

# Carreadores da cultura da cana-de-açúcar: vantagens e desvantagens do tratamento do subleito

## Earth roads from sugar cane plantations: advantages and disadvantages of treatment of the subgrade

### RESUMO

Os carreadores da cana-de-açúcar fazem parte da malha viária responsável pelo escoamento da matéria-prima até a agroindústria. São importantes também pelo potencial de erosão, ficando constantemente expostos a fatores como o Sol, a chuva e o trânsito de veículos pesados. Nesta pesquisa foi feita uma breve comparação do tratamento ao qual são submetidos alguns carreadores da cultura da cana-de-açúcar, tendo como base uma fazenda de cana localizada na bacia do Ribeirão do Feijão (SP). Esta análise foi feita comparando-se as alternativas de nivelamento e de revestimento primário das estradas. Ambas oferecem vantagens e desvantagens, sendo o nivelamento a mais vantajosa economicamente. Ambientalmente ambas oferecem riscos. No entanto, o revestimento primário seria mais indicado para o combate à erosão do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** cana-de-açúcar, carreadores, combate à erosão do solo

### ABSTRACT

The earth roads at sugar cane plantations are part of the road network responsible for the flow of raw materials to agro-industry. They are also important for potential erosion, getting constantly exposed to factors like the sun, rain and heavy vehicle traffic.

In this work a feasibility of the treatment of some sugar cane earth roads was analyzed, taking as a basis a sugar cane farm located on the Ribeirão do Feijão watershed (SP).

This analysis was done comparing the alternatives leveling and primary coating. Both offer advantages and disadvantages, leveling the most economically advantageous. Environmentally both offer risks. However, the primary coating would be more advisable for the fight against soil erosion.

**KEYWORDS:** sugar cane, earth roads, combating soil erosion

**Gustavo D'Almeida Scarpinella**<sup>1</sup>  
Engenheiro Agrônomo, Pós-doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – UFSCar  
São Carlos, SP, Brasil  
gscarpinella@gmail.com

**Renato Billia de Miranda**  
Engenheiro Eletricista,  
Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - EESC/USP  
São Carlos, SP, Brasil  
eng.renato.miranda@gmail.com.

**Frederico Fábio Mauad**  
Engenheiro Agrícola, Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - EESC/USP  
São Carlos, SP, Brasil  
mauadffm@sc.usp.br

---

<sup>1</sup> Trabalho extraído da tese de doutorado do primeiro autor. Fonte financiadora: CNPq.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a atividade agrícola em maior expansão no Estado de São Paulo, representando aproximadamente 60% de toda a produção nacional, sendo inferior, em área, somente em relação à pecuária. O Estado de São Paulo apresenta uma área de 20 milhões de hectares agricultáveis e a cana já está instalada em 5,7 milhões deles (VIEGAS, 2010).

O horizonte para a expansão da cultura da cana-de-açúcar no Brasil firma-se novamente em virtude de acontecimentos, como o desenvolvimento dos veículos bicomustíveis a partir de 2003 (*flexfuel*) e a legislação nacional para adição de uma porcentagem do álcool à gasolina (BRASIL, 2006).

Tal incremento da cultura da cana e a conversão de áreas de pastagem em canaviais, pode conduzir à erosão do solo pelo seu constante revolvimento e movimentação.

A cultura da cana é formada pelas áreas de cultivo (talhões) e pelas áreas de escoamento deste cultivo: os carregadores. Os carregadores da cana-de-açúcar apresentam suas superfícies geralmente sem cobertura vegetal, pois servem como via de acesso entre os talhões e têm papel de aceiros, evitando que, em caso de fogo, haja propagação das chamas de um talhão para o outro. Considerando uma média de área de 5% de carregadores (valor obtido através da investigação de 130 fazendas de cana localizadas na bacia hidrográfica estudada) em um universo de 5,7 milhões de hectares, há uma área de aproximadamente 285.000 hectares de carregadores nas mais diversas condições de manutenção, de acordo com o tipo de gerenciamento à qual a fazenda se enquadra.

A erosão hídrica em estradas de terra é um problema cíclico, que sofre agravamento nos períodos de chuva.

A incipiência de estudos que tratem da erosão do solo em carregadores de cana (e seus impactos ao meio ambiente), além da importância que os mesmos apresentam dentro da cadeia produtiva do açúcar e do álcool, evidenciam a necessidade de abordagem do presente tema.

## 1. OBJETIVO

Discussão comparativa da manutenção do subleito de carregadores da cultura da cana-de-açúcar, considerando os tratamentos de nivelamento e revestimento primário, tomando como estudo de caso uma fazenda de cana localizada na bacia do Ribeirão do Feijão (SP).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Estradas de terra

As estradas de terra (ou estradas não pavimentadas) representam uma grande extensão da rede viária brasileira, servindo como escoadouro da produção agropecuária e via de deslocamento para moradores a serviços de saúde, lazer e educação do campo à cidade (ODA *et al.*, 2001). De acordo com ZOCCAL (2007), o Estado de São Paulo apresenta uma malha viária de 250.000 quilômetros de estradas, sendo que aproximadamente 220.000 quilômetros são de estradas não pavimentadas. O mesmo autor ainda afirma que estas estradas “contribuem com 50% do solo carregado aos mananciais e 70% das erosões existentes”.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1988), uma estrada de terra deve apresentar duas características para que sejam garantidas as mínimas condições satisfatórias de tráfego:

**a) boa capacidade de suporte** - “É a característica que confere à estrada sua capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego”. A baixa

capacidade de suporte pode originar deformações:

ondulações transversais e formação de rodeiros. A formação de lama, após chuvas mais intensas, é outra característica de estradas com baixa capacidade de suporte. Os problemas decorrentes de uma baixa capacidade de suporte devem-se as deficiências localizadas no subleito (terreno natural sobre o qual se implantou a estrada), na camada de reforço (sobre o subleito, usada para melhorar as suas características), ou em ambos os casos.

