2.1 Uso de resíduos da cana-de-açúcar

O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo com expectativa de se ter mais de 7.000 milhões de hectares cultivados em 2007. Desta mais da metade vai para a produção de bioetanol utilizado como combustível para veículos (Resende et al, 2006). Até março do ano de 2009 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento já havia cadastrado 421 unidades produtoras no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia (BRASIL, 2009 )

No processo de queima da cana para produção de álcool há emissão de grande quantidade de CO<sub>2</sub>, importante gás do efeito estufa. Para diminuir os efeitos causados pelas emissões de gases do efeito estufa, foram criados os “créditos de carbono”, que consistem em certificados emitidos por agências de proteção ambiental para empresas que se propõe a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> (CHEVRAND, 2005). Os créditos de carbono poderão ser comercializados no mercado ([www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)).

No Brasil, a co-geração de energia nas indústrias de açúcar e álcool é prática e produz entre 20 a 30 kWh por tonelada de cana moída que são utilizadas no próprio processo produtivo ([www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)).

Na co-geração de energia é utilizado o bagaço da cana-de-açúcar, obtido durante o processo de moagem da cana para obtenção do álcool, para alimentação das caldeiras que geram vapor de água utilizado na obtenção do açúcar e do álcool, entretanto, o balanço nas emissões de CO<sub>2</sub> é praticamente nulo, pois, através da fotossíntese, a biomassa queimada é repostada no ciclo seguinte da cultura da cana-de-açúcar (CORDEIRO, 2006). Como resíduo obtém-se a cinza do bagaço. Uma tonelada de cana gera 550 kg de bagaço e 16,5 kg de cinza. De 191,67 milhões de toneladas de cana produzidas no estado de São Paulo (Brasil), foram obtidas 63,3 milhões de toneladas de bagaço de cana que resultaram em 2 milhões de toneladas de cinza.(União das Indústrias canavieiras de São Paulo). Estima-se que no Brasil são produzidas anualmente 2,5 milhões de toneladas de cinza pela queima do bagaço da cana-de-açúcar utilizado na geração de energia (IBGE, 2007).

A cinza produzida pela queima do bagaço da cana e a vinhaça são os dois resíduos da indústria sucroalcooleira de maior preocupação ambiental.

A vinhaça, considerada um efluente com alto poder poluente e alto valor fertilizante. Seu poder poluente é cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico e é decorrente do baixo pH, elevada corrosividade altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (varia de 20.000 a 35.000 mgL<sup>-1</sup>) e alto teor de matéria orgânica (FREIRE e CORTEZ, 2000; ROSSETTO, 1987). Estudos mostram que a adição de vinhaça aumenta a produção de cana a curto e longo prazo, porém o transporte para lugares mais distantes torna maior o custo de produção (RESENDE et al, 2005) e não contribui para a contaminação do solo por metais pesados como Cd, Cr, Ni e Pb durante três anos de aplicação (CAMILOTTI et al, 2007). Entretanto, A maior preocupação em sua aplicação está na contaminação por fósforo e nitrogênio que podem causar prejuízos à saúde humana e danos ambientais, como por exemplo a eutrofização (MEURER et al, 2000; RESENDE et al 2002). Todavia, sua ação depende do tipo de solo e da composição da vinhaça (SILVA, GRIEBELER e BORGES, 2007). Devido seu grande poder poluidor, em 1978 foi publicada a Portaria do Ministério do Interior n. 323 de 29/11/1978, que dispõe que, a partir da safra 1979/1980, fica proibido o lançamento direto ou indireto, do vinhoto, em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias de álcool instaladas ou que venham a se instalar no País (ABREU JÚNIOR et al., 2005).

A cinza obtida da queima do bagaço da cana é também usada como fertilizante nas próprias lavouras de cana-de-açúcar, apesar de ser um material de difícil degradação e com baixo teor de nutrientes minerais e poder trazer efeitos nocivos ao ambiente (MANHÃES, 1999). Muitas vezes é utilizada em mistura com material rico em matéria orgânica como adubo em solos das áreas plantadas com cana de açúcar, porém pouco se sabe sobre a vantagens ou desvantagens de sua utilização para este fim.

Estudos de cinzas obtidas do bagaço de cana-de-açúcar realizados por Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2009) mostraram que o produto obtido a 600 °C possui alto teor de sílica (60,96% em massa), 5,97% de CaO, 9,02% de K<sub>2</sub>O, 8,65% de MgO, 8,34% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Na<sub>2</sub>O, MnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, com teores inferiores a 1%. Os autores alertam que a composição química da cinza pode variar em função do tipo de cana-de-açúcar cultivada, fertilizantes e herbicidas utilizados, tipo de clima, solo e água.

Um dos efeitos esperados pela aplicação de cinza ao solo é o aumento do pH, uma vez que os óxidos presentes em maior proporção neste material possuem caráter alcalino. Esta variação de pH pode resultar na mudança da dinâmica de transporte de metais em solo (FERREIRA et al, 2001).

Vários metais e metalóides estão presentes em solos e sedimentos. Muitos desses, como Cu, Zn, Mn, e Fe quando em baixas concentrações são essenciais para o crescimento de plantas e são denominados micronutrientes (MALAVOLTA, 1994) mas, quando em concentrações mais elevadas podem se tornar tóxicos. Outros metais como Cd, Cr, Hg, Ni e Pb são considerados tóxicos, mesmo em concentrações baixas. O Cr além de tóxico não possui qualquer papel no metabolismo das plantas (DIXT, PANDEY e SHYAM, 2002).

O Fe e o Mn são os metais tóxicos mais abundantes nos solos, com concentrações bem maiores do que os demais elementos. A maioria dos solos brasileiros possuem concentrações de Fe entre 50 e 250 g kg<sup>-1</sup> (MELF, PEDRO e VOLKOFF, 1979) e de Mn entre 80 e 1315 mg kg<sup>-1</sup> (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001).

Fadigas (2002), utilizando diversas amostras de solos brasileiros encontraram teores totais elevados de Cd (20 a 27 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (120 a 272 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (535 a 719 mg kg<sup>-1</sup>), Pb (173 a 332 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (101 a 553 mg kg<sup>-1</sup>). Os teores de Cd, em todos os pontos avaliados, e de Cu, Pb e Zn em alguns desses pontos, estão acima dos teores permissíveis para áreas agrícolas (CETESB, 2005) que seriam: Cd, 3 mg kg<sup>-1</sup>; Cu, 200 mg kg<sup>-1</sup>; Pb, 180 mg kg<sup>-1</sup>; e Zn, 450 mg kg<sup>-1</sup>. Em relação aos teores disponíveis [5], as concentrações de Cu variaram de 9,3 a 77 mg dm<sup>-3</sup>, Fe de 9,9 a 17,4 mg dm<sup>-3</sup>, Mn de 38,6 a 83,7 mg dm<sup>-3</sup> e Zn de 3,5 a 255,8 mg dm<sup>-3</sup>, que foram acima daqueles considerados suportáveis pelas plantas (RAIJ, 1997).

Normalmente, a taxa de disponibilidade de metais para plantas no solo é baixa e depende de diversas variáveis como o pH, teor de material orgânica, mineralogia do solo, tipos de sítios de absorção, temperatura e umidade. Fatores como baixa temperatura e umidade podem diminuir a disponibilidade desses elementos para absorção pelas plantas (PETRUZZELLI, 1989, HOODA e ALLOWAY, 1996).

Devido a importância e a escassez de pesquisa nesta temática, no presente trabalho realizou-se a análise química do resíduo proveniente da queima do bagaço da cana-de-açúcar para verificar a presença ou não de metais contaminantes, bem como determinou-se mudanças nas propriedades do solo após aplicação deste resíduo em duas diferentes condições de simulação de chuva.

## 2.2 Materiais e Métodos

### 2.2.1 Coleta e Preparo das amostras de Solo

Amostras de Latossolo Vermelho distrófico de área correlata foram coletadas em área de cultivo de cana-de-açúcar na profundidade de 0 – 10 cm, por ser este o horizonte superficial que tem contato direto com o resíduo aplicado. Após coleta, as amostras foram secas ao ar, peneiradas em malha plástica de 2 mm e armazenadas em condições ambientais até utilização. As características físico-químicas do solo coletado são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-químicas do solo amostrado

Argila(%)	Silte(%)	Areia(%)	Matéria Organica(%)	pH	CTC (cmoldm <sup>-3</sup> )
54,0	17,0	29,0	2,2	5,1	6,5

### 2.2.2 Simulação das chuvas

Para simulação das chuvas foram montadas, em triplicata, colunas de polipropileno preenchidas com 134,7 g de solo, sendo que no topo das mesmas foi aplicado em triplicata cinza ou mistura (Figura 4) ou nenhum material (controle).



