

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DA
QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS
GOYTACAZES - RJ

ANA CAROLINA GUZZO MONTEIRO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO - 2011

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DA
QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS
GOYTACAZES - RJ

ANA CAROLINA GUZZO MONTEIRO

“ Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Produção Vegetal.”

Orientador: Nivaldo José Ponciano

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO - 2011

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DA
QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS
GOYTACAZES - RJ

ANA CAROLINA GUZZO MONTEIRO

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Produção Vegetal.”

Aprovada em 18 de março de 2011.

Comissão Examinadora:

Pesq. Sérgio Gomes Tôsto (D.Sc. Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente) -
Embrapa

Prof. Paulo Marcelo de Souza (D.Sc. Economia Aplicada) - UENF

Prof. Cláudio Roberto Marciano (D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas) - UENF

Prof. Niraldo José Ponciano (D.Sc. Economia Aplicada) – UENF

Orientador

Dedicatória

Aos meus pais, Margarete e Osvaldo

À minha irmã, Camilla

À amiga, Maria José

Ao meu namorado, Carlos Eduardo

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pela força e amparo ao longo da minha vida;

Agradeço à UENF pela oportunidade de realização do curso de mestrado e pela bolsa como suporte financeiro.

Agradeço ao Professor Niraldo José Ponciano, pela orientação, pelo rigor científico e pela confiança.

Agradeço aos professores integrantes da banca examinadora Sérgio Gomes Tôsto, Paulo Marcelo de Souza e Cláudio Roberto Marciano, por terem aceitado participar e contribuir com este trabalho;

Ao professor Luciano Canellas, por toda ajuda e colaboração para o desenvolvimento do presente trabalho;

Ao professor Geraldo Gravina, pela grande colaboração na análise estatística dos dados;

A minha querida mãe Margarete, por todo incentivo, amor, sabedoria e confiança; te amo muito;

À minha família, meu pai Osvaldo, minha irmã Camilla, meus sobrinhos Giovana Vittoria, Giulia e Pablo, por todo carinho;

Ao amigo Cristóbal, pela ajuda e companheirismo;

A todos os amigos que fiz ao longo dos dois anos de curso;

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações gerais	1
1.2. O problema e sua importância	5
1.3 Objetivos	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1. Índice da qualidade do solo -IQS	9
2.2. Sistema de colheita da cana-de-açúcar e qualidade	14
2.3. Economia ambiental	16
2.3.1. Método do custo de reposição - MCR	20
2.3.2. Método dos custos evitados - MCE	22
2.4. Impactos da queima da cana-de-açúcar na saúde humana	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Indicadores da qualidade do solo	29
3.1.1. Fonte de dados	30
3.2. Método do custo de reposição - MCR	33
3.3. Medida da morbidade respiratória	36
3.3.1. Método dos custos evitados - MCE	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Avaliação da qualidade do solo	38
4.2. Valoração do custo de reposição de nutrientes	42
4.3. Análise da relação de internações hospitalares por doenças respiratórias decorrentes da queima dos canaviais	48

4.4. Estimativa de parte das externalidades negativas impostas à sociedade pela queima da cana-de-açúcar	58
5. RESUMO E CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Indicadores da qualidade do solo e os pesos correspondentes às Classes para avaliação do IQS	30
TABELA 2. Propriedades físicas e químicas de solos sob mata natural e cultivados com cana-de-açúcar	31
TABELA 3. Propriedades físicas e químicas de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada antes da colheita	32
TABELA 4. Propriedades físicas e químicas de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada antes da colheita	32
TABELA 5. Propriedades físicas e químicas de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada antes da colheita	33
TABELA 6. Valor dos fatores da USLE para áreas de Baixada e Tabuleiro com sistema de colheita da cana crua e queimada	35
TABELA 7. Classificação dos atributos utilizados como indicadores de qualidade do solo nas classes de potencial para crescimento vegetal I a IV, elaborada a partir dos trabalhos da literatura	40
TABELA 8. Índice da qualidade do solo (IQS) obtido a partir dos dados da literatura para as diferentes áreas de estudo	42
TABELA 9. Índice relativo da qualidade do solo (IRQS) obtido a partir dos dados da literatura para as diferentes áreas de estudo	42
TABELA 10. Perda total de solo e de nutrientes nos cultivos de cana-de-açúcar crua e queimada para área de Baixada	44
TABELA 11. Perda total de solo e de nutrientes nos cultivos de cana-de-açúcar crua e queimada para área de Tabuleiro	45

TABELA 12. Quantidade de fertilizantes necessárias para reposição dos nutrientes perdidos por erosão, colheita da cana crua e queimada, em área de Baixada (toneladas)	46
TABELA 13. Quantidade de fertilizantes necessárias para reposição dos nutrientes perdidos por erosão, colheita da cana crua e queimada, em área de Tabuleiro (toneladas)	46
TABELA 14. Estimativa do custo de reposição de nutrientes em áreas de Baixada e Tabuleiro de acordo com o sistema de colheita de cana, em Campos dos Goytacazes – RJ	47
TABELA 15. Média mensal de interações hospitalares por problemas respiratórios para os períodos da queima (Safrá) e não queima da cana-de-açúcar (Entressafrá) no Município de Campos dos Goytacazes entre 2008 e 2010	57
TABELA 16. Teste Tukey para comparação de médias do número de internações hospitalares para os períodos da queima e não queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes entre 2008 e 2010	58
TABELA 17. Teste Tukey para comparação de médias do valor das internações hospitalares para os períodos da queima e não queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes entre 2008 e 2010	58
TABELA 18. Dias de permanência por mês/ano, relacionados às doenças respiratórias – Município de Campos dos Goytacazes	59
TABELA 19. Média de permanência por mês/ano, relacionados às doenças respiratórias – Município de Campos dos Goytacazes	61
TABELA 20. Custos das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica – 2008	62
TABELA 21. Custos das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica – 2009	63
TABELA 22. Custos das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica – 2010	64

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Valor econômico total: setor agroindustrial canavieiro	19
QUADRO 2. Número de internações mensais por problemas respiratórios e valor total das internações no município de Campos dos Goytacazes no ano de 2008	49
QUADRO 3. Número de internações mensais por problemas respiratórios e valor total das internações no município de Campos dos Goytacazes no ano de 2009	52
QUADRO 4. Número de internações mensais por problemas respiratórios e valor total das internações no município de Campos dos Goytacazes no ano de 2010	55

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Número total de internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2008 50
- FIGURA 2. Valor total das internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2008 51
- FIGURA 3. Número total de internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2009 53
- FIGURA 4. Valor total das internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2009 54
- FIGURA 5. Número total de internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2010 56
- FIGURA 6. Valor total das internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2010 56

RESUMO

MONTEIRO, ANA CAROLINA GUZZO. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março, 2011. Avaliação dos impactos ambientais e socioeconômicos da queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes – RJ. Orientador: Niraldo José Ponciano.

A preocupação ambiental tem ganhado cada vez mais relevância em pesquisas acadêmicas e para a sociedade em geral. Um setor que opera produzindo poluição excessiva não é eficiente do ponto de vista social, ocasionando externalidades negativas para a sociedade. Neste trabalho analisam-se os impactos ambientais e socioeconômicos causados pela prática da queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes - RJ. Utilizaram-se dados e informações de trabalhos referentes à influência da queima da cana-de-açúcar sobre a fertilidade do solo para construir os indicadores da qualidade do solo para analisar o índice de qualidade do solo em sistema de colheita da cana crua e queimada. Utilizou-se o método do custo de reposição para valorar economicamente os impactos causados pela queima da cana-de-açúcar sobre a fertilidade do solo. Levantou-se o número de internações hospitalares, por afecções das vias respiratórias, relacionadas ao período da realização da queima dos canaviais nos últimos três anos. Empregou-se o método dos custos evitados para estimar economicamente as externalidades negativas geradas pela queima da cana sobre a saúde da população. Os resultados mostraram maior IQS em área sob cultivo de cana-de-açúcar com sistema de colheita da cana crua, quando comparado ao sistema de colheita com a prévia queima. Em relação à fertilidade do solo foi verificado que a reposição de nutrientes no cultivo da cana-de-açúcar sob sistema de colheita com queima prévia representou um custo 3,9 vezes maior que o custo estimado para área de cana crua. Durante o período da queima da cana na região ocorreu um aumento em média de 772 casos de internação hospitalar por morbidade respiratória para os anos estudados, representando uma elevação de aproximadamente 45% nas internações por esta morbidade.

Palavras-chave: Índice de qualidade do solo, valoração economia, custo de reposição, cana-de-açúcar queimada, externalidades negativas.

ABSTRACT

MONTEIRO, ANA CAROLINA GUZZO. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2011. Evaluation of environmental and socioeconomic impacts of the burning sugar cane in the Municipality the Campos dos Goytacazes-RJ. Advisor: Niraldo José Ponciano

The environmental concern has gained increasing relevance in academic research and for society in general. An industry that operates by producing excessive pollution is not efficient from a social standpoint, causing negative externalities for society. In this paper we analyze the environmental and socioeconomic impacts caused by the practice of burning sugar cane in the municipality the Campos dos Goytacazes - RJ. We used data and information work on the influence of burning sugar cane on the fertility of the soil to build soil quality indicators to analyze the content of the soil quality of the harvesting system of green cane and burnt. We used the replacement cost method to value the economic impacts caused by the burning of sugar cane on soil fertility. Raised the number of hospital admissions for respiratory diseases related to the period of implementation of crop burning in the last three years. We employ the method of avoided costs to estimate cost the negative externalities generated by the burning of sugar cane on the health of the population. The results showed higher IQS in area under cultivation of sugar cane harvesting system with the cane, when compared to the collection system prior to burning. In relation to soil fertility was found that nutrient replenishment in the cultivation of sugar cane harvesting system under the previous burning represented a cost 3.9 times greater than the estimated cost for raw cane area. During the burning of sugarcane in the region has increased an average of 772

cases of hospitalization for respiratory disease for the year studied, an increase of approximately 45% in hospitalizations due to this morbidity.

.

Key-words: Index of soil, economy valuation, replacement cost, sugar cane burning, negative externalities .

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

A cana-de-açúcar apresenta uma classificação taxonômica que a coloca como pertencente ao reino *Metaphyta*, divisão das *Angiospermas*, classe das *Monocotiledôneas*, ordem das *Graminales*, família *Poaceae*, gênero *Saccharum*. É considerada uma planta semi-perene, apresenta um ciclo médio de quatro anos, desde o plantio até a renovação das áreas plantadas (Casagrande, 1991).

Originária da Índia, a planta é a principal matéria prima para fabricação do açúcar e do álcool, um combustível renovável. A cana-de-açúcar chegou ao Brasil por volta do ano de 1530 e logo encontrou condições propícias para seu pleno desenvolvimento. Sendo uma das principais culturas de regiões tropicais, gerando milhares de empregos diretos e indiretos (Nadaletto e Wehrmann, 2009).

No século XVI o cultivo da cana-de-açúcar foi a base da economia brasileira. O processo de colonização das terras brasileiras se deu com a construção de engenhos que processavam a cana para produção de açúcar, um importante produto de exportação para época. O cultivo da cana continuou sendo o pilar do comércio exterior do país até o século XVIII, quando foi gradualmente substituído pelo café (Fausto, 2006).

No Brasil, após meados da década de 70, a crise do petróleo tornou intensa a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. No ano de 1975 foi criado o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), com intuito de adicionar álcool anidro à gasolina e também produzir álcool hidratado. Concomitantemente, houve

um aumento na fabricação de automóveis movidos exclusivamente a álcool, devido a incentivos tributários, aumentando ainda mais a produção e o consumo deste biocombustível (Segato et al., 2006).

A partir do início da década de 1990 a produção despencou para patamares desprezíveis. Somente em 2003 é que o álcool voltou a ser um combustível importante na indústria automobilística com o lançamento dos carros bicombustíveis, chamados *flex fuel*. A produção de álcool diminuiu no final de década de 1990 devido à queda nos preços do petróleo e na conseqüente redução nas vendas do carro a álcool. Com a nova alta de preços do petróleo e o lançamento do automóvel bicombustível em 2003 pela indústria nacional a produção de álcool voltou a crescer.

Além da produção do álcool o Brasil se destaca como principal exportador de açúcar no mundo, A exportação de açúcar no primeiro quadrimestre de 2010 superou em três vezes os números do mesmo período no ano anterior. Os negócios totalizaram cerca de US\$ 145 milhões, contra US\$ 40 milhões entre janeiro e abril de 2009. As dificuldades de produção na Índia, o maior mercado consumidor do produto no mundo, e a redução das exportações da Europa são dois dos fatores que impulsionaram esse crescimento.

Na Região Norte Fluminense esta cultura tem grande expressão econômica, não apenas pela produção de açúcar e álcool, mas também pelos seus subprodutos e geração de energia proveniente da utilização do bagaço. A atividade sucroalcooleira movimenta um volume monetário bastante representativo na região. Segundo Veiga et al. (2006), a maior produção desta cultura, na referida região, se concentra no Município de Campos dos Goytacazes, com cerca de 58% do total da área colhida, o que representa aproximadamente a 70.000 hectares cultivados.

Apesar dos benefícios econômicos gerados por esta cultura, algumas desvantagens são apontadas, como a necessidade de grandes espaços para a sua produção, ocupação desordenada da área, sistema de produção com intenso uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, além do uso da queima na colheita, que é uma prática que ocasiona diversos impactos ambientais, sociais e econômicos (Ometto et al., 2005).

No Município de Campos dos Goytacazes, a prática da queima na colheita, ainda hoje, é o sistema mais utilizado, mas vem sendo contestada por membros

do Ministério Público por meio de ações judiciais, pela ação das comunidades preocupadas com os efeitos negativos sobre a saúde, a segurança, o meio ambiente e a qualidade de vida da população trabalhadora e que reside em meios urbanos próximos às plantações.

A colheita da cana com queima vem sendo bastante estudada, sobretudo quanto aos impactos causados sobre a fertilidade do solo e suas implicações na produtividade agrícola. Resende et al. (2006) verificaram os efeitos da queima da palha da cana-de-açúcar anterior a colheita, em estudo de longa duração entre os anos de 1983 a 1999, realizado na Usina de Cruangi, Pernambuco. Além de analisar os efeitos da queima, também foram avaliados os efeitos da aplicação de vinhaça e adubo nitrogenado em relação às características tecnológicas da cultura, sendo elas a porcentagem de sacarose aparente (Pol), a porcentagem de pureza, a porcentagem em peso de sólidos aparentes (Brix), fibras e a porcentagem de açúcar (PCC).

A aplicação de nitrogênio na forma de uréia afeta positivamente as características tecnológicas, favorecendo um aumento na produtividade dos colmos. A manutenção da palhada (cana sem queima) e a aplicação da vinhaça não afetaram diretamente estas características, mas ambas favoreceram em longo prazo um incremento na produção de açúcar indicando que são essenciais para uma maior rentabilidade (Resende et al., 2006).

A estrutura física do solo também pode ser alterada devido ao processo da queima. Ceddia et al. (1999) observaram que este processo promoveu degradação das propriedades físicas do solo, visto que o diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água foi significativamente menor, na profundidade de 0-5 cm, no sistema de cana queimada, demonstrando que há uma destruição dos agregados com o decorrer do tempo. A densidade do solo no sistema de cana queimada, na profundidade de 0-5 cm, foi maior quando comparado ao sistema de cana crua. Este fato evidencia o processo de compactação do solo, que é maior no sistema de cana queimada, com uma conseqüente diminuição da velocidade de infiltração instantânea da água no solo, promovendo uma menor produtividade, devido a uma menor capacidade de absorção e utilização da água pela cultura.

Diferentes formas de manejo do solo agrícola contribuem para diferentes índices de qualidade deste solo, podendo induzir, ao longo do tempo, a

degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas, conduzindo a perda na produtividade agrícola. O aspecto mais importante sobre a qualidade do solo é, portanto, considerar o solo como um sistema aberto, em que suas funções se caracterizam pela habilidade de servir como um meio para o crescimento das plantas, regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente, estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera e atuar como um tampão ambiental. O sistema solo apresenta qualidade quando é capaz de desenvolver todas estas funções. O grande desafio é planejar um agroecossistema complexo privilegiando o cultivo de uma grande diversidade de plantas, pois só assim o sistema solo apresenta qualidade e sustentabilidade (Vezzanni e Mielniczuk, 2009).

Para promover a recuperação da fertilidade do solo exposto a diferentes formas de manejo, são adicionados no solo fertilizantes químicos comerciais para tentar restabelecer os nutrientes perdidos e a qualidade inicial do sistema. Este fato pode ser mensurado economicamente, por meio do método do custo de reposição de nutrientes, que é uma ferramenta de grande importância que utilizamos para valorar economicamente a perda desses nutrientes e tentar restabelecer a qualidade inicial do sistema (Pearce, 1993).

Outro aspecto relevante sobre os impactos causados pela queima da cana-de-açúcar se refere à saúde pública. Estudos relacionando a poluição atmosférica proveniente da queima da biomassa com o número de internações hospitalares por doenças respiratórias têm demonstrado que durante o período da queima da cana-de-açúcar o número de internações diárias, devido a problemas no aparelho respiratório, principalmente em crianças e idosos registrados pelo banco de dados do DATASUS, aumenta 3,5 vezes em relação ao período de não queima. Isso mostra que esta prática gera impactos sociais e econômicos sobre a saúde da população (Cançado, 2003).

O grande interesse é procurar internalizar os efeitos ocasionados por esta forma de manejo da colheita da cana, ou melhor, as externalidades negativas produzidas por meio desta prática, para a avaliação social e econômica do processo. Atualmente há uma busca intensa por alternativas para que o desenvolvimento socioeconômico seja sustentável. O setor sucroalcooleiro cresce a cada dia em busca de atender as necessidades da população em alimentos, combustível renovável e energia. Este fato implica em uma contradição, caso

medidas que conduzam a um desempenho ambiental satisfatório não sejam adotadas. Um método utilizado para estimar monetariamente os impactos gerados é a valoração econômica ambiental.

Diante dos impactos socioeconômicos e ambientais ocasionados pela prática das queimadas, as pressões ambientalistas no setor vêm aumentando e novas condições de trabalho vão sendo impostas pela legislação, juntamente com a Lei nº 2049, de 22 de dezembro de 1992 do Rio de Janeiro, que dispõe sobre a proibição gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar, em um prazo de quatro anos. Apesar desta Lei até a atualidade não ter sido cumprida, a cada dia tornam-se necessárias medidas para sua aplicabilidade.

Um estudo descritivo da problemática da queima é necessário para a região, na qual é de extrema importância avaliar os impactos acarretados no solo e a análise do índice de qualidade do mesmo em diferentes sistemas de colheita da cana. É importante que seja realizada a estimativa do custo de repor ou restaurar o recurso ambiental danificado de maneira a restabelecer a sua qualidade inicial, podendo ser utilizado o método de custo de reposição para o cálculo do impacto econômico. É igualmente importante avaliação dos possíveis impactos socioeconômicos causados na saúde da população do Município de Campos dos Goytacazes no período da queima da cana-de-açúcar.

