

TECNOLOGIA E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO¹

Tamás Szmrecsányi²

1 - INTRODUÇÃO

O Programa Nacional do Álcool (PRO-ÁLCOOL) promoveu, nestes últimos vinte anos, grande expansão da agroindústria canavieira do Brasil, bem como a sua concentração espacial em determinadas áreas e regiões. A mais importante destas tem sido, sem dúvida, o Estado de São Paulo, a cujo contexto refere-se o presente trabalho.

Embora sejam indiscutíveis os efeitos ambientais positivos do uso do álcool de cana como combustível automotivo, particularmente na área metropolitana da Capital e nos demais aglomerados urbanos do Estado, o mesmo não se pode dizer do impacto ecológico de seus processos produtivos, predominantemente localizados no campo ou junto a pequenas e médias cidades do interior. Nestas áreas, a progressiva ampliação das superfícies contínuas cultivadas com cana-de-açúcar, junto com o grande aumento da produção de álcool, veio acentuar consideravelmente a escala e a intensidade de pelo menos dois problemas ambientais de primeira grandeza, quais sejam: 1) a periódica destruição e degradação de ecossistemas inteiros e a intensa poluição atmosférica, provocadas anualmente pelas queimadas dos canaviais às vésperas de cada colheita e 2) a poluição hídrica, dos cursos d'água e dos lençóis freáticos, bem como uma progressiva salinização dos solos, determinada pela excessiva e indiscriminada utilização do vinhoto *in natura* como fertilizante.

Este trabalho, de caráter preliminar e exploratório, propõe-se, de um lado, efetuar uma caracterização e um dimensionamento sumários dos referidos problemas e, de outro, iniciar uma discussão dos rearranjos estruturais e institucionais que serão necessários para poder superá-los.

2 - CARACTERIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS PROBLEMAS

Mesmo antes do PROÁLCOOL, São Paulo já era o maior produtor nacional de cana-de-açúcar, de seus derivados e subprodutos. Foi, porém, com o

advento deste programa de incentivos financeiros e fiscais que a agroindústria canavieira paulista veio a adquirir sua atual importância na economia do País e do Estado. No âmbito da produção agrícola deste último, a exploração da cana-de-açúcar transformou-se, de longe, na sua principal lavoura, ocupando, desde a década de 80, aproximadamente um terço do total da área plantada com culturas, somando estas cerca de 6,5 milhões de hectares (cf. SÃO PAULO. Grupo Técnico de Estudos do Álcool, 1993, tabela 7.1.3).

Em vários municípios do Estado, que representam 10% do número total, essa hegemonia da cana é maior ainda, com as lavouras ocupando mais de 40% da superfície total dos mesmos. Em levantamento³ não divulgado, constatou-se que as áreas cultivadas com cana-de-açúcar ocupavam 40 a 60% da superfície total de 26 municípios, entre 60 e 80% de outros 25, e mais de 80% em nada menos que cinco⁴. Não há evidências de que esta situação tenha mudado substancialmente desde então, e é, portanto, principalmente (mas não apenas) nesses 56 municípios que se pode verificar a ocorrência concreta dos problemas ambientais aqui discutidos. Mas, antes de ir mais adiante, convém caracterizá-los devidamente.

A queima anual dos canaviais às vésperas da colheita constitui uma prática habitual na grande maioria dos estabelecimentos agrícolas dedicados a seu cultivo, tendo por principal objetivo facilitar e baratear o corte manual da cana, que ainda prevalece por toda parte em nosso Estado, e até do corte mecanizado (dentro do chamado método australiano). Essa queima provoca periodicamente a destruição e degradação de ecossistemas inteiros, tanto dentro como junto às lavouras canavieiras, além de dar origem a uma intensa poluição atmosférica, prejudicial à saúde, e que afeta não apenas as áreas rurais adjacentes, mas também os centros urbanos mais próximos.

Desde 1988, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de São José dos Campos, vem realizando na região de Ribeirão Preto, sistemáticos levantamentos das emissões de monóxido de carbono e das concentrações de ozônio na atmosfera provocadas

pelas queimadas dos canaviais. Embora as primeiras sejam as mais visíveis a olho nu e as mais sentidas de imediato pelas populações locais, são as segundas que têm causado maiores preocupações, tanto em termos agrônômicos como no que se refere à saúde pública. As emissões de gás carbônico, devido à intensidade de sua ocorrência, e pelo fato de serem espacialmente concentradas, causam numerosos inconvenientes às populações circunvizinhas. Mas, de um ponto de vista estritamente ecológico, elas acabam sendo anuladas e suprimidas ao longo do tempo pelo próprio crescimento dos canaviais, os quais, como se sabe, são consumidores desse gás carbônico e geradores de oxigênio através da fotossíntese. O mesmo não se aplica, porém, ao ozônio, um gás poluente que também é formado a partir de reações fotoquímicas e que, além de não se dispersar com facilidade, acaba prejudicando o crescimento das plantas e o sistema respiratório dos seres vivos em geral, quando concentrado na troposfera (a parte mais baixa da atmosfera). Os dados do INPE, que podem ser generalizados para as demais áreas canavieiras do Estado, indicam que seu volume chega a duplicar nas épocas de queimadas, atingido, em consequência, padrões "inadequados" de concentração (acima de 80 partículas por bilhão por volume de ar)⁵.