Para se garantir uma boa capacidade de suporte é necessário que sejam usados materiais granulares (cascalho e areia, entre outros) e que haja compactação do solo após a aplicação destes materiais. É necessário, no entanto, que haja um material ligante para que os materiais granulares sejam aglutinados (no caso, a argila). Caso contrário, poderá haver derrapagem e formação de ondulações transversais, popularmente chamadas de “costelas de vaca”, ou ondulações longitudinais, conhecidas também como “facões”. Após a sua aplicação (mistura da argila com areia e/ou cascalho) deve haver a compactação do terreno para que o material granular e o material ligante exerçam suas funções de forma satisfatória.

**b) boas condições de rolamento e aderência** - As condições de rolamento de uma estrada são aquelas que podem interferir sobre a comodidade e a segurança durante o tráfego. Irregularidades na pista como esburacamento, pista escorregadia e materiais soltos (que podem provocar derrapagem ou ricocheteio de material) são fatores que afetam as condições de rolamento.

Já a aderência diz respeito às condições de atrito na qual a estrada se encontra. Uma estrada com características de boa aderência não permite ao veículo a rotação de suas rodas em falso.

De acordo com o IPT (1988), uma série de problemas que ocorrem em estradas de terra, como ondulações, rodeiros, atoleiros, areiões de espigão e de baixada, pista derrapante, segregação lateral, buracos e erosões, têm ligação com a deficiência no revestimento do subleito ou no sistema de drenagem da estrada. Tais complicações são revertidas com a devida retirada da água das estradas e a implementação de um tratamento do subleito.

### Carreadores

Dá-se o nome de carreadores a todas as vias geralmente não pavimentadas, localizadas dentro ou fora de propriedades rurais, com a função de escoar a produção de uma cultura agrícola de uma determinada área.

Os carreadores, embora sejam vias trafegáveis e localizem-se no interior das propriedades rurais, não são contabilizados. No entanto, seu montante, somente no Estado de São Paulo, pode ser superior a 700.000 quilômetros lineares de extensão, se for considerada uma largura média de 4 metros e ocorrência, em área, de 5% destas vias em fazendas de cana-de-açúcar.

Os carreadores podem apresentar revestimento de seu subleito, ou não, dependendo de

sua importância logística e da manutenção aplicada à propriedade (que deriva do sistema de gerenciamento da mesma).

GALETI (1987) afirma que as estradas e os carreadores são pontos vitais no desenvolvimento das atividades dentro de uma propriedade agrícola. Sua função é de garantir fluxo de carga e pessoas, especialmente e ao longo de todo o ano. No entanto, a má disposição destas estradas em relação aos talhões de cultivo e terras adjacentes, e a recepção de águas pluviais sem os devidos cuidados, podem comprometer a sua trafegabilidade elevando os custos de manutenção.

Cuidados devem ser tomados com os carreadores, como a drenagem de águas pluviais, ângulos de conexão, raios de curva, aclives, revestimento e sinalização adequada (CÂMARA, 1993).

Estas vias crescem em complexidade à medida que devem servir talhões, setores e fazendas. Seguem, assim, uma hierarquia antes de fluírem para estradas secundárias e estradas principais (particulares ou públicas). Os carreadores principais têm em sua maioria duas vias, apresentam tráfego intenso e têm largura em torno de 8 metros, localizando-se geralmente nas partes mais altas da propriedade. Os carreadores secundários derivam dos

carreadores primários e apresentam uma largura um pouco menor (em torno de 6 metros). Em terrenos mais declivosos, estes carreadores devem se situar no terço inferior da fazenda para facilitar a saída dos veículos já carregados no sentido descendente (CÂMARA, 1993).

LOMBARDI NETO e DRUGOWICH (1994a.) afirmam que a distribuição dos carreadores deve levar em consideração a necessidade de mecanização da cultura, da aplicação de insumos e do transporte do produto. Os carreadores, na medida do possível, devem acompanhar as curvas de nível, contribuindo com a retenção de parte da enxurrada produzida após cada evento chuvoso intenso.

### Erosão em carreadores de cana-de-açúcar

As pesquisas sobre erosão do solo em carreadores de cana-de-açúcar ainda são incipientes. SCARPINELLA (2012) realizou um estudo observacional isolando quatro trechos de carreadores em uma fazenda de cana-de-açúcar e constatou significativas perdas quantitativas e qualitativas de solo nas quatro parcelas (cada uma com área de 33m<sup>2</sup>, e com inclinações que variaram de 5 a 7%). Dentre as perdas quantitativas pôde observar que para o período de coleta (16 de