1.2. O problema e sua importância

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Segundo Ponciano et al. (2010), o País colhe 559 milhões de toneladas de cana-de-açúcar destinada ao setor sucroalcooleiro em aproximadamente nove milhões de hectares, com produtividade média de 81 Mg ha⁻¹. No Estado do Rio de Janeiro, a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas, desenvolvendo-se principalmente na Região Norte Fluminense. Na safra do período de 2008/2009, foram colhidas 4.017.199 toneladas de cana em 118.655 hectares cultivados, o que representa 93% da área colhida do Estado. Toda a cana-de-açúcar fornecida ao parque industrial da Região é produzida por 10.000 produtores, dos quais aproximadamente 8.000 são pequenos agricultores que fornecem até 300 toneladas cada um por safra e são responsáveis por apenas 20 % da produção anual (ASFLUCAN, 2010).

A queima pré colheita ainda é uma prática utilizada pela grande maioria dos produtores da Região Norte Fluminense, com o intuito de facilitar e agilizar a colheita. Contudo esta prática ocasiona diversos impactos negativos, promove o empobrecimento do solo, prejudica a ciclagem e a disponibilidade dos nutrientes; provocando um maior uso de agrotóxicos e herbicidas para o controle de pragas e de plantas invasoras (que colonizam o solo rapidamente por não necessitarem de grande disponibilidade nutricional), e em última instância, afetando a própria sustentabilidade da cultura.

Um conceito de extrema importância a ser trabalhado diz respeito à qualidade do solo. Este conceito atribui ao solo várias funções, dentre as quais aquelas responsáveis por manter a produção vegetal, e tem sido proposto como um indicador da qualidade ambiental e da própria sustentabilidade agrícola. A qualidade do solo está ligada a indicadores físicos, químicos e biológicos que devem ser analisados nas diferentes formas de manejo do solo, favorecendo sempre a forma de manejo que permita não apenas uma maior produtividade, mas também uma melhor produtividade, utilizando o solo de forma sustentável.

A forma de manejo afeta diretamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e também geram externalidades negativas que afetam a sociedade como um todo. A queima da cana-de-açúcar libera gases tóxicos e partículas finas e ultrafinas que são facilmente inaladas e geram um quadro de morbidade respiratória para a população. Este é um fato importante, tornando necessária a mensuração econômica, para que os custos gerados pelas externalidades sejam internalizados.

A preocupação ambiental tem ganhado cada vez mais relevância em pesquisas acadêmicas e para a sociedade em geral. Um setor que opera produzindo poluição excessiva não gera um produto eficiente do ponto de vista social, ocasionando externalidades negativas para a sociedade. A utilização intensiva dos recursos naturais renováveis e não renováveis trouxe à sociedade a preocupação com a interrelação entre crescimento e desenvolvimento econômico e o meio ambiente. Conseqüentemente surgiu a necessidade de conciliar variáveis econômicas com a questão ambiental, com o intuito de tornar possível um relacionamento harmônico entre as necessidades humanas e as disponibilidades ambientais.

O valor econômico do ambiente tem sido bastante evidenciado e tem sido objeto de intensas discussões. A idéia de se colocar valores a danos ambientais causados pelo homem se justifica, pois estes valores encontrados podem ser utilizados como padrões de medidas e tendo a possibilidade da aplicação para recuperar o dano ambiental.

No Brasil ainda são poucos os trabalhos de pesquisa sobre o impacto econômico causado pela queima da cana-de-açúcar. Isso estimula o desenvolvimento deste trabalho, que futuramente poderá auxiliar a formulação de políticas públicas ou ações da iniciativa privada que permitam traçar estratégias que minimizem a degradação ambiental e estimulem a sustentabilidade econômica.

O corte mecanizado dispensa esta etapa de queima, visto que as máquinas podem executar a colheita com a cana-de-açúcar em seu estado natural. Esta inovação pode servir de base para a efetiva implantação da legislação, que pretende diminuir gradativamente o procedimento da queima pré colheita. É fundamental uma avaliação econômica utilizando instrumentos da gestão ambiental, para estimarmos as externalidades advindas do processo da queima da cana-de-açúcar. Diversos aspectos ambientais precisam ser melhorados, para que esta atividade seja socialmente justa e economicamente sustentável.

Neste contexto e de acordo com a Lei Estadual nº 2049, de 22 de dezembro de 1992, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar com prazo de quatro anos, para o Estado de Rio de Janeiro, o presente trabalho expõe a seguinte hipótese: O processo da queima da cana-de-açúcar provoca impactos sociais, econômicos e ambientais, gerando externalidades negativas a toda população, que precisam ser incorporados ao custo de produção da cultura.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Avaliar os impactos ambientais e socioeconômicos da queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes – RJ.

1.3.2. Objetivos específicos

- Definir e analisar o índice da qualidade do solo em sistema de colheita da cana crua e queimada;
- Estimar as taxas de erosão dos solos e o valor econômico para a reposição dos nutrientes perdidos pelas taxas de erosão hídrica com o uso da Equação Universal de Perdas de Solos;
- Verificar o número de internações hospitalares e comparar os gastos emitidos pelo Sistema Único de Saúde - SUS decorrentes das internações hospitalares por afecções das vias respiratórias, nos períodos da queima e não queima da cana-de-açúcar na região, mensurando a externalidade negativa provocada na sociedade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo tratou inicialmente sobre o conceito da qualidade do solo e os parâmetros do solo utilizados como indicadores para a mensuração desta qualidade. Em seguida foram demonstrados alguns estudos sobre a fertilidade do solo, do ponto de vista nutricional e microbiológico. A terceira parte referiu-se sobre a valoração econômica do solo e o método do custo de reposição de nutrientes. A quarta parte tratou da valoração econômica do impacto ambiental gerado pela queima da cana-de-açúcar, relacionada à saúde da população, onde foi utilizado o método dos custos evitados e o conceito do custo de doenças.

2.1. Índice da qualidade do solo - IQS

O rápido aumento da exploração do solo com a atividade agrícola nas últimas décadas desencadeou uma maior preocupação da sociedade com a qualidade do solo e a sustentabilidade da produção agrícola. O conceito de qualidade do solo (QS) diz respeito à capacidade do mesmo em desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade, da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas, animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação humana (Doran e Parkin, 1994; Karlen et al., 1997)

A avaliação da QS não é uma tarefa simples e depende tanto do objetivo de uso do solo como da qualidade dos atributos utilizados para indicar o estado de conservação e/ou degradação. Os atributos mais utilizados nessa avaliação

são as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A sistematização e valoração matemática dos atributos é uma ferramenta que pode ser usada para quantificação da capacidade de auto sustentação do sistema agrícola (Doran e Zeiss, 2000).

Os diferentes indicadores da qualidade do solo refletem o modo de encarar o processo da agricultura, havendo os que usam atributos simples (pH, capacidade de troca catiônica - CTC, %C, teor de argila) e os que buscam a complexidade da interação entre os parâmetros. Isoladamente o conteúdo de matéria orgânica é o atributo capaz de refletir os outros atributos (pH, CTC, %argila), só que, curiosamente, ainda não se atingiu nenhum tipo de ajustamento entre qualidade do solo e teor de matéria orgânica. Isso ocorre porque a matéria orgânica ela só se acumula quando tem alguma limitação na atividade biológica (alagamento-hidromorfismo; baixa temperatura; toxidez de metais, principalmente Al; presença de poluentes; pH ácido). Os indicadores devem ser mensurados quantitativamente ou qualitativamente para que se possa monitorar as possíveis alterações ocorridas no solo decorrente da forma de manejo utilizada (USDA, 2001).

As propriedades do solo utilizadas como indicadores de qualidade devem ser sensíveis às variações de manejo, estar intimamente ligados às funções desempenhadas pelo solo, apresentar fácil mensuração e viabilidade econômica para o agricultor. Os indicadores devem ser mensurados preferencialmente a campo ou em condições que reflitam a real função que desempenham no ecossistema (Doran e Parkin, 1994).

Segundo Vezzani (2001), o solo tem qualidade quando todo o sistema considerado como a interação dos subsistemas mineral, vegetal e de microrganismos, está organizado em nível alto de ordem. O nível alto de ordem é caracterizado pela maior presença de macroagregados e alto teor de matéria orgânica. Os atributos físicos, químicos e biológicos do sistema solo estão em situação de excelência e as propriedades emergentes do sistema capacitam o solo cumprir as suas funções na natureza, o que caracteriza qualidade do solo.

Vezzani e Mielniczuk (2009) analisaram as diferentes propostas para avaliação da QS. Verificaram que a maior parte dos estudos concentra-se na identificação de um índice servindo como indicador de QS, auxiliando na avaliação do estado de degradação do solo, no julgamento das práticas de

manejo utilizadas e na obtenção de recursos financeiros para recuperação da área degradada.

Os sistemas agrícolas que cultivam intensamente plantas variadas sem o revolvimento do solo favorecem a qualidade do solo. O não revolvimento do solo auxilia a formação dos macroagregados e a manutenção da matéria orgânica, ciclagem dos nutrientes do solo, tornando o agroecossistema sustentável ao longo do tempo. O sistema de colheita da cana crua com a manutenção da palhada no campo promove uma diminuição do uso de fertilizantes químicos devido a um maior aporte de matéria orgânica para cultura (Vezzani e Mielniczuk 2009).

Casalinho et al. (2007) selecionaram um conjunto mínimo de atributos físicos, químicos, biológicos e visuais do solo, utilizados como indicadores da qualidade do solo. Duas áreas rurais foram estudadas, em uma o agricultor implantou o sistema de cultivo em área que não havia sofrido ação antrópica, sob vegetação nativa (propriedade A) e a outra o agricultor iniciou o plantio em área já degradada por longo período de cultivo convencional (propriedade B). O sistema de manejo nas duas áreas foi o mesmo, sendo constituída de policultivos, adubação verde e pousio.

Por meio de análises quantitativas dos indicadores pré estabelecidos e da interpolação matemática dos índices ponderados, verificaram que a propriedade A apresentou glebas semelhante as do solo sob mata nativa, o IQS foi aumentando de acordo como passar do tempo de cultivo. Já na propriedade B houve decréscimo o IQS foi menor quando comparados à outra área, porém esta diminuição do percentual do IQS foi reduzindo conforme aumentaram os anos de cultivo, cerca de cinco anos. Assim houve uma tendência de recuperação da qualidade do solo, na avaliação longitudinal, na propriedade em que o agricultor iniciou suas atividades com sistema de produção de base ecológica a partir de áreas degradadas. Os indicadores que mais contribuíram foram diâmetro médio ponderado, carbono orgânico e carbono microbiano. Sendo que índices de qualidade de solo mais elevados foram encontrados na propriedade A, chegando próximo ao índice de ecossistema natural, contribuindo para uma atividade agrícola sustentável (Casalinho et al. 2007).

Solos de áreas com cana queimada apresentaram um decréscimo de 40% do estoque de C na camada superficial, camada do solo de 0 a 20 cm de

profundidade, e 35% na subsuperficial, camada de 20 a 40 cm de profundidade, em relação à área sem queima. O teor de nitrogênio também sofreu redução de 35% na camada superficial e 20% na subsuperficial, devido à relação estreita entre C e N. Ao mesmo tempo. A queima ainda favoreceu a oxidação da matéria orgânica, resultando na diminuição do seu estoque ao longo do tempo. Em áreas de cana crua ocorreu melhora na qualidade da matéria orgânica, que pode ser atribuída a um aumento significativo na quantidade de C atribuído a compostos aromáticos, e que está relacionado com o processo de humificação e estabilização da matéria orgânica do solo (Canellas et al., 2007).

Em relação à liberação de dióxido de carbono para atmosfera, com a queima da palha há uma saída de $4,81 \text{ Mg ha}^{-1}$ de CO_2 e caso haja eliminação deste processo créditos de C poderiam ser alcançados e utilizados para melhoria da qualidade do trabalho. O sistema de colheita da cana crua promove o armazenamento de cerca de 10,40 Mg de massa vegetal por hectare no solo, auxiliando na sustentabilidade da cultura (Marques et al., 2009).

Segundo Tavares et al. (2010), as diferentes formas de colheita da cana de açúcar influenciam o crescimento e a produtividade da cana planta. Estes autores verificaram os efeitos causados na cana crua e queimada, onde a deposição da palha no campo favoreceu a manutenção da água no solo, principalmente no período de estiagem, sendo considerado um importante fator responsável pela alongação dos entrenós da cana planta. O corte sem queima promoveu condições ambientais favoráveis, aumentando a produtividade dos ponteiros e incrementando o rendimento dos colmos. A manutenção da palha no sistema cana crua não proporcionou influência negativa na rebrota, havendo um aumento no padrão de perfilhamento na fase intermediária e final da cultura. Provavelmente, isso se deve ao maior teor de umidade do solo, ao aumento do teor de matéria orgânica, redução da amplitude térmica e redução da erosão.

Uma comparação feita para avaliar o índice de qualidade do solo entre área de floresta nativa, utilizada como padrão, e outra área adjacente com plantação de eucalipto, subdividida em duas áreas, uma com conservação de resíduos orgânicos e outra com queima deste material vegetal. Verificaram que os indicadores microbiológicos mostraram-se mais sensíveis que os químicos e físicos para avaliar mudanças na qualidade do solo decorrentes do tipo de manejo. O maior índice de QS foi obtido na vegetação natural, seguido do

tratamento onde há conservação do material vegetal, o tratamento onde houve queima do material vegetal na superfície de solo apresentou mais baixo índice de QS. Isto reflete significância dos indicadores microbiológicos, em que a maior alteração se deu sobre a atividade respiratória (qCO_2) e o quociente metabólico microbiano ($qMIC$). Foi evidenciado maiores valores de qCO_2 e menores valores de $qMIC$ na camada superior do solo (0 a 5 cm) nas áreas de queima do material vegetal (Chaer e Tótola, 2007).

O IQS demonstra ser um dos mais importantes indicadores para a previsão do desenvolvimento da cultura e a sua sustentabilidade agrícola. Por meio deste índice adequamos à forma de manejo tornando-a mais sustentável ambientalmente e economicamente.

Diversas linhas abordam a QS, dentre elas uma identifica quais são os melhores parâmetros, de ordem física, química e biológica para que se possa alcançar um índice sobre a qualidade do solo estudado. Esta linha se baseia em um conjunto de atributos do solo, os quais devem estar relacionados com cinco funções básicas do solo: habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de água; habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de elementos químicos; promover e sustentar o desenvolvimento de raízes; manter um habitat biológico adequado; e responder ao manejo resistindo à degradação (Vezzanni e Mielniczuk, 2009).

Outra linha considera que a matéria orgânica é o parâmetro mais adequado para analisar a qualidade do solo e uma terceira linha considera o sistema solo com uma interação entre solo e planta. O mais importante é ter uma noção mais abrangente do sistema solo, apresentando uma abordagem mais sistêmica da qualidade do solo (Vezzanni e Mielniczuk, 2009).

No Brasil, diversos pesquisadores da área de ciência do solo buscam os atributos do solo mais adequados para avaliar a QS sendo que, estes indicadores podem ser analisados separadamente ou por sua interação. Doran e Parkin (1994) criaram um Kit de teste para ser utilizado para avaliar a QS a campo, o qual usa os atributos biológicos, físicos e químicos para tal avaliação. Esta é feita comparando os atributos medidos entre os tratamentos estudados, seguindo valores padrões. O presente trabalho utilizou atributos físicos e químicos do solo para a avaliação da QS das áreas estudadas.

Uma importante discussão diz respeito à capacidade do solo de seqüestrar carbono atmosférico. Práticas conservacionistas de manejo contribuem para que haja maior retirada do carbono atmosférico, o qual tem seu retorno retardado devido à diminuição da capacidade oxidativa da matéria orgânica do solo por meio dos microorganismos. Práticas de plantio direto e rotação de culturas contribuem aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo, mantendo a QS e diminuindo a emissão de CO₂ para a atmosfera. O sistema de colheita da cana crua contribui com a manutenção da palhada no campo promovendo esta diminuição da emissão de CO₂ (Bayer et al., 2000).

Uma linha alternativa de pensamento sobre QS não busca atributos do solo usados como indicadores, mas sim analisa os processos que ocorrem no sistema solo-planta. Neste contexto a QS só ocorre quando é integrado às plantas e à biota edáfica, visando à avaliação do seu funcionamento, que é a própria QS. Deve ter como base os princípios da termodinâmica do não-equilíbrio (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

2.2. Sistema de colheita da cana-de-açúcar e qualidade

Estudos diferentes na mesma área de concentração sobre os efeitos do sistema de manejo da colheita da cana-de-açúcar crua e com queima sobre a fertilidade do solo são descritos na literatura, destacando sua importância sobre alterações causadas nas características físicas, químicas e microbiológicas do solo. Segundo Ripoli e Ripoli (2004), a queima anterior a colheita da cana promove perda de nutrientes na forma de gás e partículas extremamente pequenas, principalmente manganês, cobre e boro, e afeta também a microbiota local, com efeito sobre a ciclagem e a disponibilidade dos nutrientes.

Ao contrário da colheita com queima, o manejo do solo sob cana crua aumentou o teor de macro e micronutrientes, com significativo aumento de fósforo, que possivelmente retornou ao solo pelo acúmulo da biomassa vegetal, além do efeito cumulativo da adição deste nutriente pela aplicação de fertilizantes comerciais. O maior teor de matéria orgânica, na área com cana crua, favoreceu o aumento do tempo médio de renovação da lavoura, visto que nas lavouras da região Norte Fluminense é de 4 anos e na área de cana crua este tempo foi elevado para 12 anos. A manutenção da palhada no campo ainda promoveu a melhoria da fertilidade do solo, devido às alterações nas propriedades químicas

do solo e no aumento do conteúdo das substâncias húmicas alcalino-solúveis mais polimerizadas (Canellas et al., 2003).

Segundo Gama (2002), a concentração de fósforo orgânico total em área de cana colhida sem queima prévia é maior quando comparada à área de cana queimada. A colheita da cana crua induz a redução da capacidade de adsorção de fósforo, aumentando sua disponibilidade no sistema. A concentração deste nutriente em áreas com queima prévia é repostada por meio da adição de fertilizantes comerciais, o que eleva o custo de produção e afeta a sustentabilidade da cultura.

A manutenção da palha altera a distribuição e a disponibilidade de nutrientes no solo, tornando-os mais prontamente assimiláveis pela cultura e diminuindo a aplicação de fertilizantes químicos comerciais. Em áreas de cana crua onde há maior acúmulo de material orgânico, foi verificada maior concentração de fósforo orgânico nas formas mais facilmente mineralizadas. O maior conteúdo deste nutriente na forma mais lábil se encontra nos ácidos húmicos, que constituem uma importante reserva de fósforo prontamente disponível (Busato et al., 2005).