Figura 4 – Amostras de cinza e mistura

As colunas foram então submetidas a 4 episódios chuvosos com duração de 1 h, intensidade de 60 mm/h, e intervalo de 48 h entre episódios (Figura 5).



Figura 5- Simulação das chuvas

Amostras da solução percolante foram coletadas a cada 15 minutos durante as chuvas. Após cada chuva a solução percolada recolhida, foi centrifugada e o sobrenadante analisado por absorção atômica para determinação de Ca, Mg, K, Mn, Cu e Cr.

Após a última chuva o solo das colunas foi recolhido, seco em estufa a 40°C e digerido com HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> conforme mostra figura 6, utilizando o método 3050B preconizado pela Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA, 1995). A seguir as amostras digeridas foram analisadas por absorção atômica para determinação de teores totais de Ca, Mg, K, Mn, Cu e Cr.

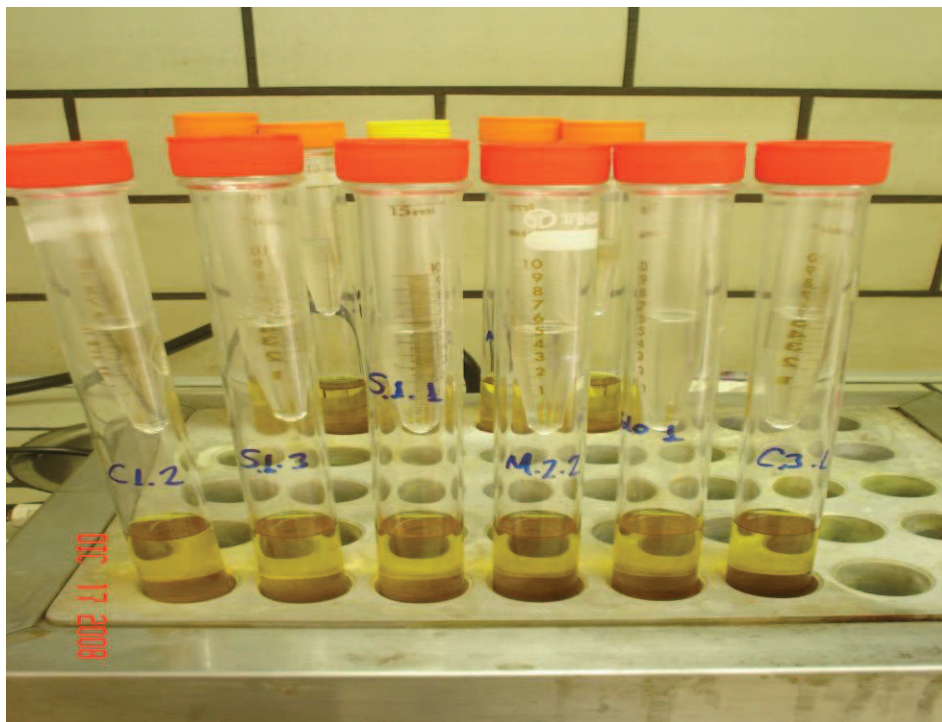


Figura 6 – Digestão das amostras

### 2.2.3 Análises estatísticas

As análises estatísticas para comparação e correlação das médias foram realizadas utilizando-se programa estatístico SAS.

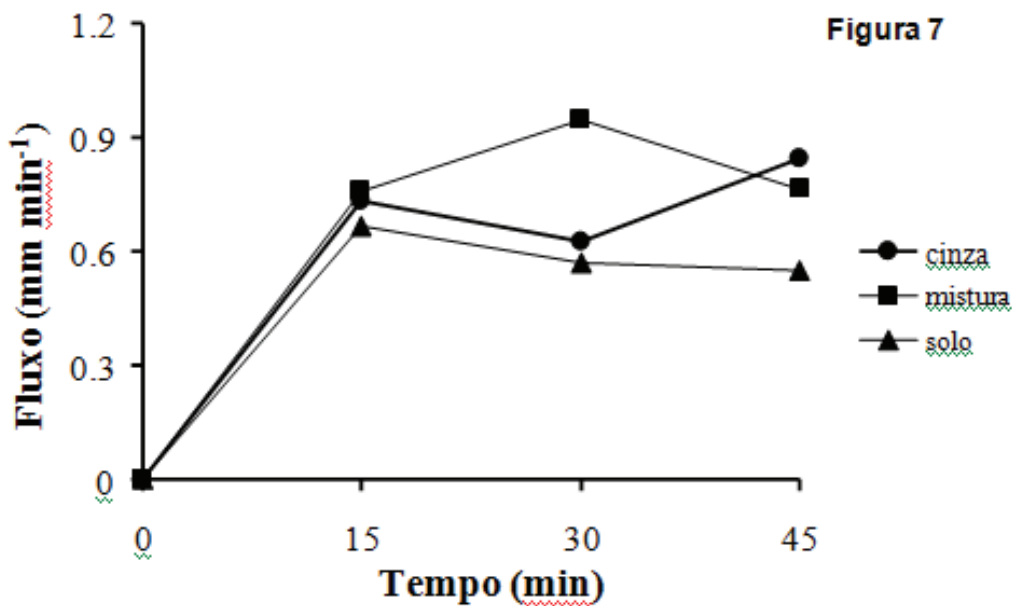
## 2.3 Resultados e Discussão

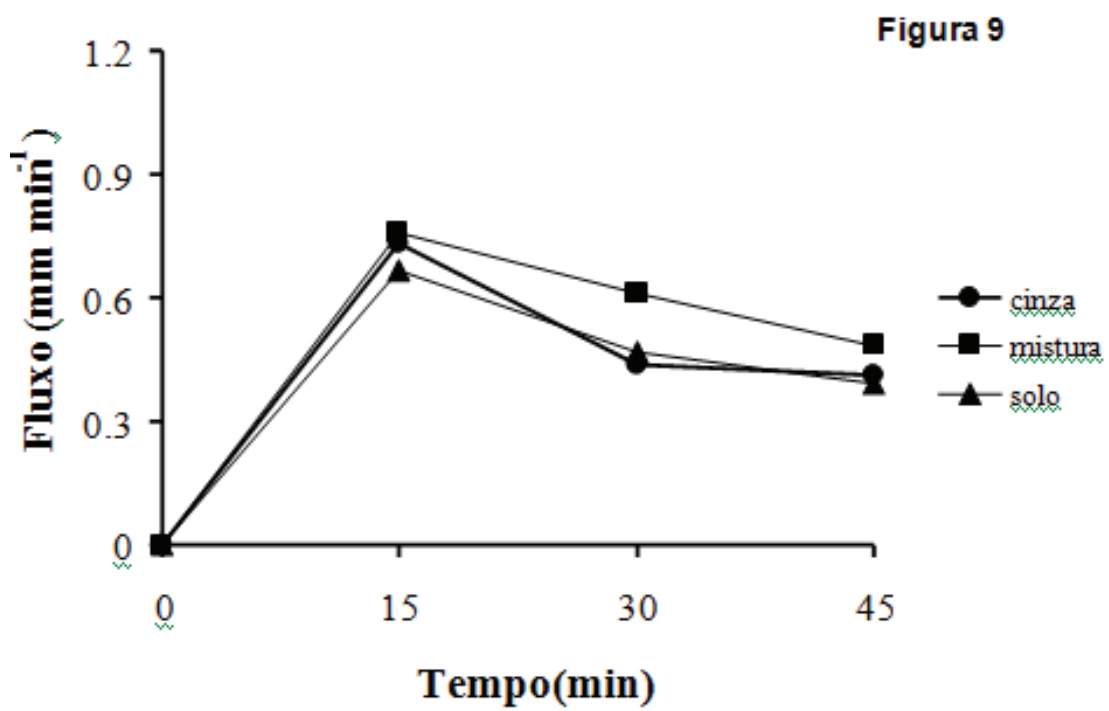
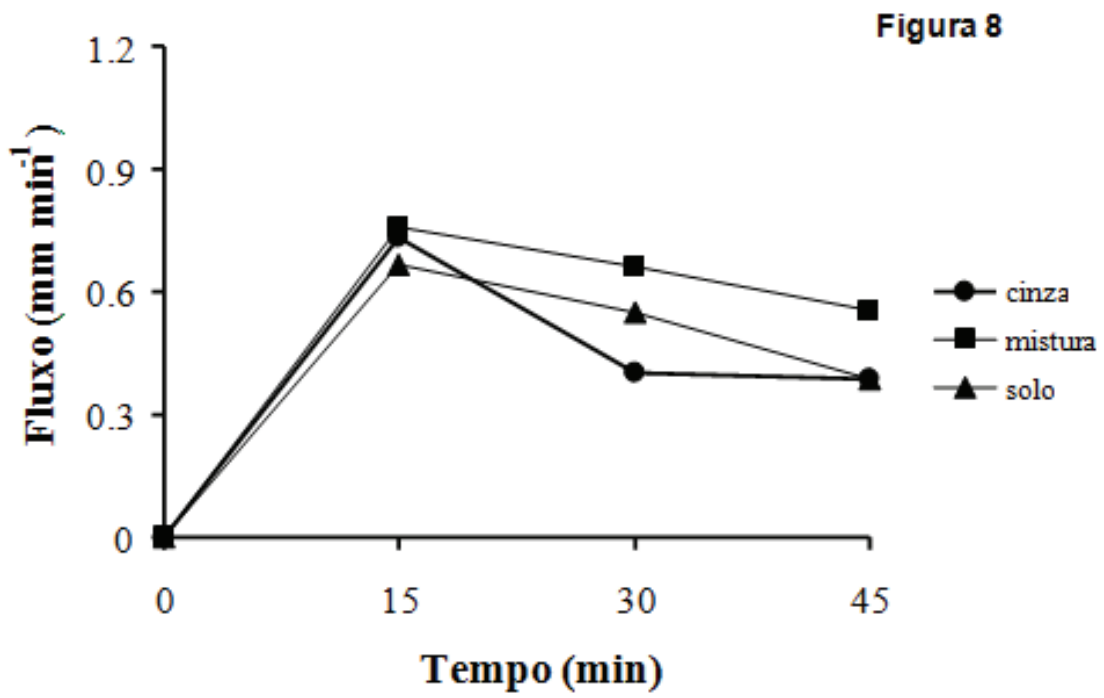
### 2.3.1 Mudanças no comportamento hidrológico do solo