As implicações ecológicas, econômicas e sanitárias das queimadas de canaviais têm sido bastante discutidas no interior do Estado de São Paulo, inclusive dando origem a processos jurídicos visando coibir a sua prática. Esta, além de não ser indispensável ou insubstituível para o bom andamento da cultura canavieira, sempre tem contado com alternativas mais favoráveis em termos ambientais e viáveis no plano tecnológico, conforme se mostrará - mais adiante neste trabalho. Por enquanto, basta assinalar que, além de sua ação biocida em relação à fauna, à flora e aos microorganismos, as queimadas aumentam a temperatura e diminuem a umidade natural dos solos, levando a uma maior compactação e a uma perda de porosidade dos mesmos, além de gerar uma polimerização de suas substâncias húmicas, bem como perdas de nutrientes, seja para a atmosfera (via combustão) seja para as águas (por posterior lavagem e lixiviação). No caso da cana, a queima da palha antes da colheita provoca a exsudação de parte do caldo rico em açúcar, a qual é em seguida perdida na lavagem que precede a moagem (NOVAIS, 1971, p.48). Essa perda, todavia, parece ser mais do que compensada pela redução dos custos do corte, do carregamento e do

transporte da cana, bem como pela diminuição do número de paradas da moenda para fins de limpeza da palha.

Passando à questão do vinhoto, cumpre assinalar, em primeiro lugar, que se trata de um subproduto dos processos de fermentação e de destilação do álcool, sendo sua disponibilidade diretamente proporcional à escala de produção do mesmo. A produção de cada litro de álcool dá origem a dez ou mais litros de vinhoto, conforme os processos utilizados na sua fabricação. Como a produção anual de álcool do Estado de São Paulo tem girado em torno de 8 bilhões de litros, correspondentes a dois terços do total nacional, o vinhoto gerado em cada safra atinge no mínimo o considerável volume de 80 bilhões de litros⁶.

Embora constitua uma substância extremamente poluente, o vinhoto pode ser (e tem sido) empregado com sucesso como fertilizante. Mas, este uso, que está longe de representar uma novidade, não pode ser excessivo nem indiscriminado, sob pena de vir a comprometer irremediavelmente o meio ambiente e a própria rentabilidade agrícola e industrial da produção açucareira e alcooleira. O comprometimento em questão pode se dar seja através da salinização dos solos aos quais é aplicado em excesso, devido a seus elevados teores de sódio e de potassa, seja mediante a poluição dos cursos d'água de superfície e dos aquíferos subterrâneos, localizados tanto nas proximidades das chamadas "áreas de sacrifício"⁷ como nas vizinhanças das próprias lavouras fertirrigadas pela vinhaça, provocando nos primeiros a mortandade de peixes e de outros seres vivos.

O monitoramento dessas ocorrências e a avaliação periódica daqueles riscos têm sido feitos através dos estudos e levantamentos efetuados por técnicos vinculados à Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB)⁸, uma entidade cuja ação fiscalizadora tem sido apreciável em termos gerais, mas insuficiente no que se refere à agroindústria canavieira⁹. Cumpre observar que também no caso do vinhoto existem alternativas tecnicamente viáveis e preferíveis do ponto de vista ecológico, que até o momento só deixaram de ser consideradas e adotadas por contingências de ordem econômica, política e social.

A composição média do vinhoto é de 93,2% de água e 6,8% de sólidos em suspensão, sendo que 5,1% desses últimos são constituídos de matéria orgânica e 1,7% de substâncias minerais (nitratos,

fósforo, potassa, cálcio, magnésio e sulfato). O principal indicador utilizado para medir o grau de poluição de um aquífero, no qual se fazem descargas de vinhaça *in natura*, é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), equivalente à quantidade de oxigênio que uma determinada água poluída necessita para oxidar a sua matéria orgânica até um certo grau, e transformar as substâncias poluidoras em compostos estáveis e inócuos (testes efetuados por cinco dias a uma temperatura de 20^o C). Essa demanda é expressa em miligramas por litro (mg/l) ou em partes por milhão de gramas (ppm), com a do vinhoto variando entre 12 e 22 mil. Na década de 50, a legislação brasileira considerava normal uma água com DBO₅ igual a 5 ppm, enquanto que a do rio Piracicaba atingia uma média anual de 9 ppm (ROCHA DE ALMEIDA, 1952, p.11-12). Hoje em dia, esse mesmo rio é um dos mais poluídos do Estado¹⁰, algo que se deve em boa parte à presença nas suas proximidades de várias usinas e destilarias. O mesmo se dá na bacia do Tietê, parte médio-inferior, onde também estão situados grandes produtores de açúcar e álcool¹¹.