Baldotto et al. (2008) analisaram a capacidade de oxidação dos ácidos húmicos em solos cultivados com cana-de-açúcar por longo tempo submetidos ou não à queima. Verificaram que a queima provocou uma queda significativa na quantidade de elétrons transferíveis pelos ácidos húmicos. Isso ocorreu a despeito de na área de cana crua ter ocorrido aumento da oxidação dos ácidos húmicos, indicando interligação entre processos ecológicos que condicionam a estabilização do carbono em formas humificadas, assim como maiores teores de grupos fenólicos, quinonas e semiquinonas

De acordo com Costa (2010), as alterações nos atributos físicos e químicos do solo, decorrentes dos diferentes sistemas de manejo de colheita da cana, acarretaram alterações nos padrões microbiológicos do solo. O sistema de colheita da cana com queima promoveu mudanças significativas na estrutura das comunidades de bactérias totais, nitrificantes e desnitrificantes. Isso foi decorrente das alterações nos fatores físico-químicos do solo, principalmente aqueles relacionados à agregação, mineralogia, temperatura e fertilidade. Mudanças quantitativas e qualitativas no teor de nitrogênio mineral e nas taxas líquidas de mineralização e nitrificação do nitrogênio foram analisadas em ambas as áreas,

havendo uma redução destes fatores e do potencial de desnitrificação em área de cana queimada, caracterizando duas áreas bem distintas entre si.

2.3. Economia ambiental

A base da economia ambiental está apoiada no princípio da escassez, que classifica como “bem econômico” o recurso que estiver em situação de escassez, desconsiderando o que for abundante. A noção predominante neste conceito se refere aos recursos naturais, onde devem ser reduzidos à lógica de mercado. Para isso os recursos naturais devem ser privatizados e apresentarem preços sendo a única forma de gerenciar os recursos naturais. A idéia central é “internalizar as externalidades”, é estabelecer ou fixar preços nos bens públicos em conformidade com a lógica de mercado (Souza Lima, 2004).

O processo de obtenção de produtos para a necessidade humana gera resíduos, estes podem causar malefícios para a sociedade, neste caso o processo esta gerando uma externalidade negativa. No caso do processo de produção de açúcar e álcool por meio da queima da cana-de-açúcar gera subprodutos muitas vezes nocivos a saúde humana que são expelidos para a atmosfera, além de promover uma maior degradação da fertilidade do solo.

Este processo gera, portanto custos externos que devem ser contabilizados incluindo o bem-estar dos agentes que são afetados pelas atividades. Na realidade estes efeitos externos são negligenciados, ocasionando uma falha no mercado. Assim o governo atua procurando influenciar esse comportamento e proteger o interesse coletivo dos agentes atingidos pelas externalidades.

A taxa de correção, conhecida como conhecida como taxa pigouveana, faz com que a problemática do meio-ambiente resida unicamente na necessidade de valoração dos recursos naturais na economia, embasando a corrente teórica dentro da Economia Ambiental tida como neoclássica (Cánepa, 2003).

Serôa da Motta (1998) demonstra a importância da valoração econômica dos recursos ambientais, afirmando que “*determinar o valor econômico de um recurso ambiental é estimar o valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia.*” A valoração dos impactos causados ao ambiente nos dá um referencial monetário, podendo ser utilizado como um padrão de medida, para amenizar as externalidades provenientes destas ações.

Segundo Mattos et al. (2005), o valor econômico total (VET) de um recurso ambiental consiste em seu valor de uso (VU) e em seu valor de não-uso (VNU). O valor de uso pode ainda ser subdividido em valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO). O valor de existência (VE) é uma das principais categorias que representa o valor de não-uso.

Valor de uso é determinado pela contribuição direta que um recurso natural faz para o processo de produção e consumo. É atribuído estatisticamente pelas pessoas que realmente usam ou usufruem o meio ambiente em risco. Valor de uso direto é aquele derivado da utilização ou consumo direto do recurso, sendo que o mesmo recurso ambiental pode ter vários usos distintos e, sendo assim, vários valores de uso direto.

Valor de uso indireto consiste no valor que advém das funções ecológicas do recurso ambiental. É o bem-estar proporcionado pelo recurso ambiental de forma indireta. Possibilidades de uso presente dos recursos estão relacionadas ao valor de uso direto e indireto, sendo que o último inclui os benefícios derivados basicamente dos serviços que o ambiente proporciona para suportar o processo de produção.

O valor de opção é a quantia que os consumidores estão dispostos a pagar por um recurso não usado na produção, para evitar o risco de não tê-lo no futuro. O valor de existência é um pouco mais difícil de conceituar, pois se refere a um valor atribuído à existência do meio ambiente sem seu uso presente ou futuro.

De acordo com Merico (1996), existem diferentes métodos para realizar uma valoração ambiental, podendo ser classificados como métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos estão relacionados aos preços de mercado ou produtividade, sendo bastante utilizados para valoração do consumo de capital natural, principalmente quando se objetiva a contabilidade de estoques de recursos naturais e sua dedução da contabilidade de renda.

Os métodos indiretos estimam o valor de um bem ambiental por meio de uma função de produção. O objetivo é calcular o impacto de uma alteração do recurso ambiental na atividade econômica, utilizando como referência produtos no mercado que sejam afetados pela modificação na provisão do recurso ambiental. Os métodos indiretos de valoração são divididos em dois outros subgrupos: o método de produtividade marginal e o método de bens substitutos (Merico, 1996).

Outra divisão apresentada na literatura se refere ao tipo de mercado, com a seguinte divisão: mercados reais (valor da produção, perda de salários, gastos preventivos, custo de reposição); mercados substitutos (bens e serviços de mercado como substitutos, valor da propriedade, diferença de salários, custos de oportunidade, custos de viagem); mercados hipotéticos (valoração contingencial e técnica Delphi).

Diversos estudos nesta área foram realizados, utilizando diferentes métodos de valoração econômica ambiental decorrente da necessidade de cada realidade. Dentre as possíveis abordagens para valoração ambiental no setor agroindustrial canavieiro especificamente, destaca-se o método da produção sacrificada, o custo de oportunidades, o equivalente da queima, método de valoração contingente, o custo de reposição de nutrientes e o método dos custos evitados. Este trabalho será focado nos dois últimos métodos, devido à fácil aplicação pelo fato de necessitar de poucos dados e recursos financeiros, além de apresentar uma confiabilidade para alcançar os objetivos.

Foi utilizado o método do custo de reposição de nutrientes, visando valorar economicamente os impactos causados pela queima da cana-de-açúcar sobre a fertilidade do solo, em termos de reposição de nutrientes perdidos. O outro foi o método dos custos evitados, utilizado para mensurar os gastos emitidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) decorrente das internações hospitalares por afecções das vias respiratórias, comparando estes ao período de ocorrência da queima e não queima da cana.

O setor agroindustrial canavieiro apresenta diversos impactos ambientais, sendo que os principais dizem respeito à diminuição da disponibilidade hídrica (decorrente da indução de processos erosivos e da captação superficial de água), à queima da palha da cana-de-açúcar, ao descarte inconsciente do vinhoto na natureza, à perda da produtividade do solo e da biodiversidade, às alterações climáticas, à liberação de gases tóxicos e à partículas finas e ultrafinas (Silva e Ferreira, 2009).

Mattos e Mattos (2004) desenvolveram um quadro sinóptico para o setor agroindustrial canavieiro, por meio do qual se chega a uma valoração econômica ambiental, tendo em vista os efeitos causados pelas ações antrópicas. Os efeitos causados pela queima da cana-de-açúcar são destacados juntamente com as possíveis abordagens para sua valoração econômica total (quadro 1).

Quadro 1. Valor econômico total: setor agroindustrial canavieiro

Valor de uso			Valor de não uso
1. Valor de uso Direto	2. Valor de uso indireto	3. Valor de opção	4. Valor de existência
<ul style="list-style-type: none"> ● Produção de biomassa ● Produção de bagaço ● Economia de água ● Redução de herbicidas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Redução da poluição do ar ● Controle da erosão ● diminuição de incidência de doenças respiratórias ● Seqüestro de carbono 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estrutura do solo ● Doenças cancerígenas ● Usos futuros associados a 1 e 2 	<ul style="list-style-type: none"> ● Biodiversidade
Possíveis abordagens para valoração			
<ul style="list-style-type: none"> ● Produção sacrificada ● Custo de reposição ● Custo de oportunidade 	<ul style="list-style-type: none"> ● Custos evitados ● Equivalente da queima (em litros de álcool) 	<ul style="list-style-type: none"> ● MVC (método de valoração contingente) 	<ul style="list-style-type: none"> ● MVC (método de valoração contingente)

Fonte: Mattos e Mattos (2004)

Utilizando as possíveis abordagens para valoração econômica no setor agroindustrial canavieiro (quadro1), Mattos (2006) e tendo em vista os efeitos causados pelo uso do fogo na colheita da cana, verificou que sem o uso da queima pré colheita uma economia de aproximadamente R\$14.300,00 por hectare por ano seria alcançada. Mattos (2006) considerou que a sociedade internaliza esses custos, pois no período da queima foi observado maior índice de internações hospitalares, aumentando a demanda na rede pública de saúde; há um aumento no consumo de água, devido maior necessidade de limpeza decorrente da produção e deposição de fuligem no processo da queima; e há

diminuição da visibilidade provocando acidentes automobilísticos. Além disso, um hectare de cana fornece 4,18 toneladas de palha, juntamente com 6,22 toneladas de bagaço. O somatório da palha com o bagaço resulta em 13.181 litros equivalente em álcool/há, o que representa uma significativa economia em relação à geração de energia.

A valoração econômica ambiental possibilita estimar os custos reais dos impactos ao meio ambiente gerados por efeitos antrópicos. Dessa forma fornece subsídios à tomada de decisões que priorizem o uso correto e racional do ecossistema brasileiro, objetivando o desenvolvimento sustentável (Luciardo et al., 2008).

2.3.1. Método do custo de reposição - MCR

Devido ao notável incremento nos estudos sobre valoração ambiental, vê-se que, atualmente, são muitos os métodos possíveis de serem utilizados visando à obtenção medidas desta valoração. Contudo, a escolha do método a ser utilizado em cada estudo dependerá, sobretudo, de uma análise minuciosa do que se pretende avaliar, e do bom senso do pesquisador (Casimiro Filho, 1998).

Alguns métodos estimam o preço do recurso natural através de uma função de produção, relacionando a disponibilidade do recurso natural e o preço de uma mercadoria no mercado. Por exemplo, a perda de nutrientes do solo causada por desmatamento pode afetar a produtividade agrícola e aumentar o nível de sedimentação numa bacia. Um projeto de revegetação, no entanto pode aumentar a vida útil de uma hidrelétrica e sua produtividade (Serôa da Motta, 1998).

O método do custo de reposição (MCR) apresenta uma das idéias mais básicas quando se pensa em prejuízo, baseia-se no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende esse custo como uma medida do seu benefício (Pearce, 1993). Este método se caracteriza pelos cálculos das perdas de solo, transformadas em perdas de nutrientes que devem ser proporcionalmente repostas por meio de adubação com fertilizantes comerciais. Por este método, a necessidade de adubação, que é determinada em função das exigências nutricionais da cultura e dos teores de nutrientes presentes no solo, permite avaliar economicamente o custo da degradação da fertilidade do solo.

A valoração dos impactos ambientais da produção agrícola é feita em sua maioria por meio do método do custo de reposição de nutrientes, um método de

função dose-resposta. O trabalho de Marques et al. (1961) serviu de base para uma série de trabalhos subseqüentes realizados no Brasil. Foram os pioneiros a realizar estudos empíricos relacionando perdas do solo à custos econômicos. Os resultados apresentados tiveram como base os dados obtidos na primeira fase dos trabalhos da Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), entre os anos agrícolas de 43/44 e 58/59. Avaliaram características relacionadas a perda de solo nos diferentes tratamentos, verificando os efeitos sobre as perdas por erosão para o tipo de solo, sistema de preparo do solo, incorporação da matéria orgânica, rotação de culturas, tipo de uso do solo, tipo de cultura, declividade, práticas conservacionistas. Compararam áreas de mata, pastagem, cafezal e algodão, segundo as características pré estabelecidas. Observaram que a maior perda de solo ocorreu na camada superficial de 15 cm, e que com a intensificação da atividade agrícola, a erosão passou a ser considerada, além de uma questão agrícola, um problema econômico de grandes proporções. Já um sistema agrícola utilizando o sistema de rotação de culturas e manutenção da matéria orgânica auxilia na diminuição das perdas do solo (Marques et al., 1961).

Trabalhos subseqüentes vieram complementar o estudo pioneiro de Marques et al. (1961). Silva et al., (1985) com intuito de avaliar e demonstrar aos agricultores os prejuízos da erosão do solo, analisaram os efeitos da erosão na produtividade da cultura de milho em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, localizado na Região do Ibiapabã, Ceará. Utilizando um simulador de chuvas para provocar erosão no solo, uma severa e outra ligeira, avaliaram as perdas de nutrientes, matéria orgânica e perdas de solo. Compararam área com práticas conservacionistas e outra realizando uma aração e duas gradagens sem práticas conservacionistas. Concluíram que na área sem práticas conservacionistas ocorreu uma elevação dos custos de produção, levando a um declínio de rendimentos frente à erosão (Silva et al., 1985).

A erosão do solo é reconhecida como a atividade que mais afeta o sistema de produção agrícola, gerando externalidades negativas que são contabilizadas por meio do método do custo de reposição dos nutrientes. Uma análise de valoração da erosão do solo foi realizada no Município de Santo Antônio do Jardim, no Estado de São Paulo, em que 76,20% das propriedades agrícolas possuem menos que 20 hectares. O estudo concluiu que, para o ano de 1995 a

2000, para a cultura de café, foram gastos aproximadamente R\$ 273.000,00 de fertilizantes comerciais para repor os nutrientes perdidos por hectare. Os custos da erosão são significativos devido à maior parte das propriedades serem pequenas e apresentarem base em agricultura familiar, necessitando de apoios públicos. A valoração econômica, além de mensurar gastos, é importante para auxiliar na formulação de modelos de desenvolvimento, onde a sustentabilidade é alcançada por modificações nas esferas públicas e privada (Oliveira, 2006).

Rodrigues (2005) utilizou o método do custo de reposição de nutrientes para mesurar os impactos causados no solo decorrente do uso de diferentes tecnologias utilizadas na produção de soja e milho na região dos Cerrados brasileiros. Pelos danos medidos nas duas tecnologias, plantio direto e convencional ficou evidenciado que os impactos ambientais do plantio direto são bem menores comparados à outra. A adoção do plantio direto somente no município de Mineiros representaria uma redução nos danos ambientais sobre a reposição de nutrientes e no assoreamento dos recursos hídricos em aproximadamente R\$ 235.840,00 ao ano, excetuando outras externalidades ambientais não mensuradas. Isso demonstra sua maior eficácia social pela redução do processo erosivo do solo e do assoreamento de recursos hídricos, tornando-se assim, uma alternativa viável economicamente ao longo dos anos (Rodrigues, 2005).

Segundo estudos do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) a perda de fertilidade do solo provocada pela erosão faz com que os agricultores aumentem anualmente o consumo de fertilizantes na ordem de 4,4% ao ano para manterem os mesmos níveis de produtividade alcançados vinte anos atrás. Isso se deve basicamente a perda das camadas superficiais do solo ricas em matéria orgânica e nutrientes, diminuindo a capacidade produtiva do solo.

2.3.2. Método dos custos evitados - MCE

Segundo Pearce (1993) o MCE se baseia nos gastos em produtos ou serviços que atendam a necessidade da população prejudicada por um impacto sobre a saúde humana. O custo evitado representa um desperdício financeiro potencial que é evitado pelo uso de uma intervenção alternativa de cuidados à saúde da população.

Segundo Maia et al. (2004), o MCE é muito utilizado em estudos de mortalidade e morbidade humana. Em muitos destes estudos, o valor humano é estimado a partir dos ganhos previstos ao longo da vida do indivíduo, observando sua produtividade presente e sua expectativa de vida. Por meio de informações empíricas identifica-se a disposição a incorrer em custos para erradicar ou reduzir os feitos ao meio ambiente. As atividades antrópicas apresentam ampla variedade de impactos sobre a natureza, e as modificações ambientais decorrentes implicam em custos à sociedade.

A valoração econômica por este método está ligada com a otimização dos recursos naturais e seus insumos, de modo a evitar maiores danos futuros. De acordo com Ortiz (2003), este método procura estimar os valores que seriam gastos em bens substitutos para não alterar a quantidade e a qualidade do recurso ambiental analisado. Entretanto, Maia et al. (2004) estimam o valor do recurso ambiental através de atividades defensivas, servindo como uma base monetária aproximada dos impactos ocasionados. Neste método consideramos os gastos preventivos ou defensivos dos indivíduos em particular ou do Estado.

Segundo Portugal Junior et al. (2010), os gastos para se evitar danos ambientais tendem a ser menores que os gastos com a reposição do ambiente destruído, estando incluso neste processo todas as externalidades causadas sobre a população. Quanto maior a diferença entre os custos defensivos e os custos para promover a recuperação do ambiente mais significativo é a aplicação do MCE.

A aplicação deste método leva a internalização dos custos ambientais, que representa uma ação de curto e médio prazo visando incorporar na sociedade a questão do impacto ambiental ocasionado por práticas antrópicas. Nas empresas há uma integração do valor do impacto gerado, sendo este adicionado ao processo produtivo. Em longo prazo leva a uma conscientização da importância das políticas governamentais que preconizam o desenvolvimento sustentável.

Segundo Fernandez et al. (2010) os custos das doenças respiratórias relacionadas à poluição atmosférica na cidade de Rio Grande, pode ser mensurado por meio de metodologias que forneçam dados reais dos gastos com as internações hospitalares ocorridas em determinado período. Verificaram que no ano de 2009 os gastos hospitalares chegaram a um total de R\$ 2.242.687,96; a morbidade respiratória, que foi obtida pelo número de dias perdidos de trabalho

multiplicado pelo tempo médio de permanência por internação, representou um total de R\$ 191.106,28. Esta relação mostra o valor que a sociedade paga efetivamente pelas doenças respiratórias, as externalidades negativas são internalizadas por meio do montante pago.

Os custos sociais podem ser mensurados, tornando necessário o desenvolvimento de políticas públicas que estimulem a adoção de tecnologias mais eficientes na redução de poluentes atmosféricos. A imposição de impostos ajudaria a promover uma diminuição de poluentes visto que, um setor que opera gerando externalidades negativas não é benéfico do ponto de vista social.

2.4. Impactos da queima da cana-de-açúcar na saúde humana

A queima pré colheita da cana-de-açúcar tem sido considerado um método gerador de diversos impactos ambientais, sociais e econômicos, contribuindo para o comprometimento da qualidade do solo agrícola, da qualidade do ar, com conseqüências para a sociedade em geral (Zancul, 1998).