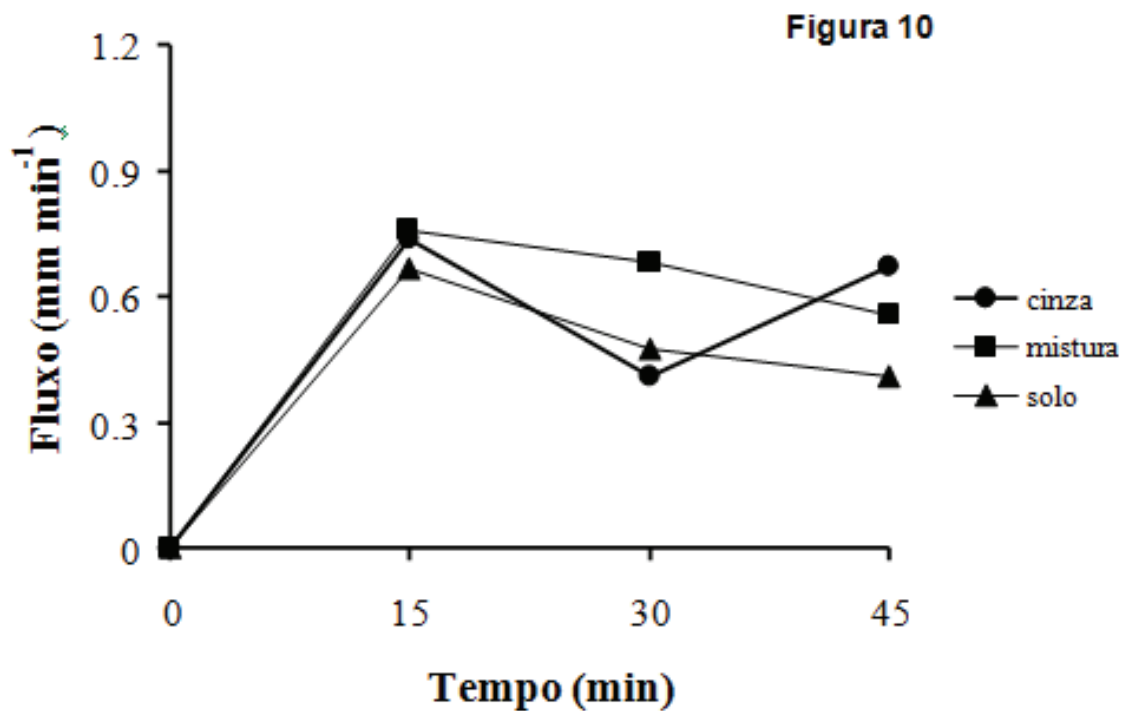


Resultados do fluxo de água acumulado nos primeiros 45 minutos de chuva são apresentados nas figuras 7;8;9 e 10.

Os hidrogramas para os três tratamentos possuem comportamentos característicos que são caracterizados por dois passos principais: 1- há um rápido aumento no fluxo de água que corresponde ao fluxo de entrada (onset) e 2 – ocorre um decréscimo lento no fluxo de água correspondente ao estado estacionário para o regime água-fluxo. A mistura e o controle mostraram comportamentos similares de decréscimo do fluxo de água após 15 minutos de chuva, enquanto para a cinza este decréscimo foi rápido entre 15 e 30 minutos e após 30 minutos houve um aumento no fluxo. Análises estatísticas mostraram que houve diferença significativa entre os fluxos de água dos tratamentos unicamente para o primeiro evento de chuva.







Figuras 7; 8; 9 e 10 - Média das variações no fluxo de água por evento de chuva para os três tratamentos.

Onde: Fig.7 – chuva 1; Fig. 8 – chuva 2; Fig.9 – chuva 3 e Fig.10 – chuva 4

No primeiro evento de chuva, os fluxos foram maiores para a mistura quando comparado com os outros tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise estatística do fluxo de água por evento de chuva para os três tratamentos. Erros representam  $\pm 1$  SE.

Tratamento	Chuva 1	Chuva 2	Chuva 3	Chuva 4
	-----mm min <sup>-1</sup> -----			
Cinza	0.736 $\pm$ 0.037a	0.507 $\pm$ 0.059a	0.527 $\pm$ 0.054a	0.604 $\pm$ 0.054a
Mistura	0.821 $\pm$ 0.033b	0.656 $\pm$ 0.037a	0.616 $\pm$ 0.041a	0.669 $\pm$ 0.032a
Solo	0.595 $\pm$ 0.045a	0.535 $\pm$ 0.062a	0.509 $\pm$ 0.059a	0.516 $\pm$ 0.062a

Valores com letra iguais indicam que não houve diferença significativa baseado no teste Tukey com  $\alpha = 0.1$ .

As variações observadas nos fluxos de água do primeiro evento de chuva para os diferentes tratamentos indicaram que a aplicação da mistura na superfície do solo aumentou a drenagem da subsuperfície durante este evento. Entretanto, a inexistência de diferenças significativas entre os tratamentos para os outros três eventos de chuvas indica que a aplicação da mistura ou cinza sobre a superfície do solo não causa variação na drenagem da subsuperfície do solo em um tempo curto.

Uma provável explicação para as mudanças no fluxo de água no tratamento mistura é que durante o primeiro evento de chuva a cinza adicionada se moveu para baixo ao longo da camada de mistura e se depositou sobre o topo do solo na coluna. A acumulação de cinza sobre a superfície do solo criou um tipo de impermeabilização diminuindo assim o fluxo de água nos eventos de chuvas subsequentes. Os resultados sobre o fluxo de água também indicaram que a superfície da coluna de solo onde foram aplicadas amostras de cinza ou mistura, se comporta como um solo exposto (tratamento controle).

Desta forma, a aplicação da cinza sobre a superfície do solo diminui a infiltração de água aumentando assim o escoamento superficial e a perda de solo. Em estudos correlatos usando biosólidos (AGASSI et al., 1998) ou cinza de Madeira (GABET e STERNBERG, 2008; ONDA et al., 2008) foram encontrados resultados semelhantes, onde ambos, biosólidos e cinza de madeira, causaram impermeabilização do solo após episódios chuvosos.

