Boletim de Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar

Campinas (SP)
Abril de 2016

GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO
Secretaria de Agricultura
e Abastecimento

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agronômico

Governador do Estado de São Paulo
Geraldo Alckmin

Secretário de Agricultura e Abastecimento
Arnaldo Jardim

Secretário-Adjunto de Agricultura e Abastecimento
Rubens Rizek Jr.

Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Orlando Melo de Castro

Coordenador da Assistência Técnica Integral
José Carlos Rossetti

Coordenador da Defesa Agropecuária
Fernando Gomes Buchala

Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agronômico
Sérgio Augusto Morais Carbonell

Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar

Grupo de Trabalho - Resolução SAA - 27, de 26-6-2015:

André César Vitti, APTA Regional

Isabella Clerici De Maria, IAC

José Luiz Fontes, Assessoria Técnica do Gabinete/SAA

José Osmar Bortoletti, CDA

Mário Ivo Drugowich, CATI

Raffaella Rossetto, APTA Regional

Colaboradores:

Gerd Sparovek (ESALQ/USP)

Jairo Tcatchenco (CDA)

José Luiz Ioriatti Dematte (ESALQ/USP)

Orivaldo Brunini (IAC)

Ricardo Marques Coelho (IAC)

Silvana Maria Franco Margatho, Assessoria Técnica do Gabinete/SAA

Sumário

1. Introdução 2
2. Legislação 5
2.1. Legislação ambiental 5
2.2. Legislação sobre conservação do solo no Estado de São Paulo 6
2.2.1. Definição de solo agrícola e conservação do solo 6
2.2.2. Conservação e o uso adequado do solo..... 7
2.2.3. Obrigações no escoamento das águas pluviais 8
2.2.4. Competência de fiscalização 9
2.2.5. Penalidades 9
2.2.6. Responsabilidades da autoria dos danos 10
2.2.7. Classificação dos danos causados ao solo agrícola..... 10
2.2.8. Apresentação do projeto..... 11
3.1. Solos e levantamento do meio físico 12
3.2. Clima..... 20
3.3. Zoneamento agroambiental para a cana-de-açúcar..... 26
4. Sistemas de produção no cultivo da cana-de-açúcar..... 28
4.1. Características dos sistemas de manejo e a conservação do solo 28
4.2. Sistemas de preparo do solo..... 29
4.3. Fatores limitantes ao desenvolvimento radicular e época de plantio..... 31
4.4. Épocas de plantio 31
4.5. Espaçamentos e sistema de plantio 36
4.5.1. Espaçamentos..... 37
4.5.2. Plantio 37
4.5.3. Formas de plantio..... 38
4.6. Cultivo..... 40
4.7. Colheita da cana-de-açúcar e manejo da palhada 41
5. Planejamento da ocupação do solo 42
5.1. Classe de capacidade de uso 44

5.2. Ambientes de produção 47
5.3. Risco de Erosão 48
6. Planejamento da conservação do solo 49
6.1. Conceitos e componentes do planejamento da conservação do solo 49
6.2. Projeto de controle da erosão (PCE) 50
6.2.1. Técnicas para aumentar a cobertura vegetal 51
6.2.2. Técnicas para aumentar a infiltração de água 52
6.2.3. Técnicas para controlar o escoamento superficial 52
6.2.3.1. Direção da sulcação 52
6.2.3.2. Sistema de terraceamento 52
6.2.3.3. Canais e prados escoadouros 61
6.2.3.4. Outras estruturas para controle da erosão 63
6.2.4. Elaboração do PCE 64
6.3. Projeto de Controle da Enxurrada (PCX) 65
6.3.1. Conceitos e abrangência do PCX 65
6.3.2. Estruturas de interceptação e condução da enxurrada 66
6.3.2.1. Terraços de Infiltração (TI) 66
6.3.2.2. Terraços de Drenagem (TD) 69
6.3.2.3. Canais Escoadouros Vegetados (CEV) 72
6.3.2.4. Sistema conservacionistas sem terraços (ST) 72
6.3.2.5. Desaguadouros de estradas 73
6.3.3. Elaboração do PCX 74
6.4. Manutenção e monitoramento dos projetos de controle da erosão e de controle da enxurrada 74
7. Tratamento das inovações 76
Atualização e revisão deste boletim 76
Agradecimentos 76
Referências 77

Apresentação

Nas últimas décadas os sistemas de produção da cana-de-açúcar, o principal produto do agronegócio paulista, e que ocupa aproximadamente 30% da área cultivável do Estado de São Paulo, passaram por importantes mudanças tecnológicas, em função do desenvolvimento científico e das exigências ambientais, de legislação e da busca por maior produtividade e sustentabilidade. As principais alterações foram a eliminação das queimadas e a adoção do corte e colheita mecanizada.

A Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo estabeleceu um grupo técnico composto por especialistas nas áreas de conhecimento da conservação do solo e da água e de produção de cana-de-açúcar das Coordenadorias de defesa agropecuária (CDA), de assistência técnica e extensão rural (CATI) e da pesquisa (APTA). O grupo técnico avaliou os impactos agronômicos e ambientais sobre a conservação do solo e da água em função da necessidade de otimizar a colheita mecanizada e de eliminar a queima da palha nos sistemas de produção de cana-de açúcar no Estado de São Paulo.

Os profissionais do grupo técnico, pesquisadores, consultores e técnicos da iniciativa privada realizaram rodadas de discussão nas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar do nosso estado e elaboraram a primeira versão do boletim, que foi então oferecida à consulta pública permitindo a maior participação dos interessados do setor. Este processo democrático e participativo de elaboração gerou um documento que contém recomendações técnicas que visam melhorar a operação nos sistemas de produção de cana-de-açúcar e permitir a obtenção de maior renda com menores impactos ambientais.

Como resultado deste esforço, o grupo técnico propôs o estabelecimento de procedimentos que visam analisar cientificamente as inovações tecnológicas por meio de projetos de pesquisa em áreas privadas previamente cadastradas, as quais serão acompanhadas pela APTA. Dessa forma, a SAA trabalha em parceria com o setor produtivo e dá maior celeridade à validação das novas tecnologias e cria um processo contínuo de atualização das recomendações técnicas da atividade.

Ressalto que, concomitantemente à produção deste Boletim, foi publicada a Resolução SAA n°11 de 2015, que trata da normativa técnica para a elaboração de Projetos Técnicos de Conservação do Solo, padronizando

assim as ações das diferentes coordenadorias da SAA e o tutorial que detalha as etapas de trabalho para garantir maior efetividade às ações de fiscalização da legislação que trata do uso, conservação e preservação do solo agrícola.

Com esse conjunto de atos e ações e, fundamentalmente com esta publicação, "**Boletim de Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar**", a SAA contribui para elevar a competitividade e sustentabilidade da atividade sucroenergética do Estado de São Paulo, reduzir riscos da degradação do solo e promover conservação dos recursos naturais, harmonizando geração de renda e empregos com a preservação ambiental.

Deputado Arnaldo Jardim

Secretário de Estado de Agricultura e Abastecimento de São Paulo

Prefácio

Cicatrizes de erosão que se mostram na paisagem indicam que algo de errado está acontecendo e alertam de que providências urgentes para sanear o problema e possibilitar a recuperação destas áreas degradadas devem ser adotadas. Isso é apenas a parte visível, já que a erosão laminar não mostra imediatamente seus efeitos.

Como determina a legislação, é competência da SAA ditar as normas técnicas, construindo padrões e protocolos que sejam referência para o uso e conservação dos solos agrícolas. Este trabalho visa disponibilizar, dentro das especificidades da cultura da cana-de-açúcar, as propostas e conceitos apresentados na publicação oficial da SAA que versa sobre o assunto, o conjunto de Manuais Técnicos de nºs 38, 39, 40, 41 e 42, denominado Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e da Água (Lombardi Neto e Drugowich, 1993), acrescido de dados atualizados para dar suporte às recomendações de práticas conservacionistas aos novos sistemas de produção canavieira, considerando que conceitos e princípios da física e mecânica dos solos, logicamente, são imutáveis.

O progresso promove o incremento de mecanismos de inovações tecnológicas que buscam o aumento de produtividade para viabilizar redução de custos em escala, acompanhando os prováveis cenários, tendências e necessidades do homem. Hoje, acrescente-se o componente ambiental, já que as produções têm, necessariamente, que ser sustentáveis, para perenizar as colheitas provendo às próximas gerações e os insumos mais importante para tal, o solo e a água.

Em função do desenvolvimento tecnológico e das exigências ambientais, de legislação e de mercado, os sistemas de produção da cultura canavieira sofreram substanciais alterações, gerando, portanto, novas demandas para garantir a conservação do solo. Para compreender a extensão dessas mudanças e seus efeitos, o grupo de experientes especialistas representando os diferentes órgãos da SAA, visitou diferentes condições edafoclimáticas no Estado de São Paulo e vários segmentos do setor sucroenergético, dialogando com consultores, profissionais de campo (gerentes, extensionistas e agentes de defesa agropecuária), pesquisadores, professores, produtores e realizando revisões bibliográficas para traçar um diagnóstico, considerando conflitos entre legislação e prática, e as necessárias intervenções para atender a todos os níveis de demanda (social, econômica, técnica e ambiental).

Percebemos, em princípio, que com advento da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, os sistemas de produção tiveram que ser adaptados às máquinas disponíveis, o que esbarrou nos sistemas conservacionistas implantados. Consideramos que a potencialização do rendimento operacional de máquinas não deverá promover perdas de solo incompatíveis com os níveis de tolerância permitidos e aceitos pela sociedade.

Um dos maiores problemas é a compactação do solo nas áreas de cana-de-açúcar e que normalmente adotam-se práticas isoladas de controle da erosão, em detrimento da aplicação de conjunto de práticas complexas ou simples, mas consagradas, já que isto é o que pode garantir a eficiência do planejamento e o sucesso do empreendimento. Juntamente com este fato, é necessário respeito a dinâmica das águas, sob risco de prejudicar o meio de produção e suporte físico das culturas, o solo, essencial, como a água, para prover condições de se extrair colheitas.

Nas décadas de 60 e 70, adotavam-se práticas conservacionistas, muitas vezes o terraceamento isoladamente, tendo como referência tabelas de espaçamentos com normas americanas, em que os talhões eram pequenos e ocupavam as chamadas "terras de primeira", nobres, as terras roxas paulistas, argilosas, profundas e muito resistentes à erosão.

Já entre os anos 80 a 85, passou-se a adotar, ainda em pequenos talhões, o preparo profundo com uso de grade aradora para melhorar a infiltração, seccionando o declive em áreas pequenas e tendo como prática corriqueira o cultivo nas soqueiras. O sistema de terraceamento, como prática isolada e/ou principal continuava dando bons resultados.

O próximo quinquênio, 85-90, trouxe a experiência de novos tipos de terraços, como os em gradiente, com tiros de 250 a 300 m, e o início da exploração, ainda incipiente, de solos menos resistentes à erosão. Nesse período novas recomendações para o dimensionamento de práticas conservacionistas foram apresentadas pelos órgãos da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, com base em dados de experimentações e de levantamentos de campo, que indicavam a importância do planejamento da conservação do solo e das práticas conjuntas, incluindo o manejo do solo e das culturas. Neste período, se avolumou a adoção de diferentes épocas de plantio, nas secas com irrigação por vinhaça, em solos mais suscetíveis à erosão (declive e alta relação textural) e adoção das tabelas oficiais de espaçamentos de terraços nos melhores solos, com boa infiltração e menor declividade.

Grandes alterações nos sistemas de produção ocorreram a partir de meados da década de 90, com a intensificação do uso de colheita mecanizada e a expansão do cultivo em solos mais suscetíveis à erosão, gerando a necessidade de redobrados cuidados em virtude das restrições destes solos. A adoção de maiores espaçamentos entre terraços e o estímulo ao não cultivo das soqueiras coincidindo com a tendência de ampliação dos tamanhos dos talhões, visando aumento da eficiência das frentes de corte e maior rendimento operacional, aumentaram os riscos à conservação do solo.

A partir de 2005, algumas usinas pioneiras passaram a adotar o sistema de sulcos retos, adequados pontualmente em função de condições especiais de solo e topografia. Em seguida, critérios isolados e custos condicionaram a adoção de sulcação reta sem terraços, com um mesmo manejo para diferentes situações de paisagem, com tiros longos, sulcação reta em terraços passantes, sem escarificação, até a eliminação total dos terraços, sem a validação pelos órgãos competentes da Secretaria de Agricultura e Abastecimento e sem o devido respaldo de resultados de pesquisa consolidados, gerando grandes problemas que culminaram com um acréscimo expressivo de autuações por parte da Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária, dentro das suas atribuições de aplicar a Lei de Uso do Solo.

Vislumbramos nessa incursão, na realidade do setor, uma tendência de adoção massiva de práticas como canteirização permanente, controle de tráfego, preparo mais profundo, plantio direto e a adoção de linhas de planejamento levando em conta, além do solo, sua inserção na paisagem, o clima, as catenas e práticas indicadas para situações específicas em glebas caracterizadas em unidades de classes de capacidade de uso.

Como resultado dos esforços empreendidos para compreender e avaliar as mudanças ocorridas e as necessidades atuais do setor canavieiro, estamos disponibilizando este Boletim de Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar, procurando abordar os tópicos de interesse, como legislação, atributos dos solos, clima, sistemas de produção, classificação técnica, planejamento de ocupação do solo, planejamento da conservação do solo e parâmetros para cálculos de engenharia. O objetivo do trabalho foi oferecer subsídios para garantir segurança à exploração da cultura canavieira no que tange à conservação do solo, atendendo às demandas atuais, apresentando informações e recomendações para ações de conservação do solo e dimensionamento de práticas conservacionistas, padronizando ainda os referenciais técnicos para efeito de planejamento do uso do solo e da cultura, obedecendo à legislação.

Conhecer esses mecanismos, suas potencialidades e limitações, é essencial para um bom planejamento. E como define a legislação, a base para tal é o enquadramento das áreas em Classes de Capacidade de Uso, através do levantamento do meio físico, que de diferentes formas indicará áreas de risco de erosão. Essa caracterização é que vai embasar, juntamente com as informações disponíveis para cada situação, a indicação segura do conjunto de práticas conservacionistas a serem adotadas no cultivo da cana-de-açúcar.

Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar

1. Introdução

Em função da legislação em vigor, do desenvolvimento tecnológico e das exigências ambientais, os sistemas de cultivo da cana-de-açúcar mudaram significativamente na última década. A cana-de-açúcar produz grande massa vegetal, tem sistema radicular vigoroso e é rústica, características que, associadas ao fato de não haver preparo da área anualmente, auxiliam a conservação do solo. Provavelmente por isso, as práticas conservacionistas utilizadas se restringiam a práticas mecânicas, especialmente os terraços em nível. Com as mudanças nos sistemas de cultivo surgiram particularidades que contribuíram para impulsionar processos erosivos e geraram conflitos com essas práticas tradicionalmente utilizadas para o controle da erosão. Entre essas particularidades podemos citar:

• Blocos, talhões e frentes de trabalho ocupando grandes áreas (microbacias)

• Retirada da palha para cogeração de energia e etanol de segunda geração

• Tráfego intenso de máquinas muito pesadas

• Safras mais longas.

Por outro lado, novas oportunidades para a conservação dos solos no cultivo da cana-de-açúcar surgiram, como:

• Sistemas de manejo conservacionistas como plantio direto e cultivo mínimo

• Canteirização permanente e controle de tráfego

• Flexibilidade de épocas de plantio e de uso de cobertura do solo na época de reforma (adubo verde, braquiária, cobertura morta)

• Sistemas de produção e plantio de mudas pré-brotadas, com melhor qualidade, sanidade e rastreabilidade

Esses fatores afetam a sensibilidade das áreas agrícolas ao processo de erosão do solo e, portanto, devem ser considerados nos projetos de

conservação do solo e na escolha das práticas necessárias para cada situação. Por exemplo, a utilização de preparo mínimo e plantio de inverno reduzem o risco de erosão, enquanto a retirada da palha em áreas críticas e utilização de cultivos de verão podem aumentar esse risco.

O principal sistema conservacionista é o sistema convencional, com terraços e sulcação em nível, utilizando espaçamentos padrão em função de solo e declive, buscando o mínimo de ruas mortas entre os terraços, com carreador entre os terraços. Esse sistema continua sendo bastante utilizado mesmo em áreas não indicadas para o uso dessa tecnologia de acordo com as recomendações constantes do Manual Técnico atualmente em vigor (Lombardi Neto e Drugowich, 1994). O aumento do risco de erosão intensa com o uso desse sistema convencional vem ocorrendo em consequência dos fatores citados, como o aumento de área dos blocos de manejo, maior compactação das lavouras pela mecanização e expansão do plantio para áreas mais susceptíveis à erosão. A utilização de terraços embutidos e invertidos de grandes dimensões, armazenando grandes volumes de água para conter o escoamento superficial e o arraste de terra, em solos de textura média e arenosa, aumentaram ainda mais os riscos nos eventos extremos.

O sistema de terraços em desnível com canal escoadouro natural ou construído, em áreas de baixa infiltração ou de maior risco de erosão passou a ser mais utilizado, mas há pouca experiência nesse tipo de tecnologia, principalmente na construção de canais escoadouros.

Cada vez mais frequente tem sido a implantação de projetos conservacionistas que mantêm o conceito do terraço em nível, mas utilizam outras práticas com objetivo de facilitar operações mecanizadas de plantio e colheita, como utilização de terraços em nível, de base larga, intercalado com terraços em nível embutido, com linhas de sulcação passantes sobre o terraço de base larga, utilizando ou não bacias de captação para coleta de água excedente, ou apenas utilização de sulcação passante em tiro longo com terraço de base larga. Esses sistemas tem uma adaptação melhor às variações da paisagem (solo e relevo), mas são feitos utilizando experiências pessoais, sem levantamento de dados de campo ou bases teóricas, funcionando em solos mais resistentes à erosão, e apresentando problemas quando tipos de solo, forma da paisagem, fluxo de enxurrada e época de plantio não são levados em consideração.

Projetos que combinam terraço em nível e desnível, conforme o relevo do bloco de manejo e dependendo de textura e declividade, ou até sem

terraços nos terços superiores do relevo em áreas planas também têm sido implantados.

Por fim, há projetos que não utilizam terraços com vários tipos de sulcação, com e sem canais escoadouros para conduzir a enxurrada. Nesses projetos também há acertos, isto é, áreas bem conduzidas e sem erosão, e problemas de processos erosivos intensos, tanto nas áreas plantadas como nos canais construídos. Alguns desses projetos tem sido elaborados sem levar em conta elementos básicos de conservação do solo, o que tem levado aos insucessos também por não serem consideradas diferenças entre solo, paisagens e histórico de erosão na área.