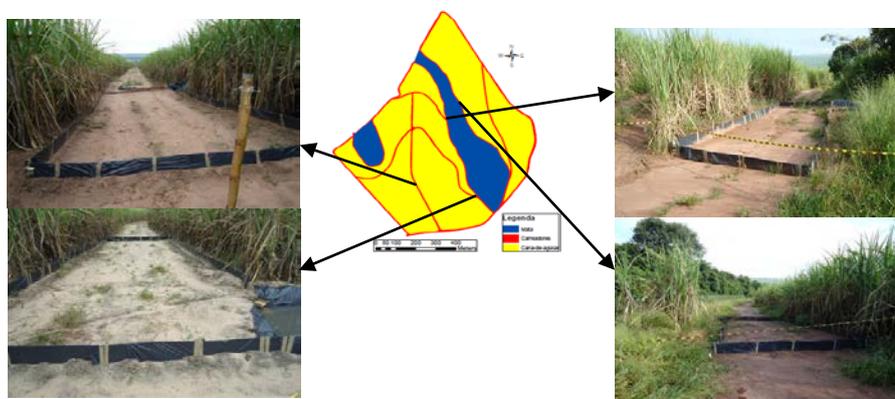


Figura 1- Parcelas utilizadas no estudo observacional da área analisada

Fonte: SCARPINELLA, 2012

Tabela 1 – Perdas de solo associadas ao uso agrícola no Estado de São Paulo

<b>Culturas</b>	<b>Perdas de solo (t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>
<b>Culturas anuais</b>	
Algodão	24,8
Amendoim	26,7
Arroz	25,1
Feijão	38,1
Milho	12,0
Soja	20,1
<b>Culturas temporárias</b>	
<b>Cana-de-açúcar</b>	<b>12,4</b>
Mamona	41,5
Mandioca	33,9
<b>Culturas permanentes</b>	
Banana	0,9
Café	0,9
Laranja	0,9
Pastagem	0,4
Vegetação	0,4
Reflorestamento	0,9
<b>Áreas críticas</b>	
<b>Estrada periurbana</b>	<b>175,0</b>

Fonte: Adaptado de TELLES<sup>1</sup> (1999) In: REBOUÇAS *et al.* (1999)

fevereiro a 2 de abril de 2011), com um volume acumulado de 367,3 mm de precipitação em 30 eventos chuvosos, houve uma perda de solo que variou de 35 a 148 t.ha<sup>-1</sup> de estrada. A produção de nitrogênio total para estas parcelas também foi expressiva, trazendo risco de escoamento aos corpos hídricos próximos e consequente eutrofização. A Figura 1 ilustra as parcelas isoladas utilizadas no estudo observacional de SCARPINELLA (2012).

Embora sejam culturas diferentes, por suas demandas específicas de mecanização, ciclo de cultivo e manutenção (dentre outras características), pode ser feita uma breve comparação de perdas de solos em estradas florestais, área que apresenta diversos estudos. ANTONANGELO E FENNER (2005) estimaram em seu experimento, no qual isolaram 4 parcelas em carregadores florestais (por 10 meses), uma perda de 130 t.ha<sup>-1</sup> de estrada.

OLIVEIRA *et al.* (2010) realizaram a estimativa de perdas de solo em trechos de estradas vicinais de florestas nativas subcaducifólias e plantadas de eucalipto, e chegaram a resultados que variaram

de 68,3 a 142 kg.m<sup>-2</sup>. Ainda sobre erosão em estradas florestais, FRANSEN *et al.* (2001) relatam diversos estudos na Nova Zelândia sobre este tema e afirmam que foram obtidos valores de perdas de solos através de chuvas simuladas, entre 40 e 8.000 t.km<sup>-1</sup> de estradas.

De acordo com LOMBARDI NETO e DRUGOWICH (1994b.), “[...] a construção de estradas pelo simples fato de eliminar a cobertura vegetal e impermeabilizar o solo, seja pela compactação, seja pela cobertura asfáltica, constitui um forte fator predisponente à erosão”.

RIPOLI e RIPOLI (2009) relatam a preocupação das agroindústrias durante a época de colheita em manter um fluxo constante e uniforme da produção da área agrícola para as moendas, contemplando as etapas de corte, carregamento, transporte e recepção da matéria-prima. CÂMARA (1993) ressalta a grande importância de se implementar os carregadores em uma fazenda de maneira que seus traçados façam uma convergência para a agroindústria. O carregador principal deve estar em local alto e a partir do mesmo, os demais (de contorno - em nível - e pendentes) irão

delimitar os talhões. Pode haver uma interferência mútua do carregador com as áreas que o margeiam. A contribuição de sedimentos pode vir dessas áreas marginais, ou até mesmo a enxurrada proveniente dos carregadores pode ser a causadora de erosão nas áreas agricultadas (PRUSKI, 2009).

De acordo com LOMBARDI NETO e DRUGOWICH (1994a.), os problemas mais graves de erosão podem ser ocasionados pela má localização de estradas e carregadores, os quais podem acumular grandes volumes de enxurrada e provocar estragos consideráveis em poucos eventos chuvosos.

É importante uma situação do potencial erosivo dos carregadores. Na Tabela 1, há a relação da perda de solo de algumas culturas anuais, temporárias e permanentes, além da comparação com estradas periurbanas, (estradas de terra que mais se aproximam dos carregadores, em características). Mesmo a mamona, com alta propensão à erosão do solo, possui um potencial erosivo quatro vezes inferior em relação às superfícies

ocupadas por estradas de terra, como indica a Tabela 1.

Estudos mais recentes (SPAROVEK e SCHNUG, 2001; MARTINELLI e FILOSO, 2007) relatam uma perda de solo para a cana superior a  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , um quadro diferente daquele apontado para esta cultura na Tabela 1. Ainda assim, as perdas de solo provenientes de estradas de terra são superiores.

### Tratamento do subleito

Para casos em que o fluxo viário justifique ou haja disponibilidade de verba, recomenda-se o tratamento primário. Este consiste na realização de alguns procedimentos técnicos, envolvendo máquinas pesadas e adição de material ao subleito, que melhoram as condições de trafegabilidade de uma estrada de terra. De acordo com o IPT (1988), há três tipos de tratamento primário:

**a) Revestimento primário** - De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem - DER (2006), o revestimento primário consiste na:

“[...] execução de camada granular, composta por agregados naturais ou artificiais, aplicada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito compactado em rodovias não pavimentadas, com a função de assegurar condições de rolamento e de aderência do tráfego satisfatórias, mesmo sob condições climáticas adversas” (DER, 2006, p.3).