### 2.3.2 Variações na composição química da solução percolada

Dados médios da massa acumulada de metais por eventos de chuva obtidos das medidas de concentração de metais na solução percolada são mostrados nas Figuras 11; 12 e 13. No geral, os três tratamentos mostraram tendência similar de diminuição da concentração dos metais através dos eventos de chuvas. As maiores variações nas concentrações observadas entre os eventos de chuva foram para o Mn e as menores para Ca, Mg e K . Diferentemente, Cu e Cr não alteraram suas concentrações quando se compara o 1º e 4º evento chuvoso, entretanto estes apresentaram queda brusca nas concentrações no segundo evento de chuva com aumento significativo no terceiro evento e posterior decréscimo no quarto evento.

Figura 11

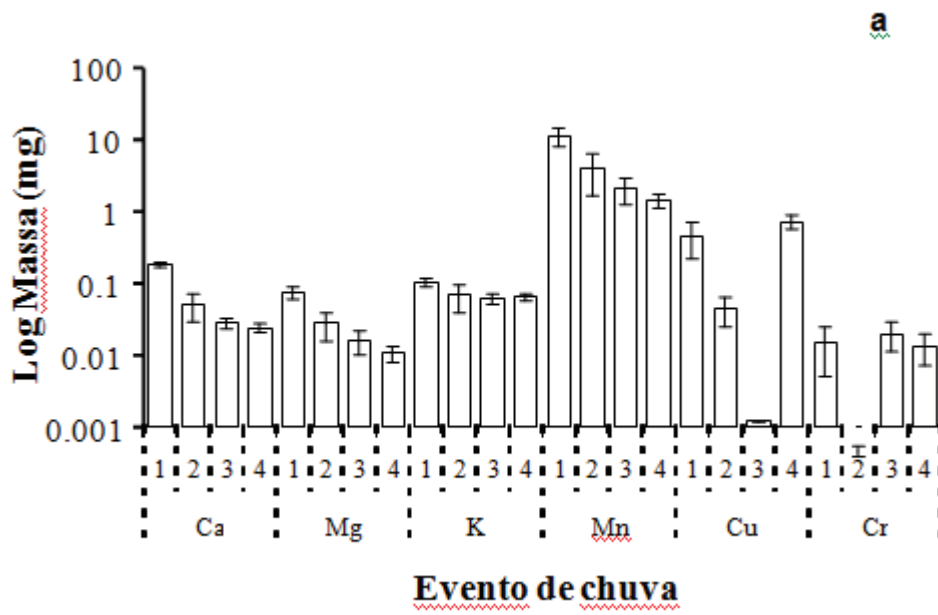


Figura 12

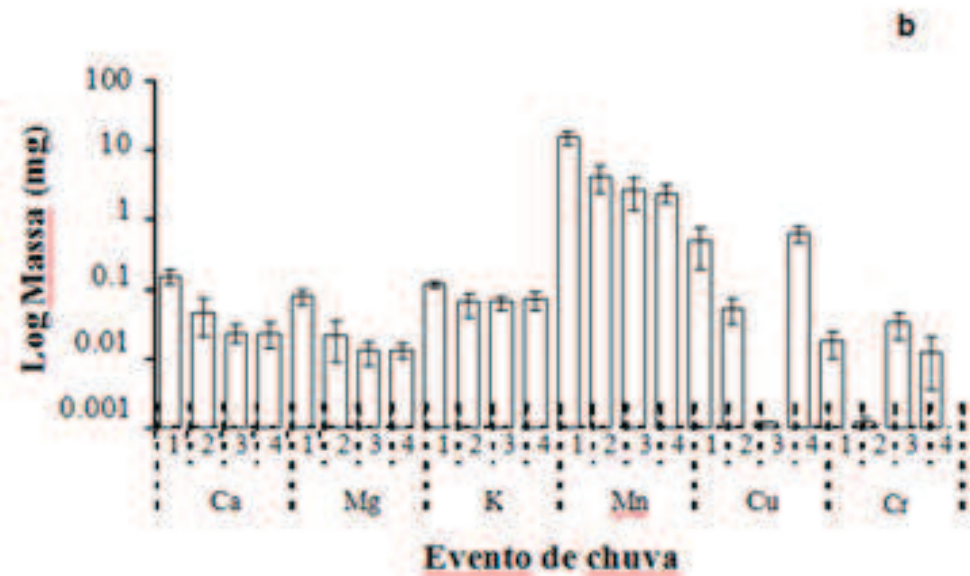
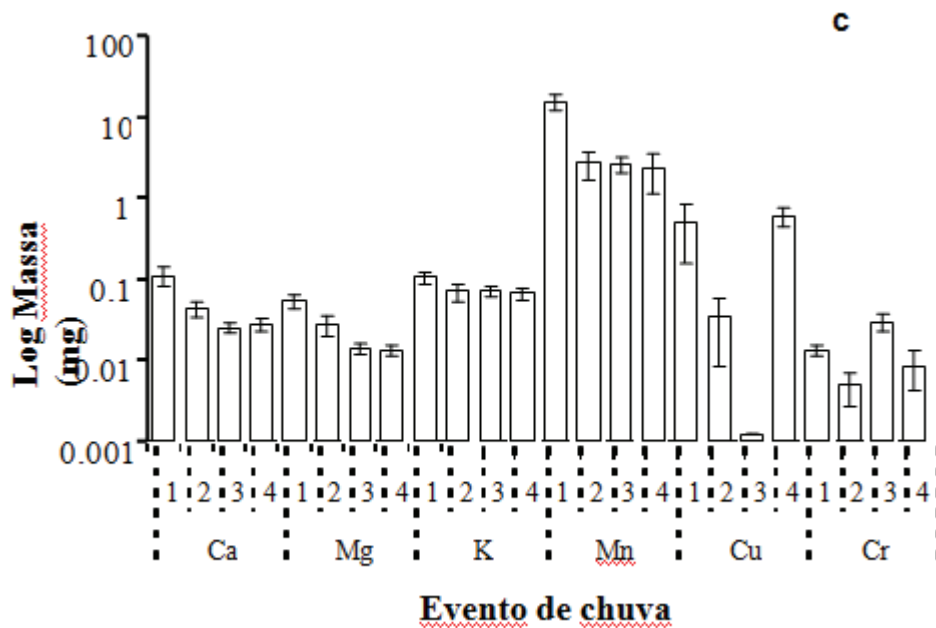


Figura 13



Figuras 11; 12 e 13 – Média da massa acumulada de metais por evento de chuva nos diferentes tratamentos: Fig. 11 – mistura; Fig.12 – cinza; Fig.13- solo controle

Dados das variações nas massas acumuladas de metais e volumes lixiviados para a primeira e quarta chuvas, são apresentados nas Figuras 14; 15 e 16 [primeiro evento de chuva (a)] e 17;18 e 19 [quarto evento de chuva (b)]. Estes eventos de chuvas foram escolhidos por terem apresentado variações mais significativas. Os gráficos mostram uma clara tendência de aumento da massa de metal com aumento do volume lixiviado em ambos, primeira e quarta chuvas. A comparação entre a primeira e quarta chuvas mostrou que há dois grupos de metais distintos que podem ser descritos como 1 – metais facilmente disponibilizados na primeira chuva e 2 – metais que foram preferencialmente disponibilizados na quarta chuva. Mn, Mg, K e Ca fazem parte do primeiro grupo, enquanto Cu compõe o segundo grupo. Não houve alteração significativa para o Cr.

Figura 14 – (primeira chuva)

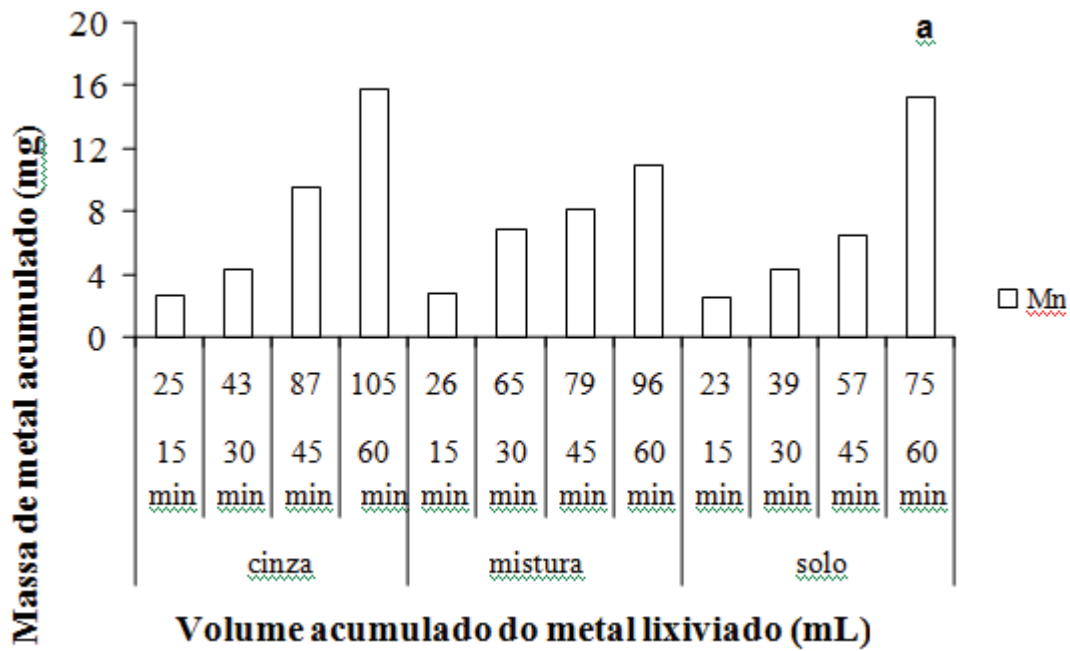


Figura 15 – (primeira chuva)