A busca de novas opções na elaboração de projetos realizados com critérios conservacionistas, tem como objetivo alcançar maior eficiência nas operações mecanizadas, buscando sulcos de maior comprimento, menor número de manobras, menor pisoteio das linhas e dos terraços e menor matação de linhas. Essas mudanças são importantes no sistema de manejo totalmente mecanizado da cana-de-açúcar, não apenas na questão do custo das operações, mas também para maior produtividade e longevidade do canavial. As mudanças nos projetos de conservação do solo foram necessárias, mas resultaram em insucessos em algumas situações pelo pouco conhecimento teórico e técnico dos fatores de controle do processo erosivo e da pouca experiência de produtores e técnicos em adaptar as práticas conservacionistas a cada condição particular de manejo, solo, clima e relevo, dentro da nova realidade de condução da cultura.

De início, considerou-se que os projetos de conservação do solo devem ter como princípios:

• Considerar como base a erosão já ocorrida e a reconstrução do perfil do solo quando necessário. A determinação da classe de capacidade de uso orienta a avaliação da erosão já ocorrida.

• Qualificar as áreas para receber práticas conservacionistas (risco de erosão, cicatriz de erosão, decapitação de horizontes).

• Incluir um projeto de produção agrícola (projeto agronômico) e considerar o sistema de produção para definir as práticas necessárias.

• Estabelecer as práticas buscando o controle da erosão por meio do aumento da cobertura vegetal e da infiltração da água no solopara, em sequência, planejar a condução da enxurrada na lavoura e na paisagem. Dessa forma, estabelecer também um projeto de condução de excesso de enxurrada

(incluindo práticas associadas ao leito de estradas e carreadores quando for o caso), ter um projeto de controle de tráfego e de compactação do solo.

• Estabelecer um programa de monitoramento das áreas após as práticas conservacionistas terem sido implantadas.

E, dessa forma, este trabalho busca apresentar informações e recomendações para auxiliar o planejamento de ações de conservação do solo e do dimensionamento de práticas conservacionistas para o cultivo da cana-de-açúcar.

2. Legislação

2.1. Legislação ambiental

As áreas protegidas pela Legislação Ambiental (Lei Florestal Brasileira nº 12.651/12, de 25/5/2012, e nº 12.727/12, de 17/10/12, regulamentada pelo Decreto Federal 7.830/12) dentro das propriedades agrícolas (Áreas de Preservação Permanente - APP e Reserva Legal - RL) devem ser consideradas no planejamento de uso e manejo das áreas de entorno e no planejamento da conservação do solo. Essas áreas estão estabelecidas no Cadastro Ambiental Rural (CAR) de cada propriedade e suas respectivas ações de recuperação, quando for o caso, definidas pelo Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). É importante que os projetos de conservação do solo estejam integrados com o manejo das APP e RL. Destaca-se que a recuperação de vegetação ciliar ou a recomposição vegetal não são práticas de conservação do solo ou de controle de erosão e de retenção de sedimentos, e que processos erosivos devem ser controlados antes de atingir essas áreas. Por outro lado, as águas das enxurradas poderão ser conduzidas por canais escoadouros planejados ou outras estruturas até essas áreas, desde que não resultem em assoreamentos ou contaminações, ou que prejudiquem o desenvolvimento da vegetação.

Na Legislação sobre Conservação do Solo no Estado de São Paulo, detalhada a seguir, a Resolução SAA nº 11, de 15/04/2015, que orienta a elaboração dos projetos de conservação do solo nas áreas autuadas, não especifica a necessidade de identificar as APPs e RLs nos croquis e detalhamentos. Entretanto, uma vez que essas áreas devem estar integradas ao projeto conservacionista, é importante que estejam anotadas.

2.2. Legislação sobre conservação do solo no Estado de São Paulo

A Legislação que dispõe o uso, conservação e preservação do solo agrícola no Estado de São Paulo compreende:

- Resolução SAA nº 11, de 15 de abril de 2015
- Decreto nº 45.273, de 6 de outubro de 2000
- Decreto nº 44.884, de 11 de maio de 2000
- Portaria CATI nº 6, de 24 de junho de 1997
- Resolução SAA nº 7, de 14 de maio de 1997
- Decreto nº 41.719, de 16 de abril de 1997
- Lei nº 8.421, de 23 de novembro de 1993
- Lei nº 6.171, de 4 de julho de 1988

2.2.1. Definição de solo agrícola e conservação do solo

Decreto nº 41.719/1997, Artigo 2º

§ 1º - Considera-se solo agrícola para efeitos deste decreto a superfície de terra utilizada, ou passível de utilização para a exploração agrosilvopastoril.

Portanto, incluem-se como solo agrícola as áreas de terras com solo em "pousio" e aquelas abandonadas devido ao alto nível de degradação. Não são abrangidas por esta legislação o quadro urbano e as estradas, assim como as áreas protegidas pela Lei Florestal Brasileira, mas sim os danos causados por essas áreas ao solo agrícola.

§ 2º - Entende-se por conservação do solo a manutenção e melhoramento de sua capacidade produtiva.

Entende-se, assim, que a conservação do solo exprime uma produção agrossilvipastoril sustentável, ou seja, o projeto conservacionista deve ser econômica e ambientalmente viável.

§ 3º - As responsabilidades por danos ou prejuízos ao solo agrícola podem decorrer tanto de ação quanto de omissão e serão estabelecidas nos

termos deste decreto.

2.2.2. Conservação e o uso adequado do solo

Decreto nº 41.719/1997, Artigo 4º - A utilização e manejo do solo agrícola serão executados mediante planejamento embasado na capacidade de uso das terras, de acordo com técnicas de conservação do solo agrícola correspondentes.

O solo pode ser definido como um conjunto de corpos tridimensionais que ocupam a porção superior da crosta terrestre, e é classificado em tipos, conforme suas propriedades, como textura, profundidade efetiva, permeabilidade, etc. Em função dessas diferentes propriedades, cada tipo de solo possui técnicas de conservação do solo correspondentes.

As terras podem ser definidas como o local onde está localizado o solo, incluindo sua caracterização e outros atributos do meio físico como: localização, vegetação, relevo, clima, impedimentos à mecanização e, ainda, as condições socioeconômicas não só da região, mas também do usuário deste solo.

Neste artigo a legislação individualiza a propriedade rural. Com a junção das características dos solos e das terras pode-se elaborar um projeto de uso do solo agrícola para que não ocorra depauperamento, isto é, um projeto sustentável ambiental, social e econômico. A legislação não define qual ou quais técnicas devem ser utilizadas para a conservação do solo, mas penaliza quem não planeja adequadamente a conservação do solo, resultando em processos de erosão e degradação.

§ 1º - Os trabalhos de determinação das classes de capacidade de uso dos solos e de definição de tecnologia de conservação do solo agrícola serão priorizados pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento quando:

1. houver solicitação formal do interessado;

2. for constatada, em inspeção, irregularidade no uso do solo agrícola.

As irregularidades no uso do solo agrícola ocorrem quando o uso e o manejo adotados estão provocando erosão e/ou degradação de solos agrícolas. Por uso do solo entende-se a cultura ou as culturas implantadas. Por manejo entende-se o conjunto das operações e atividades realizadas e conduzidas sobre, ou aplicadas ao solo, incluindo preparo do terreno, calagem, adubação, forma de semeadura, práticas e tratos culturais, práticas de controle de erosão e outros efetivos para a produção de vegetal.

Considera-se solo degradado quando seu uso atual e/ou as técnicas de manejo e conservação do solo adotadas acarretarem em perda de nutrientes, desequilíbrio nutricional, redução da atividade biológica e nível de matéria orgânica, deterioração da estrutura e compactação do solo, processo erosivo acelerado, redução do rendimento de colheitas, conforme definido no Decreto nº 41.719/1997, Artigo 7º.

Lei nº 6.171/1988, Artigo 3º - O planejamento e execução do uso adequado do solo agrícola será feito independentemente de divisas ou limites de propriedade, sobrelevando-se sempre o interesse público.

O planejamento e execução deve levar em conta o entendimento sistêmico da unidade de planejamento, seja ela propriedade rural, microbacia ou região, com a integração e a diversificação das atividades animais e vegetais, a utilização racional dos fatores de produção disponíveis no local e a busca da sustentabilidade.

§ 1º - Entende-se por uso adequado a adoção de um conjunto de práticas e procedimentos que visem a conservação, melhoramento e recuperação do solo agrícola, atendendo a função sócio-econômica da propriedade rural e da região.

O conceito da função socioeconômica da propriedade é dado por sua eficácia atual diante da sua capacidade de produção e geração de riqueza em harmonia com as condições de conservação ambiental.

2.2.3. Obrigações no escoamento das águas pluviais

Decreto nº 41.719/1997, Artigo 11 - Todas as propriedades agrícolas, públicas ou privadas, ficam obrigadas a receber as águas de escoamento das estradas ou ferrovias desde que tecnicamente conduzidas, podendo essas águas atravessar tantas quantas forem as propriedades à jusante, até que essas sejam moderadamente absorvidas pelas terras ou seu excesso despejado em manancial receptor natural.

§ 1º - Não haverá em hipótese alguma indenização pela área ocupada pelos canais de escoamento do prado escoadouro revestido especialmente para esse fim.

§ 2º - O escoamento das águas das estradas ou ferrovias deverá ser conduzido tecnicamente, de forma a:

1. não causar erosão e degradação do solo nas propriedades agrícolas;

2. não poluir cursos d'água;

3. não obstruir o tráfego dentro da propriedade.

§ 3º - O escoamento das águas de uma propriedade através de outras propriedades será efetuado com observância do disposto no Código de Águas. (Decreto nº 24.643/1934, Capitulo I, Águas Públicas, Art.69).

Observa-se que as propriedades adjacentes, não poderão utilizar-se do leito das estradas para canalizar as águas de chuva delas oriundas e ficam obrigadas a permitir a utilização das áreas necessárias para adequação e manutenção das estradas e ferrovias e para o escoamento adequado das águas.

2.2.4. Competência de fiscalização

Decreto nº 44.884/2000, Artigo 1º, inciso II (que alterou o Decreto nº 41.719/1997, Artigo 12, §1º): A Coordenadoria de Defesa Agropecuária, da Secretaria da Agricultura e Abastecimento é o órgão responsável pela fiscalização do cumprimento da legislação que dispõe sobre o uso, a conservação e a preservação do solo agrícola.

2.2.5. Penalidades

Decreto nº 41.719/1997, Artigo 13

I - publicação no Diário Oficial do Estado dos nomes dos proprietários, bem como das respectivas propriedades;

II - multa de 20 (vinte) a 1000 (mil) Unidades Fiscais do Estado de São Paulo - UFESP;

III - pagamento dos serviços realizados pelo Estado para promover a recuperação das áreas em processos de desertificação ou degradação, nos termos do Artigo 17 deste Decreto.

As penalidades pecuniárias serão recolhidas ao "Fundo Especial de Despesas" da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA). Aquelas não recolhidas nos prazos serão encaminhadas à Procuradoria Geral do Estado para inscrição na dívida ativa e cobrança judicial.

2.2.6. Responsabilidades da autoria dos danos

Decreto nº 41.719/1997, Artigo 13, § 1º - As penalidades acima referidas incidirão sobre os autores sejam eles arrendatários, parceiros, posseiros, gerentes, técnicos responsáveis, administradores, diretores, promitentes compradores ou proprietários de área agrosilvopastoril, e ainda que praticadas por prepostos ou subordinados e no interesse dos proponentes ou superiores hierárquicos.

2.2.7. Classificação dos danos causados ao solo agrícola

Decreto nº 41.719/1997, Artigo 16 - As penalidades pecuniárias serão graduadas em função do dano causado ao solo agrícola, consideradas a extensão da área e a seguinte classificação:

I - causar erosão:

a) laminar

1. ligeira;

2. moderada;

3. severa;

4. muito severa;

5. extremamente severa.

b) em sulcos

1. superficiais: ocasionais, frequentes ou muito frequentes;

2. rasos: ocasionais, frequentes ou muito frequentes;

3. profundos: ocasionais, frequentes ou muito frequentes;

4. muito profundos: ocasionais, frequentes ou muito frequentes.

II - impedir a correção de erosão adjacente a estradas ou ferrovias;

III - provocar desertificação;

IV - degradar as características físicas, químicas e biológicas do solo agrícola:

a) dano ligeiro;

b) dano severo;

c) dano extremamente severo.

V - praticar queimadas sem a necessária autorização ou em desacordo com esta (com a promulgação da lei estadual nº 10.547, as questões relativas às queimadas foram transferidas para Secretaria do Meio Ambiente (SMA/SP);

VI - construir barragens, estradas, caminhos, canais de irrigação ou prados escoadouros de forma inadequada, que facilite processo de erosão:

a) dano ligeiro;

b) dano severo;

c) dano extremamente severo.

VII - impedir ou dificultar a ação dos agentes da Coordenadoria de Defesa Agropecuária, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento na fiscalização de atos considerados danosos ao solo agrícola;

VIII - provocar assoreamento ou contaminação de cursos d'água ou bacias de acumulação;

§ 1º - Em caso de reincidência a multa será aplicada pelo valor correspondente ao dobro da anteriormente imposta.

§ 2º - A menor multa aplicada em qualquer caso de irregularidade será de 20 (vinte) Unidades Fiscais do Estado de São Paulo - UFESPs.

2.2.8. Apresentação do projeto

Decreto nº 44.884/2000, Artigo 1º, inciso III, alínea "b" - No mesmo prazo fixado no "caput" o infrator poderá, alternativamente à defesa, apresentar compromisso de elaboração, em 60 (sessenta) dias, prorrogáveis por mais 60 (sessenta) dias, a critério do Escritório de Defesa Agropecuária, desde que solicitado por escrito e devidamente justificado, de projeto contendo a determinação das classes de capacidade de uso de solo da área em questão e um plano de definição de tecnologia de conservação do solo agrícola, obrigando-se formalmente a implantá-lo no prazo previsto.

As normas e procedimentos para a apresentação do projeto e seus encaminhamentos foram definidos pela Resolução SAA - 11, de 15/04/2015, que dispõe sobre normas e procedimentos para aplicação do Decreto nº 41.719,

de 16/04/1997, que trata do uso, conservação e preservação do solo agrícola no Estado de São Paulo.

Para auxiliar a preparação dos projetos técnicos de conservação do solo, previstos no Decreto Estadual nº 41.719, de 16/04/1997, foi elaborado um tutorial que encontra-se disponível eletronicamente em:

http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/recursos_naturais/ComunicadoTecnico146-CATI-SAA.pdf.

Observações:

"*agrosilvopastoril*" é a grafia original da legislação. Na atual nomenclatura e gramática é *agrossilvipastoril*.

3. Solos e clima do Estado de São Paulo

Chuvas intensas associadas a propriedades físicas do solo, topografia e cobertura do terreno são os principais fatores da erosão acelerada que é a principal causa da degradação dos solos cultivados em ambientes tropicais e subtropicais.

3.1. Solos e levantamento do meio físico

O Estado de São Paulo possui cinco grandes compartimentos de relevo, chamados de províncias geomorfológicas (Ponçano et al., 1981), que estão associados a grandes domínios de rochas e de solos e podem ser usados para melhor entendimento da distribuição dos principais solos e de suas propriedades importantes à utilização agrícola: Província Costeira, Planalto Atlântico, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. A produção de cana-de-açúcar em maior escala está principalmente na Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental.

Na Província Costeira e no Planalto Atlântico, nos relevos colinosos, morros e montanhas, a excessiva declividade associada às chuvas abundantes ao longo de todo o ano se constituem nas principais limitações à sua utilização, demandando preservação ou intensas práticas conservacionistas.

Na Depressão Periférica Paulista, província geomorfológica com predomínio de relevos colinosos, os solos desenvolvem-se principalmente sobre rochas sedimentares, como os arenitos, folhelhos, argilitos e siltitos, mas também sobre rochas ígneas intrusivas básicas (diabásios). Predominam Argissolos e Latossolos na maior parte da província, mas Neossolos Quartzarênicos ocupam áreas localmente expressivas. Quando desenvolvidos de sedimentos mais finos (folhelhos, argilitos, siltitos), encontram-se principalmente Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos distróficos e Nitossolos Vermelhos distróficos e eutróficos, todos de textura argilosa. Quando desenvolvidos de sedimentos mais grossos (arenitos), os solos apresentam textura média ou arenosa, predominando Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos de textura média e Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos de textura arenosa/média. Nos Argissolos, a espessura do horizonte superficial arenoso pode variar de pequena a maior que 50 cm (caráter arênico), e o contato abrupto com o horizonte subsuperficial B pode estar presente. Quando sobre arenitos homogêneos, há extensas áreas de Neossolos Quartzarênicos Órticos, solos com baixíssima retenção de águas e de nutrientes. Argissolos com textura média/argilosa também são frequentes quando desenvolvidos de pelitos (e.g. siltitos). Quando sobre rochas intrusivas básicas, Nitossolos Vermelhos eutroférricos e distroférricos são comuns nas feições de relevo mais dissecado, enquanto nas feições de relevo mais suavizadas são comuns os Latossolos Vermelhos distroférricos, ambos com excelente aptidão ao uso agrícola.

Na província geomorfológica das Cuestas Basálticas, os solos são desenvolvidos principalmente de basaltos e de arenitos. Excetuando-se as escarpas, onde o relevo é montanhoso ou escarpado, esta região do estado caracteriza-se por relevos colinosos e amorreados, que favorecem o aproveitamento agrícola diversificado, em alguns locais dificultando a mecanização. Nas escarpas, desenvolvidos de arenitos ou de basaltos, predominam Neossolos Litólicos associados a Cambissolos e Nitossolos. Nas colinas, morrotes e morros, condições de relevo mais suavizado que as escarpas, os solos são predominantemente Latossolos Vermelhos, Vermelho-Amarelos ou até Amarelos, de textura argilosa, quando desenvolvidos de basalto, ou Latossolos de textura média e Neossolos Quartzarênicos, quando de arenito. Os solos derivados de basalto, mais férteis e com maiores teores de óxidos, apresentam caráter eutrófico ou distrófico ou, eventualmente, caráter ácrico (estes mais comuns no Norte do estado), que denota muito baixa retenção de cátions, mesmo nos solos muito argilosos. Os solos desenvolvidos dos arenitos têm invariavelmente baixa saturação por bases (distróficos). Quando desenvolvidos de basalto, em porções mais dissecadas da

paisagem (relevo ondulado e fortemente ondulado), encontram-se Nitossolos Vermelhos eutroférricos, com elevada fertilidade e elevada capacidade de armazenamento de água.