Além da periódica mortandade de peixes e de outros seres vivos nesses rios e afluentes, da conseqüente modificação (para pior) da fauna e da flora dos mesmos, da poluição e do mau cheiro que ocasiona, o escoamento da vinhaça para os cursos d'água também concorre diretamente para o agravamento e a disseminação de diversas endemias como a malária, a amebíase e a esquistossomose (ROCHA DE ALMEIDA, 1952, p.13). Mas, no Estado de São Paulo, esse escoamento só chega a ocorrer hoje em dia por acidente, graças ao aproveitamento generalizado do vinhoto *in natura* na própria lavoura canavieira como fertilizante e corretivo do solo. Com isso, a sua presença nos rios tem se tornado mais reduzida do que antigamente, diminuindo em conseqüência a sua participação direta nos índices da poluição hídrica de superfície.

Contudo, devido a esse mesmo uso generalizado (maciço e cumulativo), têm se tornado crescentes as preocupações com os riscos de infiltração do vinhoto nas águas subterrâneas¹². Estas, como se sabe, são extremamente importantes, tanto por constituírem a origem do escoamento básico dos rios, como pelo fato de representarem reservas hídricas da melhor qualidade. Até agora, a maioria dos estudos empíricos efetuados a respeito desses riscos - mencionados nas notas (⁶) e (⁸) - não se mostraram conclusivos a esse respeito, com exceção para HASSUDA (1989), p.84-

85, em cujos parágrafos finais se afirma textualmente que:

"A infiltração da vinhaça tem como maior impacto a alteração da qualidade químico-física da água subterrânea. Entretanto é considerável a salinização da zona não-saturada pelos componentes da vinhaça. Na zona não-saturada, os compostos e elementos que são retidos pelas reações de adsorção, complexação e óxido-redução podem ser fontes contínuas de poluentes para o aquífero, principalmente como conseqüência do processo de lixiviação pelas águas pluviométricas. Na água subterrânea, a maior preocupação reside nos parâmetros que excedem os padrões de potabilidade para consumo humano, conforme descrito anteriormente."

"Este trabalho permitiu constatar que a prática da irrigação e (a) infiltração da vinhaça causam danos, principalmente à água subterrânea. Assim, as indústrias canavieiras implantadas deveriam determinar o impacto que causam à zona não-saturada e ao aquífero, utilizando a metodologia proposta por este trabalho, com preocupação maior nos parâmetros que excederem os padrões de potabilidade. Constatado o problema, deve-se recorrer à implantação do sistema de tratamento do efluente, de tal sorte que não venha a poluir a zona não-saturada e/ou a água subterrânea. Contudo, para que isso aconteça, é necessário que entre em vigor um mecanismo legal eficaz."

As ações protetoras das águas subterrâneas têm sido demoradas, e tendem a ser adotadas tarde demais. Isto se dá não apenas por eventual desleixo dos órgãos públicos responsáveis pela sua preservação, mas também devido às características intrínsecas desses aquíferos¹³.

Por outro lado, têm crescido também as preocupações com o impacto dessa prática na qualidade dos solos do Estado de São Paulo. Os solos, como se sabe, são componentes ativos e mutáveis dos ecossistemas terrestres, e não meros suportes passivos das plantas, dos animais e de outros seres vivos. A dinâmica dos mesmos depende fundamentalmente do número das espécies (orgânicas e inorgânicas) que neles coabitam, bem como das relações que essas espécies mantêm entre si ao longo de determinadas

cadeias alimentares. A produtividade agrícola dos solos está diretamente relacionada à vida dos organismos que os constituem. Entre os fatores que contribuem para sua poluição e degradação progressivas, pode-se mencionar, ao lado das monoculturas em geral (que promovem uma drástica simplificação e homogeneização dos ecossistemas), do uso excessivo e inadequado de produtos agroquímicos (fertilizantes e praguicidas) e da crescente mecanização de todas as etapas do processo produtivo (a qual acaba promovendo uma progressiva compactação dos solos), tanto as queimadas sistemáticas (referidas há pouco), como as contínuas, maciças e cumulativas aplicações do vinhoto *in natura*¹⁴. Deve-se reconhecer, no entanto, que as poucas experiências realizadas até agora, como a de CASARINI et alii (1987), ainda não chegaram a resultados conclusivos a este respeito.