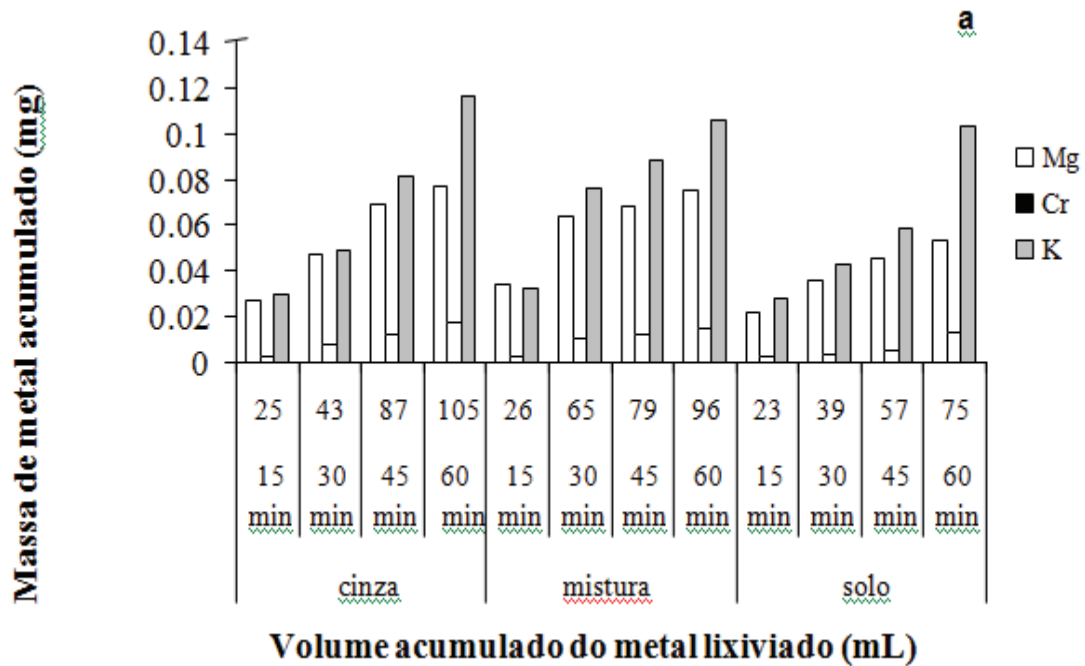


Figura 16 – (primeira chuva)

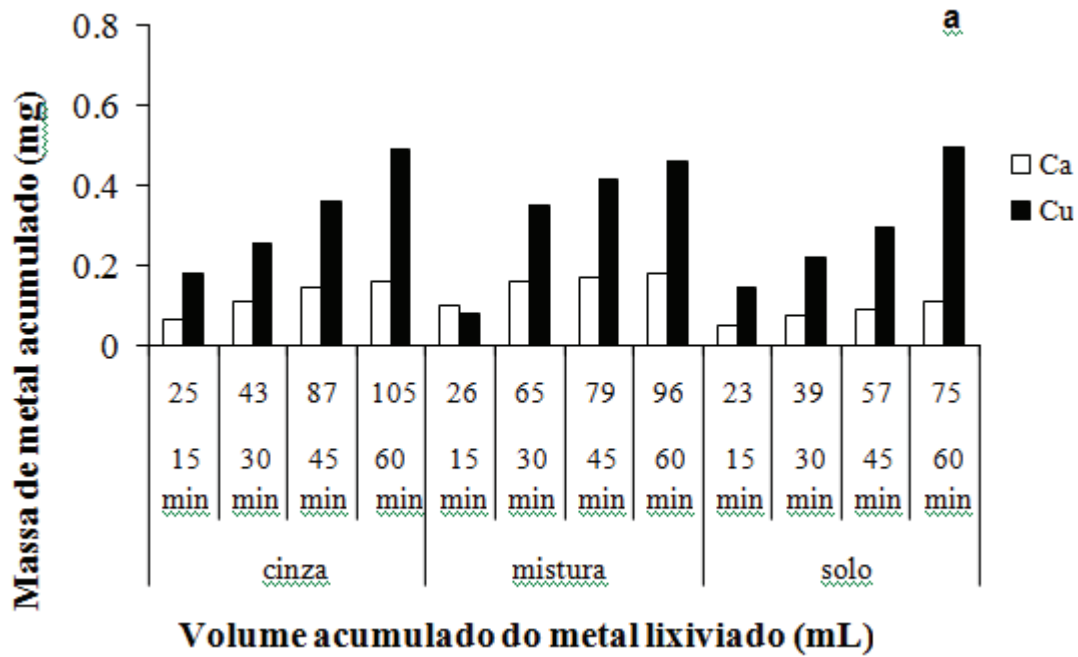


Figura 17 – (quarta chuva)

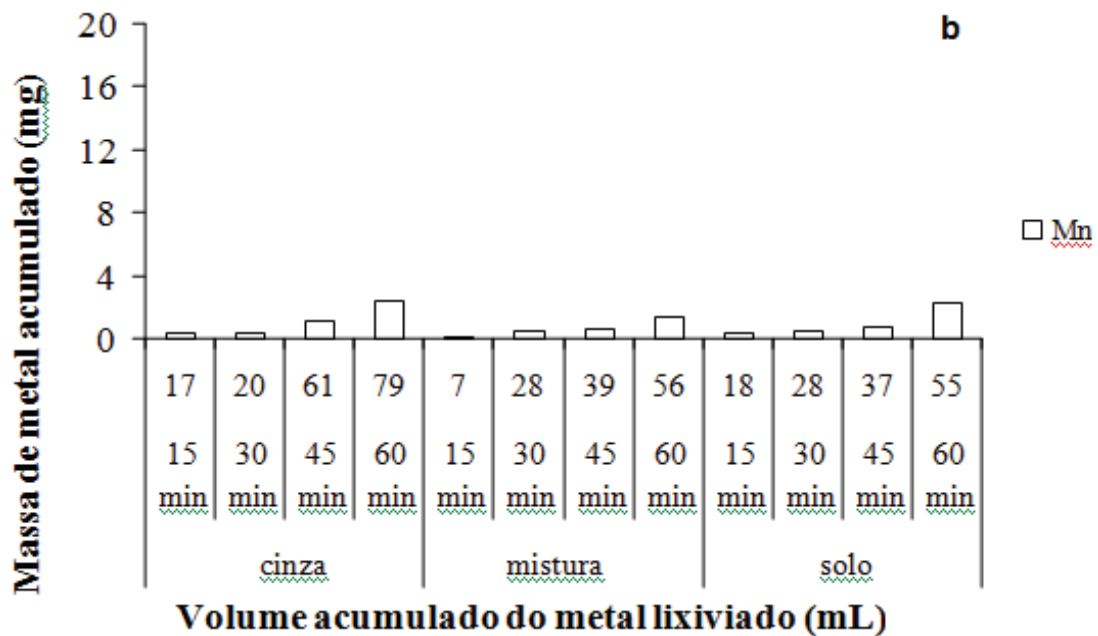




Figura 18 - (quarta chuva)