A província geomorfológica do Planalto Ocidental ocupa a maior parte da metade oeste do Estado de São Paulo, estendendo-se até a calha do rio Paraná. Este grande domínio geomorfológico apresenta formas de relevo predominantemente suavizadas, caracterizadas principalmente como colinas (< 15% declividade) médias e amplas. Menos frequentes, relevos de morrotes (declividade > 15%) também são encontrados. Os solos do Planalto Ocidental desenvolvem-se sobre arenitos em sua maior extensão, com influência de basalto exclusivamente próximo à calha de drenagem de alguns rios, como o rio Paranapanema, próximo às cidades de Assis e Ourinhos. Os solos desenvolvidos sobre os arenitos são Argissolos Vermelho-Amarelos ou Vermelhos, de textura arenosa/média ou média ao longo do perfil, com fertilidade média (eutróficos) ou baixa (distróficos), podendo apresentar (ou não) mudança textural abrupta (A/B ou A+E/B) e espessura de horizonte superficial arenoso, em alguns casos maior que 50 cm (caráter arênico ou espessarênico). Estes atributos, associados com gradientes de relevo que variam de superiores a 3% até 20%, são responsáveis pela elevada susceptibilidade à erosão desses solos. Os Latossolos desenvolvidos dos arenitos na região têm textura média homogênea no perfil, fertilidade mais baixa (Distróficos), menor capacidade de reter água e encontram-se nas posições mais aplanadas que os Argissolos, apresentando assim menor susceptibilidade à erosão que os Argissolos. Os solos influenciados pelo basalto na região do Planalto Ocidental são principalmente Latossolos Vermelhos, quando em relevo aplanado, ou Nitossolos Vermelhos, quando em relevos mais acidentados (ondulados), todos de textura argilosa, com elevados teores de óxidos de ferro e elevada (Nitossolos e Latossolos) a baixa (Latossolos) saturação por bases.

Em todo o Estado de São Paulo, além das regiões com influência marinha, localmente e com extensão limitada às baixadas e planícies inundáveis, genericamente conhecidas como várzeas, são encontrados solos hidromórficos identificados como Gleissolos, eventualmente associados aos Organossolos, onde não há o cultivo da cana-de-açúcar.

Na tabela 1 é apresentada a correspondência entre as diferentes classificações de solos já adotadas no Estado de São Paulo.

Tabela 1. Classificação dos solos no Estado de São Paulo: comparação entre as classificações de 1951, 1960, 1987 e 1999

REGIÃO PAULISTA	PAIVA NETO et al. (1951)	COMISSÃO DE SOLOS (1960)	CAMARGO et al. (1987)	EMBRAPA - CNPS (1999)
Local de ocorrência	Classificação principalmente pelo Critério Geológico	Classificação pelo Critério Morfológico	Classificação pelos Critérios Morfológicos e Interpretativos (analítico: químico e granulométrico)	Classificação por critérios morfológicos e interpretativos (analítico: químico e granulométrico)
NOROESTE	ARENITO DE BAURU	Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico ou álico A moderado textura média	Latossolo Vermelho eufórico ou distrófico A moderado textura média
SUDOESTE	DEVONIANO	Latossolo Vermelho-Escuro orto	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico ou álico A moderado ou A proeminente textura argilosa ou muito argilosa	Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura argilosa ou muito argilosa
		Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico ou álico Ta ou Tb abrupto A moderado ou A proeminente textura arenosa/média	Agrissolo Vermelho-Amarelo ou Agrissolo Amarelo distrófico, ambos A moderado textura arenosa/média
CENTRO-SUL e SUDOESTE	GLACIAL	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico ou álico Ta ou Tb abrupto A moderado ou A proeminente textura arenosa/média	Agrissolo Vermelho-Amarelo ou Agrissolo Amarelo distrófico ou alissolo, A moderado ou A proeminente textura arenosa/média
CENTRO-SUL, SUDOESTE E SUDESTE	GLACIAL	Latossolo Vermelho-Escuro orto	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico ou álico A moderado textura argilosa ou muito argilosa	Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura argilosa ou muito argilosa
		Podzólico Vermelho-Amarelo fase arenosa	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico ou álico A moderado textura média	Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Amarelo distrófico A moderado textura média

REGIÃO PAULISTA	PAIVA NETO et al. (1951)	COMISSÃO DE SOLOS (1960)	CAMARGO et al. (1987)	EMBRAPA - CNPS (1999)
CENTRO-SUL	CORUMBATAI	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico ou álico Ta ou Tb abrupto ou não A moderado ou A proeminente textura arenosa/média	Agrissolo Vermelho-Amarelo ou Argissolo Amarelo distrófico A moderado textura arenosa/média
		Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba	PodzólicoVerme-lho Amarelo ou Podzólico Vermelho Escuro ambos distróficos ou álicos Ta ou Tb A moderado textura arenosa/argilosa ou média/argilosa ou argilosa/argilosa	Argissolo Vermelho-Amarelo ou Argissolo Amarelo distrófico ou alissolo, ambos A moderado textura arenosa/argilosa ou média/argilosa ou argilosa/argilosa
		Metiderrânico Vermelho-Amarelo	Brunizém Avermelhado textura argilosa ou muito argilosa ou Podzólico Vermelho Escuro eutrófico Ta A moderado textura argilosa ou muito argilosa	Chernossolo textura argilosa ou muito argilosa ou Luvissolo Crômico A moderado textura argilosa ou muito argilosa, respectivamente
LESTE	TERCIÁRIO	Latossolo Vermelho-Escuro fase terraço	Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Amarelo álico A moderado textura argilosa, ou média.	Latossolo Vermelho-Amarelo A moderado textura argilosa
TODO O ESTADO	BAIXADAS	Solos Aluviais	Solo Aluvial ou Cambissolo substrato sedimentos aluviais, normalmente eutróficos	Neossolo Flúvico ou Cambissolo substrato sedimentos aluviais, normalmente eutróficos, respectivamente
		Solos Hidromórficos	Glei Húmico ou Glei Pouco Húmico ou Solo Orgânico com diversificação de grau de saturação por bases	Gleissolo Melânico ou Gleissolo Háplico ou Organossolo com graus de saturação por bases, respectivamente

REGIÃO PAULISTA	PAIVA NETO et al. (1951)	COMISSÃO DE SOLOS (1960)	CAMARGO et al. (1987)	EMBRAPA - CNPS (1999)
LESTE MARITIMO	BAIXADAS	Podzol Hidomór-fico	Podzol ou Podzol Hidromórfico álico ou distrófico	Espodossolo
TODO O ESTADO	BAIXADAS	Litossolo	Solo Litólico ou Litossolo Cambiossolo de diversos substratos, textura e grau de saturação por bases	NeossoloLitólico ou Cambissolo de diversos substratos, texturas e graus de saturação por bases
LESTE, SUDESTE e SUDOESTE	MASSAPÉ	Solos de Campos do Jordão	Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico ou Cambissolo álico, todos textura média ou argilosa	Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Amarelo câmbico ou cambossolo textura média ou argilosa
		Latossolo Vermelho-Amarelo orto	Latossolo Vermelho-Amarelo álico ou distrófico A moderado ou A proeminente textura argilosa ou muito argilosa	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado ou A proeminente textura argilosa ou muito argilosa
LESTE, SUDESTE	MASSAPÉ	Latossolo Vermelho-Amarelo fase rasa	Latossolo Vermelho-Amarelo pouco profundo, Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico, Cambissolo Latossólico, todos álicos A moderado ou A proeminente textura argilosa	Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico ou Latossolico distrófico A moderado ou A proeminente textura argilosa
LESTE, SUDESTE e SUDOESTE	MASSAPÉ	Podzolico Vermelho-Amarelo orto	Podzólico Vermelho-Amarelo ou Podzólico Vermelho- Escuro, ambos distróficos ou álicos ou eutróficos A moderado textura argilosa ou média/ argilosa	Argissolo Vermelho-Amarelo ou Argissolo Vermelho distrófico A moderado textura argilosa

REGIÃO PAULISTA	PAIVA NETO et al. (1951)	COMISSÃO DE SOLOS (1960)	CAMARGO et al. (1987)	EMBRAPA - CNPS (1999)
LESTE, SUDESTE e SUDOESTE	SALMOURÃO	Solos podzólicos com cascalho	Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico ou distrófico A moderado textura média/argilosa com cascalho ou cascalhenta	Argissolo Vermelho ou Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico ou distrófico A moderado textura média/argilosa ou argilosa/argilosa com cascalho ou cascalhenta
		Latossolo Vermelho-Amarelo fase rasa	Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico ou Cambissolo Latossólico, todos álicos A moderado ou A proeminente textura argilosa com cascalho ou cascalhenta	Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico A moderado ou proeminente, ou Cambissolo latossólico, ambos com textura argilosa com cascalho ou cascalhenta
OESTE, NOROESTE, NORDESTE e SUDOESTE	ARENITO BOTUCATU	Regossolo	Areia Quartzosa distrófica ou álica A moderado	Neossolo Quartzarênico distrófico a moderado
		Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico ou álico A moderado textura média	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média
NORDESTE	TERRA ROXA LEGITIMA	Terra Roxa Legitima	Latossolo Roxo eutrófico ou distrófico A moderado ou A chernozêmico textura argilosa ou muito argilosa	Latossolo Vermelho eutroférrico ou distroférrico ou acriférrico A moderado ou A chernozêmico textura argilosa ou muito argilosa
SUDOESTE	TERRA ROXA LEGITIMA	Terra Roxa Estruturada	Terra Roxa Estruturada eutrófica ou distrófica A moderada textura argilosa ou muito argilosa	Nitossolo Vermelho eutroférrico ou distroférrico A moderado textura argilosa ou muito argilosa

REGIÃO PAULISTA	PAIVA NETO et al. (1951)	COMISSÃO DE SOLOS (1960)	CAMARGO et al. (1987)	EMBRAPA - CNPS (1999)
OESTE, NOROESTE, NORDESTE e SUDOESTE	TERRA ROXA MISTURADA	Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico ou álico A moderado textura média	Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura média
		Latossolo Roxo	Latossolo Roxo distrófico ou álico A moderado textura argilosa ou muito argilosa	Latossolo Vermelho distroférrico ou acriférrico textura argilosa ou muito argilosa
NORORESTE	ARENITO DE BAURU	Solos Podzolizados Variação Lins	Podzólico Vermelho-Amarelho eutrófico ou distrófico ou álico A moderado textura arenosa/média	Argissolo Vermelho-Amarelo Argissolo Vermelho eutrófico ou distrófico A moderado textura arenosa/média
		Solos Podzolizados Variação Marília	Podzólico Vermelho-Amarelo ou Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico ou distrófico ou álico Ta ou Tb abrupto A moderado textura arenosa/média	Argissolo Vermelho-Amarelo ou Argissolo Amarelo ou Argissolo Vermelho eutrófico ou distrófico, ambos A moderado textura arenosa/ média

Autor: Eng. Agr. Dr. Hélio do Prado (IAC).

3.2. Clima

Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o UNEP (United Nations Environment Programme) criaram o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). De acordo com o IPCC, há uma estimativa superior a 90% de que a maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século XIX, ocorre devido à elevação da concentração antrópica de gases do efeito estufa, agravada pelo início do processo de industrialização (Gouvêa, 2008). Esses gases de efeito estufa absorvem e refletem parte de raios infravermelhos, contribuindo para o aquecimento da superfície terrestre, e podem causar eventos climáticos extremos, como secas, chuvas, ondas de calor e frio, derretimento de geleiras, entre outros (Gouvêa, 2008).

Com a elevação da temperatura, é possível observar reflexos em setores e sistemas diversos como os recursos hídricos e as consequências na geração de energia, os ecossistemas, as florestas, os sistemas costeiros, a indústria, a saúde humana e, também, a produção de alimentos. A produção de alimentos é diretamente afetada pelas variações de temperatura, que promovem nas plantas uma competição entre a respiração e fotossíntese, diminuindo a produtividade, considerando-se que há um limite de temperatura no qual, se ultrapassado, pode causar a morte da planta (Brunini, 2013).

No setor agrícola, o sucesso de um empreendimento está ligado a fatores econômicos, sociais, de infraestrutura e viabilidade comercial. Entretanto, é possível afirmar que o clima e as variações climáticas sazonais têm papel decisivo na implantação de uma exploração agrícola racional, tornando imprescindível a manutenção do equilíbrio da agricultura (Brunini, 2013). Portanto, torna-se fundamental entender a relação entre agricultura e agrometeorologia, além de obter subsídios para otimizar e facilitar o processo de tomada de decisões e a formulação de políticas públicas de mitigação dos efeitos e de adaptação ao clima (Gouvêa, 2008).

O Estado de São Paulo compreende seu território entre os paralelos 20º e 25º Sul, cortado pelo trópico de Capricórnio, sendo assim considerado como de características climáticas tipicamente tropicais. As chuvas são em geral abundantes, sobretudo na estação das águas, tornando o clima tropical úmido, em condição que favorece a produção agrícola e pecuária. Apresenta, porém, ao longo de sua extensão territorial regiões climáticas distintas, com maior ou menor quantidade de precipitação no período de seca, probabilidade de ocorrência de geadas e de veranicos durante o período das águas. As

temperaturas médias anuais são mais elevadas nas regiões norte e nordeste do Estado (22 a 23 ºC), decrescem em direção ao sul e sudoeste, com os menores valores nas áreas serranas mais elevadas (15 a 17 ºC). Na região litorânea as medias ficam entre 21 e 22 ºC. A ocorrência de geadas, com maior probabilidade de ocorrência nas regiões sul e sudoeste e nas regiões serranas limitam o cultivo da cana-de-açúcar.

Segundo a classificação climática Köppen, o Estado de São Paulo apresenta seis tipos climáticos distintos, todos dentro da categoria de climas úmidos: CWa, Cwb, Aw, Cfa, Cfb e Af (Camargo et al., 1977). A maior área do Estado possui clima Cwa, considerado clima tropical de altitude com verão quente e úmido e inverno seco. As áreas serranas, onde o verão é menos proeminente são classificadas como Cwb. As áreas de menor altitude, nas fronteiras dos rios Paraná e Grande são do tipo Aw, ou seja, tropical chuvoso com inverno seco. A parte do Estado que margeia o rio Paranapanema e Vale do Rio Ribeira do Iguape é definida com Cfa (verão quente e sem estação seca). As áreas montanhosas (Serra do Mar, Mantiqueira) com temperaturas amenas o ano todo e bem chuvosas são definidas como Cfb. A parte litorânea do Estado é definida como Af (tropical chuvoso sem estação seca).

As figuras 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, o balanço hídrico médio anual com referencia ao excedente hídrico, das características térmicas representadas pela variabilidade média mensal da temperatura do ar e as características hídricas representadas pelo total mensal de precipitação de localidades representativas destes regimes climáticos.

As chuvas no Estado de São Paulo são concentradas no período de verão. O período das águas vai de outubro a março e o período da seca de abril a setembro. Na região litorânea não ocorre estiagem, mas um semestre é nitidamente mais chuvoso que o outro. Os valores médios de totais anuais de chuva são de cerca de 1.200 a 1.300 mm. Na região nordeste os totais são em geral, maiores do que 1.300 mm com uma estação seca mais acentuada e bem definida. Na região sudoeste os totais ficam em torno de 1.300 mm, com melhor distribuição anual. Na região litorânea as chuvas são de 1.800 a 2.000 mm e na serra da Mantiqueira cerca de 1.600 mm.

A chuva é um dos fatores que determinam o grau de erosão dos solos. O volume e a velocidade do escoamento superficial (enxurrada) dependem da intensidade, duração e frequência da chuva. O potencial erosivo da chuva, erosividade da chuva ou índice de erosão da chuva, é calculado pelo produto da energia cinética total e da intensidade máxima em 30 minutos de cada

chuva (Figura 5). Esse índice, extraído da equação universal de perdas de solo (Wischmeier & Smith, 1978), representa o efeito conjunto do impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo e da turbulência da enxurrada no arraste das partículas desprendidas.

A ocorrência de chuvas pesadas em curto espaço de tempo ou a má distribuição das precipitações na maior parte do Estado constitui fator de risco elevado de erosão. A necessidade do conhecimento da distribuição das chuvas ao longo do ano e dos valores extremos de quantidade e intensidade de chuvas são especialmente importantes para a conservação dos solos. O dimensionamento de estruturas mecânicas de conservação do solo, como terraços, canais escoadouros, dissipadores de energia levam em conta a chuva diária máxima provável (Figura 6) e a intensidade máxima de chuva em 15 minutos (Figura 7) para o cálculo do volume de água a ser armazenado ou conduzido.

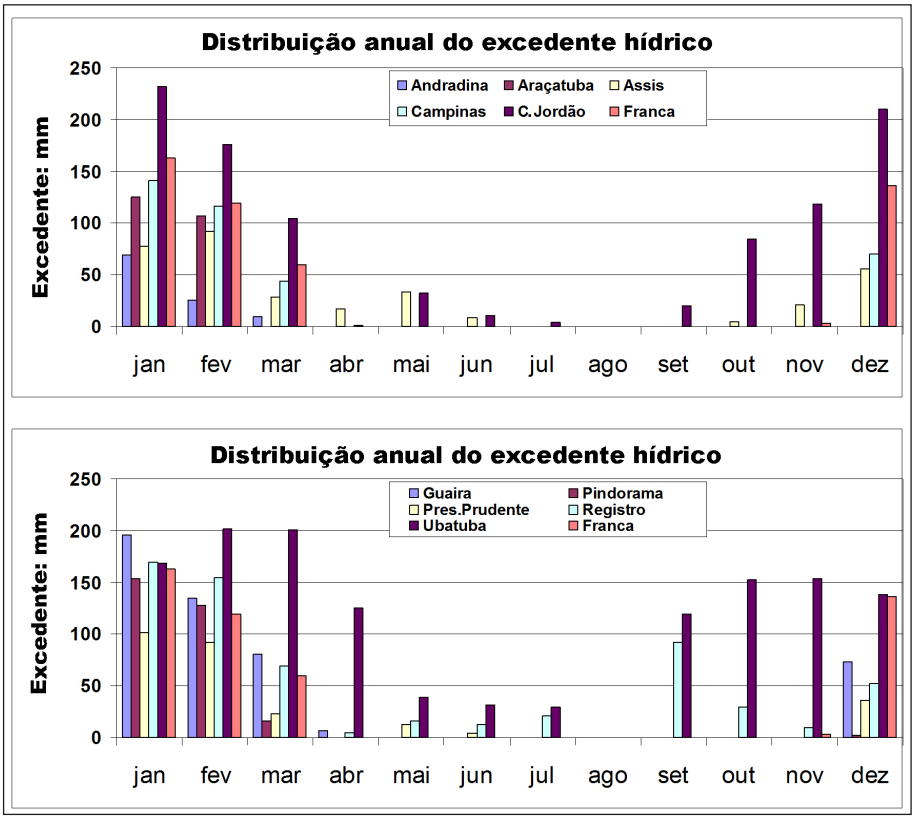

Figura 1. Distribuição anual do excedente hídrico em algumas localidades do Estado.