3 - ALTERNATIVAS DISPONÍVEIS E PROPOSTAS DE MUDANÇAS

Pelo que foi apresentado até aqui, pode-se afirmar que, mantidas as atuais tendências a médio e longo prazos, os problemas ambientais suscitados pela grande expansão da agroindústria canavieira e da produção de álcool em São Paulo são, no mínimo, assaz preocupantes. A situação só não se tornou ainda desesperadora devido às possibilidades de fazer reverter tais tendências através da coibição das queimadas e do estímulo ao tratamento de todo o vinhoto gerado anualmente pela produção de álcool. O número de alternativas disponíveis para a superação dos problemas provocados por este resíduo é maior do que o das que existem para resolver a questão das queimadas.

No que se refere a estas, não há, na verdade, alternativas à sua completa e necessária erradicação, tornando sem efeito a legislação de 1988 que as autorizou expressamente¹⁵. Quando muito, pode-se apenas propor maiores ou menores prazos para a mesma, bem como formas alternativas para atingi-la no prazo estabelecido. Entre estas, cumpre destacar, de um lado, a atribuição de um valor de mercado às pontas e à palha da cana cortada, as quais continuariam sendo retiradas dos colmos antes da moagem, mas que seriam beneficiadas à parte e, do outro, a imposição de uma taxa (imposto ou multa) crescente aos estabelecimentos que ainda fizerem queimadas, taxa esta proporcional aos diferenciais de custos da colheita

(manual ou mecanizada) entre a cana crua e a queimada.

A atribuição de um valor de mercado à palha e às pontas da cana se justifica pelo fato delas representarem quase um terço do peso da matéria seca (ou fibrosa) da mesma, e poderem, com vantagem: a) ser devolvidas aos campos (sob a forma de cobertura e adubação vegetal), b) destinar-se à alimentação animal (eventualmente em mistura com o melaço) ou c) servir de combustível para a geração de energia nas próprias usinas e destilarias, ou até alhures. Por sua vez, a taxação das queimadas tem sua justificativa inclusive pelo risco que representam para a rede de transmissão de energia elétrica¹⁶.

Pelo que se conhece da agroindústria canavieira, não apenas no Brasil mas também em âmbito internacional, pode-se ter a convicção de que uma completa conversão dos sistemas de colheita com queimadas atualmente dominantes em São Paulo é perfeitamente viável num prazo de poucos anos, cinco a dez no máximo. A tecnologia para tanto já se encontra disponível em outros países canavieiros do mundo, inclusive em alguns bem mais pobres e menos industrializados do que o Brasil¹⁷.

Os custos sociais eventualmente ensejados pela crescente mecanização da colheita que daí advirá, provocando a desocupação de trabalhadores temporários atualmente empregados na colheita manual da cana queimada, poderão ser pelo menos parcialmente compensados pela liberação para outros cultivos das terras inaptas à mecanização, inclusive através da redução de seus preços - atualmente inflados pela sua utilização no cultivo de um produto com alto valor de mercado. Por sua vez, a redução das áreas dedicadas ao cultivo da cana-de-açúcar poderá ser compensada pela elevação da produtividade agrícola nas áreas remanescentes. Essa produtividade, em média, é a mais alta do Brasil, mas, de modo algum, chegou ainda a representar o máximo atingível em termos internacionais. Maiores avanços neste campo são possíveis tendo em vista a boa qualidade das terras do Estado de São Paulo e os níveis já alcançados em outras regiões produtoras do mundo.

Quanto à vinhaça, as possíveis alternativas ao sistema vigente de sua aplicação *in natura* são não apenas bastante numerosas, mas também bastante variadas quanto a seus custos e graus de complexidade. A mais simples, e que de certa forma já vem sendo adotada pelos próprios produtores (devido à melhoria dos preços do açúcar), é, obviamente, a de gerar menos

vinhoto através de uma diminuição da produção de álcool. Isto se dá com grande facilidade nas destilarias anexas a usinas de açúcar, mas exige uma certa conversão e diversificação por parte das destilarias autônomas oriundas do PROÁLCOOL, que só produzem álcool diretamente a partir do caldo de cana.