Este tipo de revestimento apresenta geralmente uma camada de 10 a 20 centímetros de espessura (variando conforme a demanda de trafegabilidade), composta por uma mistura de material argiloso e material granular colocada sobre o subleito. A dimensão máxima do

material granular, neste caso, não deve ser superior a 2,5 cm. O material argiloso, com a adição de água, serve como ligante para esta mistura. A proporção sugerida pelo IPT (1988) é de 1 parte de argila para 2,5 partes de material granular. Esta mistura pode ser feita com grade de disco, motoniveladora ou pá carregadeira. Para aplicação da mistura, o subleito deve ser, antes, preparado através de nivelamento e escarificado (rompimento de camadas mais profundas de solo (50 a 80 cm) com o objetivo de descompactação do mesmo). Após a aplicação, o material deve ser espalhado (molhado ou seco), conforme seu grau de umidade, e compactado com rolo compressor. Recomenda-se que a passagem do rolo seja de, no mínimo, 8 vezes por faixa, da borda para o centro da estrada.

**b) Agulhamento** - Executado com cascalho, piçarra ou pedregulho de dimensões superiores a 2,5 cm, o agulhamento consiste na cravação, através de compactação com rolo compressor deste material sobre o subleito, geralmente argiloso. Trata-se de um procedimento menos custoso aplicado a estradas com menor intensidade de tráfego. Distingue-se do revestimento primário pela simples adição de pedra ao subleito sem o emprego de material ligante. O procedimento de aplicação é igual ao anterior.

**c) Mistura de areia e argila** - Procedimento mais barato do que os

dois anteriores. Trata-se da adição de 30% de argila em estradas com subleito arenoso, que quando secas provocam derrapagem e atolamento. O volume de argila a ser adicionado será função da largura e do comprimento do trecho da estrada. Recomenda-se, quanto à espessura, que seja melhorada a camada de 15 cm de areia solta. Misturando-se a fração de 30% de argila a este volume, acredita-se alcançar as condições mínimas de trafegabilidade. Para o procedimento desta operação, faz-se a regularização do subleito, o depósito do material argiloso na proporção indicada, a mistura destes materiais com auxílio da grade de disco (implemento agrícola utilizado geralmente para revolvimento parcial do solo), o umedecimento necessário e a compactação do solo.

### 3.5 Nivelamento

O nivelamento consiste na passagem da motoniveladora pelo terreno, com o objetivo de eliminar as irregularidades do subleito. Para que o nivelamento possa ser efetivo é necessário que o subleito esteja desprovido de qualquer tratamento com material granular. A motoniveladora opera de maneira a remover parte da superfície do subleito para uma das laterais (a ser escolhida pelo operador) alinhando o terreno e deixando-o parcialmente compactado e apto ao trânsito de veículos (Figura 2).

Dependendo da largura do carreador, a motoniveladora opera



Figura 2 – Motoniveladora em operação na área de estudo e de um carreador após a sua passagem.