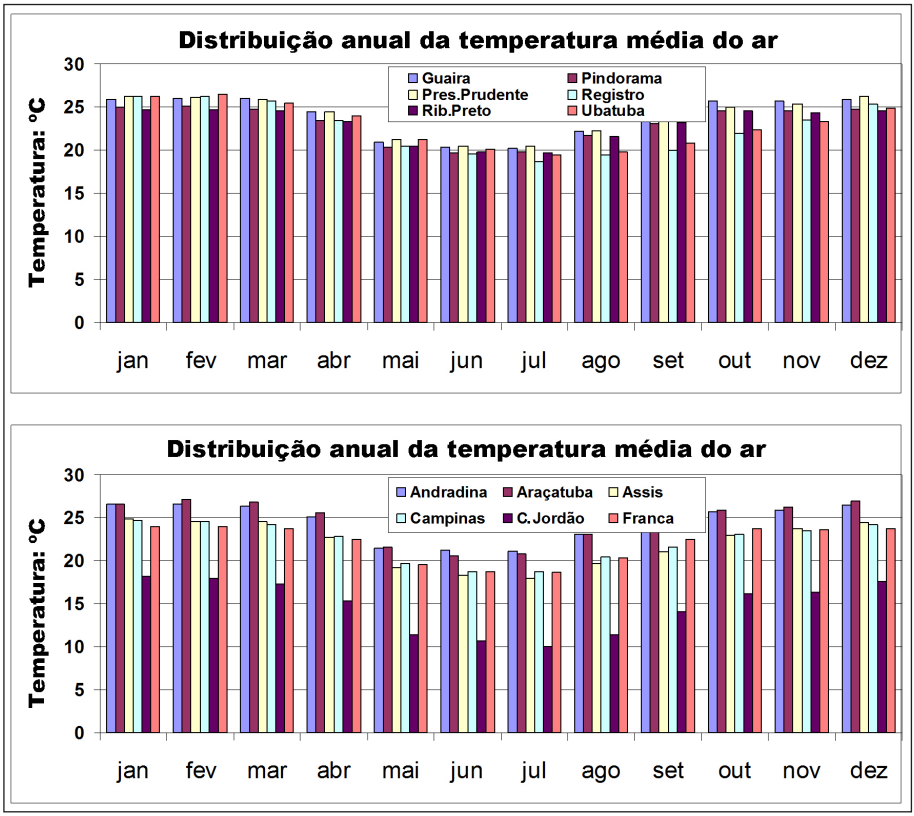

Figura 2. Distribuição da temperatura média anual do ar em algumas localidades do Estado de São Paulo.

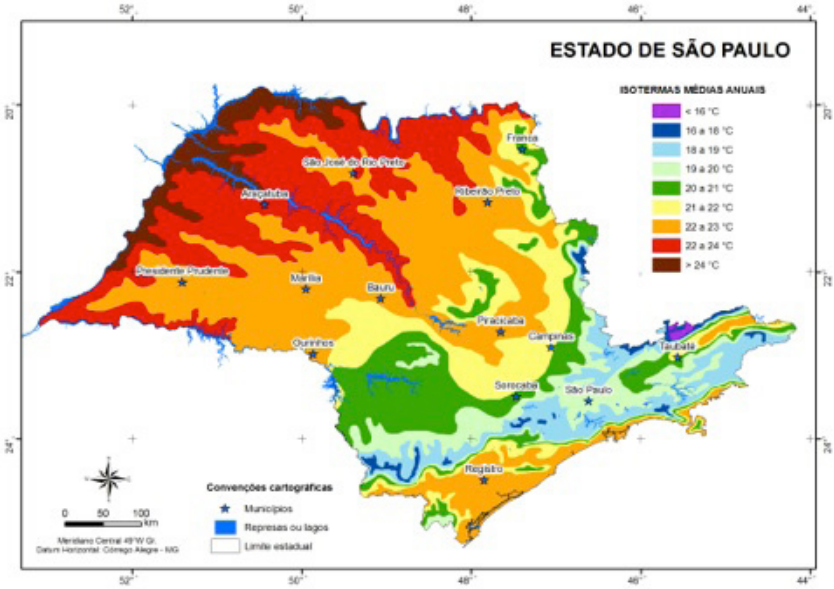

Figura 3. Temperatura média do ar no Estado São Paulo.

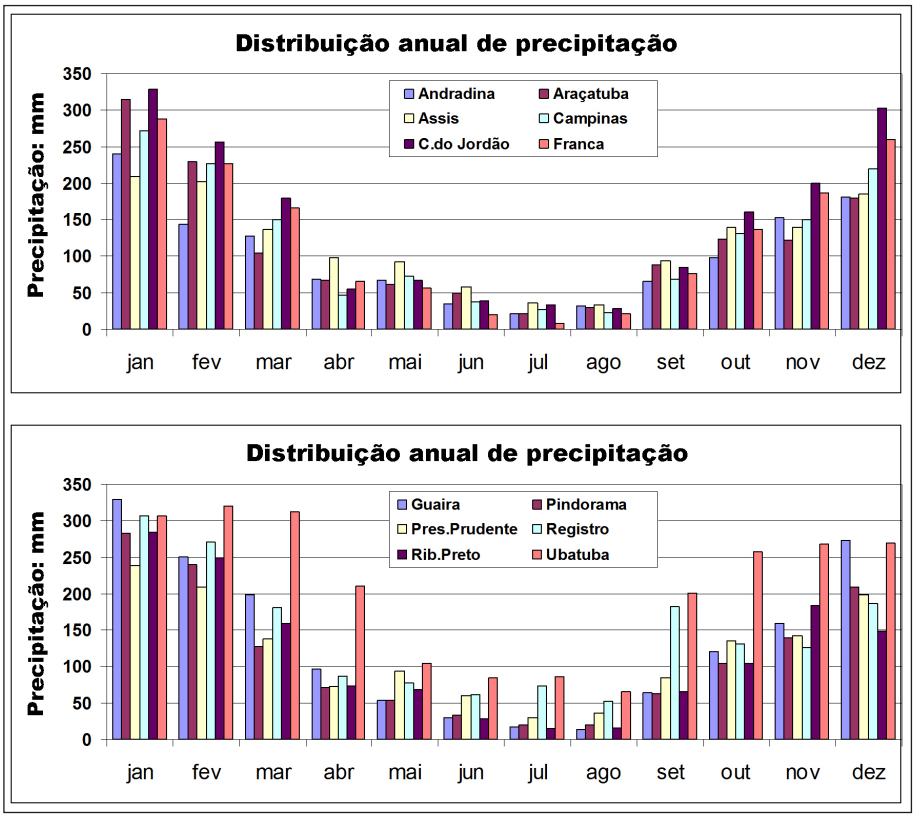

Figura 4. Distribuição anual da precipitação pluvial em algumas localidades do Estado de São Paulo.

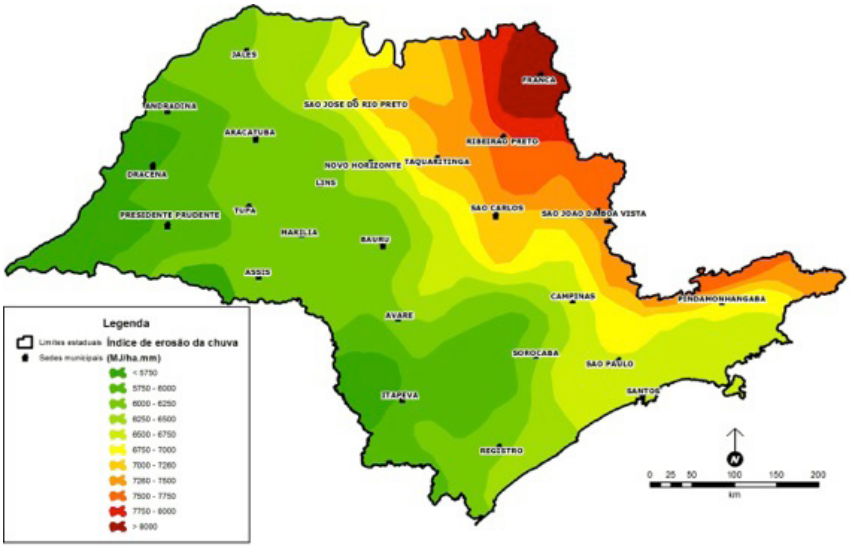

Figura 5. Valores médios anuais do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo. Fonte: Bertoni e Lombardi Neto, 1990.

Figura 6. Mapa das isoietas de chuva máxima diária provável no Estado de São Paulo para uma chuva com período de retorno de 10 anos.

Figura 7. Mapa de isoietas para intensidades máximas de chuva em 15 minutos no Estado de São Paulo para uma chuva com período de retorno de 10 anos.

3.3. Zoneamento agroambiental para a cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar tem ampla distribuição territorial no Estado. Esta distribuição é devida à característica térmica anual do Estado, como apresentada na figura 2. Vale ressaltar que trabalho de Brunini (2008) determinou as faixas térmicas e hídricas adequadas ou não ao desenvolvimento desta cultura. Esta aptidão, determinada pelas exigências térmicas da cultura, assim como a característica da distribuição da precipitação anual do Estado (Figura 4) apresentam a aptidão agroclimática para esta cultura (Figura 8).

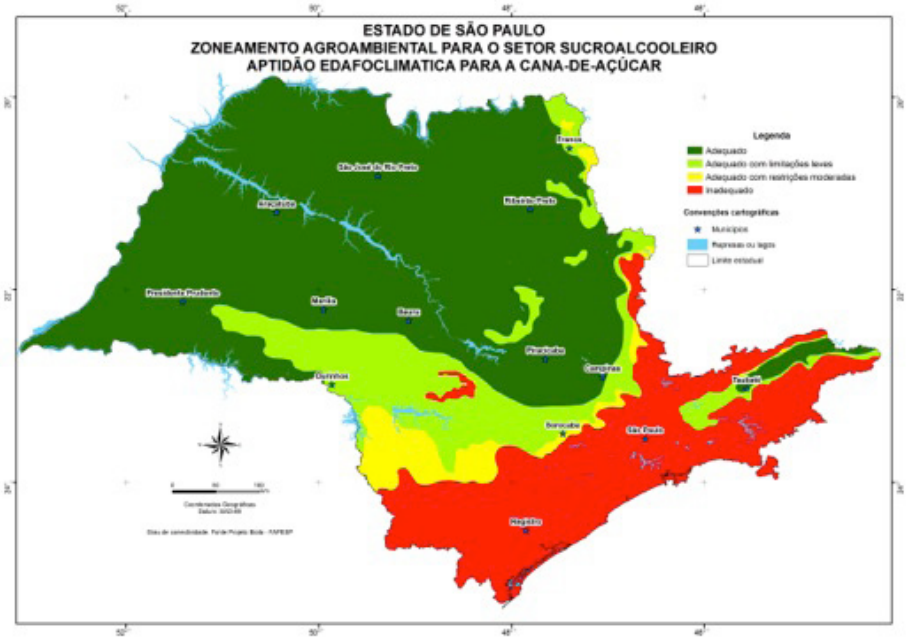

Figura 8. Aptidão edafoclimática para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

O zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo define áreas adequadas ou restritas para a instalação de uma nova unidade industrial ou ampliação de área de cultivo. Para estabelecer o zoneamento, estudos de aptidão edafoclimática para a cultura da cana-de-açúcar e, em sequência, uma análise agroambiental, incluindo aspectos de preservação da biodiversidade, conectividade ambiental e manejo do solo foi realizada resultando nos mapas apresentados na figura 9. (www.ciiagro.sp.gov.br/zoneamentocanadeacucar).

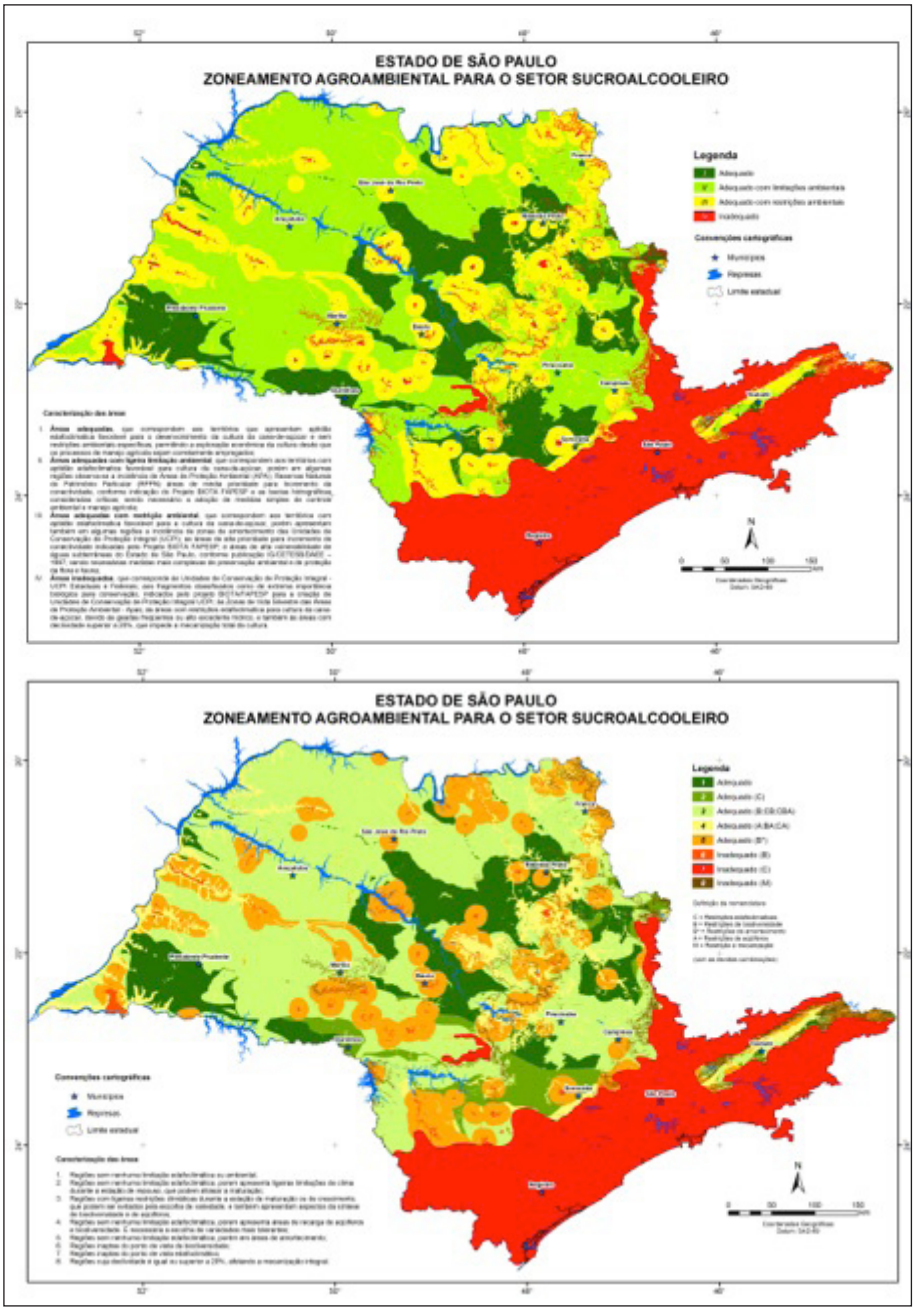

Figura 9. Zoneamento agroambiental para a cultura da cana-de-açúcar.

As características dos solos do Estado de São Paulo visando conhecer a aptidão agrícola (boa, regular, ou restrita) foram avaliadas considerando os seus aspectos de fertilidade natural (alta, média, ou baixa), profundidade (favorável, desfavorável) e pedregosidade (presente ou ausente). A fertilidade natural alta inclui os solos eutróficos; a fertilidade natural média considera os solos distróficos; e a fertilidade natural baixa abrange os solos ácricos, álicos, alumínicos e alíticos. Numa condição favorável de profundidade do solo, sem restrição física a livre penetração radicular, considerou-se os Latossolos, Argissolos, Luvissolos, Nitossolos, Cambissolos e Neossolos Quartzarênicos. Na condição desfavorável, considerou-se aqueles solos com grande limitação física ao crescimento radicular em profundidade (Neossolos Litólicos e Plintossolos). A aptidão agrícola boa inclui solos com fertilidade natural alta, profundidade favorável e ausência de pedregosidade, a aptidão agrícola média considera o caráter distrófico e/ou a profundidade desfavorável, e a aptidão restrita considera duas ou mais condições desfavoráveis.

Esse zoneamento não considerou os fatores de solo relacionados à resistência, à erosão e também não considerou questões como declividade. Por isso, a esse mapa é preciso associar o risco de erosão para definições de escolha de sistemas de manejo e dimensionamento de práticas conservacionistas.

4. Sistemas de produção no cultivo da cana-de-açúcar

4.1. Características dos sistemas de manejo e a conservação do solo

O sistema de produção da cana-de-açúcar abrange o conjunto das atividades e das operações realizadas desde a sistematização inicial do terreno até a última colheita que antecede a reforma. Espera-se que, quando feitas adequadamente, essas atividades e operações resultem em produtividades elevadas, compatíveis com o retorno econômico, com impactos ambientais minimizados, garantindo a sustentabilidade da produção.

As atividades, operações e componentes de um sistema de produção são estabelecidos em função de fatores do meio físico, de fatores sociais e econômicos, dos meios de produção disponíveis, da capacidade de investimento, do tamanho do empreendimento, de normatizações do mercado

e de exigências da legislação. Existem diversos componentes no sistema de produção, cada um adaptado às condições locais, a saber: preparo do solo, espaçamento da cultura, época de plantio, cultivo e colheita.

4.2. Sistemas de preparo do solo

O preparo do solo tem como objetivo principal criar condições adequadas nos diversos aspectos dos sistemas físico, químico e biológico do solo, para o desenvolvimento e estabelecimento das plantas, assim como realizar a sistematização do terreno e um adequado controle de pragas e plantas daninhas. Dessa forma, as condições para o crescimento do sistema radicular tornam-se favoráveis.