A queima afeta a saúde da população, ocasionando uma patologia mensurável economicamente. Os impactos ambientais podem ser estimados por diversas técnicas de valoração, mas especificamente para estimar os efeitos causados pelo aumento da poluição atmosférica sobre a morbidade e mortalidade da população é recomendado o método da valoração contingente e de mercado dos bens substitutos, como o método dos custos evitados, utilizado para estimar os recursos econômicos que foram direcionados para mitigar os problemas causados pela degradação ambiental. (Serôa da Motta et al. 1998).

Segundo Arbex et al. (2004), a população mais atingida pelos produtos gerados pela queima da biomassa, corresponde aos indivíduos com maior grau de pobreza e com menor acesso aos serviços de saúde, o que piora ainda mais a qualidade de vida desta classe social. A mensuração da relação existente entre poluição atmosférica e os problemas respiratórios que afetam a população é necessária para uma melhor adequação das políticas públicas permitindo que a população de maior demanda seja atendida adequadamente e por conseqüência aumente o nível de bem estar da população.

A análise da associação entre o peso do sedimento do material particulado coletado durante a queima de plantações de cana-de-açúcar entre maio a agosto de 1995, vinculado a um indicador de morbidade respiratória, que, neste caso, foi

representado pelo número diário de pacientes que necessitou de inalações em um dos principais hospitais da cidade de Araraquara-SP, mostrou uma associação positiva significativa e dose-dependente entre o número de terapias inalatórias e o peso do sedimento. Para esta região o risco relativo de terapêutica inalatória para os dias mais poluídos é em média de 1,20. Os resultados mostraram que um aumento de 10mg no peso do sedimento está associado a um risco relativo de terapêutica inalatória de 1,09 risco este que é bastante elevado quando comparado ao risco dos dias mais poluídos. A partir destes dados fica evidente que a queima das plantações da cana-de-açúcar causa efeitos deletérios à saúde da população exposta (Arbex, 2001).

Cançado (2003) verificou um aumento significativo na densidade de deposição do material particulado, com variações entre $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no período da safra, e $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na entressafra. O valor limite máximo permitido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente é de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a região de Piracicaba-SP. O aumento da concentração de material particulado no ar promoveu um aumento significativo no número de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças, adolescentes e idosos. Durante o período da queima dos canaviais na região, a quantidade de internação hospitalar devido a problemas respiratórios cresceu 3,5 vezes, quando comparado ao período em que a queima não ocorre. Decorrente deste fato pôde-se concluir que a queima da palhada da cana é uma fonte importante de poluição atmosférica, levando ao aumento da morbidade respiratória promovendo um grande impacto negativo para a sociedade.

Outra avaliação sobre o efeito do material particulado gerado pela queima da cana-de-açúcar sobre o número de internações hospitalares associados a problemas respiratórios, utilizando o método dose-resposta indicou uma relação dose-dependente, em que um aumento de $10 \mu\text{g}$ de material particulado na atmosfera faz com que as internações aumentem em torno de 12% na população em geral. No período de agosto de 2004 a março de 2006, a média mensal de internações no período de queima da cana foi mensurada em 527, enquanto que no período compreendido de janeiro a março foi de 416. Portanto, na media, o número de internações cresceu 26,75% nos meses correspondentes ao período da queima da cana-de-açúcar (Caetano de Paula, 2008).

Após verificar o efeito da poluição causada pela queima da cana-de-açúcar sobre a saúde da população, calculou-se o gasto total emitido pelo SUS. Visto

que o custo médio de cada internação por doenças respiratórias na região Ribeirão Preto-SP, no período analisado, foi de R\$ 955,47, o custo total foi de R\$ 844.158,56, verificando um alto gasto que poderia ser evitado caso outro sistema de colheita de menor impacto fosse adotado (Caetano de Paula, 2008).

Para estimar e avaliar as perdas econômicas, relacionadas à saúde humana, ocasionadas pela ocorrência das queimadas no Estado de Mato Grosso nos anos de 2000 a 2007, Mendes e Oliveira (2009) utilizaram o método dos custos evitáveis que relaciona à poluição ambiental e seu comprometimento com a saúde humana. Verificou por meio de registros do Ministério da Saúde (DATASUS) o número de internações hospitalares referentes às doenças do aparelho respiratório, juntamente com os registros dos focos de queimadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os resultados mostraram que se teria evitado um gasto médio de dois bilhões de reais no referido período, representando variações de 5,31% a 19,38% do PIB mato-grossense

Lopes e Rothschild (2008), com o objetivo de verificar o impacto da queima da cana-de-açúcar na saúde humana e a produção de compostos aromáticos, furanos e haletos de alquila, concluíram que os compostos orgânicos voláteis produzidos durante a queima têm grande importância e influência sobre a saúde humana. O benzeno e o diclorometano que foram encontrados em substâncias provenientes da queima da biomassa são carcinogênicos, destacando assim sua importância toxicológica na saúde humana, principalmente na saúde dos trabalhadores que estão em contato direto com este material particulado em uma grande parte do tempo.

Segundo Jenkis (1995), em uma simulação em túnel de vento onde foram analisadas as emissões dos fatores poluentes produzidos pela queima da cana-de-açúcar, encontrou-se CO, CO₂, NO, SO₂, CH₄, hidrocarbonetos não metânicos, sulfatos e material particulado, além de compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Quanto ao tamanho do material particulado constatou-se uma ampla variação, incluindo PM de 2,5 a 10. São partículas que atingem as porções mais profundas do sistema respiratório, (atingem o interstício pulmonar), sendo responsáveis por doenças graves verificando um alto grau de toxicidade nos fatores.

Os diversos estudos científicos já divulgados comprovam que diversos impactos são gerados pelo sistema de colheita com a prévia queima da cana,

tornando o setor sucroalcooleiro ineficiente do ponto de vista social, gerando externalidades negativas, que devem ser internalizadas para que se possa mensurar o seu impacto sobre a sociedade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentadas metodologias para o cumprimento dos objetivos propostos. Primeiramente foram utilizados dados de trabalhos referentes à influência da queima da cana-de-açúcar sobre a fertilidade do solo, tendo em vista valores comparativos (área de cana colhida crua e queimada) sobre a textura do solo, profundidade, variação da matéria orgânica (MO); nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) na forma disponível, pH e a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo. Esses dados foram utilizados como indicadores da qualidade do solo, tendo em vista a função agrícola de produção do solo. Para atender ao segundo objetivo, ou seja, estimar economicamente os custos relativos à reposição de nutrientes (N, P, K, Ca + Mg) perdidos pela erosão hídrica foi utilizado o método do custo de reposição. Para atender ao terceiro objetivo do presente trabalho, foram levantados dados a respeito do número de internações hospitalares por problemas no sistema respiratórios utilizando o DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde), por um período de três anos, compreendidos entre 2008 e 2010, comparando os meses de queima com de não queima da cana na região de Campos dos Goytacazes - RJ. Foi empregado o método dos custos evitados para obtenção da estimativa econômica das externalidades causadas pela queima da cana sobre a saúde da população.

3.1. Indicadores da qualidade do solo

A avaliação da qualidade do solo foi realizada por meio de parâmetros físicos e químicos do solo, sendo eles: a profundidade do solo, a textura do solo, quantidade da MO, N, P, K na forma disponível, CTC e pH do solo. Estes parâmetros foram utilizados como indicadores da qualidade do solo, sendo que cada indicador possui um coeficiente de ponderação próprio e a soma dos coeficientes totaliza 100. Estes indicadores da qualidade do solo foram classificados em quatro classes distintas (I, II, III, IV) sendo que cada classe apresenta uma determinada marca.

A classe I representa um solo com ótimo potencial para crescimento vegetal, a classe II um solo com bom potencial para crescimento vegetal (com ligeiras limitações), a classe III regular potencial para crescimento vegetal (com limitações mais sérias quando comparada à classe II) e, por último, a classe IV com restrito potencial para o crescimento de plantas (com graves limitações). No presente trabalho foram usados como referência os coeficientes de ponderação de acordo com Wang e Gong (1997), adaptada para as condições edafoclimáticas brasileiras.

Os oito indicadores estudados no presente trabalho estão apresentados na Tabela 1, divididos nas suas respectivas classes e adequadamente representados por seus pesos ponderados. O somatório do IQS foi determinado a partir dos indicadores da qualidade do solo e dos pesos correspondentes às classes, segundo a equação 1. Como exemplo, se o teor de MO do solo for maior que 30 corresponde a classe I (Tabela 1), o peso deste indicador é de 18 e a marca da classe I é 4, o $IQS = 18 \times 4 = 72$. Desta forma para cada indicador um IQS pode ser calculado. Assim o valor total do IQS pode ser produzido pela soma da apresentação dos valores dos 8 indicadores estudados, podendo atingir um valor máximo de 400.

$$IQS = \sum W_i I_j \quad (1)$$

Onde: W_i são os pesos dos indicadores;

I_j são as marcas das diferentes classes;

i é o índice que identifica o indicador, variando de 1 a 8

j é o índice que identifica a classe, variando de I a IV

Tabela 1. Indicadores da qualidade do solo e os pesos correspondentes às classes para avaliação do IQS.

Indicadores	Pesos	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Profundidade do solo (cm)	16	>100	80-100	80-50	<50
Textura	16	argila	argiloso ou arenoso	arenoso	Areia
Matéria orgânica (g/kg)	18	>30	20-30	10-20	<10
N Disponível (mg/kg)	9	>200	150-200	100-150	<100
P Disponível (mg/kg)	9	>15	10-15	5-10	<5
K Disponível (mg/kg)	9	>150	100-150	50-100	<50
CTC (cmol _c /kg)	15	>15	10-15	5-10	<5
pH	8	5,5-7,0	5,0-5,5	4,5-5,0	<4,5
Marcas das classes		4	3	2	1

Fonte: Wang e Gong (1997)

Introduziu-se o conceito de índice relativo de qualidade do solo (IRQS) que pode atingir um máximo de 100 e pode ser calculada pela equação abaixo:

$$\text{IRQS} = (\text{IQS} / \text{IQS}_m) * 100 \quad (2)$$

Onde: IQS é o índice da qualidade do solo;

IQS_m é o valor máximo do índice da qualidade do solo;

A partir dos dados das propriedades físicas e químicas do solo das áreas de cana crua e queimada, foi calculado o IQS e o IRQS com base na posição dos indicadores dentre as classes e em seus pesos ponderados.

3.1.1. Fonte de dados

Foram analisados dados de quatro diferentes trabalhos sobre aspectos relacionados às características físicas e químicas de amostras de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada por ocasião da colheita, para determinação e avaliação do IQS e do IRQS. O primeiro trabalho foi o de Cerri et

al. (1991), onde foi determinado o IQS e o IRQS em áreas de mata nativa, servindo como valores de referência, e em áreas com diferentes tempos de cultivo tradicional da cana-de-açúcar, uma cultivada por 50 anos e outra por 12 anos. Os valores das principais propriedades físicas e químicas do solo caracterizado como Latossolo Vermelho Escuro da região de Piracicaba - SP estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades físicas e químicas de solos sob mata natural e cultivados com cana-de-açúcar

Solo sob mata natural						
Profundidade	MO (g/kg)	N (mg/g)	P (mg/kg)	K (cmol _d /kg)	CTC (cmol _d /kg)	pH
00-6	9,80	4,88	12,20	0,60	12,60	5,80
6-12	9,80	2,37	3,30	0,50	6,80	5,50
12-20	11,10	1,48	1,90	0,30	3,90	5,00
Médias	10,20	2,91	5,80	0,50	7,80	5,40
Solo cultivado por 12 anos cana						
00-10	11,00	1,50	3,30	0,10	2,70	5,30
10-20	11,20	1,38	2,50	0,10	2,40	5,10
Médias	11,10	1,44	2,90	0,10	2,55	5,20
Solo cultivado por 50 anos cana						
00-10	12,20	1,20	10,10	0,20	2,60	4,80
10-20	11,70	1,34	10,30	0,20	2,20	4,70
Médias	11,95	1,27	10,20	0,20	2,40	4,75

Fonte: Cerri et al. (1991)

O segundo caso analisado foi o trabalho de Mendonza et al. (2000) onde compararam dois sistemas de colheita dos canaviais, um utilizando a queima prévia (cana queimada) e outro com espalhamento da palha na superfície (cana crua), o solo foi classificado como Argissolo Amarelo de textura arenoso-média localizado em uma área cedida pela Linhares Agropecuária S.A., Linhares – ES. Os dados da análise química do solo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Propriedades físicas e químicas de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada antes da colheita

Solo cana queimada						
Profundidade	MO (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/kg)	K (cmol _e /kg)	CTC (cmol _e /kg)	pH
00-10	7,20	0,90	11,00	0,17	4,40	6,40
10-20	7,90	0,90	3,70	0,16	4,30	6,50
Médias	7,55	0,90	7,35	0,166	4,35	6,45
Solo cana crua						
00-10	9,90	1,00	4,40	0,14	5,10	6,40
10-20	7,80	0,90	2,80	0,12	4,50	6,50
Médias	8,85	0,95	3,6	0,13	4,80	6,45

Fonte: Mendonza et al. (2000)

A terceira referência utilizada foi Canellas et al. (2003), sendo que este trabalho analisou amostras de um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vértico, localizado em Campos dos Goytacazes, a área de estudo é conhecida como Baixada dos Goytacazes (Ravelli Neto, 1989). Em uma das áreas de coleta, a cana foi cultivada por 55 anos sem a queima por ocasião da colheita e com a preservação da palhada, enquanto na outra área, adjacente a área com cana crua, houve a queima da palhada por 55 anos. Os dados das propriedades químicas do solo das referidas áreas estão na Tabela 4.

Tabela 4. Propriedades físicas e químicas de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada antes da colheita

Solo cana queimada						
Profundidade	MO (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/kg)	K (cmol _e /kg)	CTC (cmol _e /kg)	pH
00-20	13,13	1,50	6,30	0,20	8,10	6,50
Solo cana crua						
00-20	22,34	2,20	546,70	1,50	12,80	6,70

Fonte: Canellas et al. (2003)

O último trabalho utilizado foi o de Marques et al. (2009), sendo que os dados fornecidos foram retirados de amostras de solo de áreas canavieiras da região noroeste do Estado do Paraná, nesse trabalho foram padronizados os ambientes de produção, ou seja, o tipo de solo, o ano de corte, a variedade da

cana-de-açúcar e os tratos culturais. Separaram-se áreas com prévia queima da cana por ocasião da colheita e outras colhidas com a cana crua, sendo os dados das propriedades físicas e químicas do solo das referidas áreas apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Propriedades físicas e químicas de solos cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada antes da colheita

Solo cana colhida queimada						
Profundidade (cm)	MO (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/kg)	K (cmol _d /kg)	CTC (cmol _d /kg)	pH
00-20	12,60	3,15	2,76	0,11	3,00	6,40
Solo cana colhida crua						
00-20	10,56	2,64	2,08	0,09	2,90	6,40

Fonte: Marques et al. (2009)

3.2. Método do custo de reposição - MCR

A área de estudo situa-se no Norte do Estado do Rio de Janeiro, especificamente no Município de Campos dos Goytacazes, o solo é classificado como Cambissolo Háptico Ta Eutrófico vértico, onde a região apresenta relevo plano, com altitudes mais elevadas de 12 m em relação ao nível do mar e é conhecida como Baixada dos Goytacazes (Ravelli Neto, 1989). Na área de Tabuleiro, o relevo é levemente ondulado, as classes de solo de maior representatividade para esta área são os Argissolos Amarelos e os Latossolos Amarelos. O clima é classificado, segundo Koppen, como Aw, tipo quente e úmido, com período seco bem definido nos meses de maio a agosto, com ocorrência freqüente de veranicos nos meses de Janeiro e Fevereiro. A temperatura média anual varia de 24-25°C. A precipitação média anual é de 1.080 mm, concentrando-se principalmente nos meses de outubro a janeiro (Ometto, 1981).

Foi utilizado o Método do Custo de Reposição (MCR), que se caracteriza pelos cálculos das perdas de solo, transformadas em perdas de nutrientes que devem ser proporcionalmente repostos por meio de adubação com fertilizantes comerciais. Foram avaliados e relacionados dados de produção, dados de perda de nutrientes e atributos edáficos da região. Os dados necessários para o cálculo do custo de reposição foram os seguintes: a área total ocupada com cana-de-açúcar crua e queimada no município de Campos dos Goytacazes, as taxas de

erosão do solo, a composição do solo em termos de nutrientes, o montante de fertilizantes utilizados pelos sistemas de produção, os preços dos fertilizantes efetivamente pagos pelos agricultores e o preço pago para aplicação dos fertilizantes na cultura.

A taxa de erosão do solo foi calculada utilizando-se a USLE Universal Soil Loss Equation (Wischmeier e Smith, 1978) adaptada para uso nas condições brasileiras por (Bertoni e Lombardi, 1999). Representando um modelo multiplicativo simples, pelo qual a perda média anual de solo é obtida pelo produto de seis fatores determinantes, de acordo com a equação abaixo:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (3)$$

Onde:

A= Perda anual de solo, em t/ha.ano

R= Fator erosividade da precipitação e da enxurrada, em MJ.mm/ha.h.ano

K= Fator erodibilidade do solo, em t.ha.h/ha.MJ.mm

L= Fator de comprimento da encosta (adimensional)

S= Fator grau de declividade (adimensional)

C= Fator de cobertura e manejo da cultura (adimensional)

P= Fator prática de controle de erosão (adimensional)

Os fatores R, K, L e S dependem das condições naturais do clima, do solo e do relevo, e definem em conjunto o potencial natural de erosão. Para facilitar a aplicação da USLE, a maioria dos autores que trabalham com este método, recomenda a utilização dos fatores L e S combinados, já que estão diretamente vinculados à topografia. Os fatores C e P são antrópicos e se relacionam com as formas de ocupação e manejo das terras. Para aplicação do modelo em dada área, os referidos fatores devem ser ajustados considerando as condições locais. Os valores dos fatores da USLE para as áreas de Baixada e Tabuleiro estão na Tabela 6.

Tabela 6. Valor dos fatores da USLE para áreas de Baixada e Tabuleiro com sistema de colheita da cana crua (C.C) e queimada (C.Q).

Sistema de colheita da cana-de-açúcar	Fatores da USLE				
	R	K	LS	C	P
C.C - Baixada	5757	0,0441	0,2143	0,1533	0,25
C.Q - Baixada	5757	0,0441	0,2143	0,3066	0,5
C.C - Tabuleiro	5757	0,0586	0,3049	0,1533	0,25
C.Q - Tabuleiro	5757	0,0586	0,3049	0,3066	0,5

O fator R representa a média mensal do índice de erosão para o Município, portanto apresenta o mesmo valor para ambas as áreas. O fator K foi gerado adicionando-se valores de erodibilidade compilados da literatura por reclassificação de cada classe de solo presente no mapa pedológico do Município segundo Bertoni e Lombardi Neto, 1992.