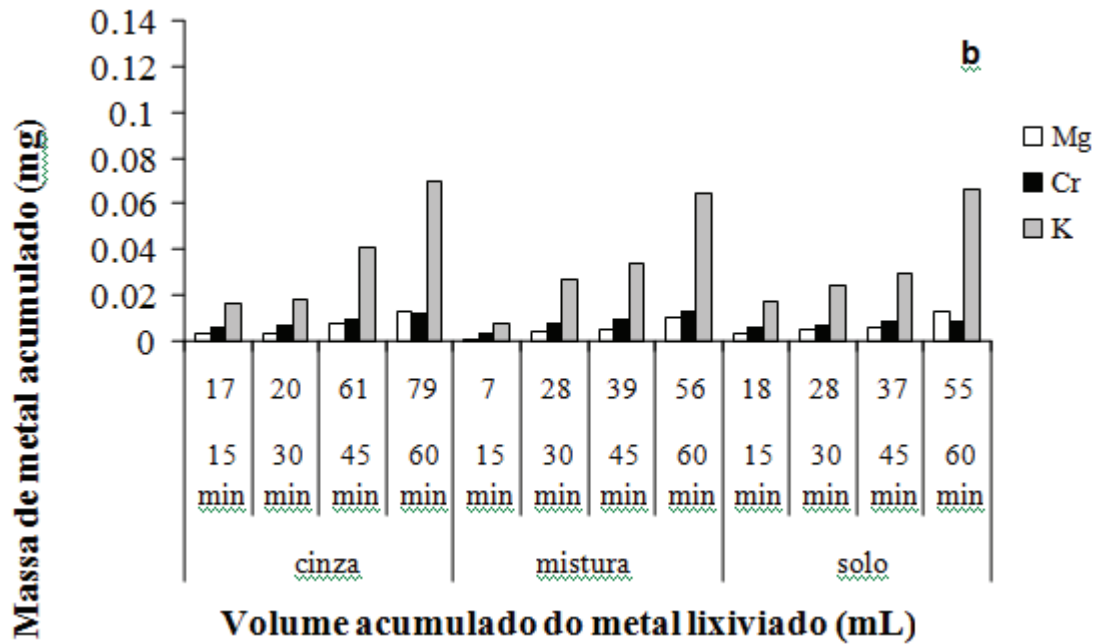
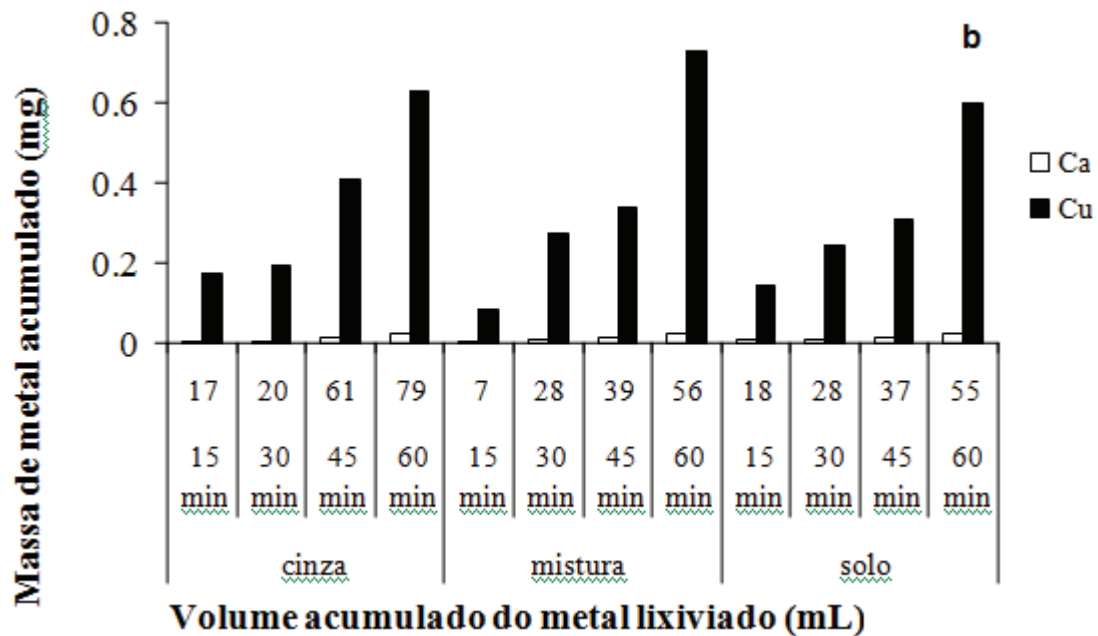


Figura 19 - (quarta chuva)



Figuras 14;15;16;17;18 e 19 – variações nas massas e volumes de metais lixiviados após o primeiro (a) e quarto (b) evento de chuvas. A amostra de solução lixiviada a 60-min foi coletada após o término da lixiviação no final das colunas.

As relações de massa de metais e volumes lixiviados encontrados (Figs. 8 e 9) indicam que os cátions do primeiro grupo tem maior mobilidade e possivelmente são mais solúveis do que os cátions do segundo grupo. Este seria o caso do Ca, K e Mg que foram relatados como cátions facilmente mobilizados em água (HUDSON, 1995). Por outro lado, Mn apresentou-se como um cátion facilmente mobilizado apesar de não ser tão solúvel em condições óxicas como os outros três cátions (LINDSAY, 1979). Entretanto, a concentração de Mn no solo original é muito alta e isto pode ter facilitado sua mobilização. Cu é um metal que encontra-se fortemente ligado às partículas do solo e por esta razão sua mobilidade é usualmente baixa em água percolante em condições naturais (ESSINGTON, 2004).

Análises estatísticas não mostraram diferenças significativas para os metais lixiviados, considerando-se os diferentes tratamentos (Tabela 3 ). Isto indica que estes vêm do solo de origem (controle) e não da cinza ou mistura. Esses resultados constituem ainda uma clara evidência que a cinza não se degradou ou solubilizou durante a sequência dos quatro eventos de chuva que ocorreram num período de 8 dias, sendo portanto bastante estável nas condições experimentais adotadas.

Tabela 3- Análises estatística do metal lixiviado para os três tratamentos ao final do quarto evento de chuva. Erros representam  $\pm 1$  SE.

Tratamento	Ca	Mg	K	Mn	Cu	Cr
	-----mg-----					
Cinza	0.015 $\pm$ 0.003a	0.008 $\pm$ 0.001a	1.881 $\pm$ 0.186a	1.439 $\pm$ 0.249a	0.073 $\pm$ 0.013a	0.004 $\pm$ 0.001a
Mistura	0.018 $\pm$ 0.004a	0.008 $\pm$ 0.001a	1.853 $\pm$ 0.205a	1.146 $\pm$ 0.188a	0.077 $\pm$ 0.017a	0.003 $\pm$ 0.001a
Solo	0.013 $\pm$ 0.002a	0.007 $\pm$ 0.001a	1.911 $\pm$ 0.207a	1.414 $\pm$ 0.307a	0.068 $\pm$ 0.014a	0.003 $\pm$ 0.001a

Valores com letra iguais indicam que não houve diferença significativa baseado no teste Tukey com  $\alpha = 0.05$ .

Correlações de Pearson entre o fluxo de água e a concentração de metais na solução lixiviada mostraram uma moderada a forte correlação entre eles para Ca, Mg, K, e Mn (Tabela 4). A correlação positiva mostra que o fluxo de água tem um impacto sobre a perda desses metais do solo original e que foi maior para o K e Mn do que para os outros metais em todos os tratamentos.

Tabela 4 - Correlação de Pearson entre o fluxo de água e a massa de metal por tratamento. Números entre parênteses representam os valores de  $p$ .

Tratamento	Ca	Mg	K	Mn	Cu	Cr
Cinza	0.51 (0.0002)	0.54 (<.0001)	0.88 (<.0001)	0.82 (<.0001)	0.46 (0.0010)	0.24 (0.0953)
Mistura	0.64 (<.0001)	0.71 (<.0001)	0.79 (<.0001)	0.82 (<.0001)	0.47 (0.0007)	0.37 (0.0086)
Solo	0.57 (<.0001)	0.58 (<.0001)	0.92 (<.0001)	0.69 (<.0001)	0.41 (0.0039)	0.41 (0.0041)

### 2.3.3 Impactos da aplicação de cinza e mistura sobre a química do solo

A quantidade de metais presentes no solo, cinza e mistura antes dos tratamentos e variações na concentração de metais do solo para todos os tratamentos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Teores dos metais no solo, cinza e mistura e nos respectivos solos coletados nas colunas.