Sendo a cana-de-açúcar atualmente uma cultura totalmente mecanizada, desde o plantio até a colheita, passando pelas fases intermediárias de tratos culturais e demais operações, prevê-se que mais de 30 operações ocorrem num mesmo talhão ao longo de 5 cortes. Sendo assim, é muito provável que o solo apresente uma compactação crescente ao longo das safras, principalmente se não houver cuidado quanto à condição de umidade do solo no momento do tráfego de máquinas. A compactação pode limitar o crescimento das raízes, bem como reduzir a infiltração da água das chuvas, permitindo assim o aumento do processo erosivo. Quanto maior o volume de água infiltrado no solo, menor será o volume de enxurrada a ser administrado. Portanto, o preparo do solo deve visar entre outras coisas, melhorar as condições de infiltração da água no solo e, como consequência, diminuir o escoamento superficial.

Por ocasião da reforma do canavial, uma série de decisões são necessárias para o planejamento da implantação da cultura, como a decisão de preparar ou não o solo, fazer ou não as correções químicas e físicas, o controle de pragas e plantas daninhas. Esse momento é de máxima relevância, pois, se alguma prática for feita de forma inadequada, a cultura terá que conviver com o problema ao longo dos ciclos agrícolas consecutivos. As altas produtividades e longevidade estão relacionadas com o planejamento adequado dos itens anteriores.

Em relação aos sistemas de preparo do solo há necessidade de se levar em consideração a época de plantio da cana, as culturas em rotação, como soja, amendoim, crotalárias, milheto, braquiária ou a própria soqueira da cana, e também as operações mecânicas e químicas envolvidas. Os sistemas mais comuns de preparo do solo são:

- **Convencional:** implica em um grande número de operações, sendo iniciado pela aplicação ou não de glifosato sobre a soqueira e posterior revolvimento do solo usando operações de aração, subsolagem, gradagem, mobilizando o solo em área total com o objetivo de eliminar ou atenuar problemas físicos, químicos e/ou biológicos.
- **Cultivo mínimo:** é feita apenas a operação de subsolagem em área total ou em faixas na linha de plantio, com objetivo de descompactação. Neste sistema é feita a dessecação química da soqueira e o controle de plantas daninhas em área total.
- **Plantio direto:** envolve apenas a operação de sulcação com mobilização do solo na linha de plantio. O controle de plantas daninhas e a dessecação química da soqueira são realizadas em área total. Recomenda-se o plantio direto onde não ocorrem impedimentos químicos, físicos, e biológicos, sendo incluído nesses últimos em larga ocorrência, as pragas de solo e plantas daninhas de difícil controle.
- **Preparo do solo canteirizado:** atualmente estão sendo utilizadas práticas que permitem realizar o preparo localizado, profundo ou não, praticamente em metade da área e nos espaçamentos convencionais de 1,50 m ou de sulco duplo. Entre essas práticas tem-se o sistema de preparo profundo que utiliza equipamentos com hastes subsoladoras para preparo do solo de até 50 a 70 cm, com incorporação de corretivos e gesso, assim como de restos vegetais e de torta de filtro, numa única operação. O preparo do solo pode ser menos profundo, feito com arado, grade ou subsolador, dependendo das condições locais. Independentemente da profundidade de operação, o uso de navegação por satélite é de fundamental importância para a execução dessa prática. Dependendo dos objetivos traçados e dos equipamentos, o sistema de preparo localizado pode deixar o canteiro erguido, auxiliando assim a colheita mecanizada posterior. A sulcação profunda e canteirizada tem que ser direcionada de maneira mais adequada possível, respeitando um planejamento realizado anteriormente, considerando as implicações relacionadas ao processo erosivo. Neste caso, o preparo e a sulcação em linha reta somente seria indicado em área plana, em solo argiloso de perfil latossólico, em que a infiltração de água é mais elevada e o solo mais resistente à erosão. O sistema de preparo de solo profundo em desnível pode acarretar aumento da velocidade de escoamento da água, resultando em aumento de processos erosivos.

Com a mecanização do plantio da cana-de-açúcar e dos cortes subsequentes, o uso de equipamentos de navegação por satélite tem auxiliado em muito a preservação da linha de plantio contra a compactação gerada pelo tráfego. Os tratos culturais das soqueiras tendem a ser feitos no canteiro, assim como as adubações químicas, as aplicações da torta de filtro, calcário e gesso, mantendo as entrelinhas como um local para o tráfego de máquinas.

4.3. Fatores limitantes ao desenvolvimento radicular e época de plantio

Os principais pontos que devem ser levados em consideração na escolha do sistema de preparo do solo correspondem aos fatores limitantes ao desenvolvimento radicular, a saber:

- **Impedimento químico**: na superfície ou subsuperfície, diagnosticado por meio de análises de solos. Correção: aplicação de calcário para neutralização da acidez na profundidade de preparo do soloe aplicação de gesso (sulfato de cálcio) para melhoria da fertilidade em subsuperfície.
- **Impedimento físico**: diagnosticado por meio do histórico da área, número de colheitas mecanizadas e da verificação da presença de camadas compactadas. Correção: usar equipamentos mecânicos como arado, subsolador, entre outros, ou biológicos como culturas em rotação com presença de raízes pivotantes.
- **Impedimento biológico**: deve ser feito diagnóstico das plantas daninhas e das pragas de solos (*Migdolus*, *Sphenophorus*, nematoides) por meio de observações no campo, análise de solos e de raízes e rizomas. Controle: por meio do sistema de preparo do solo e destruição da soqueira, do uso de nematicidas e inseticidas por ocasião do plantio e soqueira e do uso de herbicidas.

4.4. Épocas de plantio

Tradicionalmente, existiam duas épocas de plantio para a região Centro-Sul, a cana-de-ano-e-meio (fevereiro a abril) e a cana-de-ano (setembro a novembro). Devido à expansão da lavoura canavieira e com alterações na

mecanização e no manejo específico, a cana-de-açúcar pode ser plantada praticamente o ano todo, surgindo as épocas de cana-de-inverno (maio a agosto) e a cana-dois-verões (dezembro a janeiro).

- **Plantio de fevereiro a abril (cana-de-ano-e-meio)**: é a época mais recomendada para o plantio em função das condições ideais de pluviosidade e temperatura, considerando o ciclo de desenvolvimento. Em regiões onde há forte déficit hídrico, dar preferência para o plantio em março e início de abril, porque ao chegar a estiagem, a cana estará na fase inicial de perfilhamento, conhecida como "capim cidreira". Nessa fase, o crescimento é pequeno, de tal forma que a cana ainda não apresenta muitas folhas e, por isso, a evapotranspiração é baixa e a planta tolera melhor o déficit hídrico. Recomenda-se iniciar o plantio nos solos com textura mais argilosa e de capacidade de água disponível (CAD) mais elevada como, por exemplo, os Latossolos e Nitossolos de textura mais argilosas, no período em que há risco de ocorrem chuvas intensas. E finalizar o plantio nos solos de textura mais arenosa, menor CAD e os de baixa infiltração como os Neossolos Litólicos e os Argissolos, no período em que há diminuição das chuvas, reduzindo assim problemas com erosão. O plantio de cana-de-ano-e-meio permite que outra cultura em rotação seja cultivada anteriormente.
- **Plantio de maio a agosto (cana-de-inverno)**: é muito frequente que não haja tempo hábil para o plantio de todas as áreas no período ideal (fevereiro a abril). O plantio pode então ser feito no inverno, mas muitas vezes é necessário prever a irrigação ou a fertirrigação com vinhaça. O déficit hídrico pode interferir na brotação e causar grandes falhas no estande. Se realmente for feito o plantio de inverno, recomenda-se dar preferência para os solos mais suscetíveis à erosão e os de textura mais arenosa, bem como os de baixa infiltração. Nessa época o solo deve estar adequadamente bem destorroado evitando os bolsões de ar que prejudicam a brotação, assim a escolha do sistema de preparo é importante. Solos mais argilosos necessitariam lâminas de irrigação maiores, em média, na proporção de 3 para o argiloso e 1 para arenoso. Para esses plantios é indicado também o uso da torta de filtro *in natura* (não compostada), uma vez que a torta contém cerca de 70% de umidade. Além disso, a decomposição da torta gera calor, o que pode favorecer a brotação na época de inverno. Infelizmente neste sistema o tempo de preparo do solo e o plantio é curto, faixa

de 35 a 45 dias e portanto não haveria tempo viável para dissecação. Portanto áreas com elevado nível de infestação de plantas daninhas e de pragas de solos não seria recomendado tal plantio.

- **Plantio de setembro a novembro (cana-de-ano):** o plantio de cana-de-ano é feito quando não é possível finalizar o plantio da cana-de-ano-e-meio em tempo hábil, sugerindo-se para esta situação os solos de boa fertilidade com elevada CAD, e com cana a ser cortada com 12 meses ou eventualmente bisada. Embora não seja a época mais recomendada, não deixa de ser opção valida no sistema de manejo empregado na maioria das usinas e principalmente fornecedores.
- **Plantio de dezembro ano 1 e janeiro ano 2 (cana-dois-verões)**: Deve estar restrito a áreas de topografia plana, solos de textura mais argilosa, férteis e de elevada CAD. Nas regiões com maior déficit hídrico essa modalidade torna-se bastante interessante para a formação de mudas. Normalmente essa modalidade de plantio apresenta maior risco de erosão devido as chuvas intensas no período para a região Centro-Sul e normalmente acaba sendo integrada ao sistema de cana-de-ano-e-meio.

Tabela 2. Épocas de plantio da cana-de-açúcar e principais recomendações do ponto de vista da brotação, desenvolvimento das plantas e do controle da erosão

SOLOS	Épocas de plantio da cana-de-açúcar											
	2V	CAM			CI				CA			2V
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Le-3; Le-4												
Ne-3; Ne-4												
L-3; L-4												
L-1; L-2												
P												
RQ; RL												

	Favorável do ponto de vista do controle da erosão e/ou da brotação e desenvolvimento das plantas.
	Favorável do ponto de vista do controle da erosão, mas atenção com o plantio, principalmente quanto à umidade do solo para brotação da cana-de-açúcar.
	Favorável do ponto de vista do controle da erosão e/ou da brotação para os Nitossolos (N) e Latossolos (L) de textura argilosa (classes 3 e 4) no plantio de ano (início do período das águas).*
	Não favorável do ponto de vista do controle da erosão nos Argissolos (P) e Latossolos arenosos (L-1 e L-2), associados a relevo mais ondulado (chuvas intensas no final das águas).
	Não favorável do ponto de vista do controle da erosão e/ou da brotação e/ou do desenvolvimento das plantas.
	Favorável para a brotação. Não favorável para o controle da erosão. Época recomendada apenas em relevo propício, associado com pouco revolvimento do solo (plantio direto) e operações manuais.**
	Não favorável pela dificuldade de brotação nos solos de textura mais argilosa (classes 3 e 4). Do ponto de vista do controle da erosão não tem restrição.
	Não favorável do ponto de vista do controle da erosão nos Argisolos (P), solos pouco resistentes ao processo erosivo (textura mais arenosa) e relevo movimentado (chuvas intensas no início das águas).

Épocas de plantio: 2V = cana-dois-verões; CAM = cana-de-ano-e-meio; CI = cana--de- inverno; CA = cana-de-ano.

Solos: L = Latossolo; N = Nitossolo; P = Argissolo; RQ e RL = Neossolo Quartzarênico e Litólico; e = eutrófico.

Classes de textura do solo: 1 = 16% a 25%; 2 = >25% a 35%; 3 = >35% a 60% e 4 = >60% de argila.

* Para plantio nessa época priorizar áreas mais planas e fertilidade mais favorável ao desenvolvimento.

** Para plantio nessa época priorizar solos mais planos, de boa capacidade de água disponível (CAD) e níveis de fertilidade favorável.

Tanto o plantio de cana-de-ano como o de cana-dois-verões não são recomendados para solos com impedimentos físicos e/ou com baixa infiltração, como os Neossolos Litólicos e os Argissolos, bem como solos pouco estruturados como os Latossolos de textura mais arenosas e os Neossolos Quartzarenicos, pois são facilmente erodidos. Para essa época de plantio dar preferência para solos de textura mais argilosa, com condições químicas e físicas favoráveis como os Latossolos e Nitossolos eutróficos (elevada CAD). Evitar ainda áreas declivosas, principalmente no período das águas, onde esses solos não podem estar descobertos.

As principais épocas de plantio da cana-de-açúcar e as recomendações do ponto de vista da brotação, desenvolvimento das plantas e do controle da erosão em função de tipos de solo, propriedades físicas do solo e relevo estão representadas na tabela 3, baseado em condições edafoclimáticas médias para o Estado de São Paulo. Como já mencionado para os sistemas de preparo de solo, cada região tem sua particularidade e, em função de suas condições específicas, torna-se necessário um ajuste a partir de informações locais.

Tabela 3. Épocas de plantio da cana-de-açúcar em função dos ambientes de produção, tipos de solos, drenagem, textura e relevo

Ambiente	solo, perfis	drenagem/ textura	relevo	**ano e meio**		**inverno**		**ano**	
				jan/ fev	**mar/ abr**	**mai/ jun**	**jul/ ago**	**set/ out**	**nov/ dez**
A -B	Latossólicos, eutróficos	boa/ argilosa	plano a suave ondulado						
B - C	Latossolos distróficos, alicos	boa/ argilosa	plano a suave ondulado						
A - B	Nitossolos	boa/ argilosa	ondulado a forte ondulado						
C - D	Latossólicos	boa, média arenosa	plano a suave ondulado				**X**		
F - G	Neossolo	boa/ arenosa	plano a suave ondulado				**X**		

A - C	Argissolos	mod/ média/ argilosa	ondulado a forte ondulado				X		
B - D	Argissolos	mod/ arenosa/ argilosa	ondulado a forte ondulado				X		
B - D	Argissolos	mod/ arenosa/ média	ondulado a forte ondulado				X		
D - F	Argissolos	mod/ arenosa/ arenosa	plano a suave ondulado				X		
D - F	Argissolos	mod/ areníco/ média	ondulado a forte ondulado				X		
D - G	Solos rasos	restrita/ argilosa	plano				X		
D - G	Solos rasos	restrita/ média, arenosa	plano				X		
D - G	Solos rasos	restrita/ argilosa	ondulado a forte ondulado				X		
D - G	Solos rasos	restrita/ média, arenosa	ondulado a forte ondulado				X		

	adequado	X	falta umidade, a não ser irrigado, bacia de vinhaça
	pouco adequado	erosão, assoreamento, encharcamento, baixa produtividade, falta umidade, dificuldade saída cana	
	restrita	erosão, assoreamento, encharcamento, baixa produtividade, falta umidade, dificuldade saída cana	
ano e meio		culturas alternativas: soja, amendoim, crotalária, braquiária, soqueira anterior	

4.5. Espaçamentos e sistema de plantio

Antes da total mecanização do cultivo da cana-de-açúcar, a definição do espaçamento entre as linhas da cultura tinha como objetivo a produtividade e qualidade tecnológica, considerando variedade, estande, tipo de solo, entre

outros fatores, e buscava a rapidez no fechamento do canavial evitando o desenvolvimento de plantas daninhas. Com a mecanização, tem-se dado atenção ao espaçamento no intuito de reduzir a compactação do solo decorrente da operação de colheita e o pisoteamento das linhas de cana-de-açúcar pelas máquinas. O pisoteio é muito indesejado, uma vez que reduz grandemente a produtividade e a longevidade dos canaviais.

4.5.1. Espaçamentos

O espaçamento é definido de forma que o rodado das máquinas permaneça na entrelinha da cultura, evitando o pisoteio da própria linha e de uma faixa na lateral ao longo da linha. Quanto mais tempo for possível manter essa faixa descompactada, mais serão favorecidos o desenvolvimento da cultura e a infiltração de água no solo ao longo dos cortes sucessivos que antecedem a reforma.

Os espaçamentos podem ser classificados em:

- **Simples**: a distância entre os sulcos de plantio é constante. Anteriormente a mecanização esses espaçamentos variavam de 1,0 a 1,80 m. Com a colheita mecânica o espaçamento mais usual tem sido o de 1,50 m.
- **Alternados** (espaçamento duplo, combinado ou plantio abacaxi): atualmente, com a finalidade de obter maior rapidez e economia na colheita e de melhorar as condições para o crescimento do sistema radicular e a infiltração de água no solo, esse sistema apresenta dois espaçamentos. O espaçamento maior é a entrelinha, reservada para o rodado das máquinas, e varia de 1,40 a 1,60 m. O espaçamento menor, em que as linhas da cana-de-açúcar ficam mais próximas, reservado para o crescimento radicular e infiltração de água, varia de 0,40 a 0,90 m.

4.5.2. Plantio

Cerca de oito a dez meses antes do plantio deve-se proceder à produção de mudas em viveiro, adequadamente instalado e de localização próxima ao do plantio definitivo. O plantio deve ser realizado logo após o corte das mudas, para não ocorrer comprometimento da brotação se a estocagem for longa. Se

o plantio for manual e com a cana inteira, o tempo de estocagem pode ser maior. Em geral, até sete dias após o corte das mudas, ainda é possível fazer o plantio sem comprometimento da qualidade de brotação, desde que as mudas tenham sido armazenadas à sombra. De qualquer forma, recomenda-se fazer o plantio o quanto antes para, além de garantir a qualidade de brotação das mudas, evitar problemas de ataque de fungos e de atração e multiplicação de pragas de solo, como os *Sphenophorus*, quando o corte das mudas é realizado manualmente.

Atualmente existe o sistema de produção de mudas de uma gema só ou rebolo, conhecido como sistema de mudas pré-brotadas (MPB), preconizado pelo IAC e por outras empresas, onde as mudas são feitas em viveiros a partir de origem conhecida e de boa sanidade. No caso de MPB a unidade pode produzir ou adquirí-las no mercado ou em instituições conhecidas e certificadas.

4.5.3. Formas de plantio

Em relação às formas de plantio tem-se o manual ou semi-mecânico e o mecânico, sendo que esse último ganhou destaque com a expansão da mecanização na lavoura canavieira.

No plantio manual ou semi-mecânico as operações manuais ocorrem no corte das mudas e na distribuição da cana inteira no sulco de plantio. O plantio mecanizado integra as operações com máquinas desde o corte das mudas até sua distribuição no sulco. Normalmente, no plantio manual os sulcos de plantio são mais profundos que no plantio mecanizado.

No caso do MPB, as mudas após a aclimatação e enraizamento vigoroso são transplantadas no campo manualmente ou com máquinas apropriadas, com espaçamento das mudas na linha normalmente a cada 50 cm. Existem produtores que adotam o espaçamento de 3 plantas por metro linear.