Fonte: SCARPINELLA, 2012

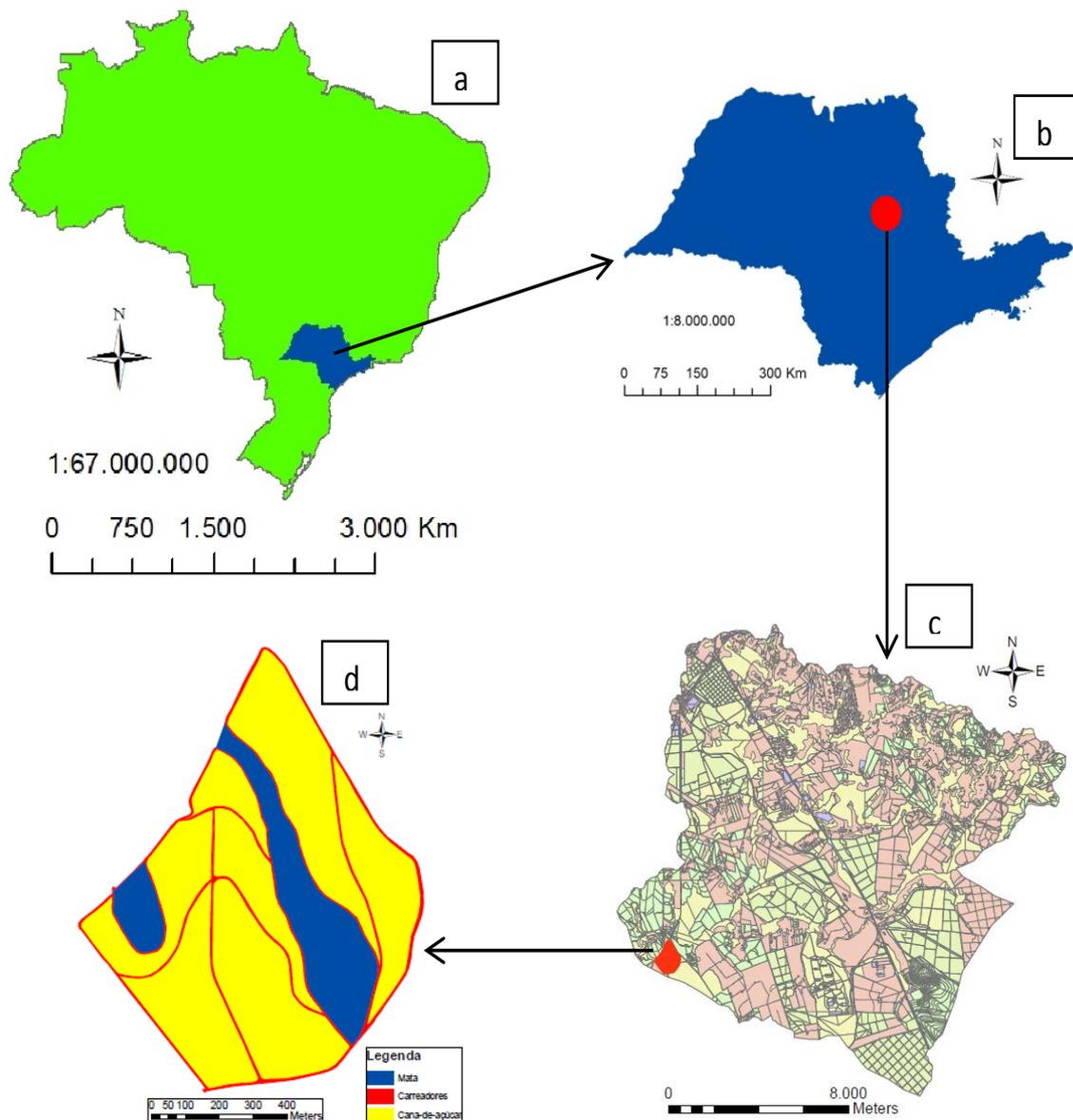


Figura 3 - (a) Mapa do Brasil, com destaque para o estado de São Paulo; (b) Estado de São Paulo, com destaque para a região da Bacia do Ribeirão do Feijão; (c) Bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, com destaque para a área de estudo; (d) Área de estudo – Fazenda Santo Antônio do Lobo. Fontes: (a), (b) e (c) Elaboração própria; (d) Modificado de Cosan (2011)

com duas ou mais passagens pelo subleito para que toda área possa ser contemplada.

FONTANA *et al.* (2007) realizaram a passagem de motoniveladora em 3 trechos de carreadores florestais (com 30 metros de extensão, cada) e compararam o nível retirado de solo após a passagem desta máquina. Houve uma retirada média de 2,13

cm e um montante médio de 341 t.ha<sup>-1</sup> de estrada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

Foi adotada como estudo de caso a Fazenda Santo Antonio do Lobo, situada no município de Itirapina (SP). Esta, por sua vez localiza-se na bacia do

Ribeirão do Feijão (entre os municípios de São Carlos, Itirapina e Analândia), com área de 234,36 km<sup>2</sup> a qual está inserida na bacia do Tietê-Jacaré (SP). A Figura 3 apresenta a área de estudo.

A Fazenda Santo Antonio do Lobo foi arrendada por uma agroindústria de cana-de-açúcar em 2001. Apresenta uma área total de 70 ha onde a cana-de-açúcar é cultivada em 55,87 ha. Os

Tabela 2 – Classificação dos tipos de solo na bacia do Ribeirão do Feijão

Classificação	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Neossolo quartzarênico	28,8	12,2
Neossolos	103,9	44,1
Latosolos	53,4	22,7
Argissolos	47,5	20,1
Gleissolo	2,0	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>235,6</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Modificado de EMBRAPA-SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981) e SANTOS *et al.* (2006).

carreadores correspondem a 3,13 ha da área e o restante (11 ha) é formado por matas remanescentes.

A variedade de cana-de-açúcar cultivada no local é conhecida como RB 867515. Trata-se de uma variedade de “ano e meio” plantada em um espaçamento de 1,50 m. Foram empregados terraços a cada 5 metros de diferença vertical<sup>2</sup> (DV) na área. Na ocasião da instalação, desenvolvimento e conclusão do estudo, a cultura da cana encontrava-se na quarta rebrota.

Os carreadores da Fazenda Santo Antonio do Lobo perfazem 9,48 quilômetros de extensão e com exceção do carreador principal que tem uma largura média de 5 metros, os demais carreadores (pendentes e em nível) apresentam uma largura de 3,3 metros.

A caracterização pedológica da área de estudo foi baseada no Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo, de 1981, em escala 1:100.000, quadrícula de São Carlos, elaborado pelo Convênio Embrapa, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária e Instituto Agrônomo (EMBRAPA-SAA, 1981). Os tipos de solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, bem como suas áreas e

porcentagens respectivas são apresentados na Tabela 2.

A ocorrência na área estudada foi de Neossolo Quartzarênico. PRADO (1991) conceitua os Neossolos Quartzarênicos como sendo minerais pouco desenvolvidos, de textura arenosa, formados por material arenoso virtualmente destituído de minerais primários, menos resistentes ao intemperismo. MACEDO (1994) caracteriza tais tipos de solo como muito pobres, muito permeáveis e mal estruturados, com baixa capacidade de retenção de água, bastante suscetíveis à erosão, originários de arenitos ou sedimentos arenos-quartzosos e com teor de argila inferior a 15%.

O clima na bacia do Ribeirão do Feijão é do tipo Cwa, de acordo com o sistema de classificação climática de *Koppen*, (clima tropical de altitude, com 6 meses definidos de verão chuvoso e 6 meses definidos de inverno seco).<sup>a)</sup> A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C (CEPAGRI, 2012). A precipitação média do mês mais seco é inferior a 30 mm e a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C (ROLIM *et al.*,<sup>c)</sup> 2007).

A ocorrência vegetal natural para a bacia do Tietê-Jacaré é de trechos remanescentes de Cerrado (IPT, 2000).

Dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, o ambiente vegetal natural encontra-

se restrito às proximidades dos cursos d'água e regiões de várzea. Apesar do avanço da atividade pecuária e do cultivo da cana-de-açúcar e eucalipto (entre outros), a vegetação nativa ainda cobre aproximadamente ¼ da superfície da bacia do Ribeirão do Feijão (SCARPINELLA, 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosão do solo em carreadores de cana (conforme apresentado na seção 3.3) pode ter relação direta com o sistema pelo qual o canal é gerenciado. São citados três sistemas de gerenciamento mais utilizados atualmente pelas agroindústrias canaveiras:

a) Área de parceria – O arrendamento da área ocorre por um período determinado mediante contrato. A agroindústria canaveira gerencia o cultivo em todo o seu processo produtivo;

b) Área própria – A área onde a cana é cultivada pertence à agroindústria canaveira e esta tem a responsabilidade no gerenciamento de todas as atividades, do preparo do solo à colheita da matéria-prima;

c) Área terceirizada – A agroindústria canaveira apenas colhe a produção, não tendo nenhuma obrigação (dentro do campo) ou atividade vinculada até esta etapa.

A Fazenda tomada como estudo de caso se enquadra na categoria “área de parceria”. Estas

<sup>2</sup> Conceito usado para a implementação de terraços, visando o controle da erosão do solo.

áreas podem receber um menor suporte se comparadas às “áreas próprias” da agroindústria, responsável e arrendadora. Como são áreas arrendadas (e temporariamente), não há interesse por parte da agroindústria em realizar investimentos que gerem ônus a curto prazo.

Os carregadores foram mantidos com traços de erosão até as vésperas da colheita, quando foi realizado o nivelamento do subleito com a máquina motoniveladora. Sendo uma área arrendada, o revestimento primário (ou qualquer outro tipo de tratamento primário) é economicamente inviável, ou não desperta interesse por parte do arrendador. O custo é menor quando se recorre ao simples nivelamento. No entanto, há uma maior movimentação de solo (compactação e revolvimento) e também maiores possibilidades de futuras perdas quantitativas e qualitativas. Significa supor que outras áreas sob este regime de gerenciamento, podem estar recebendo a mesma metodologia na manutenção de seus carregadores.

No caso de “áreas terceirizadas” a manutenção ocorre por conta do proprietário (que não é a agroindústria). É certo supor que as propriedades particulares geralmente não têm o poder aquisitivo de uma agroindústria, nem maquinário pesado à disposição. Portanto, o grau de manutenção dos carregadores pode ser ainda menor. Há hipótese de exceção quando o carregador presta serviços também como via de acesso a outras localidades (estradas municipais, por exemplo). Neste caso, o mesmo (carregador) pode receber um tratamento primário pelo proprietário ou por programas governamentais, como o Programa Melhor Caminho e Pró-Estrada (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO, 2011).

## Comparação de custo entre nivelamento e revestimento primário dos carregadores

A seguir é feita uma breve comparação de custo para passagem da motoniveladora e para o revestimento primário do subleito.

### a) Nivelamento

Tendo ciência de que a cana está instalada na Fazenda há 10 anos e que a variedade tem o ciclo de um ano e meio, a motoniveladora realizou o nivelamento completo dos carregadores provavelmente por 7 vezes (10 anos \* 12 meses, dividido por 18 meses). Considerando que a máquina desenvolve a operação a uma velocidade de 6 km/h, apresenta um consumo de combustível de 25 litros/hora e realiza duas passagens em todos os carregadores, com a extensão total de 9.480 metros dentro da fazenda (BERTOLI, 2012<sup>3</sup>), tem-se um gasto aproximado de 80 litros de óleo diesel para esta atividade a cada vez que ela ocorre. Para se percorrer todos os carregadores duas vezes, serão necessárias aproximadamente 3,16 horas de deslocamento a 6 km/h. Considerando os custos de consumo de combustível e remuneração do tratorista/hora (R\$ 26,26/hora, com encargos embutidos<sup>4</sup>), e trazendo estes custos para um valor total atual, tem-se para o período de 10 anos os seguintes valores para cálculo:

- Número de operações realizadas com a motoniveladora desde o início do gerenciamento da fazenda: 7;
- Volume gasto de combustível a cada operação: 80 litros;

<sup>3</sup> Bertoli, D.N. (2012). Informações sobre a manutenção dos carregadores da Fazenda Santo Antonio do Lobo. Informação recebida por telefone em: 11, abr. 2012.

<sup>4</sup> Valor obtido na Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (2011).

- Custo do combustível (óleo diesel): R\$ 1,738/litro<sup>5</sup>;
- Custo da mão de obra (tratorista): R\$ 26,26/hora;
- Tempo de operação para cada vez em que os carregadores são submetidos a nivelamento: 3,16 horas.

Para o cálculo deste valor pode ser empregada a Equação 1.

$$C = O * (Cg * Cc) + O * (To + Mo) \quad (1)$$

Em que:

- C – Custo de nivelamento do subleito, em R\$;
- O – Número de operações;
- Cg – Volume de combustível gasto, em litros;
- Cc – Custo do combustível, em R\$;
- To – Tempo de operação, em horas;
- Mo – Custo horário da mão de obra, em R\$.

Substituindo-se os valores, tem-se:

$$\text{Custo de nivelamento (R\$)} = 7 * (80 * 1,738) + 7 * (3,16 * 26,26) \cong 1.554,00$$

É importante destacar que não estão sendo contabilizados os gastos de combustível com deslocamento (ou transporte) desta máquina até a Fazenda. Isso porque a motoniveladora pode realizar o serviço durante a sua locomoção dentro do itinerário estabelecido, na ida, na volta, ou em ambas. A contabilização para o custo do nivelamento acima também considerou que a área já conte com a motoniveladora.