Tratamento	Concentração antes da chuva g kg <sup>-1</sup>					
	Ca	Mg	Mn	Cu	Cr	K
Solo	-	0.013 ± 0.002	8.467 ± 0.181	1.883 ± 0.114	0.123 ± 0.004	0.260 ± 0.006
Cinza	0.140 ± 0.000	0.068 ± 0.002	49.275 ± 11.125	2.700 ± 0.250	0.108 ± 0.018	0.278 ± 0.012
Mistura	1.683 ± 0.128	0.040 ± 0.025	40.125 ± 1.425	2.575 ± 0.025	0.085 ± 0.000	0.155 ± 0.000
Tratamento	Concentração após a chuva g kg <sup>-1</sup>					
	Ca	Mg	Mn	Cu	Cr	K
Solo controle	-	0.015 ± 0.000a	8.289 ± 0.321b	1.822 ± 0.064b	0.121 ± 0.004b	0.254 ± 0.003b
Cinza	0.001 ± 0.001	0.023 ± 0.010a	10.550 ± 1.530ba	1.964 ± 0.159a	0.131 ± 0.011c	0.278 ± 0.005a
Mistura	-	0.024 ± 0.012a	10.800 ± 1.942a	1.913 ± 0.075ba	0.137 ± 0.010a	0.271 ± 0.004a

Valores com letra iguais indicam que não houve diferença significativa baseado no teste Tukey com  $\alpha = 0.1$ .

A aplicação de cinza ou mistura sobre a superfície do solo aumentou as concentrações dos metais no solo. Análises estatísticas mostraram que houve um aumento significativo nas concentrações de Mn, Cu, Cr, e K no solo tratado com cinza ou mistura após os quatro eventos de chuvas quando comparado com o controle (Tab. 5). Exceto para o tratamento com cinza, o Ca não mostrou aumento de sua concentração no solo após as chuvas e a concentração de Mg não diferiu significativamente entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos do efeito de aplicação, por cinco anos, de lodo de esgoto em solo da Tunísia, que mostraram um aumento da concentração de metais pesados no solo (ACHIBA et al, 2009) e na aplicação de cinza em solo onde ocorreu uma diminuição da lixiviação de metais (BRUNELLI e PISANI-JÚNIOR, 2006).

Correlações de Pearson foram realizadas entre o fluxo de água e as variações nas concentrações dos metais no solo após os tratamentos para se verificar possíveis conexões entre eles. Exceto para o Mn ( $p = 0.0373$  e  $r = -0.696$ ), não foi encontrada uma clara correlação entre fluxos de água e concentrações de metais no solo ( $p$  valores  $>0.05$  para Ca, Mg, K, Cu, e Cr). Isto indica que o fluxo aplicado não foi capaz de mobilizar metais no solo na mesma taxa das variações no fluxo de água. Além disso, os resultados indicam que há uma tendência dos metais presentes na cinza e na mistura de permanecerem próximos à superfície considerando que a lixiviação foi o único mecanismo de ação para a remoção deles. Todavia, acredita-se que um maior tempo de contato entre estes resíduos e o solo, bem como reações químicas eventualmente associadas a este maior tempo, poderiam afetar as taxas de remoção destes metais, mas estes não foram estudados aqui. Acredita-se que substâncias oriundas da cinza e mistura degradariam o solo facilitando assim a mobilidade dos metais para a solução. Em um artigo de revisão sobre os impactos ambientais causados pelo uso de cinza de madeira em solos de floresta, Pitman (2006) relata que a taxa de degradação/nutriente liberado de superfícies de solo após aplicação de resíduos tomam cerca de 1 a 5 anos dependendo do tipo de metal e está sujeito a vários fatores principalmente pH, velocidade da chuva, força iônica, capacidade de troca catiônica.

Neste estudo não se pôde estimar a taxa de degradação dos metais analisados após aplicação da cinza e mistura oriundos da cana devido o curto tempo e condições experimentais que não permitiram fazer extrapolações sobre o assunto. Um estudo detalhado das taxas de degradação de metais no solo após aplicação da

cinza e mistura, e como estes se relacionam com eventos de chuvas em termos de mobilidade de metais nos diferentes perfis do solo seria interessante, uma vez que são escassos esses estudos utilizando-se Latossolo.

Para estimar a perda de metal do solo, foi feito um balanço entre a quantidade de metal no solo original e a quantidade lixiviada após a quarta chuva (Tabela 6). A massa calculada mostrou em termos percentuais uma perda significativa de metal proveniente do solo. Com relação à massa inicial no solo Mg, Mn e K mostraram as maiores perdas. Uma possível explicação para estas altas perdas é que Mn e K encontravam-se em altas concentrações no solo original e isto poderia ter facilitado a perda destes metais por lixiviação.

Tabela 6 – Balanço de massa em percentual para o solo controle e solução lixiviada após os quatro eventos de chuva.

Tratamento	Ca	Mg	Mn	Cu	Cr	K
	-----mg-----					
Solo	0.0	1.8	1134.5	252.4	16.5	34.8
Solução lixiviada	0.0	0.1	22.8	1.1	0.1	0.3
% Metal lixiviado	0.0	6.0	2.0	0.4	0.3	0.9

Por outro lado, apesar das concentrações de Cu e Cr serem relativamente altas no solo original, suas perdas por lixiviação foram pequenas. Cu e Cr são metais que se ligam fortemente às partículas do solo e isso poderia dificultar sua mobilidade do solo (ESSINGTON, 2004). Semelhante ao encontrado neste trabalho, estudos com diversos biosólidos mostram que a lixiviação de metais é pequena e isto está associado à facilidade de complexão dos metais com óxidos de ferro e alumínio, e com a matéria orgânica presentes no solo (ACHIBA et al, 2009; BOUVET, FRANÇOIS e SCHWARTZ, 2007; MOHEE e BEEHARRY, 1999; KUMPIENE, LAGERKVIST e MAURICE, 2008). Devido ao baixo teor de material orgânica no solo em estudo (Tab. 1), acredita-se que o principal fator relacionado a baixa lixiviação dos metais estudados é sua ligação com a fração mineral.

## CONCLUSÃO

Com a realização deste estudo procurou-se realizar uma abordagem geral acerca do Processo de MDL, suas implicações na questão do desenvolvimento sustentável, bem como, a análise do caso concreto de obtenção de crédito de carbono da empresa Jalles Machado S/A.

Com o número de projetos de MDL realizados no Brasil, verifica-se que o país possui lugar de destaque no cenário mundial, contribuindo assim de forma significativa para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Verificou-se ainda um importante fator vinculado ao Projeto de MDL, que caracteriza-se no desenvolvimento de novas tecnologias com implicações diretas nas matrizes energéticas. No caso específico da empresa Jalles Machado, constata-se que a queima do bagaço da cana-de-açúcar implica diretamente na geração de energia.

Outra preocupação não menos importante dos projetos de MDL é a questão da sustentabilidade, considerando para aprovação dos projetos a capacitação e desenvolvimento de novas tecnologias, criação de empregos, distribuição de renda, e integração regional.

Na análise realizada com a cinza proveniente da queima do bagaço pela empresa Jalles Machado S/A, verificou-se que a variação das concentrações de metais não foi significativa para o solo (controle), indicando que a aplicação dos 4 episódios chuvosos não interferiu no teor dos metais analisados (Tabela 4). Houve aumento significativo das concentrações de Mn, Cu, Cr e K no solo após aplicação da cinza e mistura.

Ressalta-se que o horizonte de solo coletado em campo foi o horizonte A, o qual contém maiores teores de matéria orgânica, e que o solo é um Latossolo caracterizado por baixa disponibilidade de cargas negativas na fração mineral. A baixa disponibilidade de cargas negativas na fração mineral dificulta a retenção do metal, favorecendo assim a ligação destes com a matéria orgânica. Desta forma, a formação de ligações químicas envolvendo a matéria orgânica e os metais transportados pelas chuvas seria o fator responsável pelo aumento dos teores dos metais nas colunas com aplicação de cinza e mistura. Com exceção do K, os teores dos macronutrientes Ca e Mg não mostraram aumentos significativos no solo das

colunas com cinza e mistura. Isso indica que não houve incorporação de Ca e Mg ao solo após aplicação da cinza e mistura e incidência de chuvas.

Dessa forma, não houve aumento da fertilidade do solo após a aplicação de cinza e/ou mistura, com base nos teores de Ca e Mg. Ao contrário a utilização do resíduo de incineração do bagaço de cana na lavoura pode levar ao aumento dos teores de alguns micronutrientes no solo, podendo estes atingirem níveis tóxicos e se tornarem fontes de contaminação.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos Especiais em Ciência do Solo, Viçosa*, v.4, p.391-470, 2005.

ACHIBA, W.B.; GABTENI, N.; LAKHDAR, A.; LAING, G.D.; VERLOO, M.; JEDIDI, N.; GALLALI, T. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.110, p. 156-163, 2009.