Não há informações se há efeito dessas formas de plantio nos processos de infiltração de água e de erosão.

O sistema de plantio da cana-de-açúcar pode ser feito com e sem rotação de cultura. Na modalidade sem rotação de cultura é feito o plantio de cana sobre cana, ou seja, destrói-se a soqueira velha e em seguida planta-se a nova cana. Essa forma de plantio é bastante utilizada para o plantio de inverno e cana-de-ano. No plantio com rotação de cultura existem várias opções de

culturas para rotação, como a soja, amendoim e adubo verde (em especial as crotalárias). Normalmente plantios com rotação são bastante utilizados para cana-de-ano-e-meio e altamente indicados por permitir maior proteção do solo, por melhorar propriedades físicas do solo e por adicionar nitrogênio quando se utiliza uma leguminosa nessa rotação.

A **meiosi** - método inter-rotacional ocorrendo simultaneamente - é um sistema de plantio em que a produção de mudas é realizada no local onde se pretende implantar o canavial. O sistema prevê a rotação de culturas com a produção de mudas simultaneamente. Essa técnica vem sendo utilizada por produtores para viabilizar a implantação do canavial. Esse sistema permite intercalar culturas de interesse econômico e/ou agronômico, como por exemplo soja, amendoim e crotalárias, com o canavial para reduzir custos de implantação, melhorar o sistema de logística e promover a melhora do local de cultivo (condições químicas, físicas, biota e microbiota do solo). Outra opção tem sido a utilização da braquiária ou do milheto na banqueta da meiosi. Além disso, protege o solo contra erosão durante a renovação dos canaviais que ocorreriam no período da primavera. Essa técnica consiste em plantar duas linhas de cana-de-açúcar deixando uma faixa (banqueta da meiosi) que futuramente comportará, em geral, seis linhas de cana. Durante o crescimento das duas linhas de cana a faixa reservada para o futuro canavial receberá outras espécies escolhidas para a rotação. A cana-de-açúcar plantada servirá como muda para a implantação do canavial completo, enquanto que a espécie escolhida para o método será responsável pelos benefícios desejados como produção de grãos ou simplesmente a rotação. A disposição das linhas e faixas são alocadas com emprego do GPS e técnicas de agricultura de precisão, de forma sistemática para que não ocorra problema com a sulcação na faixa para o plantio da cana-de-açúcar. A meiosi pode ser considerada como uma técnica vegetativa de controle da erosão.

A escolha da espécie a se utilizar para rotação de cultura ou meiosi deve atender aos quesitos agronômicos que se esperam da área do canavial, sendo que os mais utilizados são a proteção do terreno contra erosões, produção de material vegetal (matéria orgânica) e disponibilidade de nutrientes no solo, melhoria das condições físicas do solo (melhorando a aeração e penetração de água no solo), controle de pragas de solo, redução do tráfego de veículos e implementos pesados nas áreas de canaviais, redução de custos com aquisição e transporte de mudas, além da redução dos custos com a adubação no canavial, principalmente dos fertilizantes nitrogenados.

Solos com ambientes mais favoráveis e planos normalmente são bastante utilizados na rotação com soja devido a elevadas produtividade de grãos e facilidade da mecanização. Nos ambientes mais restritivos ou com topografia mais inclinada, adubos verdes são mais indicados para a rotação, cuja finalidade é de proteger e corrigir as propriedades do solo, em especial as químicas. Independentemente da meiosi, durante a reforma do canavial o uso de leguminosas é uma prática recomendada para aumentar a sustentabilidade do sistema de produção da cana. Além de adicionar nitrogênio ao sistema através da fixação biológica de N, também auxilia no controle principalmente de pragas de solo, dependendo da leguminosa escolhida.

Os sistemas de plantio direto (PD) da soja na palha de cana-de-açúcar e da cana-de-açúcar na palha de soja promovem melhorias no solo e na produtividade do sistema como um todo e é uma das opções adotadas pelo setor. Uma das limitações desse sistema são as pragas de solos, como o *Sphenophorusleavis*, uma vez que seu controle é mais eficiente com a destruição física das soqueiras de cana e também a presença de impedimentos físicos e químicos principalmente em subsuperfície.

Os maiores riscos de erosão ocorrem por ocasião da implantação do canavial e as épocas de plantio associadas aos tipos de solo, as condições climáticas, o relevo e as águas a serem administradas no talhão tem um papel importante no controle da erosão do solo.

4.6. Cultivo

Após o corte da cana haverá necessidade de uma série de decisões a serem tomadas entre elas a de repor os nutrientes extraídos pela cultura assim como a manutenção da fertilidade do solo. Devido a intensa mobilização do solo promovida pela mecanização, haverá aumento da compactação com principal consequência a redução da infiltração das águas com sensível perda desta umidade e aumentando o sistema erosivo. Portanto a opção de cultivar pode favorecer e retomar a taxa de infiltração das águas. Caso se opte por cultivar, realizar o mais rápido possível, pois quanto mais tempo demorar o cultivo mecânico, este passa a romper raízes prejudicando o novo sistema radicular que se formou por ocasião da rebrota da soqueira assim como perdendo umidade pelo solo e dificultando ou impedindo a operação. Seria interessante antes do cultivo, caso tenha necessidade, aplicar os insumos, em área total, como calcário, gesso, fosfatagem, torta de filtro. No caso da TF

ela pode ser aplicada em área total ou localizada sobre a linha de cana no espaçamento simples ou na entrelinha no espaçamento alternado. De maneira geral, o fertilizante pode ser aplicado sobre a linha de cana (neste caso sem o cultivo), na entrelinha ou em área total, ambos com cultivo se for este o caso.

A decisão de quando cultivar é extremamente difícil de ser tomada, pois irá depender de uma série de fatores, além do espaçamento adotado, das condições climáticas, de relevo, da textura do solo, do sistema de sulcação, da quantidade de palha e dos equipamentos. De maneira geral e em condições de clima úmido, no período de safra e em relevo plano a ondulado, sugere-se o cultivo na entrelinha da cana. Nestas mesmas condições porém em relevo forte ondulado sugere-se não cultivar pois pode haver aumento do sistema erosivo. Em condições de clima seco no período de safra o cultivo, independentemente da textura do solo, fica comprometido a não ser nas soqueiras de outubro a abril, pois teria condições de umidade favorável. Em argissolos de relevo ondulado a forte ondulado não se recomenda o cultivo independentemente da textura. O cultivo pode ser realizado com hastes subsoladoras, não mais do que 15 a 20 cm de profundidade ou com equipamentos que permitam somente a leve incorporação do fertilizante. Os benefícios do cultivo são: escarificação do solo, o que evita o escorrimento superficial com a melhoria da infiltração de água, principalmente em áreas com certa declividade; a incorporação do adubo (permitindo o uso da ureia - fonte de N mais barata).

É preciso atenção em solos secos, independentemente da textura, que não permitem cultivo pois desenvolvem forte coesão quebrando equipamentos e deixando a entrelinha com torrões de difícil controle, com sensível aumento de impurezas no corte mecanizado posterior.

4.7. Colheita da cana-de-açúcar e manejo da palhada

A colheita da cana-de-açúcar deverá seguir os conceitos de qualidade tecnológica da matéria-prima, sendo a época de maturação dependente de diferentes condições climáticas durante os estágios fenológicos e os ambientes de produção. A colheita mecanizada sem queima prévia preserva sobre o solo cerca de 4 a 15 t/ha de palha (em base seca), dependendo da produtividade da cana. A camada de palha vai sendo decomposta ao longo do ciclo agrícola da cana, com importante papel na ciclagem de nutrientes e na proteção do solo.

A manutenção da palhada tem inúmeras vantagens agronômicas e ecológicas. A cobertura do solo pela palha durante o ano todo, protege o solo

do impacto das gotas de chuva, aumentando a infiltração da água, diminuindo a amplitude de variação de temperatura ao longo do dia e mantendo a umidade do solo. Devido à melhoria nas condições do solo na superfície, a camada de palha promove maior crescimento de raízes superficiais.

A palhada também colabora na conservação do solo por aumentar ao longo dos anos, o teor de C, a matéria orgânica e a CTC do solo, melhorando a estrutura do solo, principalmente nas camadas superficiais, nos primeiros 5 cm do solo. Para todos os solos, e em especial para solos arenosos e ácricos, a palha tem importante efeito na conservação do solo e conservação da umidade principalmente em regiões de maior deficiência hídrica.

Em regiões mais frias do Estado de São Paulo faz-se o aleiramento da palhada afastando a palha de cima da linha e amontoando-a numa entrelinha melhorando a brotação da soqueira assim como controlando a incidência de cigarrinhas e facilitando o cultivo, aumentando a rugosidade do terreno com implicações positivas na conservação do solo.

Durante um ciclo do canavial, cerca de 60% da palhada é decomposta naturalmente numa taxa dependente das condições climáticas e da produtividade. Como as quantidades de palha produzidas são altas e ocorrerá a decomposição natural, é lógico se prever que boa parte dessa palhada possa ser retirada para a produção de energia, sendo queimada nas caldeiras juntamente com o bagaço, ou mesmo futuramente utilizada para produzir etanol de segunda geração. Regiões com alta evapotranspiração não se recomenda a retirada de palhada do campo. Dados da literatura indicam que para o Estado de São Paulo são suficientes para a manutenção da produtividade e sustentabilidade a permanência de 5 t/ha de palhada (em base seca), sendo que o excedente poderia ser retirado sem prejuízos à sustentabilidade. Do ponto de vista da conservação e da fertilidade do solo, indica-se que a palhada não seja retirada ao menos a curto e médio prazo, principalmente nos solos com textura arenosa, intemperizados, para que se possa garantir redução do processo erosivo e melhoria na qualidade desses solos.

5. Planejamento da ocupação do solo

Para auxiliar o planejamento da conservação do solo é importante fazer a qualificação de risco das áreas para receber as práticas conservacionistas. Em diversas recomendações, índices e modelos, solos e declive são tratados como fatores independentes no processo erosivo. Entretanto há uma forte correlação

entre o tipo de solo e o relevo, e essa relação é um auxiliar na determinação da erodibilidade, ou da suscetibilidade do solo à erosão.

Tabela 4. Atributos do perfil dos principais solos do Estado de São Paulo, relevo de ocorrência e classe de erodibilidade

Solo	Textura do solo		Taxa de infiltração da água		Relevo	Erodibi-lidade
	horizonte superficial	horizonte sub-superficial	horizonte superficial	horizonte sub-superficial		
RQ	Arenosa	Arenosa	Muito alta	Muito alta	Plano e suave on-dulado	Muito Alta
L-1	Arenosa ou média para a arenosa	Média para a arenosa	Muito Alta	Muito Alta	Plano e suave on-dulado	Alta
L-2	Média para a argilosa	Média para a argilosa	Alta	Alta	Plano e suave on-dulado	Média
L-3	Argilosa	Argilosa	Alta	Alta	Plano e suave on-dulado	Baixa
L-4	Muito argilosa	Muito argilosa	Alta	Alta	Plano e suave on-dulado	Baixa
N-3	Argilosa	Argilosa	Alta	Moderada	Ondulado	Média
N-4	Argilosa ou muito argilosa	Muito argilosa	Alta	Moderada	Ondulado	Alta
P-1	Arenosa	Média	Alta	Moderada	Ondulado	Muito alta
P-2	Arenosa	Média	Alta	Moderada	Ondulado	Muito alta
P-3	Arenosa	Média	Alta	Alta	Suave ondulado	Alta
P-4	Arenosa	Argilosa	Alta	Moderada	Ondulado	Muito alta
P-6	Média	Argilosa	Alta	Moderada	Ondulado	Muito alta

P-7	Média	Argilosa	Alta	Moderada	Ondulado	Muito alta
RL	Arenosa ou média ou argilosa	-	Baixa	Muito baixa	Ondulado ou suave ondulado	Muito Alta
FX	Média ou argilosa	-	Baixa	Muito baixa	Ondulado ou suave ondulado	Muito Alta

Solos: L = Latossolo; N = Nitossolo; P = Argissolo; RQ e RL = Neossolo Quartzarênico e Litólico; FX = Cambissolo.
Classes de textura do solo para os Latossolos: 1 = 16% a 25%; 2 = >25% a 35%; 3 = >35% a 60% e 4 = >60% de argila.

5.1. Classe de capacidade de uso

A classificação de qualquer objeto tem por finalidade ordenar os conhecimentos a seu respeito de maneira simples e precisa. Objetos iguais ou semelhantes em determinadas características ou propriedades, previamente definidas, são agrupados na mesma classe. Na classificação taxonômica os solos são agrupados a partir de características e propriedades comuns, relacionadas aos processos de formação do solo (origem pedogenética). Nas classificações técnico-interpretativas os solos são agrupados em função de um determinado comportamento de interesse prático e específico, especialmente para orientar indicações de uso e de sistemas de manejo. Por exemplo, os solos podem ser agrupados quanto ao risco de erosão, necessidade de calagem, aptidão para irrigação. Algumas classificações técnico-interpretativas, em função do seu objetivo, consideram não apenas o solo, mas também a paisagem, como é o caso da classificação de terras no Sistema de Classes de Capacidade de Uso.

O Sistema de Classes de Capacidade de Uso (CCU) tem o propósito de definir qual a combinação de uso agrícola e medidas de controle da erosão que permitam o uso mais intensivo da terra sem risco de depauperamento do solo, com ênfase para o processo de erosão hídrica.

O Sistema de Classes de Capacidade de Uso tem quatro níveis hierárquicos: Grupos, Classes, Subclasses e Unidades. Os Grupos A, B e C indicam o grau de intensidade do uso da terra:

A: Passíveis de qualquer utilização, respeitando as restrições das classes de I a IV.

B: Impróprias para cultivos intensivos e extensivos, suportam cultivos, pastagens e reflorestamentos com restrições, de acordo com as limitações das classes V a VII.

C: Impróprias para qualquer tipo de cultivo, sendo próprias para proteção e abrigo de flora e fauna, recreação ou turismo, correspondendo à classe VIII. Outros tipos de terreno, como rochas, praias e áreas urbanas, impróprios para cultivo estão no Grupo C.

As Classes de I a VIII indicam o grau de limitação de uso. Cada classe tem o mesmo grau de limitação, ou seja, tem a mesma limitação de uso ou o mesmo risco potencial de degradação. As Subclasses indicam o tipo de limitação, agrupados nas subclasses: Erosão, Solo, Água e Clima, e as Unidades especificam a natureza da limitação da subclasse, e são importantes para orientar a recomendação de uso e as práticas de manejo específicas.

Para o enquadramento de terras em Classes de Capacidade de Uso é necessário realizar um inventário dos aspectos, das condições e das características que condicionam as limitações e potencialidades de uso das terras. Esse inventário organiza as informações das condições encontradas em glebas homogêneas dentro da propriedade ou área de estudo em cinco itens principais: características e propriedades do perfil do solo, características da paisagem, erosão atual, fatores limitantes e uso atual. As principais informações necessárias dentro desses cinco itens são: profundidade efetiva (espessura do horizonte A + B); textura dos horizontes A e B; permeabilidade interna do solo; fertilidade aparente; pedregosidade; classes de declividade; risco de inundação; erosão anterior (laminar; sulcos). No levantamento do meio físico são obtidos também fatores limitantes, como caráter abrupto; risco de erosão; declive longo; presença de processos erosivos intensos; permeabilidade reduzida.

Para a recomendação de uso e manejo e das práticas conservacionistas a serem adotadas em cada classe considera-se que:

Classe I: apta para quaisquer culturas, sem práticas de conservação e correção do solo.

Classe II: apta para quaisquer culturas, desde que adotadas práticas simples de conservação e correção do solo.

Classe III: apta para culturas, com práticas complexas de conservação e correção do solo.

Classe IV: apta para cultivos com mínimo revolvimento do solo e adotando práticas complexas de conservação do solo, pode ser utilizada para manejos que expõe solo ou mantém o solo sem cobertura em algum período apenas em cultivos ocasionais ou em extensão bastante limitada.

Classe V: culturas, pastagens e reflorestamento apenas em situações especiais, indicadas em função do tipo de limitação, em geral excesso de água, com práticas de conservação do solo e da água.

Classe VI: apta para culturas permanentes, protetoras do solo ou cultivos de pequena extensão com boa cobertura no solo, para pastagens bem manejadas e reflorestamentos com práticas de conservação do solo.

Classe VII: apta apenas para pastagens bem manejadas, reflorestamentos e cultivos perenes de espécies arbóreas com práticas complexas de conservação do solo e manutenção constante de cobertura no solo.

Classe VIII: impróprias para culturas, pastagens ou reflorestamentos. Abrigo e proteção da fauna e flora silvestres, ambiente para recreação, armazenamento de água.

As práticas simples de conservação do solo são aquelas que podem utilizar uma prática de forma isolada para a redução da erosão ou melhoria da qualidade do solo, sendo suficiente para evitar a degradação do solo. São práticas vegetativas, edáficas e mecânicas como o preparo e cultivo em nível, manutenção de palha na superfície, adubação adequada, que são utilizadas para aumentar a cobertura vegetal ou aumentar a infiltração de água no solo. As práticas complexas de conservação do solo exigem o planejamento integrado de diversas práticas para controlar o processo erosivo e geralmente envolvem práticas mecânicas para controle do escoamento superficial, como o terraceamento, bacias de retenção ou canais escoadouros, associadas com práticas vegetativas e edáficas.

A cana-de-açúcar destinada à indústria, em sistema totalmente mecanizado, pode ser cultivada nas classes I a IV. A restrição ao cultivo da cana-de-açúcar será definido pela limitação de cada classe e pelo nível de manejo que será adotado, e que vão definir o manejo mais adequado para o cultivo da cana-de-açúcar. Em condições excepcionais, a cana-de-açúcar pode ser cultivada em classes VI e VII, desde que utilizadas práticas complexas de conservação do solo. Por exemplo, nas áreas de relevo ondulado do Vale do Paraíba, pequenos agricultores fazem cultivo para alimentação suplementar de inverno para o gado de leite. Esse cultivo é feito em pequenas quadras,

de 2 a 3 ha, com baixa mobilização da superfície do solo, pouco tráfego de máquinas, muitas vezes com corte manual. Esse manejo atende a limitação dessa paisagem, que é a alta declividade, não deixando o solo exposto e compactado. A massa vegetal e de raízes da cana-de-açúcar oferece boa proteção ao solo.