Como lembra CHEN (1993), p. 422-423, o desvio da cana da produção de açúcar para a de álcool tem poucas probabilidades de ser satisfatória em tempos e condições normais. A produção de álcool a partir do melão, além de ser mais econômica em termos de custos e rendimentos, tem a vantagem de ser menos deletéria do ponto de vista ambiental. Os índices médios correspondentes ao processamento de 1.000t de cana, com a produção de 95t de açúcar e de 36m³ de álcool (96^oGL), geram uma carga poluidora potencial equivalente à produzida por uma cidade de 149 mil habitantes¹⁸. Nas destilarias autônomas, que apenas produzem álcool direto, essa carga poluidora é bem maior em termos absolutos, devido à proporcionalidade que existe entre a produção de álcool e a geração de vinhoto¹⁹.

Mas, em termos relativos, a poluição gerada pelo vinhoto acaba sendo a mesma, independentemente de sua origem. Trabalhando com dados brasileiros, CHEN (1993), p.425, apresenta uma estimativa segundo a qual um litro desse efluente gera uma poluição equivalente ao dos esgotos domésticos (não-tratados) de 1,43 pessoa. Essa cifra por si só já aponta para a necessidade imperativa de medidas no sentido de reduzir a sua carga poluidora no meio ambiente. Tais medidas podem ser agrupadas em dois grandes conjuntos alternativos, mas também eventualmente combináveis entre si: 1) a eliminação ou reciclagem do vinhoto no próprio processo de produção do álcool e 2) o seu tratamento ou transformação para outras utilizações.

A reciclagem da vinhaça na fermentação alcoólica é, como lembram CHEN & GREEN (1993), p.766-767, uma tecnologia bastante antiga, que agora voltou a se tornar mais atraente devido ao grande aumento da produção de álcool para fins combustíveis. A vinhaça pode substituir, e provavelmente já vem substituindo no Brasil, a água como dissolvente do fermento numa proporção de 25 para 75%. Ela também pode ser utilizada como material inicial para a produção de fermento: através da adição de sulfato de amônia (4,5g), ortofosfato de amônia (1,0g) e sulfato de magnésio (0,5g) para cada litro de vinhaça (9 Brix), numa temperatura de 30°C e com um pH de 5,0, pode-

se obter 13,35g de fermento seco por litro. Para isso, a vinhaça precisa ser previamente resfriada, já havendo inclusive neste particular um processo desenvolvido no Estado de São Paulo (COPERSUCAR, 1993). Trata-se do cha-mado resfriamento evaporativo, cuja adoção por si só já apresenta diversas vantagens operacionais e de custos fixos no manejo do vinhoto, e para a qual existem duas rotas tecnológicas alternativas: através de torres de resfriamento, ou por meio de trocadores de calor a placas, ambas já adotadas por usinas paulistas.

Por outro lado, fazendo evaporar boa parte da água da vinhaça e concentrando seus sólidos em suspensão de uma proporção de 10% para uma de 60%, torna-se possível utilizá-la diretamente como combustível na destilação, chegando-se a poupar, por meio disso, até 50% de outros materiais utilizados para esse fim. Caldeiras e geradores de calor queimando vinhaça já foram adotados em destilarias de vários países do mundo, notadamente na Tailândia²⁰. Um problema desse processo reside no seu consumo de energia, relativamente alto, já que a evaporação da água requer 0,9t de vapor por tonelada de vinhaça concentrada e a concentração dos sólidos, outros 0,16 por tonelada de água evaporada. Apesar disso, parece que o processo em questão é, não apenas útil do ponto de vista ecológico (na medida em que elimina vinhoto por combustão), mas também lucrativo em termos econômicos. Os custos do equipamento necessário podem ser rapidamente recuperados, enquanto que as cinzas resultantes da queima do vinhoto são passíveis de utilização como fertilizantes, sem problemas de qualquer natureza.

Quanto ao tratamento do vinhoto para outras utilizações, cumpre mencionar em primeiro lugar a sua possível transformação num efluente menos nocivo por aerobiose, com a remoção de 70% a 90% de sua demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), o que permite sua reciclagem em áreas externas às usinas e destilarias. Trata-se do processo Anamet descrito por CHEN & GREEN (1993), p.769-770. Uma alternativa ao mesmo é a digestão anaeróbica do vinhoto, com apropriação do gás metano gerado e a sua posterior utilização como fonte de energia dentro ou fora da agroindústria canavieira. Talvez o único problema deste processo esteja nos longos processos de retenção que ele requer; em compensação, o re-síduo final que dele resulta contém praticamente todos os sais minerais do vinhoto *in natura*, mas apresenta somente 20% de sua carga orgânica original, o que permite sua aplicação ao solo como fertilizante sem grandes riscos

de degradação ambiental²¹. É importante assinalar que este processo já vem sendo testado em escala piloto por uma das principais

usinas do Estado (SOUZA et alii, 1992).