ALVIM, A.M.; SANTIN, M.F.C.L. Os impactos da demanda por crédito de carbono sobre o mercado de certificações de reduções de emissões no Brasil. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco (AC), 2008.

AUKLAND, L.; COSTA, P. M. Laying the foundations for clean development: preparing the land use sector. A quick guide to the Clean Development Mechanism. London, 2002. 39 p.

BOUVET, M.; FRANÇOIS, D. SCHWARTZ, C. Road soil retention of Pb leached from MSWI bottom ash. *Waste Management*, v. 27, p. 840-849, 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Produção e Agroenergia Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia. Relação das Unidades Produtoras Cadastradas no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia Posição 23/03/2009

BRUNELLI, Angela Maria Macuco Do Prado ; PISANI JÚNIOR, R. . Proposta de Disposição de Resíduo Gerado a partir da Queima do Bagaço de Cana em Caldeiras como Fonte de Nutriente e Corretivo do Solo. In: XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este. Anais do XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este : Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. v. 1. p. 1-9.

CAMILOTTI, F.; MARQUES, M.O.; ANDRIOLI, I.; SILVA, A.R.; TASSO JUNIOR, L.C.; NOBILE, F.O. Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.27, n.1, p.284-293, 2007.

CETESB. *Decisão de diretoria No 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005*. [Online] Homepage: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela\\_valores\\_2005.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf)>.

CHEVRAND, D. (2005) Protocolo de Quioto leva gás carbônico para as bolsas de mercadorias. Disponível na internet: <[www.biodiversidadedaamazonia.com.br](http://www.biodiversidadedaamazonia.com.br)>. Acesso em março de 2005.



Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, 1992. Disponível em: [http://www.onu-brasil.org.br/doc\\_clima1.php](http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima1.php) Acesso em: 14 de maio. 2008.

CORDEIRO, G.C.; TOLEDO FILHO, R.D. e FAIRBAIRN, E.M.R., Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios Quim. Nova, Vol. 32, No. 1, 82-86, 2009.

CORDEIRO, G. C.; Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DIXT, V.; PANDEY, V. e SHYAM, V. Chromium ion inactivate electron transport and enhance superoxide generation in vivo in pea (*Pisum sativum* L. cv: Azad) root mitochondria. *Plant and Cell Environment*, 25:687-693, 2002.

EL KHALILI, Amyra. O que São Créditos de Carbono? *Revista Eco* 21, ano XII, n. 74, jan. 2003. Disponível em: [http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./noticias/index.php3&cont\\_eudo=./noticias/amyra/creditos.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./noticias/index.php3&cont_eudo=./noticias/amyra/creditos.html). Acesso em: 13 maio. 2008.

EMPRESAS assinam compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa, *O POVOonline* Disponível em: <http://www.opovo.com.br/brasil/904138.html>. Acesso em: 27 ago. 2009.

ESPARTA, A.R.J.Redução de emissão de gases de efeito estufa no setor elétrico brasileiro: a experiência do mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Kyoto e uma visão futura. Tese de doutorado. Programa interunidades de pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008, 111p.

ESSINGTON, M.E. Chemistry and adsorption reactions. In: *Soil and water Chemistry: an integrative approach*. CRC Press: Boca Raton, Florida, p.311-398, 2004.

FADIGAS, F.S; AMARAL-SOBRINHO N.M.B; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C. & ALESSANDRA ALEXANDRE FREIXO, A.A. 2002. Concentrações Naturais de Metais Pesados em Algumas Classes de Solos Brasileiros. *Bragantia*, 61(2):151-159.

FERREIRA, M. E.; CURZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A.; Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura, CNPq, FAPESP, Potafos: Jaboticabal, 2001.

FREIRE, W. J.; Cortez, L. A. B. Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p

FRONDIZI, Isaura. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – Guia de Orientação – 2009. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0202/202614.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0202/202614.pdf). Acesso em 21 julho 2009.

HOODA, P. S. & ALLOWAY, B. J. 1996. The effect of liming on heavy metal concentrations in wheat, carrots and spinach grown on previously applied soils. *The Journal of Agricultural Sciences*, 127: 289-294.

HUDSON, B.D. Reassessment of Polynov's Ion Mobility Series. *Soil Sci. Soc. Am. J.* V.59, 1101-1103, 1995.

<http://www.ibge.net/home/estatistica>, acessada em Novembro 2007

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*, 3rd ed. Florida, CRC Press, Boca Raton. 315 p.

KUMPIENE, J.; LAGERKVIST, A.; MAURICE, C. Stabilization of As, Cr Cu, Pb and Zn in soil using amendments – A review. *Wast Management*, v. 28, p. 215-225, 2008.

LINDSAY, W. L. Chemical equilibria in soils. New York : Wiley-Interscience, 1979. 449 p.

MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. A. R. *Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil*. São Paulo-SP: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2004.

MALAVOLTA, E. 1994. *Fertilizantes e seu Impacto ambiental, metais pesados, mitos, mistificações e fatos*. São Paulo, Produquímica. 259 p.

MANHÃES, M. S. Adubação, correção do solo e uso de resíduos da agroindústria. In: *Tecnologia Canaveira nas Regiões Norte Fluminense e Sul do Espírito Santo - Boletim Técnico*, n.12. Campos dos Goytacazes: UFRJ, p.p. 24-31, 1999.

MELFI, A.J.; PEDRO, G. & VOLKOFF, B. 1979. Natureza e distribuição dos misturas ferríferos nos solos do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3: 47-54.

MENEGUELLO, L.A.; CASTRO, M.C.A.A. O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, v. 8, No. 1, 33-43, 2007

MEURER, F.M.; BARBOSA, C.; ZONETTI, P. Da C., MUNHOZ, R.E.F. Avaliação do Uso de Bagaço de Cana-de-açúcar como Substrato no Cultivo de Mudanças de Orquídeas. *Rev. Saúde e Biol* v.3, n.2, p.45-50, 2008.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Agenda 21 brasileira: ações prioritárias. Disponível em <[www.mma.gov.br/port/se/agen21/doc/acoesprio.pdf](http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/doc/acoesprio.pdf)>. Acesso em: 14 novembro 2002.

MOHEE, M.; BEEHARRY, R.P. Life cycle analysis of compost incorporated sugarcane bionergy systems in Mauritius. *Biomass and Bioenergy*, v. 17, p. 73-83, 1999.

PETRUZZELLI, G. 1989. Recycling wastes in agriculture: heavy metal bioavailability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27: 493-503.

PITMAN, R. M. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. *Forestry*, v. 79, n° 5, p. 563-588, 2006.

Protocolo de Quioto, 1997. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0012/12425.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2008.

Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC). Disponível em: <http://www.ecolatina.com.br/pdf/IPCC-COMPLETO.pdf>. Acesso em: 9 maio 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. 1997. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo. 285p. (Boletim técnico, 100).

REDUÇÃO de emissão de Gases de Efeito Estufa de Edificações, *Agência Estado*, Disponível em: <http://www.abril.com.br/noticias/economia/reducao-emissao-gases-efeito-estufa-edificacoes-479583.shtml>. Acesso em: 27 ago. 2009.

RESENDE, A.S., XAVIER, R.P., OLIVEIRA, O.C.URQUIAGA, S. ALVES, B.J.R. e BODDEY, R.M, Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. *Plant and Soil*, 281, 339–351, 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 4.ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p

SANTOS, José M. Crédito de Carbono e o desafio do desenvolvimento sustentável. Dissertação de Mestrado - Multidisciplinar em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica. 2008.

SILVA, M.A.S; GRIEBELER, N.P. e BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.11, n.1, p.108-114, 2007.

Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo. disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/30317.html>. acesso em 21/07/2009.

VIOLA, E.; SIMÕES, S. Decision Maker's Perceptions of International Policy-Making on Global Change, In: ESTER, P.; VINKEN, H.; SIMÕES, S.; AOYAGI-USUI, M. (Eds.) *Culture and Sustainability. A Cross National Study of Cultural Diversity and Environmental Priorities among Mass Publics and DecisionMakers*. Amsterdam, Dutch University Press, 2003

VIOLA, E. BRAZIL IN THE CONTEXT OF GLOBAL GOVERNANCE POLITICS AND CLIMATE CHANGE, 1989-2003. *Ambiente & Sociedade*, v. VII, n°. 1, 2004.

ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas:Fundação Cargill, v.2, p.435-504, 1987.

[www.unfccc.int/Projects/Validation](http://www.unfccc.int/Projects/Validation), consultado em 07/11/2009