O cultivo de cana-de-açúcar para álcool e açúcar, totalmente mecanizado, pela dificuldade do trânsito de máquinas e pela redução da infiltração de água pela compactação não deve ser adotado em classes VI e VII, onde a limitação é a declividade ou o gradiente textural. A CCU define o grau de limitação do solo ou risco para uso. O que vai definir o uso e o manejo a serem adotados são as subclasses e unidades, que explicitam a natureza da limitação daquela paisagem para estabelecer as práticas de conservação do solo específicas.

Como nos projetos técnicos de conservação do solo, previstos no Decreto Estadual nº 41.719, de 16/04/1997, é solicitada a classificação das terras no sistema de classes de capacidade de uso, algumas informações estão detalhadas no tutorial (Drugowich et al., 2015) para aplicação da Resolução SAA nº 11, de 15/04/2015, disponível eletronicamente em:

http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/recursos_naturais/ComunicadoTecnico146-CATI-SAA.pdf.

5.2. Ambientes de produção

Ambientes de produção é um conceito conhecido em cana-de-açúcar, que tem como foco a fertilidade do solo e a escolha de variedades, sendo importante para definir épocas e locais de plantio. Assim, embora não indicado ainda para planejamento de práticas conservacionistas, se correlaciona perfeitamente com a conservação do solo no que diz respeito às épocas de plantio e colheita e as características dos solos, tendo relação com o aumento ou o controle dos processos erosivos. Pode ser utilizado assim para orientar o estabelecimento das áreas de risco de erosão.

5.3. Risco de Erosão

O risco de erosão é utilizado para priorização de áreas de maior atenção e para orientar a utilização das práticas conservacionistas necessárias para o controle dos processos erosivos.

No caso da estimativa das perdas por erosão, o modelo mais utilizado para esse fim é a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS ou USLE-Wischmeier & Smith, 1978). A partir de informações de solo, clima, relevo, uso e manejo da área a ser terraceada são determinadas as perdas médias de solo. O valor obtido é comparado com um valor de tolerância de perda de terra para aquele solo. Caso a perda de solo da área esteja mais elevada que a tolerância, é simulada a alocação de terraços, reduzindo o comprimento do relevo, alterando o fator de relevo, até que as perdas calculadas fiquem abaixo da tolerância. Esse comprimento de rampa passa a ser utilizado como o espaçamento adequado para os terraços e é tomado como base para o dimensionamento do sistema de terraceamento.

A utilização da EUPS requer informações de parâmetros de solo e clima, dados de comprimento de rampa e declividade locais e, ainda o cálculo do fator de uso e manejo (C) para cada condição específica de chuva e operações de manejo da cultura. Para cana-de-açúcar plantada em outubro, em espaçamento de 1,5 m, com preparo convencional e colheita manual, em solo sem compactação, os valores médios do fator C, para o ciclo da cultura, calculados para diferentes regiões do Estado de São Paulo variaram entre 0,104 a 0,113 (De Maria et al., 1994). Esses valores no ano da implantação, entretanto, são mais elevados. Andrade et al. (2011), para a região de Catanduva, obteve valores de 0,160 para o primeiro corte a 0,060 no quinto corte.

Maiores detalhes poderão ser obtidos no Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e da Água (a partir da página 121 do Volume II) - Manuais nºs 38, 39, 40, 41 e 42, publicado pela CATI em 1992 e disponível no endereço http://www.cati.sp.gov.br/new/acervo-tecnico.php?ID=29

6. Planejamento da conservação do solo

6.1. Conceitos e componentes do planejamento da conservação do solo

No cultivo da cana-de-açúcar, especialmente quando são ocupadas grandes extensões contínuas com a cultura, o planejamento da conservação do solo e seus respectivos planos executivos e de intervenção de conservação do solo precisam ser analisados sob dois aspectos: (i) a quantidade de erosão laminar e em sulcos superficiais esperada, que decorre das condições do meio físico (solos, clima, declividade, paisagem) e das decisões do produtor rural em relação ao manejo do cultivo da cana-de-açúcar, envolvendo todas as atividades desde o preparo inicial do solo até o último corte ou colheita. Essa erosão esperada, que pode ser estimada por meio de modelos preditivos ou pelo histórico de campo e erosão já observada, define a primeira fase do planejamento da conservação do solo é denominado de Projeto de Controle da Erosão (PCE), que objetiva controlar a erosão e produção de sedimentos; e (ii) o volume de água que escoa na superfície do solo, associado aos pontos em que ocorre concentração desse volume, provocando danos resultantes da concentração de grandes volumes de enxurrada, ou seja, erosão em sulcos rasos e profundos. O conjunto de medidas adotadas especificamente para evitar os danos causados pela enxurrada é denominado de Projeto de Escamento Superficial da Enxurrada (PCX). A enxurrada pode se concentrar em grandes volumes se: (i) for interceptada por estradas ou caminhos e drenada de forma inadequada para as áreas agrícolas; (ii) houver transbordamento e consequente seccionamento de terraços ou canais escoadouros; (iii) a conformação do relevo, especialmente em posições de relevo côncavas com grande áreas de contribuição a montante, propiciar o acúmulo da enxurrada. Estes fatores agem independentes das estratégias adotadas pelo PCE, que buscam o controle da erosão alterando, por exemplo, o preparo do solo e o manejo da cobertura. Por essa razão, definiu-se como determinante para a conservação dos solos a realização dos dois projetos (PCE e PCX).

O planejamento conservacionista sugerido é composto de dois projetos: o Projeto de Controle da Erosão (PCE) no qual são descritos os aspectos físicos de solo, relevo e clima do imóvel rural; além dos cultivos, preparo do solo e manejo das culturas adotado para cada situação específica e do Projeto de Escamento Superficial da Enxurrada (PCX) no qual são descritos os aspectos físicos de toda a área de captação do imóvel rural e as áreas a

seu jusante até a rede de drenagem primária junto com as ações específicas que evitem a concentração de enxurrada das águas recebidas de montante no imóvel, bem como àquelas nele geradas e seu efeito à jusante nas áreas receptoras. A drenagem de estradas, as situações de relevo convergente ou outras formas que propiciem a concentração das enxurradas e o funcionamento hidráulico de estruturas de interceptação (terraços de infiltração e drenagem) ou de condução de enxurrada (terraços de drenagem, canais escoadouros, vertedouros, deságues) devem ser justificados por dimensionamento ou recomendação no PCX.

6.2. Projeto de controle da erosão (PCE)

O PCE define o conjunto de práticas conservacionistas a serem utilizadas e sua abrangência se restringe aos limites do imóvel rural a que se destina.

As práticas conservacionistas são classificadas em vegetativas, edáficas e mecânicas. As práticas vegetativas são aquelas que envolvem o cultivo de determinadas espécies para o controle da erosão, como, por exemplo, a utilização de faixas de vegetação permanente em nível e em pontos críticos da paisagem. As espécies utilizadas são normalmente aquelas que possuem sistema radicular bastante desenvolvido e oferecem boa cobertura do solo, como as gramíneas. As práticas edáficas são aquelas que atuam na melhoria da qualidade do solo, incluindo a fertilidade e as propriedades físicas, para um melhor desenvolvimento das plantas, mantendo o solo coberto a maior parte do tempo e uma estrutura estável, com boa infiltração de água. Por fim, as práticas mecânicas são aquelas em que utilizam estruturas de terra ou alvenaria com a finalidade de reter ou conduzir a água que escoa na superfície do solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Para orientar o planejamento e escolha das práticas adequadas a cada situação, Lombardi Neto e Drugowich (1994) apresentaram uma outra forma para classificar as práticas conservacionistas. Assim, o planejamento da conservação do solo deve incluir as práticas conservacionistas para (i) aumentar a cobertura vegetal sobre o solo; (ii) aumentar a infiltração de água no solo e (iii) controlar o escoamento superficial da enxurrada. Dessa maneira, a escolha da prática é em função das causas da erosão em cada situação de solo, relevo, clima, cultura e manejo. Outro dois conjuntos de práticas também são utilizadas: técnicas para sistematização dos terrenos e bioengenharia (De Maria et al., 2014).

Na cultura da cana-de-açúcar o planejamento da conservação do solo deve considerar peculiaridades dessa cultura que, embora seja semi-perene e mantenha uma massa vegetal bastante vigorosa em grande parte de seu ciclo, apresenta uma fase de reforma que expõe a superfície do solo aos efeitos das chuvas intensas. Experimentos de campo determinaram valores de perda de solo de 11 t por hectare por ano e de perda de água de cerca de 3% da precipitação anual, na média de 5 cortes. No entanto, as perdas no ano da implantação da cultura podem chegar a valores entre 60 e 100 t de terra por hectare (Dechen et al., 1981; De Maria e Dechen, 1998). O planejamento da conservação do solo deve considerar, portanto, as condições da cana-planta, no ano de implantação, e as práticas necessárias para o controle da erosão devem ser executadas e devem estar estabilizadas antes do período da implantação da cultura e/ou do início das chuvas.

6.2.1. Técnicas para aumentar a cobertura vegetal

A maior parte das técnicas utilizadas para aumentar a cobertura vegetal no cultivo da cana-de-açúcar estão apresentadas e detalhadas no item 4. A seguir são resumidos os efeitos dessas técnicas no controle da erosão.

- **Espaçamento**: interfere pouco no aumento da cobertura e velocidade de cobrimento do solo pelo dossel.
- **Recolhimento ou Manutenção da palha na superfície**: os problemas de erosão em áreas de cultivo da cana-de-açúcar se concentram no período da reforma, ou seja, a reforma é a fase mais crítica e após a colheita parte da palha é decomposta rapidamente. Dessa forma, a retirada de parte da palha pode ser feita em paisagens menos susceptíveis à erosão desde que uma cobertura mínima seja mantida.
- **Enleiramento da palha**: aumenta a velocidade do desenvolvimento das plantas e do recobrimento do solo e promove aumento da rugosidade do solo.
- **Cultivo mínimo e sistema plantio direto**: mantém a superfície protegida e com pouca mobilização, interferindo positivamente no controle da erosão. Aumentam a cobertura do solo e a infiltração de água. Indicados para áreas de maior risco de erosão.
- Época de plantio: em função da concentração da erosividade das chuvas no verão, a época de plantio define maior ou menor cobertura

do solo pelo dossel da cultura nas épocas críticas e de maior risco de erosão.

- **Meiosi**: Mantem o solo com vegetação durante o período de reforma e reduz a porcentagem da área é preparada. Se estabelecida em nível faz o efeito de barreira vegetal, retendo ou reduzindo a velocidade da enxurrada.

6.2.2. Técnicas para aumentar a infiltração de água

- Implementos de preparo do solo e mobilização da superfície
- Controle do tráfego
- Controle da compactação do solo

6.2.3. Técnicas para controlar o escoamento superficial

6.2.3.1. Direção da sulcação

O preparo do solo, plantio ou sulcação em nível é uma das técnicas mais antigas de controle do escoamento superficial, com efeitos significativos no controle da erosão em áreas com declives entre 3% e 12%, podendo chegar até a 18% em solos com maior resistência à erosão. O plantio no sentido do declive, morro-abaixo, por outro lado, aumenta a erosão por direcionar a enxurrada no sentido de maior velocidade, gerando erosão dentro dos sulcos de plantio.

Sistemas de plantio com tiros retos podem apresentar o mesmo efeito que o plantio no sentido do declive, se os sulcos conduzirem a enxurrada de forma descontrolada, e por isso devem ser restritos apenas às áreas mais planas, solos mais resistentes à desagregação pela enxurrada e com maior infiltração (solos dos grupos A e B, eventualmente solos do grupo C com horizonte A resistente à desagregação pela enxurrada).

6.2.3.2. Sistema de terraceamento

O terraceamento agrícola é uma prática mecânica para o controle do escoamento superficial da água de enxurrada. Entre as práticas de controle da erosão, é a mais utilizada e conhecida pelos agricultores, embora não possa ser

utilizada de forma isolada. Os terraços são estruturas de terra que interceptam a enxurrada, constituído de um canal e um camalhão ou dique de terra. Sua função é parcelar o comprimento da encosta ou da rampa, reduzindo o volume e a velocidade da enxurrada. Com isso, a desagregação e a quantidade de partículas individuais e agregados arrastada é menor, resultando em deposição dessas partículas na área entre terraços e redução no teor de sedimentos na água que escoa. O terraço retém a água do escoamento superficial para infiltração e ou para condução segura para um leito de drenagem estável. O sistema de terraceamento agrícola compreende o conjunto de terraços definidos para o controle da erosão e as práticas associadas complementares para controlar a enxurrada.

Tipos de terraços:

Desde o início de sua utilização, a forma dos terraços vem sendo alterada em função das condições locais (clima, solo, declive, sistema de manejo da cultura) e da disponibilidade de máquinas e implementos para sua construção e manutenção. Diversos tipos de terraços atendem às condições específicas de cada gleba, propriedade ou empreendimento agrícola. Embora existam vários tipos de terraços, sua função é a mesma: parcelar o comprimento de rampa para evitar que o volume e a velocidade da enxurrada aumentem.

A função dos terraços, independentemente do tipo, técnica construtiva ou forma é de interceptar a enxurrada que se move ao longa da vertente. Após a interceptação da enxurrada, os terraços se dividem em dois tipos: (i) aqueles construídos em nível e que tem as pontas fechadas nos quais a enxurrada ficará armazenada no seu canal até infiltrar no solo – Terraços em Nível ou de Infiltração (TI), e (ii) terraços construídos em declive com a ponta de menor cota aberta, ou terraços curtos em nível com uma ou duas pontas abertas, nos quais a enxurrada depois de interceptada imediatamente irá escoar para a rede de drenagem ou estrutura construída para tal (canal escoadouro), não havendo o armazenamento da enxurrada produzida nos eventos de precipitação intensos - Terraços de Drenagem ou em Desnível ou em Gradiente (TD).

Para os solos dos grupos A e B (Tabela 5) recomendam-se terraços de infiltração (TI) e para os solos dos grupos C e D (Tabela 5) sempre em gradiente (TD). Nesse último caso os terraços só devem ser construídos depois que os respectivos canais escoadouros estejam implantados e consolidados.

Terraços em nível com pontas abertas tem que prever necessariamente a estrutura para condução da água. Não pode usar carreadores e estradas

indiscriminadamente como canal escoadouro, essas estruturas tem que ser dimensionadas.

O PCE define o tipo de terraço, a sua localização na paisagem frente a estradas, linhas de transmissão, divisas, além do espaçamento a ser adotado. No PEX serão definidos os critérios técnicos e o dimensionamento (formato, tamanho, técnica construtiva) para que as estruturas recomendadas no PCE tenham um funcionamento hidráulico adequado. Ou seja, sejam capazes de armazenar ou drenar a enxurrada dos eventos extremos para os quais são projetados.

Construção dos terraços:

Terraços construídos de forma inadequada ou sem manutenção podem agravar a erosão. Os melhores equipamentos para a confecção dos terraços de infiltração são as motoniveladoras e as escavadeiras hidráulicas, pois conseguem construí-los com mínima compactação no canal ou base do terraço. As pás carregadeiras e os terraceadores também são utilizados, mas requerem a descompactação da base dos terraços para que estes tenham a eficiência esperada.

Forma dos terraços utilizados na cana-de-açúcar:

- Base larga
- Base estreita
- Embutido
- Invertido
- Passante

Os terraços de base larga permitem o plantio em sua totalidade, resultando em maior aproveitamento de área, sendo indicado para áreas mais planas. Nesse modelo de terraço são usados terraceadores, que precisam de uma área maior de raspagem de solo, por isso sua recomposição química deve ser considerada, geralmente dobrando as doses de calcário, gesso e fosfato. Sempre que possível usa-se torta de filtro ou outro material orgânico. Os terraços de base estreita ou embutidos raspam uma área menor e menos

profunda, e são estruturalmente mais resistentes. Porém esses terraços não permitem o plantio em 100% da área. Também nesses terraços deve ser feita a correção da área da base do terraço.

Os terraços passantes são assim chamados pois permitem que as máquinas transitem em qualquer direção passando por cima do camalhão. O tráfego passante pode compactar e orientar o fluxo da enxurrada em solos arenosos muito susceptíveis à desagregação e o fluxo concentrado pode iniciar processos erosivos que devem ser monitorados e corrigidos em campo. O terraço passante deve atender a seção de armazenamento e condução de enxurrada com área mínima definida no PCX.

Espaçamento entre terraços:

O espaçamento entre terraços depende dos fatores que controlam o processo erosivo, principalmente a cobertura do solo, o tipo de solo e a declividade. São esses fatores que determinam quanto da água da chuva infiltra no solo e quando escoa pela superfície. Nas áreas agrícolas as opções de preparo do solo e manejo da cultura, que determinam alterações na qualidade das propriedades físicas e nas características da superfície do solo, são também fatores importantes.

A determinação do espaçamento vertical entre terraços pode seguir diferentes diversos métodos, tabelas e equações. Inicialmente, recomendações para dimensionamento de terraços consideravam apenas o declive e a textura do solo, arenoso ou argiloso, para definir o espaçamento vertical. Evidentemente declive e textura do solo são dois fatores importantes no controle da erosão, mas ao utilizar apenas essa duas variáveis para a recomendação e dimensionamento das práticas conservacionistas desconsideram-se outros atributos também importantes do solo, do relevo e do manejo. Apenas a textura não é suficiente para especificar o comportamento hidrológico do solo, que vai determinar a taxa de infiltração e permeabilidade do solo e, consequentemente, a formação da enxurrada. Solos arenosos têm taxa de permeabilidade elevada, entretanto, alguns argissolos de textura arenosa apresentam gradiente textural abrupto. Nesse caso, a infiltração de água é reduzida e maior volume de enxurrada é formado. Portanto, nesse caso, os terraços deveriam ficar mais próximos ou ter sua seção transversal aumentada para reter a água.

Os métodos para determinação do espaçamento devem, portanto, apresentar um conjunto mínimo de variáveis que definam adequadamente as

condições para a formação da enxurrada e produção de sedimentos. Como exemplo, a equação apresentada por Lombardi Neto et al. (1991) calcula o espaçamento vertical em função do grupo hidrológico do solo, do declive e do uso e manejo.

O espaçamento entre terraços é determinado utilizando a equação apresentada por Lombardi Neto et al. (1991), que calcula o espaçamento vertical em função do grupo hidrológico do solo, do declive e do uso e manejo. Essa equação foi revisada para incluir práticas conservacionistas que ajudam a controlar a erosão aumentando a cobertura vegetal ou aumentando a infiltração de água no solo, permitindo maior espaçamento entre os terraços.

$$EV = 0{,}4518 * K * D^{0{,}58} * \frac{(u + m)}{2} \; 2 * p$$

onde: K = tipo de solo; D = declive (%); u = uso de solo; m = manejo do solo, incluindo preparo do solo e manejo de resíduos; p = técnicas de conservação do solo para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo.