No caso de uma área independente das agroindústrias (área terceirizada, conforme descrito anteriormente), deve ser somado o custo do aluguel de uma motoniveladora para trabalho no local, tendo a Equação 1 o seguinte acréscimo (em negrito):

$$C = O * (Cg * Cc) + O * (To + Mo) + \mathbf{O * (To * Cm)} \quad (2)$$

<sup>5</sup> Preço médio praticado no Estado de São Paulo para o período de 20/05/2012 a 26/05/2012. Valor obtido através da Agência Nacional de Petróleo (2012).

Em que:

C – Custo de nivelamento do subleito, em R\$;

O – Número de operações;

Cg – Volume de combustível gasto, em litros;

Cc – Custo do combustível, em R\$;

To – Tempo de operação, em horas;

Mo – Custo horário da mão de obra, em R\$;

Cm – Custo horário do aluguel de uma motoniveladora, em R\$;

Substituindo-se os valores, tem-se:

$$\text{Custo de nivelamento (R\$)} = 7 * (80 * 1,738) + 7 * (3,16 * 26,26) + 7 * (3,16 * 135,11^6) \cong 4.542,00$$

#### b) Revestimento primário

Se para estes mesmos carregadores se recorresse ao revestimento primário seria necessário haver uma camada com espessura entre 12 e 15 cm sobre o subleito, conforme LUCCHINO (2012)<sup>7</sup>. Considerando a extensão (9.480 m) e a largura média (3,3 m) dos carregadores, tem-se uma superfície de 31.284 m<sup>2</sup> a ser revestida. De acordo com a SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS (2011), o custo para o revestimento primário é de R\$ 58,77/m<sup>3</sup>. Se for adotada a menor espessura determinada (12 cm), tem-se:

Volume necessário de material (m<sup>3</sup>) = 31.284 m<sup>2</sup> \* 0,12 m  $\cong$  3.754,00 m<sup>3</sup>

Portanto, para realizar o revestimento primário como

tratamento primário nos carregadores da área de estudo, seria necessário o volume total aproximado de 3.754 m<sup>3</sup>. Para se chegar ao custo total do serviço, deve-se calcular o fator do volume total obtido pelo valor do metro cúbico do tratamento adotado:

$$\text{Custo total do revestimento primário (R\$)} = 3.754 * 58,77 \cong 220.623,00$$

De acordo com a SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS (2011), estão inclusas na contabilidade total do revestimento primário, a camada acabada revestida com pedra britada n° 2, misturada ao solo local, com escarificação, umedecimento, compactação e ensaios. Estão inclusas ainda as obras de conexão das sangras aos terraços e às bacias de contenção.

Convertendo os custos totais para a unidade de metro quadrado, tem-se que:

Motoniveladora = R\$ 1.554,00/31.284 m <sup>2</sup> $\cong$ R\$ 0,05/m <sup>2</sup>
Revestimento primário = R\$ 220.623,00/31.284 m <sup>2</sup> $\cong$ R\$ 7,00/m <sup>2</sup>

Através destas estimativas, o revestimento primário apresenta um custo aproximadamente 140 vezes superior à simples operação de nivelamento, a qual a agroindústria recorre neste caso. Se for considerado o aluguel da máquina, o custo do revestimento primário passa a ser aproximadamente 47 vezes superior à operação de nivelamento.

Deve-se ressaltar que o agulhamento, por exemplo, é um tratamento primário mais barato que o revestimento primário e que também pode empregar materiais alternativos - como composto granular (proveniente de sobras da construção civil) - reduzindo os custos do processo (LUCCHINO,

2012)<sup>8</sup>. Tanto o revestimento primário como o agulhamento, podem conferir uma malha viária satisfatória com menos riscos de erosão. No entanto, quanto maior o fluxo ou quanto mais pesadas forem as máquinas a transitar nos carregadores, maior deverá ser a espessura do revestimento para que seja atendida a capacidade de suporte.

#### Aspectos ambientais

Ambientalmente, as práticas discutidas apresentam vantagens e desvantagens.

Quando é realizado o nivelamento de um terreno, há o arraste de material para uma das laterais do carregador e a compactação do subleito por conta da passagem da motoniveladora. A terra revolvida, amontoada (e desestruturada) fica sujeita ao arraste para cotas altimétricas inferiores, através do processo de salpicamento, nas chuvas subsequentes. Dificultando a infiltração da água da chuva, o solo compactado pode favorecer o aparecimento de micro-ravinas no terreno. Como vantagem, o nivelamento contribui com a não subtração de material granular (pedras) e ligante (argila) de outras áreas, uma vez que tal procedimento consiste na raspagem do subleito até que se estabeleça uma superfície plana.

O revestimento primário traz como principal vantagem ambiental a redução do processo erosivo do subleito. Sua desvantagem, no entanto, é a subtração de material granular e material ligante de alguma fonte provedora destas matérias-primas. Há também o consumo de água para

<sup>6</sup> SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS. (2011). Tabelas de custos. Disponível em:

<[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas\\_de\\_custos/index.php?p=35445](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas_de_custos/index.php?p=35445)>. Acesso em: 22 mai. 2012.

<sup>7</sup> LUCCHINO, A. (2012). COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO. Informações sobre técnicas de tratamento primário em estradas de terra. Informação recebida por telefone em 23, abr. 2012.

<sup>8</sup> LUCCHINO, A. (2012). COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO. Informações técnicas sobre material alternativo para uso no revestimento primário em estradas de terra. Informação recebida por telefone em 23, abr. 2012.

o preparo da mistura, que será compactada sobre o subleito.