Resta mencionar finalmente duas transformações diretas da vinhaça em outros produtos passíveis de utilização econômica, respectivamente na construção civil e na alimentação animal. A tecnologia de ambas é sucintamente referida por CHEN & GREEN (1993), p.768-769. No primeiro caso, a vinhaça já tratada pode ser usada como aditivo (e sucedâneo parcial) do cimento, algo que ainda não vem sendo feito em grande escala, mas que tampouco parece desconhecido no Brasil. O mesmo se dá com relação à segunda modalidade, cuja viabilidade já foi testada e comprovada em várias partes do mundo na produção e consumo de rações para aves, bovinos e suínos. Também neste caso, todavia, o uso da vinhaça, mesmo da já tratada, precisa ser feito com critério e moderação, a fim de não por em risco a saúde e a produtividade dos animais a que se destinam.

Mas, o mais importante é salientar que nenhuma dessas alternativas ao emprego da vinhaça *in natura* como fertilizante irá ser adotada espontaneamente pelos produtores envolvidos, sem um apoio financeiro e/ou fiscal por parte das entidades governamentais encarregadas de monitorar o comportamento ambiental da agroindústria canavieira. O apoio em questão poderá originar-se, pelo menos em parte, do fundo a ser constituído a partir do imposto e das multas sobre queimadas anuais de canaviais. A coibição desta prática deverá ser tão intensa quanto os estímulos à eliminação, reciclagem, tratamento, ou transformação do vinhoto. Será somente através dessas medidas conjugadas que se conseguirá finalmente transformar a produção de cana, açúcar e álcool de São Paulo no processo ecologicamente limpo que se almeja.

NOTAS

¹Comunicação apresentada ao III Seminário Franco-Brasileiro sobre Perspectivas de Mudança do Padrão Tecnológico da Agricultura, UNICAMP, Campinas, agosto de 1994. Sua feitura teve como ponto de partida um trabalho não publicado, elaborado há dois anos em co-autoria com Laura Corrêa Guarnieri, intitulado "Socio-Economic and Ecological Aspects of Brazil's National Alcohol Program", e contou com a participação inicial do Engº Agrº Antonio Celso Sturion, a ambos os quais estendo meus agradecimentos. Estes são também devidos aos vários funcionários da CETESB que me ajudaram na identificação e localização de parte da bibliografia e documentação aqui utilizadas. Mas, todas as considerações e opiniões a seguir apresentadas são de minha exclusiva responsabilidade. Recebido em 09/08/94. Liberado para publicação em 11/10/94.

²Professor Adjunto do Departamento de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências da UNICAMP.

³Levantamento efetuado a meu pedido, por volta de 1985, enquanto Coordenador do Grupo do Álcool, vinculado à extinta Comissão Estadual de Energia.

⁴Um exemplo destes era o município de Barra Bonita, "praticamente tomado pela monocultura canavieira" a qual se estendia "às várzeas, às altas e médias vertentes, próximas às nascentes dos rios, ao longo de seus cursos, inclusive às margens da represa... onde inexistia proteção ciliar". (CENTURION /1980?/ p.34). Veja-se a respeito do conjunto, SZMREC-SÁNYI et alii, 1987.

⁵Os trabalhos mais completos sobre esse assunto foram elaborados por, ou sob a liderança de Volker W. J. H. Kirschhoff que, em 1991, organizou um simpósio e publicou um livro a respeito, conforme KIRSCHHOFF, 1991. Veja-se também os artigos de KIRSCHHOFF et alii, 1989 e 1991.

⁶Um estudo recente (FRAGA et alii, 1994) situa a relação entre álcool e vinhaça em torno de 13,6.

⁷Áreas onde se localizam os tanques de despejo e os canais de distribuição do vinhoto.

⁸Veja-se a esse respeito, além do estudo mencionado na nota anterior, os trabalhos de CUNHA et alii (1987), HASSUDA (1989), GLOEDEN et alii (1991) e HIRATA et alii (1991).

⁹Conclusivamente temos a considerar que o tratamento que a CETESB vem aplicando nas questões de controle da poluição para as atividades sucroalcooleiras é insuficiente, pois prende-se somente ao controle das fontes industriais, não considerando o empreendimento como um complexo agroindustrial".

"As ações desenvolvidas estão totalmente voltadas ao controle da unidade industrial, deixando a área agrícola à parte do processo - ou seja, não se analisa os aspectos da degradação ambiental decorrentes da aplicação de vinhoto no solo, da queimada dos canaviais, do plantio em áreas com restrições físicas, e de aplicação de agrotóxicos, cujas ações são responsáveis pela alteração da qualidade do ar, qualidade das águas superficiais e da qualidade das águas subterrâneas das áreas envolvidas, refletindo seriamente na qualidade de vida".