O fator (LS), também chamado de topográfico, agrupa dois subfatores da USLE: comprimento de rampa (L) e declividade (S). A área de tabuleiro por apresentar um relevo suave ondulado, com uma declividade um pouco maior cerca de 3 a 8 % comparado a área de Baixada, foi utilizado uma correção de 30% para este fator. Os valores de C e P foram compilados da literatura de acordo com o uso, manejo e presença ou não de práticas conservacionistas para cada área ocupada do município. Para área de cana-de-açúcar o valor para C é de 0,3066 e para área com cana crua este valor é 50% menor o mesmo ocorre para o fator P (Ribeiro e Alves, 2007).

A partir das perdas físicas de solo expressas em t/ha/ano, foram calculadas as perdas de nutrientes, utilizando os dados sobre o teor dos nutrientes: N, P, K, Ca e Mg para o cálculo, tendo por base os dados sugeridos por Bellinazzi Jr. et al. (1981). O total da perda dos nutrientes foi transformado em fertilizantes por meio de coeficientes técnicos (EMBRAPA, 1999). A fórmula a seguir permite estimar o valor econômico das perdas de nutrientes do solo:

$$CR = \sum_n P_n * Q_n * A_n \quad (4)$$

Onde:

CR = Custo de Reposição, em R\$/t

Pn = Preço dos Fertilizantes, em R\$/t

Qn = Quantidade de fertilizante, em t

An = Preço da aplicação dos fertilizantes, em R\$/t

3.3. Medida da morbidade respiratória

Para que o terceiro e o quarto objetivo específico do presente trabalho fossem alcançados, foi feito o levantamento de dados a respeito do número de internações por problemas respiratórios, por meio dos registros de internações em hospitais conveniados com o Sistema Único de Saúde (SUS) do Município de Campos dos Goytacazes, através do Sistema de Informações Hospitalares Descentralizado (SIHD) do Departamento de informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) o levantamento incluiu o período de janeiro de 2008 a setembro de 2010, englobando assim os meses de queima e não queima da cana-de-açúcar na região.

3.3.1. Método dos custos evitados - MCE

A morbidade consiste na real incidência das doenças, que no caso deste trabalho, trata-se das doenças respiratórias. Foi utilizada a morbidade como indicador, que pôde ser mensurada economicamente por meio do número de dias perdidos de trabalho da população afetada pelo problema respiratório e pelo tempo médio de permanência por internação hospitalar. Para uma estimativa do custo das doenças respiratórias, foi utilizada a metodologia proposta por Santos (2000), sendo que o MCE pôde ser calculado pela seguinte equação:

$$V \text{ (MCE)} = \sum_{i=1}^n (C_i) K \quad (5)$$

Onde V (MCE) é o valor econômico do método dos custos evitados, C representa os custos incorridos para repor o dano das queimadas, i representa o tipo de custo e K representa o meio natural afetado.

De acordo com Motta (1998), os custos relativos à morbidade da população associados à poluição atmosférica podem ser classificados em quatro categorias:

- 1- Gastos médicos associados com tratamentos de doenças induzidas pela poluição;
- 2- Dias de trabalho perdidos resultantes da enfermidade;
- 3- Gastos para prevenir ou evitar a doença;
- 4- Desutilidade associada com os sintomas e oportunidades de lazer perdidas.

Devido à dificuldade de estimar as parcelas relevantes aos dois últimos itens, o custo da saúde associado à poluição foi mensurado por meio da soma dos gastos hospitalares por evento juntamente com o valor da morbidade da população estudada. Como fator financeiro foi utilizado a renda média do trabalhador com carteira assinada no município.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da qualidade do solo

A valoração da qualidade do solo pelo IQS e pelo IRQS foi realizada nesse trabalho em quatro situações (estudo de caso) distintas. No primeiro trabalho, o de Cerri et al. (1991), foi determinado o IQS e o IRQS em áreas de mata nativa, servindo esta como um valor referencial, e em áreas com diferentes tempos de cultivo tradicional da cana de açúcar, uma cultivada por 50 anos e outra por 12 anos. Foi verificado o maior IQS e, conseqüentemente, o maior IRQS na área sob mata, seguido da área de cana com 12 anos de cultivo e o menor índice foi o observado na área cultivada por 50 anos. O solo sob mata natural apresenta teores elevados de matéria orgânica nos primeiros 20 cm de profundidade. O desmatamento da área e o cultivo contínuo e exclusivo da cana-de-açúcar diminuem o estoque de compostos orgânicos, refletindo na diminuição da CTC. O teor de nitrogênio é sensivelmente inferior nos 20 cm superficiais nos solos cultivados por 12 e 50 anos, quando comparados com a mesma profundidade no solo sob mata natural.

O cultivo intensivo do terreno com cana-de-açúcar conduz a uma acidificação progressiva dos horizontes superiores, havendo uma perda de cátions básicos levando a uma diminuição do pH da camada superficial do solo. O aporte do fósforo assimilável no solo sob mata é baixo e é compensado nas áreas sob cultivo pela adição de fertilizantes químicos. A profundidade e a textura do solo estão apresentadas, respectivamente, na classe I e II, pois a profundidade

analisada foi idêntica (20 cm) para ambas as áreas. O solo foi classificado como um Latossolo vermelho escuro que se desenvolve sobre intercalações de arenito e basalto, estando em uma mesma classe. Foi possível observar diferença clara no IQS verificado na área de mata natural em relação às áreas cultivadas e exploradas continuamente com cana de açúcar, confirmando um maior IQS para área de mata natural, tal como observado no trabalho de Chaer e Tótola (2007).

A partir dos resultados de Mendonza et al. (2000) foi observado maior IQS na área cultivada com cana-de-açúcar sem queima prévia para colheita do canavial. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico com textura arenosa a média, apresentando-se na classe III (Tabela 1). Após cinco ciclos de cultivo, o teor de matéria orgânica foi o fator que mais influenciou as variações das propriedades químicas do solo. A incorporação da palha promove incremento da matéria orgânica estabilizada em compostos húmicos, com reflexos no incremento da CTC e a disponibilidade de nutrientes para a cultura.

O conteúdo de fósforo foi maior na área cultivada com queima pré-colheita devido à mineralização de compostos orgânicos que, em curto prazo, disponibilizam mais fósforo, mas em longo prazo pode diminuir a fertilidade do solo, pois as cinzas são lixiviadas principalmente em solos com teores reduzidos de matéria orgânica. Para manter a produtividade foram adicionados fertilizantes químicos comerciais, conforme descrito por Mendoza et al. (2000).

Tabela 7. Classificação dos atributos utilizados como indicadores de qualidade do solo nas classes de potencial para crescimento vegetal I a IV, elaborada a partir dos trabalhos da literatura

Referencial teórico	Cultivar	Profundidade	Textura	MO	N	P	K	CTC	pH
Cerri et al. (1991)	Mata natural	I	II	II	I	III	I	III	II
	Cana c/ 50 anos	I	II	III	II	II	III	IV	III
	Cana c/ 12 anos	I	II	II	II	IV	III	IV	II
Medonza et al. (2000)	Cana crua	I	III	III	III	IV	III	III	I
	Cana queimada	I	III	IV	III	III	III	IV	I
Canellas et al. (2003)	Cana crua	II	II	I	I	I	I	II	I
	Cana queimada	II	II	II	II	III	III	III	I
Marques et al. (2009)	Cana crua	I	II	III	III	IV	II	IV	III
	Cana queimada	I	II	II	III	IV	II	IV	III

Canellas et al. (2003) analisou as propriedades físicas e químicas de um Cambissolo cultivado por longo tempo com cana-de-açúcar, sendo uma área a cana foi colhida com queima prévia (55 anos) e em uma área adjacente a cana colhida sem queima prévia (55 anos) com a preservação do palhiço. Verificamos um IQS elevado na área sem queima em comparação com a área colhida com a queima da palha. O teor de matéria orgânica foi significativamente maior na área de cana crua. De acordo com Canellas et al. (2003) os teores de carbono e nitrogênio nas áreas sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar, comparando o manejo cana crua e queimada, verificou-se um acréscimo de 70% de carbono na camada entre 0 a 20 cm. O teor de nitrogênio teve um aumento de 47% na mesma camada de solo.

A manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo favorece diretamente a concentração de C e N, além de aumentar o tempo de renovação da lavoura. Sistemas conservacionistas ao longo do tempo apresentam um incremento de matéria orgânica no solo, este sistema diminui o efeito oxidativo que ocorre predominantemente em sistemas com preparo de solo mais intensivo, que proporcionam um maior ataque microbiano e uma diminuição do teor de matéria orgânica. O teor de fósforo foi significativamente maior em cana crua, devido ao efeito cumulativo da aplicação de fertilizantes e o retorno de fósforo acumulado na biomassa vegetal (Canellas et al., 2003), levando este indicador para a classe I em cana crua (Tabela 2). A CTC também foi alterada seguindo a concentração da matéria orgânica, sendo, portanto mais elevada em cana crua.

No trabalho de Marques et al. (2009) foi verificado maior IQS na área de cana queimada comparado à área de cana crua (Tabela 8) refletindo problemas na utilização de IQS proposto para a avaliação do manejo da colheita da cana de açúcar em estudos de curto prazo. Este fato foi decorrente do pouco tempo de diferença da área com queima e sem queima, o período de tempo não foi suficiente para evidenciar as modificações das propriedades físicas e químicas do solo. Realizar uma análise de diferença entre as classes dos atributos, pesos relativos e possibilidades de adaptação para atingir valores distintos são imprescindíveis em que o tempo é uma variável importante no estudo.

O IQS é apresentado na Tabela 8, serviu como uma ferramenta para avaliar o sistema de manejo da colheita da cana, embora em curto prazo, problemas de fertilidade do solo podem ser resolvidos com a aplicação de fertilizantes químicos, embora isto acarrete em uma elevação do custo econômico e ambiental. Alternativas de manejo que preservem os teores de matéria orgânica na superfície do solo garantem sustentabilidade da produção gerando uma economia em longo prazo.

O presente trabalho apresentou resultados de quatro trabalhos devido à grande dificuldade de dados na literatura sobre estudos comparativos sobre a influencia da colheita da cana crua e queimada sobre todos os parâmetros, utilizados com indicadores da qualidade do solo. A contribuição mais importante foi o cálculo do IQS servindo de base para uma avaliação do sistema de manejo do solo agrícola.

Tabela 8. Índice da qualidade do solo (IQS) obtido a partir dos dados da literatura para as diferentes áreas de estudo

Referencial Teórico	Uso e/ou manejo	IQS
Cerri et al. (1991)	Mata nativa	310
	Cana c/ 50 anos	251
	Cana c/ 12 anos	259
Medonza et al. (2000)	Cana crua	239
	Cana queimada	215
Canellas et al. (2003)	Cana crua	353
	Cana queimada	275
Marques et al. (2009)	Cana crua	233
	Cana queimada	251

O índice relativo da qualidade do solo (IRQS) apresenta uma idéia geral sobre a qualidade de um solo, apresentando um valor máximo de 100. No presente trabalho, foram observados diferentes valores de IRQS para os solos das diferentes áreas analisadas, conforme é apresentado na Tabela abaixo para todas as áreas.

Tabela 9. Índice relativo da qualidade do solo (IRQS) obtido a partir dos dados da literatura para as diferentes áreas de estudo

Referencial Teórico	Uso e/ou manejo	IRQS
Cerri et al. (1991)	Mata nativa	77,50
	Cana c/ 50 anos	62,50
	Cana c/ 12 anos	64,75
Medonza et al. (2000)	Cana crua	59,75
	Cana queimada	53,75
Canellas et al. (2003)	Cana crua	88,25
	Cana queimada	68,75
Marques et al. (2009)	Cana crua	58,25
	Cana queimada	62,75

Alterações na qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso da terra e tipos de solo foram avaliadas quantitativamente, a partir do que observado a influência do sistema de colheita com a prévia queima. Mendes et al. (2008) utilizaram o modelo quantitativo do IRQS para mensurar a qualidade do solo para diferentes agroecossistemas do Cerrado. Avaliaram a qualidade do solo de duas áreas, sendo que a primeira área apresentava rotação de milho/soja sob

sistemas de platio direto e convecional, e a outra apresentava sistemas integrados de lavoura/pecuária.

Observaram que o IRQS da área com platio direto foi em média 1,6 vezes maior que o obtido na área com plantio convencional, a área de Cerrado nativo foi a que apresetou maior IRQS, sendo este 2,0 vezes superior ao encontrado na área de plantio convencional. Na segunda área, os maiores valores de IRQS foram encontrados em sistema de pastagem consorciada com leguminosas (Mendes et al. 2008).

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que o IQS foi eficiente para o monitoramento da qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. O cálculo do IQS permitiu diferenciar as formas de manejo do solo mais adequadas, confirmando os efeitos benéficos do sistema de manejo onde há maior acúmulo de material vegetal e menor revolvimento do solo, contribuindo para uma qualidade do solo agrícola.

A determinação do IQS das áreas expostas a diferentes formas de manejo foi de grande importância para a avaliação da forma de manejo mais sustentável. Mas apenas a apresentação de um IQS não é suficiente para que se possa ter uma visão mais ampla sobre o quanto economicamente é gasto para repor a qualidade inicial do solo. Assim é de extrema importância realizar a valoração econômica da fertilidade do solo sob as diferentes formas de manejo.

4.2. Valoração do custo de reposição dos nutrientes

As estimativas da taxa de erosão hídrica do solo para o uso com cana crua foi de $2,08 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e para o uso com cana queimada foi de $8,34 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para área de Baixada. Para área de Tabuleiro esta taxa foi maior para ambos os sistemas de colheita, devido principalmente a maior declividade do terreno. As taxas para cana crua e queimada foram respectivamente de $3,94 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $15,76 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Utilizando a USLE foi encontrada uma diferença significativa para a taxa de perda de solo para os dois sistemas de colheita da cana em ambas as áreas. Os fatores que mais contribuíram para esta diferença são os antrópicos, o fator C que corresponde ao fator uso e manejo do solo e o fator P que representa as práticas conservacionistas. Estes fatores são de extrema importância quando comparamos a mesma cultura apenas com a forma de

manejo distinta, o emprego de práticas conservacionistas minimiza o impacto da erosão hídrica no solo.

Tôsto et al. (2009), utilizando a USLE e o método do custo de reposição de nutrientes, no Município de Araras – SP, estimaram que a taxa de perda de solo para o cultivo da cana mecanizada e queimada foram $3,9 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $14,9 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente. Nota-se que os valores encontrados foram relativamente próximos dos encontrados na cultura da cana em Campos dos Goytacazes. Ficou bastante evidenciado como a forma de manejo do solo agrícola influencia as taxas de erosão e perda de solo no sistema de produção agrícola.

Em seguida foram mensuradas as perdas totais de nutrientes do solo em áreas de Baixada e Tabuleiro, nos cultivos de cana crua e queimada no Município de Campos dos Goytacazes para o ano de 2010, os resultados estão nas Tabelas 10 e 11. A área de cana colhida crua no Município é bem inferior à área que utiliza a queima, menos de 20% da área plantada com cana de açúcar no município é colhida crua. Analisando esta perda por hectare, foi verificada uma maior perda de nutrientes na área de cana colhida queimada.

Tabela 10. Perda total de solo e de nutrientes nos cultivos de cana-de-açúcar crua e queimada em área de Baixada

Perda de solo e nutrientes	Cana Crua	Cana Queimada
Perda de solo (t.ano-1)	8.736,00	548.772,00
Perda de N (t.ano-1)	1,13	71,34
Perda de P (t.ano-1)	0,28	18,10
Perda de K (t.ano-1)	0,98	62,01
Perda de Ca + Mg (t.ano-1)	7,07	444,50

A região de Baixada é constituída principalmente da classe de solo Cambissolo, este tipo de solo apresenta uma percentagem média no teor de nutrientes superior ao tipo de solo da região caracterizada como tabuleiro, onde as classes de solo predominante são os Argissolos e Latossolos. A maior taxa de perda de solo para região de Tabuleiro pode ser atribuída às maiores erodibilidade, declividade e comprimento de rampa. Enquanto que as áreas de baixada cultivadas com cana possuem declividades mais amenas, entre 0 e 3% de declive. Essa é a principal razão de menores movimentações de solos nos

cultivos de Baixada, e conseqüentemente menores perdas de solos e de nutrientes.

Tabela 11. Perda total de solo e de nutrientes nos cultivos de cana-de-açúcar crua e queimada para área de Tabuleiro

Perda de solo e nutrientes	Cana Crua	Cana Queimada
Perda de solo (t.ano-1)	16.548,00	1.0370,08
Perda de N (t.ano-1)	4,30	269,60
Perda de P (t.ano-1)	0,21	13,48
Perda de K (t.ano-1)	11,41	715,50
Perda de Ca + Mg (t.ano-1)	20,15	134,80

Pugliesi (2007) estimou a perda de nutrientes do solo sob diferentes formas de cultivo de milho durante a safra de 1990 a 1996. Observou que os tratamentos denominados conservacionistas (plantio direto) obtiveram as menores perdas de nutrientes em relação aos tratamentos convencionais de manejo do solo (arado de disco). O valor da perda total de nitrogênio por hectare no tratamento conservacionista foi de 9,39 kg ha⁻¹, em quanto para o outro tratamento foi de 44,26 kg ha⁻¹. Esses resultados são semelhantes ao encontrados no presente trabalho, pelo que podemos verificar que a perda de nutrientes é sempre inferior na área com práticas conservacionistas, este fato deve-se provavelmente a permanência do material vegetal na superfície e a menor mobilização do solo.

Posteriormente foram estimadas as perdas totais de nutrientes para os dois sistemas de colheita da cana. A quantidade perdida de cada nutriente foi convertida em equivalente em fertilizante. As Tabelas 12 e 13 mostram as quantidades necessárias de fertilizantes químicos, toneladas de adubo por hectare, para repor a fertilidade do solo perdida no processo de erosão nos dois sistemas de colheita da cana para as duas áreas estudadas.

Tabela 12. Quantidade de fertilizantes necessárias para reposição dos nutrientes perdidos por erosão, colheita da cana crua e queimada, em área de Baixada, em toneladas (t)

Reposição de nutrientes	Cana Crua (t)	Cana Queimada (t)
Sulfato de amônia	5,65	356,70
Superfosfato simples	1,56	100,64
Cloreto de potássio	1,69	106,66
Calcário dolomítico	18,59	1.169,04

A quantidade de fertilizantes utilizada para repor os nutrientes perdidos em ambas às áreas nos fornece um indicativo monetário, permitindo assim inferir a cerca dos processos antrópicos que vêm causando erosão na região estudada. Os resultados indicam que os produtores locais continuam adotando práticas rudimentares como a utilização de fogo na colheita da cana. Assim, a adoção da modernização com a utilização de práticas conservacionista diminuiria a taxa de perda de solo resultando em uma economia em longo prazo.