Para ambos os casos há o consumo de óleo diesel, para o trabalho das máquinas. Tal consumo leva à queima deste derivado de petróleo e à emissão de dióxido de carbono, além de outras partículas poluidoras da atmosfera. Deve ser destacado que o consumo de óleo diesel para o desenvolvimento do revestimento primário é superior ao da atividade de nivelamento, pois há uma demanda maior de maquinário: motoniveladora, caminhão-pipa, rolo compressor e caminhão basculante.

Cabe destacar que, em termos de combate à erosão do solo, o revestimento primário é a prática mais indicada por evitar o contínuo processo de erosão de subleito, fato que não ocorre com a prática de nivelamento.

## CONCLUSÕES

O sistema de gerenciamento pode ser responsável pelo estado de conservação dos carregadores de uma fazenda de cana-de-açúcar. Em qualquer caso, os carregadores devem garantir condições de trafegabilidade, o que incorre na conservação destas vias através do emprego de maquinário. Para a área estudada no presente artigo, os custos de nivelamento foram entre 47 e 140 vezes inferiores ao custo do revestimento primário. A ausência de tratamento primário em carregadores, no entanto, leva à erosão do solo, carregamento de nutrientes, risco de eutrofização de corpos hídricos próximos e a subseqüentes raspagens de sua superfície para correção do subleito.

Embora o revestimento primário demande a subtração de material terroso (argila) e material granular (pedra) de outras localidades, consumo de água e de óleo diesel (e por isso demande um valor financeiro superior), trata-se

do método mais eficaz no combate à erosão do solo em carregadores.

## REFERÊNCIAS

ANTONANGELO, A.; FENNER, P. T. Identificação dos riscos de erosão em estradas de uso florestal através do critério do fator topográfico LS. *Energia Agrícola, Botucatu*, v. 20, n.3, p.1-20. 2005.

BRASIL. Resolução CIMA nº 35 de 22 de fevereiro de 2006. Dispõe sobre a adição de álcool anidro combustível à gasolina. 2006. [acesso em 20 out 2010]. Disponível em: [http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder\\_resolucoes/resolucoes\\_cima/2006/rcima%2035%20-%202006.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_resolucoes/resolucoes_cima/2006/rcima%2035%20-%202006.xml).

CÂMARA, G. M. S. Produção de cana-de-açúcar. CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Org), Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiróz, Piracicaba 242 p., 1993.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos municípios paulistas: a classificação climática de Koeppen para o Estado de São Paulo. 2012. [acesso em 23 fev 2012]. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO. Programa Melhor Caminho. 2011. [acesso em 14 jul 2011]. Disponível em: [http://www.codasp.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=49&Itemid=127](http://www.codasp.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=127).

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Revestimento primário – Especificação técnica. 16p. 2006. [acesso em 2 abr 2013]. Disponível em: [ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/E-T-DE-P00-013\\_A.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/E-T-DE-P00-013_A.pdf)

EMBRAPA; SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos. Escala 1:100.000. São Paulo, 1981.

FONTANA, C. R.; LIMA, W. P.; FERRAZ, S. F. B. Avaliação da remoção de sedimentos pela operação de nivelamento de estradas florestais. *Sci. For., Piracicaba*, n. 76, p. 103-109, dez. 2007.

FRANSEN, P. J. B.; PHILLIPS, C. J.; FAHEY, B. D. Forest road erosion in New Zealand: overview. *Earth Surf. Process. Landforms* v.26, p. 165–174, 2001.

GALETI, P. A. Práticas de controle à erosão. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, 1987.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Estradas vicinais de terra: manual técnico para conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo. 125 p., 1988.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré – Relatório Final. [S.l.], 2000.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Org.). Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral., Campinas, n. 41, 65 p., 1994a.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Org.). Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral., Campinas, n. 42, 28 p., 1994b.

MACEDO, J. Solos dos cerrados. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.;

CRUZ, M. C. P.; Solos altamente suscetíveis à erosão. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Jaboticabal, p. 69-75, 1994.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Polluting effects of Brazil's sugar-ethanol industry. *Nature*, v. 445, p. 364-364., 2007. [acesso em 12 jun 2011]. Disponível em: [www.nature.com](http://www.nature.com).

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J.L.F.; SÓRIA, M.H.A. Caracterização de estradas não-pavimentadas visando a implementação de um sistema de gerência de vias. *Engenharia e Arquitetura*. São Carlos, v. 01, n. 2, p.135-145., 2001.

OLIVEIRA, F. P. DE, SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C., CURTI, N.; LEITE, F. P. Avaliação de perdas de solo em estradas florestais não pavimentadas no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 331-339, set. 2010.

PRUSKI, F. F. Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica., Viçosa: Editora UFV. 279 p., 2009.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 717 p., 1999.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p. 711-720, 2007.

RIPOLI, T. C. C. RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba, 333 p., 2009.

SANTOS, H.G. et al. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação dos solos. Embrapa Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.

SCARPINELLA, G.D.A. Erosão em carreadores da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso na bacia do Ribeirão do Feijão (SP). Tese (doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 209 p., 2012.

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS. Tabelas de custos. 2011. [acesso em 22 mai 2012]. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas\\_de\\_custos/index.php?p=35445](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas_de_custos/index.php?p=35445).

SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. Temporal Erosion-induced soil degradation and yield loss. *Soil Science Soc. Am. J.* v. 65, p. 1479-1486., 2001.

VIEGAS, R. A visão e o papel do setor governamental na produção sustentável do etanol. SMA. In: Wokshop sobre Avaliação Integrada de Sustentabilidade no contexto do etanol. Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo. São Carlos, 13-14 abr 2010.

Recebido em: jun/2012  
Aprovado em: out/2013