"Para tanto surge a necessidade da CETESB reavaliar a (sua) postura de controle frente aos complexos agroindustriais, já que as ações degradatórias (...) extrapolam muitas vezes o limite da unidade industrial, (e) a parcela de contribuição da área agrícola é freqüentemente bem maior que a industrial em termos de poluição." (CENTURION /1980?/ p.83). Essa ausência de preocupação com as atividades agrícolas foi também reconhecida mais recentemente no trabalho de HIRATA et alii (1991), p.166.

¹⁰Cf. RELATÓRIO, 1992, p.29-30.

¹¹No caso específico da Usina da Barra, para cada litro de álcool produzido obtêm-se dez litros de vinhaça, correspondendo, no caso da safra 1983/84 a um volume de 2,3 milhões de m³ de resíduos. Se considerarmos uma concentração de DBO₅ para tal efluente de 15.000 mg/l, no sentido de comparar com efluentes sanitários, teríamos (a poluição de) uma população equivalente a 3,5 milhões de habitantes aproximadamente." (CENTURION /1980?/ p.70).

¹²Veja-se a esse respeito as considerações de CHAUX (1991), p.54.

¹³Os aquíferos subterrâneos, por sua lenta circulação de água (pela reduzida) capacidade de absorção dos terrenos e (devido ao) pequeno tamanho dos canículos, podem retardar a contaminação, manifestando-se muito lentamente..." (CENTURION /1980?/ p.74-75).

¹⁴"... as aplicações adotadas pelas usinas e destilarias são extremamente altas, havendo grande excedente de nutrientes em relação à taxa de extração de nutrientes pela cultura... portanto alterando as condições de equilíbrio (do agroecossistema), incorrendo num aumento de sais no solo, que a longo prazo contribuirá para diminuir a (sua) fertilidade..."

"Outro aspecto negativo da aplicação de vinhaça *in natura* em taxas excessivas é o seu alto valor de DBO₅, podendo criar condições de anaerobiose no solo, produzida pela decomposição redutora, ácidos orgânicos, álcoois, metano e dióxido de carbono." (CETURION /1980?/ p.81).

¹⁵Trata-se dos São Paulo (Estado). Leis, decreto. Decreto 28.848 e 28.895, 30 ago. e 20 set. 1988.

¹⁶Veja-se a esse respeito: SÍNTESE (1984); "Queimadas: um hábito perigoso criado pelo interesse imediatista" (SÃO PAULO, 1985, p.30-32) e ZULAUF et alii (1985).

¹⁷Um bom exemplo neste sentido é representado pelos chamados centros de acopio criados e desenvolvidos pela agroindústria canavieira cubana, cuja colheita foi totalmente mecanizada. Cf. POLLITT & HAGELBERG (1993), p. 180-182.

¹⁸Cf. CETESB, 1976.

¹⁹De acordo com CHAUX (1991), p.50, a transformação de uma tonelada de cana em açúcar gera de 27 a 40kg de melaço, e uma tonelada deste subproduto dá origem a 300 litros de álcool e 380 litros de efluentes residuais, basicamente vinhaça. Por seu lado, a fermentação e destilação diretas de uma tonelada de caldo de cana fornece 70 litros de álcool e 910 litros de vinhaça.

²⁰Além de CHAUX (1991), p.55, veja-se também a este respeito o trabalho de CHEN & GREEN (1993), p.766.

²¹Cf. CETESB, s.d. e CHAUX (1991), p.55.

LITERATURA CITADA

CASARINI, D.C.P. et alii. Effects of irrigation with vinasse and dynamics of its constituents in the soil: II microbiological aspects. **Water Science and Technology**, 19(8):167-176, 1987.

CENTURION, Roberto E.B. coord. **Planejamento da ocupação racional das áreas agropastoris nas APAs com destaque para as áreas canavieiras**. São Paulo, CETESB, /1980?/. v.1, 95p. (- O.S. 454.624).

CETESB. **Perdas e poluição na indústria do açúcar e do álcool**. São Paulo, CETESB, 1976. 4p. Folheto impresso 4.

_____. **Poluição e perdas em usinas de açúcar e álcool**. São Paulo, CETESB, s.d. 7p. Folheto mimeo.

CHAUX, Didier. La protection de l'environnement dans l'industrie de la canne à sucre. **Industry and Environment**, 14(4):30-59, Nov./Dec. 1991.

CHEN, J. C. P. Byproducts of cane sugar proces-

sing. In: _____ & CHOU, C. C. ed. **Cane sugar handbook: a manual for cane sugar manufactures and their chemists**. 12.ed. New York, John Wiley & Sons, 1993. cap. 10, p.375-431.