Tabela 13. Quantidade de fertilizantes necessárias para reposição dos nutrientes perdidos por erosão, colheita da cana crua e queimada, em área de Tabuleiro, em toneladas (t)

Reposição de nutrientes	Cana Crua (t)	Cana Queimada (t)
Sulfato de amônia	21,50	1.348,00
Superfosfato simples	1,17	74,95
Cloreto de potássio	19,63	1.230,66
Calcário dolomítico	5,65	354,52

Foi utilizado o preço médio dos fertilizantes, sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico, para o ano de 2010 retirados do comércio de Campos dos Goytacazes. Para efeitos comparativos, foi calculado o custo de reposição dos nutrientes por hectare de área cultivada com cana colhida crua e queimada para as regiões de Baixada e Tabuleiro, utilizando a média dos preços juntamente com a adição do custo de aplicação dos fertilizantes. A Tabela 14 apresenta a estimativa do custo de reposição de nutrientes incluindo o custo da aplicação dos mesmos, por hectare e por tipo de uso de solo na região, para o ano de 2010.

Tabela 14. Estimativa do custo de reposição de nutrientes em áreas de Baixada e Tabuleiro de acordo com o sistema de colheita de cana, em Campos dos Goytacazes - RJ

Sistema de colheita da cana-de-açúcar	Custo de reposição de nutrientes (R\$/ha)
Cana Crua – Baixada	2,61
Cana Queimada – Baixada	10,53
Cana Crua – Tabuleiro	10,89
Cana Queimada – Tabuleiro	43,59

Observa-se que o custo de reposição de nutrientes no cultivo da cana queimada é de cerca de 75% maior quando comparado ao sistema de colheita da cana crua nas áreas de Tabuleiros e em torno de 74% nas áreas de Baixada. Gasta-se em torno de quatro vezes mais para reposição dos nutrientes perdidos em função da queima da palha que protege a camada superficial do solo. Os resultados evidenciam argumentos no sentido da adoção da modernização da colheita da cana e do manejo conservacionista do solo. Assim, constatou a importância da valoração econômica na estimativa de parâmetros responsáveis pela adoção de medidas conservacionistas, objetivando a sustentabilidade econômica, social e ambiental da cultura.

Rodrigues et al. (2009) verificaram, por meio do MCR, os custos ambientais ocasionados pelas externalidades negativas da produção de soja em áreas de expansão nos Cerrados brasileiros. Os custos ambientais anuais para plantio convencional foi de R\$ 169.415,50 (por hectare este custo foi de R\$ 4,58). Por outro lado aplicando o sistema de plantio direto, este valor diminui para R\$4.294,37 ao ano (por hectare o custo em média foi de R\$ 0,12).

Estes resultados demonstram a grande importância da valoração econômica ambiental, que podem servir como medidas para que formas de manejo do solo que estimulem as práticas conservacionistas sejam adotadas, visando uma economia social e ambiental.

Para que a valoração econômica ambiental seja mais abrangente, é importante que haja uma estimativa das externalidades negativas ocasionadas pela prática das queimadas dos canaviais sobre a saúde da população, mensurando com isso o bem estar desta população.

4.3. Análise da relação de internações hospitalares por doenças respiratórias decorrentes da queima dos canaviais

Em relação aos dados sobre morbidade, os quadros a seguir mostram dados provenientes do DATASUS, onde foram obtidas informações sobre as internações mensais relacionadas a doenças do aparelho respiratório no período de 2008 a 2010. Para melhor visualização do problema em questão, as informações sobre a morbidade respiratória durante o período de estudo foram separadas por meses, além do número de internações é apresentado o valor total emitido pelo SUS por mês durante o período estudado.

Quadro 2. Número de internações mensais por problemas respiratórios e valor total das internações no Município de Campos dos Goytacazes no ano de 2008

Meses	Total de Internações	Valor Total das Internações (R\$)
Jan/08	453	3.227,48
Fev/08	403	10.780,25
Mar/08	405	10.689,55
Abr/08	587	7.116,75
Mai/08	1390	12.130,85
Jun/08	2516	19.936,17
Jul/08	2368	18.425,88
Ago/08	1916	12.586,74
Set/08	2382	11.901,91
Out/08	3109	17.159,90
Nov/08	3014	9.552,48
Dez/08	4395	25.240,97

Fonte: Sistema Único de Saúde

Quando se dividiu o período total de estudo em períodos de queima (maio a novembro) e não queima da palhada da cana-de-açúcar (dezembro a abril), observou-se um aumento das internações no período da queima, este foi em torno de 1136 casos em média para os meses de ocorrência da queima. O valor total gasto pelas internações também foi maior nos meses da prática da queima, sendo que no mês de dezembro houve um aumento significativo no número de internações e no valor emitido pelo SUS. Apesar de não ocorrer queima neste mês problemas respiratórios acarretados em meses anteriores podem ser agravados decorrente de diversos fatores climáticos. Para uma melhor visualização desta situação a Figura 1 demonstra a variação do número de internações por problemas respiratórios no decorrer do ano de 2008.

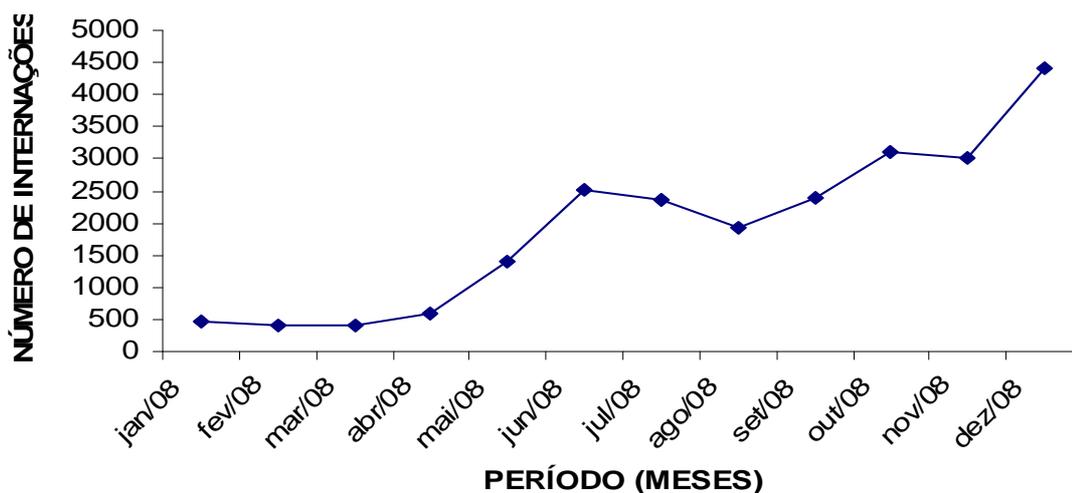


Figura 1. Número total de internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes - 2008

A Figura 2 ilustra a variação do gasto total com as internações ocorridas no mesmo ano, nos meses de queima mensuramos um incremento total de R\$ 44.638,93 quando comparado aos meses de não queima. Observa-se uma interação entre os dois gráficos, assim para efeitos comparativos é bem visível a diferença entre os meses que não ocorre à queima e os meses onde esta prática é realizada. Foi verificado que a poluição atmosférica pode ser considerada como uma causadora de doenças respiratórias e é de grande importância mensurar quanto à sociedade paga indiretamente por esta externalidade negativa.

É importante ressaltar que neste trabalho, estamos analisando somente os efeitos mais graves sobre a saúde humana, os efeitos considerados leves a moderados, como tosse, falta de ar e o aumento da utilização de medicamentos fora do hospital não está sendo considerado nesta análise.

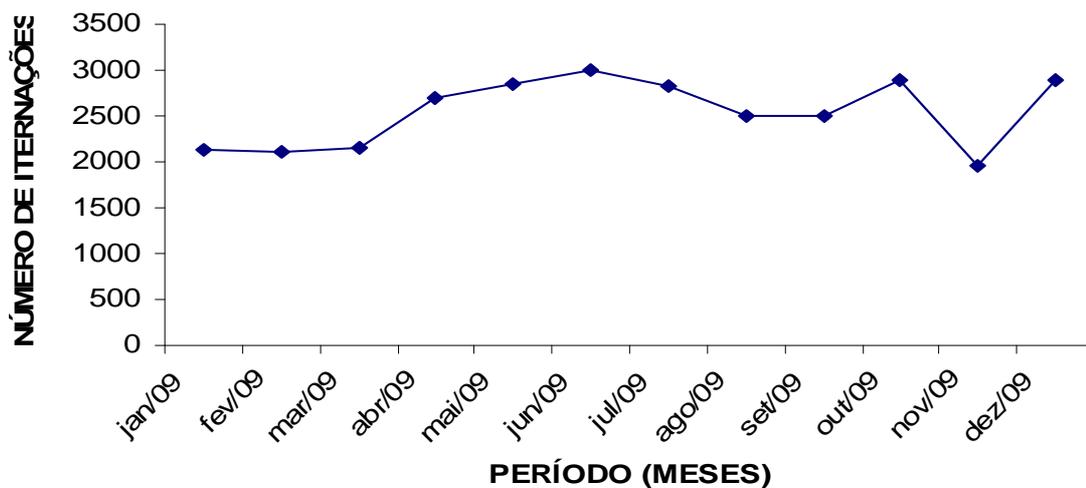


Figura 2. Valor total das internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes - 2008

A mesma análise foi feita para o ano de 2009 e 2010, o quadro 3 mostra o número total de internações por problemas respiratórios no ano de 2009 e os respectivos gastos mensais por internação. Diante das observações feitas a partir dos dados fornecidos pelo DATASUS, foi possível verificar uma relação entre o número de internações por doenças respiratórias e o período da queima dos canaviais. Neste período por consequência das queimadas há uma maior concentração de material particulado fino e ultrafino na atmosfera, vinculado a este fato o índice de doenças do aparelho respiratório na população em estudo aumentou. Diante desses dados, pode-se dizer que a queima da cana-de-açúcar leva a um aumento no nível de poluição atmosférica e essa maior quantidade de poluição faz elevar o número de internações por doenças respiratórias no município de Campos dos Goytacazes.

Quadro 3. Número de internações mensais por problemas respiratórios e valor total das internações no Município de Campos dos Goytacazes no ano de 2009

Meses	Total de Internações	Valor Total das Internações (R\$)
Jan/09	2126	19.685,56
Fev/09	2112	19.631,59
Mar/09	2665	15.430,19
Abr/09	2874	24.955,15
Mai/09	2698	21.392,20
Jun/09	2997	18.626,38
Jul/09	2829	23.651,83
Ago/09	2509	25.858,50
Set/09	2494	25.907,78
Out/09	2884	22.259,71
Nov/09	1965	21.025,43
Dez/09	2902	27.134,46

Fonte: Sistema Único de Saúde

É importante destacar que os dados considerados foram sobre as internações por afecções das vias respiratórias registradas no SIHD/SUS, que recebe dados de toda a rede pública, bem como da rede privada conveniada ao SUS. Portanto, é provável haver sub-registro de dados, pois os dados provenientes da rede privada de saúde não são notificados neste sistema. Embora a rede pública atenda a maioria dos casos de interações, diminuindo assim o índice de sub-registro. As Figuras 3 e 4 mostram respectivamente o número de internações mensais por problemas respiratórios e o valor total das internações para o período de 2009.

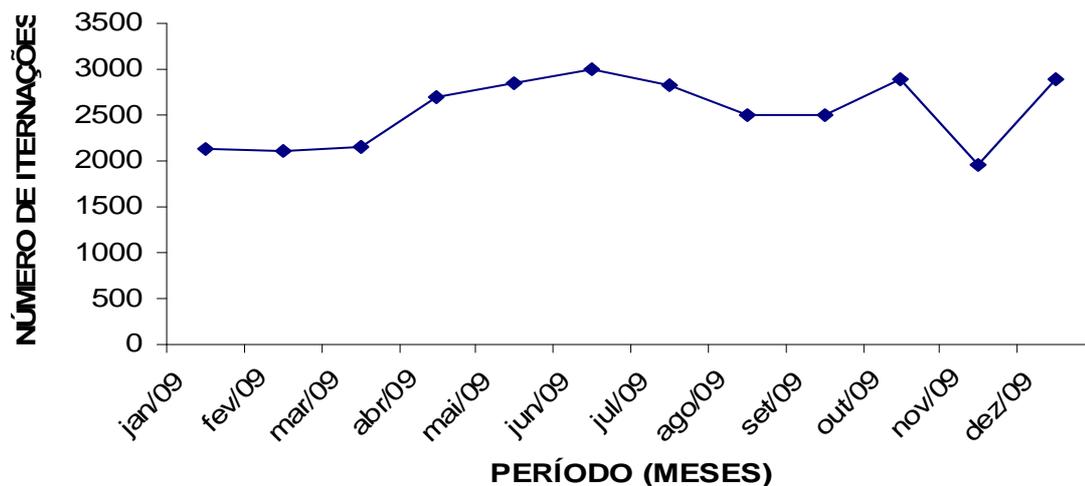


Figura 3. Número total de internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes - 2009

Durante o ano de 2009 foi verificada uma elevação em média de 250 casos de internação hospitalar por problemas respiratórios no período das queimadas, quando comparado ao outro período, assim como foi observado para o ano de 2008. Houve um incremento de R\$ 51.885,95 durante o período da queima da cana (Figura 4), evidenciando assim o impacto econômico gerado por esta atividade sobre Estado e a população. Pôde-se dizer que a variação do número de internações segue um caráter sazonal, embora seja difícil mensurar todos os malefícios ocasionados pela queima da cana devido à indisponibilidade de dados em nossa região, como por exemplo, a mensuração da concentração de material particulado gerado pelo processo da queima. É de grande importância uma estimativa dos efeitos gerados sobre o bem-estar da população.

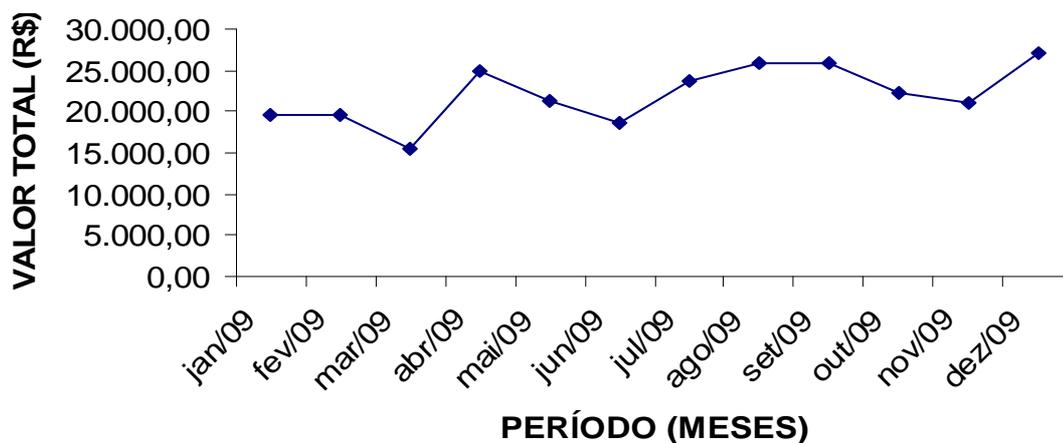


Figura 4. Valor total das internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes - 2009

Os dados fornecidos pelo DATASUS para o ano de 2010 vão do mês de janeiro até setembro, pois ainda não foram registrados os casos ocorridos nos meses de outubro a dezembro no SIHD. O quadro 4 resume o número de internações e os gastos ocorridos devido à problemas respiratórios, na população do município de Campos dos Goytacazes. Pôde-se ter uma noção das implicações sobre a saúde humana associada às práticas das queimadas.

Quadro 4. Número de internações mensais por problemas respiratórios e valor total das internações no Município de Campos dos Goytacazes no ano de 2010

Meses	Total de Internações	Valor Total das Internações (R\$)
Jan/10	2276	21.169,17
Fev/10	2685	26.986,81
Mar/10	2437	26.121,34
Abr/10	1402	19.865,57
Mai/10	2734	33.188,44
Jun/10	4013	41.324,96
Jul/10	2703	27.765,28
Ago/10	2553	24.790,14
Set/10	3648	35.871,96

Fonte: Sistema Único de Saúde

A média aproximada do número de internações para o período de janeiro a abril foi de 2.200 casos, já para o período de maio a setembro foi cerca de 3.130 casos, um aumento de 930 casos em média (Figura 5). Observou-se um pico de internação, no decorrer dos três anos de análise, no mês de junho este mês também representou em média os valores mais altos gastos pelo SUS.

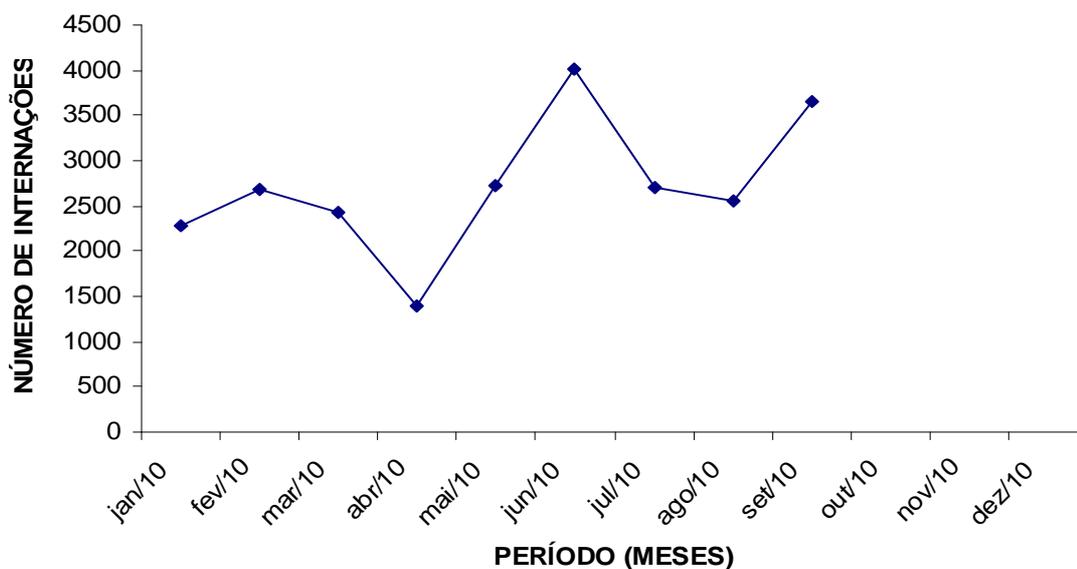


Figura 5. Número total de internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes – 2010

Os gastos com as internações ocorridas durante o ano de 2010 foram de respectivamente R\$ 94.142,89 e de R\$ 162.940,78. Foi estimada uma diferença de R\$ 68.797,89 entre os meses estudados, mostrando uma variação significativa (Figura 6).

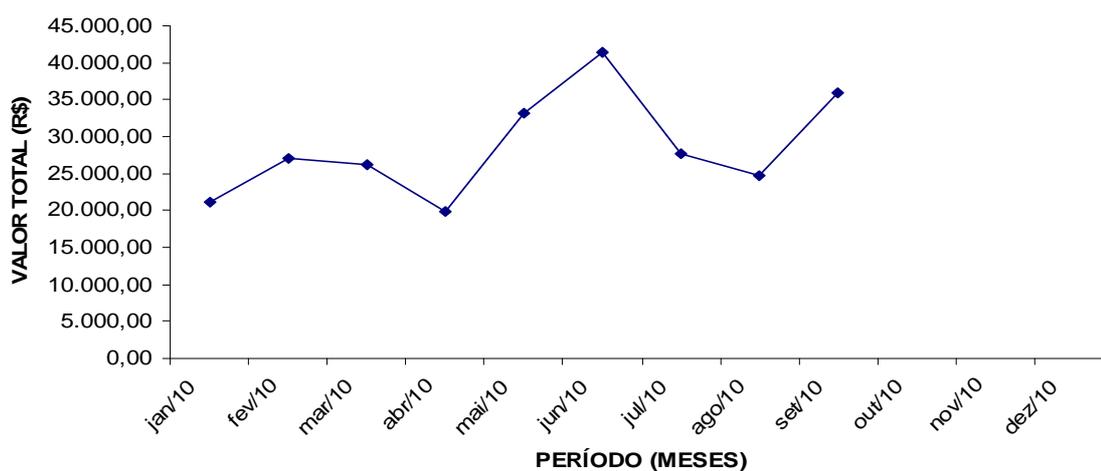


Figura 6. Valor total das internações por problemas respiratórios no Município de Campos dos Goytacazes - 2010

O presente estudo demonstrou uma elevação tanto no número de internação quanto nos gastos emitidos pelo SUS, nos meses em que a queima da cana ocorre, no decorrer dos anos estudados. Resultados semelhantes podem ser observados no trabalho de Caetano de Paula (2008) onde a média mensal de internações hospitalares devido a problemas respiratórios durante o período da queima da cana na região de Ribeirão Preto-SP, foi de 527 internações, enquanto que no período em que a queima não ocorre foi de 416. Na média, o número de internações cresceu 26,75% nos meses do período da queima da cana.

Caetano de Paula (2008) também estimou os gastos hospitalares com internações por doenças do aparelho respiratório, foi verificado um custo de R\$ 844.158,56 para o período de março de 2004 a agosto de 2006. Este custo se deve provavelmente a queda da qualidade do ar, devido às queimadas, aumentando os custos sociais. Estes dados corroboram com resultados obtidos no presente estudo.

A Tabela abaixo apresenta a média mensal de interações hospitalares por problemas respiratórios para os períodos da queima (safra) e não queima da cana-de-açúcar (entressafra) no Município de Campos dos Goytacazes, para os três anos de estudo.

Tabela 15. Média mensal de interações hospitalares por problemas respiratórios para os períodos da queima (Safra) e não queima da cana-de-açúcar (Entressafra) no Município de Campos dos Goytacazes entre 2008 e 2010.

Ano	Safra	Entressafra
2008	2385,0	1248,6
2009	2646,7	2397,0
2010	3130,2	2200,0

O número de internações hospitalares por problemas respiratórios no período da Safra foi de aproximadamente 1136 casos adicionais para o ano de 2008 comparado ao período da Entressafra para o mesmo ano. Este valor serve como um referencial do impacto da queima da cana-de-açúcar sobre a quantidade de internações hospitalares que ocorrem a mais durante estes meses. Para o ano de 2009 houve em média uma diferença de 250 casos aproximadamente, e para o ano de 2010 um aumento de 930 casos. Em termos percentuais foi verificada para o ano de 2008 uma elevação aproximada de 91%

em média em relação ao período da entressafra. Para os anos seguintes de 2009 e 2010 foi registrado um aumento aproximado de respectivamente 10% e 42%. Para o ano de 2009 o percentual foi menor quando comparado aos outros anos de estudo, fatores climáticos podem estar interferindo neste resultado, sendo necessários estudos posteriores relacionando estes fatores com o número de internações hospitalares por problemas respiratórios.

A análise estatística, teste de médias com nível alfa de 5%, para a variável correspondente ao número de internações hospitalares por problemas respiratórios, durante o período da queima da cana-de-açúcar na região e o período relacionado aos meses que este procedimento não ocorre, apresentou diferença significativa.

Tabela 16. Teste Tukey para comparação de médias do número de internações hospitalares para os períodos da queima e não queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes entre 2008 e 2010.

Período	Dados	Médias	Comparações
Queima	19	2669,5789	A
Sem queima	14	1980,1428	B

Teste Tukey $Q(050,27) = 2.903$

A análise estatística feita para a variável, valor de internações hospitalares, também mostrou diferença significativa entre o período da queima em relação ao período da entressafra, onde não ocorre a queima da cana na região.

Tabela 17. Teste Tukey para comparação de médias do valor das internações hospitalares para os períodos da queima e não queima da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes entre 2008 e 2010.

Período	Dados	Médias	Comparações
Queima	19	22281,9219	A
Sem queima	14	18431,0605	B

Teste Tukey $Q(050,27) = 2.903$

4.4. Estimativa de parte das externalidades negativas impostas à sociedade pela queima da cana-de-açúcar

Para estimar o custo gerado pela queima da cana sobre a saúde da população do Município de Campos dos Goytacazes, foram levantados os dados dos gastos hospitalares e o número de internações por problema respiratório por meio do DATASUS do ano de 2008 a 2010. Foi utilizado também o tempo médio de permanência por internação, com a finalidade de inferir o número de dias perdidos de trabalho. O índice de morbidade foi obtido, multiplicando-se o número de internações pelo tempo medido de internação.

De acordo com o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), foi obtido o número de internações diárias relacionados à doença do aparelho respiratório, segundo a classificação internacional das doenças (CID – 10). A Tabela abaixo mostra os dias de permanência por mês/ano segundo processamento do Município.

Tabela 18. Dias de permanência por mês/ano, relacionados às doenças respiratórias – Município de Campos dos Goytacazes

Período: 2008		Período: 2009		Período: 2010	
	Total (dias)		Total (dias)		Total (dias)
Jan	751	Jan	1.761	Jan	1.184
Fev	2.425	Fev	1.444	Fev	1.605
Mar	2.398	Mar	1.451	Mar	1.633
Abr	2.109	Abr	1.702	Abr	1.565
Mai	2.178	Mai	2.197	Mai	1.971
Jun	2.542	Jun	1.953	Jun	2.141
Jul	1.648	Jul	2.184	Jul	1.960
Ago	1.675	Ago	2.332	Ago	1.444
Set	1.556	Set	2.473	Set	2.019
Out	1.538	Out	1.437		
Nov	1.343	Nov	1.543		
Dez	1.578	Dez	1.600		

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) – Base de dados nacionais em 01/12/2010.

Foi verificado a partir dos dados fornecidos, um somatório de 8.261 dias de permanências de internação devido a problemas no aparelho respiratório, durante

os meses que não ocorre à queima da cana-de-açúcar. Embora para os outros meses, onde este procedimento é praticado, foi verificado um número de 12.480 diárias para o ano 2008 de processamento. O ano seguinte registrou uma diferença mais significativa, quando comparado ao ano anterior, para os meses de não queima e queima apresentando respectivamente um total de 7.958 contra 14.119 diárias. Para o ano de 2010 os registros vão até o mês de setembro, contudo podemos ter uma noção da diferença das internações durante os períodos estudados. Assim como para os outros dois anos anteriores o número de diárias foi maior para o período da queima da cana, quando comparado ao outro período. Mensuramos 5.987 diárias para o primeiro período e 9.535 para o segundo, uma diferença de aproximadamente 3600 dias de internação.

Estas diárias são contabilizadas como dia de trabalho perdido resultante da enfermidade, esta perda de produção foi contabilizada de acordo com a renda média do trabalhador de Campos dos Goytacazes, de acordo com o Ministério do Trabalho em Emprego em 2009 a renda média foi de R\$ 715,49, utilizamos esta fonte como base para avaliarmos os custos. Os dados da Tabela 17 indicam a média de permanência de internação por mês/ano de processamento de acordo com o SUS. Estes dados são necessários para que possamos estimar a morbidade respiratória da população durante o período de estudo.

Tabela 19. Média de permanência por mês/ano, relacionados às doenças respiratórias – Município de Campos dos Goytacazes

Período: 2008		Período: 2009		Período: 2010	
	Média		Média		Média
Jan	6,9	Jan	7,8	Jan	7,6
Fev	5,4	Fev	7,7	Fev	8,2
Mar	7,2	Mar	7,5	Mar	7,7
Abr	7,9	Abr	7,9	Abr	7,3
Mai	7,9	Mai	8,7	Mai	7,9
Jun	8,8	Jun	8,2	Jun	9,2
Jul	7,7	Jul	8,1	Jul	9,3
Ago	9,1	Ago	8,6	Ago	9,1
Set	7,2	Set	9,4	Set	8,6
Out	7,8	Out	8,4	Out	
Nov	7,8	Nov	8,0	Nov	
Dez	8,1	Dez	9,0	Dez	

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) – Base de dados nacionais em 01/12/2010.

Por meio da soma dos gastos hospitalares com o valor calculado dos dias de trabalho perdidos durante o período estudado multiplicado pelo tempo médio de permanência por internação, que é a morbidade, chegou-se ao custo da doença associado à poluição atmosférica no Município, como mostram as Tabelas 18, 19 e 20.

Tabela 20. Custos das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica – 2008

Período	Morbidade *	Custo das doenças*
Jan	5.181,90	126.798,86
Fev	13.095,00	323.096,00
Mar	17.265,60	422.474,11
Abr	16.661,10	404.483,98
Mai	17.206,20	422.498,72
Jun	22.369,60	553.451,13
Jul	12.689,60	321.072,84
Ago	15.242,50	376.120,36
Set	11.203,20	279.098,23
Out	11.996,40	303.274,04
Nov	10.475,40	259.390,77
Dez	12.781,80	330.088,90

Fonte: Elaboração própria, com dados retirados do DATASUS.

Notas:

Custo das Doenças* = {Gastos Hospitalares + [Morbidade * (renda/30)]}

Morbidade * = Número de Dias Perdidos * Tempo Médio de Permanência por Internação.

Os dados da Tabela 18 mostram o índice da morbidade respiratória e os custos das doenças relacionadas ao sistema respiratório. Durante o ano de 2008, foi verificado que o valor do custo das doenças no período da queima foi superior quando comparado ao outro período, apresentando uma diferença aproximada de R\$ 910.000,00. Mas é importante destacar que avaliar os efeitos sobre a saúde da população causada pela queima da biomassa não é uma tarefa fácil. Diversos fatores devem ser considerados, tais como, a concentração de material particulado proveniente da queima, a composição, as características físico-químicas dos poluentes e os fatores meteorológicos.

É importante ressaltar que a maioria das pessoas que formam a população de risco necessita de um número muito maior de internações hospitalares, inalações e medicamentos. Contudo pôde-se ter uma estimativa do ônus gerado por este procedimento, que atinge não apenas os serviços médicos, mas também a qualidade de vida da população. O custo das doenças pode ser considerado uma boa aproximação das externalidades negativas sofrida pela sociedade.

Para verificar se o impacto causado à saúde da população segue o mesmo aspecto durante períodos posteriores, mensuramos o custo para aos anos de 2009 e 2010. A Tabela 19 mostra os dados para o ano de 2009.

Tabela 21. Custos das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica – 2009

Período	Morbidade *	Custo das doenças*
Jan	13.735,80	347.284,39
Fev	11.118,80	284.814,97
Mar	10.882,50	274.977,81
Abr	13.445,80	345.637,48
Mai	19.113,90	477.258,71
Jun	16.014,60	400.574,59
Jul	17.690,40	445.567,87
Ago	20.055,20	504.175,02
Set	23.246,20	554.421,87
Out	12.070,80	310.148,29
Nov	12.344,00	315.429,83
Dez	14.400,00	370.574,46

Fonte: Elaboração Própria, com dados retirados do DATASUS.

Assim como em 2008, o ano de 2009 apresentou um aumento significativo nos custos das doenças no período que ocorre a queima pré colheita, estimamos que neste período, o custo foi de R\$ 3.007.576,18, para os meses da queima da cana. Em relação ao período que esta prática não ocorre, o custo foi de R\$ 1.623,289, 11, uma diferença de aproximadamente R\$ 1.385.000,00. Este gasto poderia ser evitado caso houvesse uma diminuição de fatores que prejudiquem a qualidade do ar, como as queimadas. A Tabela 20 indica os custos para o ano de 2010, até o mês de setembro.

Tabela 22. Custos das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica – 2010

Período	Morbidade *	Custo das doenças*
Jan	8.998,40	235.781,01
Fev	13.161,00	340.876,66
Mar	12.574,10	326.023,52
Abr	11.424,50	292.339,89
Mai	15.570,90	404.554,40
Jun	19.697,20	511.103,18
Jul	18.228,00	462.503,08
Ago	13.140,40	338.188,68
Set	17.363,40	449.989,05

Fonte: Elaboração Própria, com dados retirados do DATASUS.

De janeiro a abril de 2010 obtivemos um total de R\$ 1.195.021,08 em custos das doenças, já para os meses de maio a setembro o valor gasto foi de R\$ 2.166.338,39. Os valores mais elevados da morbidade respiratória e dos custos das doenças se encontram nos meses que a prática da queima dos canaviais ocorre.

É importante ressaltar que a literatura a respeito do impacto da poluição atmosférica sobre a saúde humana é bem ampla, mas a maioria dela não trata das fontes que causam a poluição, trabalham somente com dados da qualidade do ar e alguns parâmetros da saúde. Esta literatura está mais voltada ao campo das Ciências Biológicas, estudando os efeitos causados na saúde como problemas de enfermidade que devem ser corrigidos sem analisar os efeitos causados sobre a perda da qualidade de vida da população, que corresponde à perda do bem-estar ou ao custo social. Mas mesmo sendo escassa, é necessária uma comparação dos resultados do presente trabalho com as que existem.

Caetano de Paula (2008) além de estimar o número de internações hospitalares por problemas respiratórios e o custo dessas internações, também verificou o impacto que as queimadas nos canaviais têm sobre o bem-estar da população na região de Ribeirão Preto-SP. O valor estimado pelos gastos do SUS e a perda do produto gerado pelos trabalhadores dessa região foi de R\$ 905.603,36 exclusivamente pela piora da qualidade do ar decorrente da queimada dos canaviais na época da safra. Durante o período de agosto de 2004 a março

de 2006, 8,5% das internações devido a problemas respiratórios, foram decorrentes da queima dos canaviais da região.

No presente estudo foi estimado um valor total durante os anos de 2008 a 2010 de aproximadamente R\$ 7.700.000,00 em relação ao custo de doenças durante o período da queima da cana. Em relação ao período de não queima durante os três anos foi verificado um valor total de aproximadamente R\$ 4.400.000,00 para o custo de doenças. Uma diferença de aproximadamente R\$ 3.300.000,00 para o período de estudo.

Mendes e Oliveira (2009) estimaram e avaliaram o valor monetário dos custos relacionados à saúde humana que seriam evitados caso não houvesse a prática da queimada no Estado de Mato Grosso. Verificaram que teriam sido evitados, se houvesse reduções significativas dos focos de queimadas, durante o período de 2000 a 2007, uma média de R\$ 2.654.000,32 em todos os anos analisados. Foi constatado um gasto total com as internações na ordem de R\$ 23.888.000,89, correspondente ao total que seria evitado durante os anos estudados. Com a redução dos focos de queimada haveria uma redução da morbidade da população, conseqüentemente maiores ganhos de produtividade seriam alcançados. Este fato demonstra a grande influência das queimadas sobre a economia e o bem estar da população.

Assim como o estudo anterior, o realizado por Fernandez et al. (2010) estimou o custo das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica para cidade do Rio Grande-RS. O resultados mostrou um gasto total de R\$ 14.859.933,14 para o custo da doença no decorrer do ano de 2009. No presente estudo foram mensurados também os custos das doenças respiratórias e verificamos que este valor é uma boa aproximação de quanto à sociedade paga diretamente pelas externalidades negativas provenientes da poluição atmosférica, sendo esta mais intensa no período da queima anterior à colheita da cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos no presente trabalho devem ser analisados com cautela, pois não é uma tarefa fácil mensurar ou estimar todos impactos negativos gerados pelo processo da queima da cana, devido a diversos fatores, como a indisponibilidade de dados sobre a concentração de material particulado na atmosfera proveniente da queima dos canaviais em nossa região e também pela subjetividade de alguns malefícios sobre a população, como estimar a perda de

produção de um indivíduo afetado pela poluição atmosférica. Contudo por meio dos resultados, podemos inferir os custos sociais gerados por processos poluentes e desta forma se torna necessário o desenvolvimento de políticas públicas que permitam amenizar os efeitos negativos e que estimulem o cumprimento da Lei que regulamenta as queimadas no Estado do Rio de Janeiro. É fundamental o papel do Estado e da população em geral, para que ocorra uma fiscalização rigorosa com intuito de atenuar os impactos ambientais, sociais e econômicos.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A preocupação com os problemas ambientais nos dias atuais aparece como um elemento importante a respeito do crescimento material, econômico e da qualidade de vida da população. Objetivou-se avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos, gerados pelo processo da queima da palha da cana-de-açúcar no Município de Campos dos Goytacazes. Para estimar parte das externalidades negativas analisou-se o índice da qualidade do solo sob cultivo da cana-de-açúcar sob o sistema de colheita crua e queimada. Mensurou-se a valoração econômica da perda da fertilidade do solo em área de colheita da cana crua em relação à área de colheita da cana queimada em regiões de solo de Baixada e Tabuleiro. Para analisar os danos ocasionados pela queimada sobre a saúde da população, estimaram-se a morbidade e o custo econômico decorrente das internações hospitalares por problemas respiratórios.

Em função dos resultados obtidos pôde-se concluir que:

- O maior IQS foi verificado em área sob cultivo de cana-de-açúcar com sistema de colheita da cana crua, quando comparado ao sistema de colheita com a prévia queima. Pôde-se verificar que, dentre os parâmetros estudados, o que apresentou maior diferença em relação à forma de colheita da cana, foi o teor de matéria orgânica. Assim, a preservação da palhada no campo altera as propriedades químicas do solo, melhorando sua qualidade ambiental.