_____. & GREEN, J. Environmental quality assurances. In:_____. _____. New York, John Wiley & Sons, 1993. cap. 31, p.740-776.

COPERSUCAR. Vinhoto: tecnologia disponível. - In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL, 5. Piracicaba, CTC, 1993. p.381-385.

CUNHA, R. C. de A. et alii. Effects of irrigation with vinasse and dynamics of its constituents in the soil: I-physical and chemical aspects. **Water Science and Technology**, 19(8):155-165, 1987.

FRAGA, G. P. et alii. **Poluição do solo e aquífero subterrâneo pela vinhaça infiltrada sob tanques de armazenamento**: relatório. São Paulo, CETESB, 1994.

GLOEDEN, E. et alii. The behaviour of vinasse constituents in the unsaturated zones in the Botucatu aquifer recharge area. **Water Science and Tech-**

nology, 24(11):147-157, 1991.

HASSUDA, Seiju. **Impactos da infiltração da vinhaça de cana no aquífero Bauru**. São Paulo, USP/IG, 1989. 92p. Dissertação de Mestrado.

HIRATA, R. C. A. et alii. Groundwater pollution risk and vulnerability map of the state of Sao Paulo, Brazil. **Water Science and Technology**, 24(11):159-169, 1991.

KIRSCHHOFF, V. W. J. H. **As queimadas da cana**. São José dos Campos, Transtec, 1991.

_____. et alii. Enhancement of CO and O₃ from burnings in sugar cane fields. **Journal of Atmospheric Chemistry**, 12:87-102, Jan. 1991.

KIRSCHHOFF, V. W. J. H. et alii. O₃ and CO from burning sugar cane. **Nature**, (339): 264, 1989.

NOVAIS, F. V. **Influência do sistema de despalha e do período de armazenamento sobre as características agroindustriais da cana de açúcar**. Piracicaba, USP/ESALQ, 1971. 101p. Tese de Doutorado.

POLLITT, B. H. & HAGELBERG, G. B. A economia açucareira cubana na época da URSS e depois. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, 31(3):161-196, jul./set. 1993.

RELATÓRIO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES DO ESTADO DE SÃO PAULO 1991. São Paulo, CETESB, 1992.

ROCHA DE ALMEIDA, Jaime. **O problema da vinhaça em São Paulo**. Piracicaba, USP/ESALQ, 1952.

SÃO PAULO. Grupo Técnico de Estudos do

Álcool - GTEA. **Estatística setorial básica**. São Paulo, Conselho de Administração das Empresas de Energia do Estado de São Paulo, 1993.

SÃO PAULO. Comissão Estadual de Energia. Queimadas: um hábito perigoso criado pelo interesse imediatista. **Energia II**, (16): 30-32, jun. 1985.

SÍNTESE. In: SIMPÓSIO SOBRE QUEIMADA DE PALHA DE CANAVIAIS, 1. Campinas, 1984.

SZMRECSÁNYI, Tamás et alii. **Pesquisa de mercado de álcool de cana produzido no Estado de São Paulo**. São Paulo, Conselho Estadual de Energia, 1987.

SOUZA, M. E. et alii. Thermophilic anaerobic digestion of vinasse in pilot plant UASB reactor. **Water Science and Technology**, 25(7):213-222, 1992.

ZULAUF, W. E. et alii. **Energia liberada pela queima da palha da cana nos canaviais brasileiros: uma estimativa**. São Paulo, CETESB, 1985. 8p. datil.

TECNOLOGIA E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO

SINOPSE: Discussão dos principais efeitos ecológicos da expansão da cultura da cana-de-açúcar e do aumento da produção de álcool no Estado de São Paulo durante os últimos vinte anos. Caracterização e dimensionamento dos problemas oriundos das queimadas anuais antes das colheitas e do uso indiscriminado do vinhoto *in natura* como fertilizante. Indicação das alternativas tecnológicas disponíveis e propostas de mudanças nos atuais procedimentos.

Palavras-chaves: agroindústria canavieira, álcool, queimadas, vinhaça, poluição atmosférica e poluição hídrica.

**TECHNOLOGY AND AMBIENTAL DEGRADATION: THE SUGAR-CANE AGROINDUSTRY IN THE
SAO PAULO STATE**

ABSTRACT: Discussion of the main ecological effects of the expansion of sugar-cane cultivation and of the increase of ethanol production in the State of Sao Paulo during the last twenty years. Characterization and assessment of the problems originated from the yearly burning of canefields before harvesting, and from the indiscriminated use of vinasse *in natura* as a fertilizer. Indication of the available technological alternatives and proposal of changes in the present procedures.

Key-words: sugar-cane agroindustry, ethanol, canefield burnings, vinasse, air and water pollution.