- Nas áreas de Baixada, foi verificada taxas de $2,08 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e de $8,34 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ nos cultivos utilizando colheita de cana crua e queimada, respectivamente. Para áreas de Tabuleiro as taxas foram mais elevadas $3,94 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $15,76 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; respectivamente. O efeito da erosão foi mais forte nas áreas de Tabuleiros em função das maiores declividades. Da mesma forma, porém com magnitudes mais significativas, a perda de solo foi mais elevada no sistema de colheita da cana queimada em função dos fatores antrópicos, uso e manejo do solo, e das práticas conservacionista. O custo de reposição de nutrientes foi mais elevado nos cultivos que utilizaram queima na pré-colheita da cana. Para as áreas de Baixada, o custo foi de R\$ 10,53/ha em cana queimada, enquanto que o custo para cana crua foi de R\$ 2,61/ha. Para as áreas de Tabuleiro, o custo de reposição foi de R\$ 43,59/ha para cana queimada e de R\$ 10,89/ha para cana crua. Dessa forma, o sistema de manejo da cana crua contribui ambientalmente e economicamente para a preservação da fertilidade do solo.
- Em relação à parte das externalidades negativas geradas pelo processo da queima da cana na região, afetando a saúde da população, foi verificado um aumento em média de 772 casos de internação por morbidade respiratória durante o período da queima (Safra) no decorrer dos anos de 2008 a 2010 em relação ao período que está prática não ocorre (Entressafra), isto representa uma elevação de aproximadamente 45% no número de internações por problemas respiratórios. Assim ficou evidente o impacto negativo desta prática, onde a população atingida é obrigada a pagar por estas externalidades. A substituição da queima pela colheita da cana crua certamente beneficiará as condições da saúde da população residente nas áreas canavieiras da região.
- Os valores mais elevados da morbidade respiratória foram verificados durante o período relacionado com a prática da queima dos canaviais. No decorrer dos anos de estudo, houve um aumento no custo das doenças de aproximadamente R\$ 1.090.000. Este valor representa uma boa estimativa

do impacto da poluição atmosférica ocasionado por esta prática. Assim, torna-se evidente a importância de acabar ou pelo menos minimizar com a queima na região. Para isso é necessária uma política de prevenção de danos à saúde e uma fiscalização rigorosa para controle das queimadas. Desta forma, o valor adicional gasto com a saúde poderia ser mais bem empregado pelo Estado.

É importante destacar as limitações encontradas no decorrer deste trabalho, retomando sobre as externalidades negativas impostas à sociedade devido à queima da cana, estas foram estimadas utilizando a morbidade da população e os custos das doenças associadas à poluição atmosférica. Os dados das internações em hospitais da rede privada não estão sendo contabilizados no presente trabalho, visto que os dados da rede privada não são registrados pelo DATASUS, podendo levar a uma subestimação dos dados. Outros fatores podem estar interferindo na contabilização das internações hospitalares, tais como temperatura, umidade do ar e a condição socioeconômica da população estudada. Assim uma mensuração da concentração do material particulado emitido durante o processo da queima da cana, poderia fornecer dados para que esta relação fosse mais precisa. A falta de uma estação que realize a medição deste material particulado na região estudada foi outro problema encontrado.

Portanto, não é fácil realizar a valoração econômica ambiental, mas pôde-se ter uma aproximação de alguns danos ocasionados por determinadas práticas. O estudo demonstrou que há possibilidades de mensurar os custos sociais, que devem ser internalizados pelos responsáveis por tais práticas poluentes, por meio de impostos ou taxas, tornando necessário o desenvolvimento de políticas públicas que estimulem a operacionalização junto às organizações públicas e privadas e permitam contornar este efeito negativo gerado pela queima da cana na região. Estudos posteriores são de extrema importância, principalmente estudos ecológicos epidemiológicos que consigam relacionar os casos de internações hospitalares com o aumento de material particulado, proveniente da queima desta biomassa, na região.

Por fim é a compreensão do significado dos resultados obtidos a partir de exercícios de valoração deve ser com bastante cautela, pois qualquer aplicação

prática das técnicas de valoração ambiental não será capaz de refletir um único valor que represente o ecossistema como um todo. Os estudos devem ser interpretados como esforços importantes no intuito de atribuir um valor monetário a um determinado conjunto de serviços ambientais, colaborando na análise das motivações econômicas que podem levar à decisão do melhor uso das diferentes formas de sistema de manejo do solo, da forma com se processa o produto a ser transformado em energia e alimento, além de como o processo afeta o bem estar da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arbex, M. A. (2001) Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara – SP. Tese (Doutorado em Medicina) Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Arbex, M. A.; Cançado, J. E. D.; Pereira, L. A. A.; Braga, A. L. F.; Saldiva, P. H. N. (2004) Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. V. 30, p 158-175.

Associação dos Plantadores de Cana do Norte Fluminense - ASFLUCAN- disponível em:
http://www.apontador.com.br/local/rj/campos_dos_goytacazes/associacoes_e_sindicatos/V77JPLJ6/associacao_dos_plantados_de_cana_asflucan.html. Acessado em :10 de abril de 2010

Baldotto, M. A.; Canellas, L.P.; Canela, M.C.; Rezende, C.E.; Velloso, A.C.X. (2008) Propriedades redox de ácido húmicos isolados de um solo cultivado com cana - de- açúcar por longo tempo. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1043-1052.

Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Martin-Neto, L. (2000) Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *R. Bras. Ci. Solo*, 24: 599-607.

Belinazzi JR., R.; Bertolini, D.; Lombardi Netto, F. (1981) A ocorrência de erosão rural no Estado de São Paulo. In: simpósio sobre o controle da erosão, n. 2.

Bertoni, J., Lombardi Netto, F (1999)., Conservação do solo. São Paulo: Ícone. 355p.

Busato, J.G., Canellas, L.P.; Rumjanek, V.M. ; Velloso, A.C.X. (2005) Fósforo nun cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. II – Análise de ácidos húmicos por RMN ³¹P. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:945-953.

Caetano de Paula, B.G. (2008) Valoração das externalidades negativas sobre a saúde geradas a partir da queima da cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto. Monografia de conclusão de curso de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Camargo, O.A. de; Moniz, A.C.; Jorge, J.A. ; Valadares, J.M.A.S. (1986) Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, 94p. (Boletim técnico, 106).

Cançado J.E.D. (2003) A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba – SP. Tese de Doutorado em Ciências da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Canellas, L.P., Velloso, A. C. X., Marciano, C. R., Ramalho, J. F. G. P., Rumjanek, V. M., Rezende, C. E., Santos, G. de A. (2003) Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhiço e adição de vinhaça por longo tempo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:935-944.

Canellas, L.P.; Baldotto, M.A.; Busato, I.G.; Marciano, C.R.; Menezes, S.C.; Silva, N.M.; Rumjanek, V.M.; Velloso, A.C.X.; Simões, M.L. & Martin-Neto, L. (2007)

Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. R. Bras. Ci. Solo, 31:331-340.

Cánepa, E. M. (2003) Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier..

Carvalho, H. M. Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais Devido à Expansão da Oferta do Etanol no Brasil.2007 Disponível em:<<http://www.landaction.org/spip/spip.php?article190>>. Acesso em 19.06.2009.

Casagrande, S.A. (1991) Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Editora Funep. São Paulo.

Casalinho, H.D.; Martins, S.R.; Silva, J.B; Lopes, A.S. (2007) Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. R. Bras. Agrociência, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195-203.

Casimiro Filho, F. (1998) Valoração Monetária de benefícios ambientais: o caso do turismo no litoral cearense. Dissertação de Mestrado em Economia da Universidade de São Paulo.

Ceddia, M.B.; Cunha dos Anjos, L.H.; Lima, E.; Neto, A. R.; Silva, L.A. (1999) Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo podzólico amarelo no Estado do Espírito Santo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.34, n.8, p.1467-1473.

Cerri, C.C.; Feller,C.; Chauvel, A. (1991) Evolução da principais propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por 12 e 50 anos com cana-de-açúcar. Chaier ORSTOM. Serie Pedologie, Paris, v.26, n.1, p.37-50.

Chaer,G.M.; Tótola, M.G. (2007) Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1381-1396.

Collier Junior, J. (1973) Antropologia visual: a fotografia como método de pesquisa. São Paulo: EPU/ Editora da Universidade de São Paulo.

Costa, C.T.R.C. da.; (2010) Comunidade bacteriana, atributos do solo e fluxos de gases em solo sob Cerrado e cana-de-açúcar. Dissertação de Mestrado em Ciências, Centro de energia nuclear na agricultura da Universidade de São Paulo.

DATASUS/Ministério da saúde. Informações de saúde. Disponível em: www.datasus.org.br Acessado em: 05 de novembro de 2010.

Doran, J.W.; Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdiecek, D.F.; Stewart, B.A. (1994) Defining soli quality for a sustanaible environment. Madison, Soil Science Society of América Special Publication, n. 35, p. 1-20.

Doran, J.W.; Zeiss, M.R.(2000) Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology, v.15, n.1, p3-11.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Silva, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informação Agropecuaria; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 370p.

Fausto,B. (2006) História do Brasil. 12 ed. São Paulo: EDUSP.

Fernandez, R.N.; Abdallah, P.R.; Menezes, G (2010). Custo das doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica: Um estudo de caso para a cidade do Rio Grande – RS. Disponível em:

http://ich.ufpel.edu.br/economia/professores/carraro/artigo_rodrigo.pdf Acessado em: jan 2010.

Gama, M. A. P. (2002) Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativo ao corte e queima no nordeste paranaense. Tese (Doutorado)- Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- ESALQ, 96p

Hufschmidt, M. M.; James, E.; Meister, A.D.; Bower, B. T.; Dixon, J. A. (1983) *Environment Natural Systems and Development*. in economic valuation guide. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Jenkins, B. M. (1995) Atmospheric pollutant emission factors from open burning of sugar cane by wind tunnel simulations. Hawaiian Sugar Planter's Association Aiea, Hawaii, January.

Jenkinson, D.S.; Powlson, D.S. (1976) The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. *Soil Biol. Biochem.*, 8:167-177,

Karlen, D.L.; Mausbach, M.J.; Doran, J.W.; Cline, R.G.; Harris, R.F. & Schuman, G.E. (1997) Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:4-10.

Lopes, M.L.A.; Rothschild, L. (2008) O impacto da queima da cana de açúcar na saúde humana: produção de aromáticos, furanos e haletos de alquila. *Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*. Instituto de química da USP. 31a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.

Luca, E.F. (2002) Matéria orgânica e atributos do solo em sistemas de colheita com e sem queima da cana-de-açúcar. Tese (Doutorado Agronomia) Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 101p.

Luciardo, R.O.; Cunha, N.R.da S.; Junior, A.G.da S. (2008) Identificação e proposição de métodos de valoração econômica dos efeitos das queimadas no estado de Mato Grosso. Disponível em: www.sober.org.br/palestra.2008.

Maia, A. G.; Romeiro, A. R.; Reydon, B.P.. (2004) Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. Texto para Discussão. Instituto de Economia – UNICAMP, Campinas, n. 116.

Marques, J. Q.; Bertoni, J; Barreto, G. B. (1961) Perdas por erosão no estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 20, n. 47, p. 1143-1181.

Marques, J.F.; Pereira, L.C. (2004) Valoração econômica dos efeitos da erosão: estudo de caso em bacias hidrográficas. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, (21p.- Embrapa Meio ambiente, documentos, 40).

Marques, T.A.; Sasso, C.G.; Sato, A.M.; Souza, G.M. (2009) Queima do canavial: Aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO₂ para atmosfera. *Biosci.J.*, Uberlândia, v.25, n.1, p.83-89.

Mattos, K.M.C.; Mattos, A.; Mattos, K.M.C. (2005) O uso de instrumento de Gestão Ambiental para valorar os impactos ambientais da queimada da cana. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil.

Mattos, K.M.C.; Mattos,K.M.C. (2004) Valoração econômica do meio ambiente uma abordagem teórica e prática. São Carlos: RiMa, FAPESP.

Mendes, C.; Oliveira, C. (2009) Avaliação econômica dos impactos provenientes das doenças respiratórias ocasionadas pela pratica das queimadas em Mato Grosso.1º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde.

Mendes, I.C.; Silva, L.G.; Junior, F.B.R.; Tótola, R.; Vilila, L. (2008) Cálculo de um índice de qualidade de solo para diferentes agroecossistemas do Cerrado. IX Simpósio Nacional Cerrados. Brasília – DF.

Mendonza, H.N.S.; Lima, E.; Anjos, L.H.C.; Silva, L.A.; Ceddia, M.B.; Antunes, M.V.M. (2000). Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:201-207.

Merico, L.F.K. (1996) Introdução à economia ecológica. Blumenau, Editora da FURB.

Michellon, E.(2002) Políticas públicas, mercado de terras e o meio ambiente: uma análise a partir do Paraná. 2002. 191 p. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia/UNICAMP, Campinas.

Montolovar-Sparovek, R. B.; Maule, R. F.; Focht, D.; Weill, A. M.; Sparovek, G. (1997) Ciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar (*Sccharum officinarum*) no sistema de colheita com e sem queima prévia numa micro bacia hidrográfica de Piracicaba-SP. In: Simpósio Brasileiro de Ciência dos Solos. 26. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: *EMBRAPA-SBCS*,. Seção de Comunicações Técnica Científicas.

Motta, R.S.; Mendes, A.P.F. (1995) Custo de saúde associados à poluição do ar no Brasil. *Pesq.Plan. Econ.Rio de Janeiro*, v.25,n.1, p.165-198.

Nadaletto, C.E.S.; Wehrmann, M.E.S. de F. O Setor sucroalcooleiro moderno e sua raízes coloniais propagando – se no campo ideológico do desenvolvimento sustentável.Disponívelem:WWW.fae.edu/seminário_sustentabilidade/ética_meioambiente/claudio%20Nadaletto%20e%20Magda%20Wehmann.pdf. Acessado em: 20 de dezembro de 2009.

Oliveira, A. M. (2006) Valoração Econômica dos Danos Ambientais Causados pela Erosão do Solo Agrícola: um estudo de caso no município de Santo Antonio do Jardim/SP. 116 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Ometto,J.C. (1981) Bioclimatologia vegetal. Agronômica Ceres: São Paulo 440p.

Ometto, A. R.; Mangabeira, J. A. C.; Hott, M. C. (2005) Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2297-2300. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.07>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

Ortiz,R.A.(2003) Valoração econômica ambiental. In: May, P.& Lustosa, M.C. & Vinha, V. Economia do meio ambiente. Rio de Janeiro: p.81-89.

Pearce, D. Sustainable development and developing country economies. In: Turner, R. Kerry. (1993) *Sustainable Environment Economics and Management: principles and practice*. Londres: Belhaven Press, p. 70-105.

Pereira, J. C.; Sparovek, G.; Alleoni, L. R. F. Aptidão das terras de Piracicaba para o corte mecanizado e seus impactos sócio-econômicos e ambientais. (1997) In: Simpósio Brasileiro de Ciência dos Solos. 26. Rio de Janeiro, 1997. *Anais*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SBCS. Seção de Comunicações Técnico Científicas.

Portugal Jr.; Portugal,N,S.; Abreu, G.A (2010) Valoração econômica ambiental: um estudo analítico e teórico dos métodos e suas multi-aplicabilidades. Sompósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende – Rio de Janeiro.

Pugliesi, A.C.V. (2007) Valoração econômica pelo método do custo de reposição do efeito da erosão sem sistemas de produção agrícola. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas- Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas.

Ravelli Neto, A. (1989) Caracterização e classificação de uma sequência de solos da Baixada dos Goytacazes. Tese (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 151p.

Reichardt, K.; Timm, L. C. (2004) Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 1. ed. Barueri: Editora Manole, 478 p.

Resende, A.S.de.; Santos, A.; Xavier, R.P.; Coelho, C.H.; Gondim, A.; Oliveira, O.C.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. (2006) Efeito da queima da palha da cana-de-açúcar e aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. R. Bras. Ci. Solo, 30:937-941.

Ripoli, T. C. C.; Ripoli, M. L. (2004) *Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente*. Piracicaba. TCC Ripoli, 302p.

Rodrigues, W.; Barbosa, G.F.; Almeida, A. (2009) Análise custo/benefício ambiental da produção de soja em área de expansão recente no cerrados brasileiros: O caso de Pedro Afonso – TO. *Custos e @gronegocios on line*, v.5, n.2.

Rodrigues, W. (2005) Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em Região de Cerrados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 43, n. 1, p. 135-153, 2005.

Santos, E.A. (2000) Valoração econômica dos efeitos das queimadas no Estado de Mato Grosso. Tese (Mestrado em Economia Aplicada) Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Segato, S.V., Pinto, A. de S., Jendiroba, E., Nóbrega, J.C.M. de. (2006) *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba, SP: Editora Livro Ceres. p.. 410-423.

Seroa da Motta, R. (1998) *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Shukla, M.K.; Lal, R.; Ebinger, M.(2006) Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Till. Res.* 87:194-204.

Silva, A.F.; Ferreira, A.C.de S. Um estudo sobre a contabilização dos impactos ambientais no setor sucroalcooleiro disponível em: www.congressosp.fipecafi.org/artigos92009/495.pdf.2009.

Silva, J. R. C.; Coelho, M. A.; Moreira, E. G. S.; Oliveira Neto, P. R. (1985) Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe latossolo vermelho-amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 16, n. 1, p. 55-63.

Silva, M. R. S.; Froes, N. D. T. C. (1998) As cinzas de cana-de-açúcar promovem câncer?. *STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos*, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 42, mar.

Silva, R.G.; Lima, J.E. Valoração contingente do parque “Chico Mendes”: uma aplicação probabilística do método referendun com bidding games. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 4, p. 685-704, 2004.

Sorrenson, W. J.; Montoya, L. J. (1989) Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná. Londrina: IAPAR, 110 p. (IAPAR. Boletim Técnico, 21).

Souza Lima, J.E. (2004) Economia ambiental ecológica e marxista versus recursos naturais. *Revista da FAE*, Curitiba, v.7, n.1, p.119-127.

Tavares, O.C.H.; Lima, E.; Zonta, E. (2010) Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. *Acta Scientiarum Agronomy Maringá*, v. 32, n. 1, p. 61-68.

Tôsto, S.G.; Sobrinho, R.P.; Andrade, D.C. (2009) Valoração ambiental da perda de solo na cultura da cana-de-açúcar sob colheita queimada e mecanizada no município de Araras – SP. Disponível em <http://www.sober.org.br/palestra/15/529.pdf>. Acessado em: 18/12/10

UNICA- União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Açúcar e Álcool - A produção do Álcool Vídeio Institucional. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em 10.09.2009.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Guidelines for soil quality assessment in conservation planning. NRCS/ Soil Quality Institute. 2001.

Veiga Filho, A. A.; Santos, Z. A. P. S.; Veiga, J. E. R.; Otani, M. N. & Yoshii, R. J. (1994) Análise da mecanização do corte da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 10: 43-58.

Veiga, C. F. M.; Vieira, J. R.; Morgado, I. F. (2006) Diagnóstico da Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 107p.

Vezzani, F.M.; Mielniczuk, J. (2009) Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n. 4, p.743-755.

Vezzani, F.M. (2001) Qualidade do sistema solo na produção agrícola. Porto Alegre. Tese de Doutorado em ciência do solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Zancul, A. (1998). O efeito da queima de cana-de-açúcar na qualidade do ar da região de Araraquara. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

Wang, X.; Gong, Z. (1997) Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. Geoderma v.81, p. 339-355

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. (1978) Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning. Washington: USDA. Agriculture Handbook n 537 p. 58.