Os tipos de solo (K) são agrupados em função de propriedades hidrológicas e resistência à erosão (Tabela 5). Os fatores importantes para definir o grupo hidrológico são a profundidade e a permeabilidade. Solos profundos, com permeabilidade rápida e textura argilosa tem maior resistência à erosão e arraste de terra, e tem menor formação da enxurrada. Nesse solos pode-se espaçar mais os terraços. Para definir a resistência à erosão, considera-se também a agregação do solo, normalmente maior em solos de textura argilosa, com caráter férrico.

O grupo de solos também define o tipo de terraço a ser recomendado. Nos grupos A e B, solos de permeabilidade mais elevada, podem ser recomendados terraços de infiltração (TI), de drenagem (TD), contanto que o funcionamento hidráulico se adequado e claramente definido no PSE. Nos grupos C e D, solos de permeabilidade mais baixa, apenas podem ser recomendados terraços de drenagem (TD).

O fator de uso do solo (**u**) está relacionado principalmente à proteção da superfície do solo pelas culturas. Os cultivos que produzem maior massa vegetal e que mantêm o solo coberto por mais tempo, protegem a superfície do solo contra a ação das chuvas e da enxurrada (Tabela 6). Assim, também, cultivos com ruas mais espaçadas, deixam o solo mais descoberto e mais

sujeito ao impacto das gotas de chuva. O sistema radicular das plantas também é um fator considerado na classificação do valor de uso do solo.

Nas áreas de cultivo perene, em que o solo é mantido coberto e as raízes contribuem para a estabilização de uma estrutura do solo com maior porosidade nos horizontes superficiais, a formação de enxurrada é menor. A cultura de cana-de-açúcar, por apresentar grande massa vegetal, que promove a cobertura do solo por quase todo o período de cultivo, e por apresentar grande massa de raízes, é considerada como uma cultura que oferece proteção contra a erosão. A fase de reforma dos canaviais, entretanto, é muito crítica, com grandes áreas de solo descoberto e sujeito à ação de chuvas torrenciais dependendo da época do ano em que a reforma é realizada. Por isso, em média, o valor de **u** não é tão elevado. Valores mais elevados para o **u** indicam maior proteção ao solo e, portanto, terraços mais espaçados ou com seção transversal menor.

Tabela 5. Valores de K para os grupos hidrológicos de solo considerados na determinação do dimensionamento do espaçamento vertical entre terraços

Grupo	Profundidade	Permeabilidade	Textura	Razão textural*	Solos	**K**
A	muito profundo; profundo	rápida/rápida moderada/ moderada	média/média argilosa/ argilosa m.arg/m.arg	<1,2	Latossolos	**1,25**
B	profundo	rápida/rápida rápida/moderada moderada/lenta	arenosa/ arenosa arenosa/ média média/ argilosa	1,2-1,5	Latossolos; Argissolos; Neossolos Qtz; Nitossolos	**1,10**
C	profundo a moderadamente profundo	rápida/moderada moderada/lenta rápida/lenta	arenosa/ média arenosa/ argilosa média/ argilosa	>1,5	Argissolos, Cambissolos, Espodossolos	**0,90**
D	moderadamente profundo a raso	rápida/lenta moderada/lenta lenta/lenta	variável	variável	Cambissolos, Neossolos, Gleissolos	**0,75**

Adaptado de Lombardi Neto et al. (1991). *Razão entre os teores de argila dos horizontes B/A. Profundidade do solo: Muito profundo: > 2,0 m; Profundo: 1,0 a 2,0 m; moderadamente profundo: 0,5 a 1,0 m; Raso: 0,25 a 0,50 m.

Com as mudanças de manejo da cana-de-açúcar, a época de plantio da cana foi ampliada para praticamente o ano todo. Entretanto, a distribuição de chuvas ao longo do ano não é regular e a época de plantio pode coincidir ou não com a época de chuvas mais intensas. Como a fase de implantação da cultura é muito importante pela exposição da superfície, principalmente nas glebas ou talhões de maiores dimensões, o fator U especificamente para a cultura de cana foi associado à época de plantio para que esses efeitos sejam considerados. Isso já foi ressaltado no item 4, no qual indica-se as épocas de plantio e respectivos riscos. Dessa forma, o valor de **u**, valor da proteção que a cultura oferece ao solo, pode variar de acordo com a época em que o solo fica descoberto. O valor de 1,25 para a cana foi determinado a partir de dados de cana-de-ano, com plantio em outubro-novembro. Assim, a partir dessa condição, de acordo com a época de plantio o valor de **u** pode ser maior ou menor. Também está associado ao valor de **u** a cultura antecessora ou a falta dela, importante para a proteção da superfície do solo. Valores de **u** para cana podem variar de **0,75 a 2,25**. Esses valores são apresentados na tabela 7.

Tabela 6. Valores do fator **u** para grupos de cultura, conforme a proteção que oferecem ao solo, para determinar o dimensionamento do espaçamento vertical entre terraços

Grupo	Culturas	**u**
1	feijão, mandioca, mamona	**0,50**
2	amendoim, algodão, arroz, alho	**0,75**
3	soja, batata, melancia, leguminosas	**1,00**
4	milho, sorgo, cana-de-açúcar, aveia, abacaxi	**1,25**
5	banana, café, citros	**1,50**
6	pastagens bem formadas	**1,75**
7	reflorestamentos, seringueira	**2,00**

Adaptado de Lombardi Neto et al. (1991).

Tabela 7. Valores do fator **u** para a cultura da cana-de-açúcar em função da época de plantio e da cultura antecessora ou uso anterior, conforme a proteção que oferecem ao solo, para determinar o dimensionamento do espaçamento vertical entre terraços

Época	Início do preparo e plantio	**u**
Cana-dois-verões	dezembro e janeiro	**1,00**
Cana-de-ano	a partir de novembro	**1,25**
Cana-de-ano-e-meio	a partir de fevereiro	**1,50***
Cana-de-ano-e-meio	a partir de abril	**1,75***
Cana-de-inverno	a partir de maio	**2,00***

* + 0,25 se solo mantido com boa cobertura na reforma, com rotação de cultura, adubo verde ou planta de cobertura, com prática conservacionista adequada à cultura implantada.

A equação para determinar o espaçamento entre terraços apresenta, ainda, as operações mecânicas de mobilização do solo (Tabela 8), que alteram as condições da superfície do solo, como um fator a ser considerado (fator **m**). Dados obtidos em experimentação de campo sempre confirmam o senso comum de que o preparo do solo e a incorporação ou queima dos restos vegetais da superfície do solo por essas operações aumentam as perdas de terra e água por erosão.

Tabela 8. Valores do fator **m** para grupos de preparo e mobilização da superfície, conforme a redução que provocam na proteção do solo, para determinar o espaçamento vertical entre terraços

Grupo	Preparo do solo	Mobilização da camada superficial	Restos culturais	**m**
1	GA, ER	intensa	incorporado ou queimado	**0,50**
2	AD, AA	média	incorporado ou queimado	**0,75**
3	GL	baixa	parcialmente incorporado	**1,00**
4	ESC, SUB	baixa	parcialmente incorporado	**1,25**
5	ESC, SUB	baixa	manutenção de cobertura	**1,50**
6	Sem preparo	mínima	baixa cobertura	**2,00**
7	Sem preparo	mínima	alta cobertura	**2,25**

Adaptado de Lombardi Neto et al. (1991). GA = grade aradora; ER = enxada rotativa; GL = grade leve; GN = grade niveladora; ESC = escarificador; SUB = subsolador.

Tabela 9. Valores do fator **p** para grupos de práticas conservacionistas, conforme a proteção que promovem contra o impacto das chuvas e enxurradas, para determinar o espaçamento vertical entre terraços

Grupo	Proteção	Prática conservacionista	**p***
1	aumento da velocidade da enxurrada	sulcação morro abaixo	**0,90****
	redução da velocidade da enxurrada	operações em nível	**1,10**
2	aumento da infiltração de água	cultivo da linha de tráfego	**1,10**
	controle da compactação	controle de tráfego ***	**1,10**
	melhoria física do solo	utilização de vinhaça, torta	**1,10**
3	aumento da cobertura e da rugosidade da superfície	manutenção da palha com ou sem enleiramento	**1,20**
	controle da compactação e aumento da infiltração	cultivo da linha e controle de tráfego	**1,20**
4	manutenção da cobertura do solo na reforma, redução da faixa mobilizada e aumento da infiltração de água	faixas de trabalho, faixas de vegetação e operações localizadas	**1,30**

* O valor máximo do fator **p** será de 1,30. **A sulcação morro abaixo não é compensada pelas outras práticas por que aumento de cobertura, aumento da infiltração e controle da compactação não atuam no sulco de plantio.*** O controle de tráfego separa zonas de tráfego e de crescimento das plantas, concentrando a passagem dos pneus em linhas permanentes, com diminuição da área submetida ao tráfego agrícola.

As operações agrícolas, necessárias para a correção do solo e a criação de ambiente favorável para o crescimento inicial da cultura, também rompem a estrutura do solo, quebram agregados, liberam partículas menores que podem ser mais facilmente arrastadas pelas águas superficiais e, principalmente, incorporam o material vegetal que, na superfície, ofereciam proteção contra o impacto das gotas de chuva. Esses efeitos estão diretamente relacionados à perda de terra ou produção de sedimentos, e tem impacto menor na perda de água e formação de enxurrada. Muitas vezes as operações de preparo do solo criam condições favoráveis para a infiltração de água reduzindo, portanto, a enxurrada e, mais uma vez, consequentemente, possibilitando maior espaçamento entre os terraços.

Para a definição do espaçamento entre terraços é preciso levar em consideração as características de solo e relevo e, também, o sistema de produção como um todo, identificando os aspectos críticos para a formação da enxurrada, desde as operações de preparo do solo, cobertura do solo ao longo do ciclo, sobreposição das épocas de solo exposto e chuvas torrenciais.

O espaçamento entre terraços pode ser alterado, considerando o manejo da área nos cultivos seguintes, de forma a acomodar e facilitar o tráfego das máquinas que serão utilizadas, permitir uma locação mais adequada ou tornar os terraços mais paralelos e adequar o sistema para facilitar a condução da água. Essa adequação da área deve atender critérios rígidos para não comprometer os objetivos dos terraços de quebrar a velocidade da água e de condução da enxurrada.

A mudança no sistema de conservação do solo prevendo a retirada de terraços apenas poderá ser elegida se houver justificativa técnica e se o projeto de controle de erosão (PCE) e de controle de enxurrada (PCX) estejam de acordo com as recomendações para classe de capacidade de uso ou classe de risco de erosão, especialmente em áreas antigas ou naquelas que já apresentaram processos erosivos.Os terraços podem ser mantidos e rebaixados quando o manejo permitir maior cobertura e maior infiltração de água no solo. As equações de dimensionamento do sistema de terraceamento estabelecem os parâmetros técnicos para essa finalidade.

6.2.3.3. Canais e prados escoadouros

Os canais escoadouros e prados escoadouros são estruturas usadas para proporcionar a drenagem segura dos excessos de enxurrada. Dever ter dimensões apropriadas, ser vegetados ou revestidos, ser capazes de transportar com segurança a enxurrada de uma área ou de um sistema de terraceamento (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Prados escoadouros são estruturas artificiais ou naturais usadas para condução do excesso de enxurrada em uma determinada área, englobando o conceito de canais escoadouros (escoadouros artificiais ou estruturas mecânicas construídas com dimensões adequadas para o transporte de enxurrada, estabilizadas com vegetação ou outros revestimentos permanentes) e de canais naturais ou prados (depressões naturais da bacia de drenagem, com capacidade para receber o excesso de enxurrada, estabilizadas com vegetação ou revestidas especificamente para garantir a condução segura da enxurrada).

Considera-se prados escoadouros aqueles com vegetação natural ou plantados com espécies forrageiras, que em condições de solo de elevada erodibilidade e resistência à desagregação podem ser usados com dupla função: escoadouro e produção de forragem. Tanto nos canais naturais, como nos artificiais, pode ser necessária a construção de estruturas ou paliçadas para interceptar e reduzir a velocidade das enxurradas.

Especial atenção deve ser dada na execução dos canais escoadouros uma vez que são estruturas alocadas nas baixadas e/ou em locais para onde é certo que a água excedente da área será naturalmente direcionada. Se a estrutura do solo ainda não estiver totalmente estabilizada, haverá risco de falha ou rompimento do canal e início de processos erosivos em ravinas ou voçorocas. A vegetação escolhida para revestir os canais deve ser estolonífera e perene, geralmente braquiárias ou gramas. As plantas de touceiras devem ser evitadas, pois criam caminhos preferencias para a água, aumentando o risco de erosão dentro do canal escoadouro.

O canal escoadouro é uma prática imprescindível utilizada em associação aos terraços em desnível, indicados para solos com deficiência na infiltração de água. Sua função é coletar o excesso da água de chuva de uma área terraceada e conduzí-lo, de forma segura, sem provocar erosão, até um leito estável. Canais divergentes são estruturas semelhantes aos terraços, construídos com pequeno desnível, com a finalidade de transportar a enxurrada em baixa velocidade para um ponto de escoamento desejado. Estas estruturas devem ser construídas com a antecedência necessária, para que possam ser vegetadas e se apresentar estáveis nas épocas de maior volume de chuvas.

Os canais escoadouros são estruturas usadas para proporcionar a drenagem segura dos excessos de enxurrada. Dever ter dimensões apropriadas, ser vegetados ou revestidos, ser capazes de transportar com segurança a enxurrada de uma área ou de um sistema de terraceamento (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Canais escoadouros são estruturas artificiais ou naturais usadas para condução do excesso de enxurrada em uma determinada área, englobando o conceito de canais escoadouros (escoadouros artificiais ou estruturas mecânicas construídas com dimensões adequadas para o transporte de enxurrada, estabilizadas com vegetação ou outros revestimentos permanentes) e de canais naturais ou prados (depressões naturais da bacia de drenagem, com capacidade para receber o excesso de enxurrada, estabilizadas com vegetação ou revestidas especificamente para garantir a condução segura da

enxurrada). Tanto nos canais naturais, como nos artificiais, pode ser necessária a construção de estruturas ou paliçadas para interceptar e reduzir a velocidade das enxurradas.

Especial atenção deve ser dada na execução dos canais escoadouros uma vez que são estruturas alocadas nas baixadas e/ou em locais para onde é certo que a água excedente da área será naturalmente direcionada. Se a estrutura do solo ainda não estiver totalmente estabilizada, haverá risco de falha ou rompimento do canal e início de processos erosivos em ravinas ou voçorocas.

O canal escoadouro é uma prática imprescindível utilizada em associação aos terraços em desnível, indicados para solos com deficiência na infiltração de água. Sua função é coletar o excesso da água de chuva de uma área terraceada e conduzí-la, de forma segura, sem provocar erosão, até o leito estável.

6.2.3.4. Outras estruturas para controle da erosão

As tecnologias disponíveis para a utilização dessas práticas recaem sobre métodos para diagnóstico da paisagem, como é o caso de aplicação de sistemas de informações geográficas (SIGs) para a realização de mapas e projetos, GPS e equipamentos topográficos, além de métodos e máquinas para locação e construção das práticas. A readequação de estradas e carreadores e a localização de construções e benfeitorias rurais podem contribuir, quando bem planejadas, de forma decisiva no controle do escoamento superficial.

Canais divergentes são estruturas semelhantes aos terraços, construídos com pequeno desnível, com a finalidade de transportar a enxurrada em baixa velocidade para um ponto de escoamento desejado. Estas estruturas devem ser construídas com a antecedência necessária, para que possam ser vegetadas e se apresentar estáveis nas épocas de maior volume de chuvas. Outras estruturas muito utilizadas são:

- Bueiros e travessias
- Bacias de captação ou caixas de captação
- Drenos, sangras, bigodes, vírgulas, dissipadores

6.2.4. Elaboração do PCE

As práticas de manejo do solo específicas para cana-de-açúcar devem ser claramente definidas e dimensionadas para cada situação de risco de erosão. A caracterização do meio físico deve agrupar as terras em classes de capacidade de uso, ou outro sistema de classificação técnica ou modelo que permita identificar as condições do meio físico em relação ao risco de erosão - muito baixo (MB), baixo (B), médio (M), alto (A), muito alto (MA) e extremo (E) - como a utilização da EUPS. Podem ser utilizados também, por exemplo, os valores de **K** (Tabela 5), **u** (Tabela 7), **m** (Tabela 8) e **p** (Tabela 9), da equação para cálculo de espaçamento entre terraços para auxiliar essa classificação das terras.

Para cada situação de risco de erosão ou classe de capacidade de uso o PCE deve ajustar os cultivos e manejos disponíveis, sugerindo a melhor combinação para o controle da erosão e para evitar a degradação das terras. No caso de terraceamento, o PCE irá definir o tipo e o espaçamento entre terraços. O dimensionamento ou recomendação quanto ao funcionamento hidráulico dos terraços será objeto do projeto de controle de enxurrada (PCX). Entre os elementos do PCE devem estar:

• Mapa de solos ou levantamento do meio físico - com trabalho de campo detalhados

• Mapa planialtimétrico com contornos em nível espaçados em 1m ou mais detalhado

• Classe de declividade segundo as seguintes classes: 0 a 3%, 3 a 6%, 6% a 9%. 9% a 12% e 12% a 18% >18 (mais detalhado do que para determinar a CCU)

• Mapa de fluxo ou acúmulo de enxurrada

• Cronograma descritivo das atividades de preparo e manejo da cobertura do solo

• Classificação das terras quanto ao risco de erosão (CCU, EUPS, fatores **K**, **u**, **m**, **p**)

• Memorial de cálculo de espaçamento entre terraços de infiltração ou de drenagem

• Projeto de construção e cronograma de implantação para canal escoadouro vegetado (CEV)

• Projeto de alinhamento de plantio e de estradas e carreadores

6.3. Projeto de Controle da Enxurrada (PCX)

6.3.1. Conceitos e abrangência do PCX

O Projeto de Controle do Escoamento Superficial da Enxurrada (PCX) é composto de (i) recomendações e dimensionamentos necessários para que as estruturas estabelecidas no PCE (terraços de infiltração, drenagem ou canais escoadouros vegetados) apresentem funcionamento hidráulico adequado; (ii) análise espacial (cartográfica) da área de entorno da gleba considerada no PCE em relação às águas recebidas (área de captação à montante) e águas drenadas à jusante. Esta análise inclui outras estruturas de interceptação ou escoamento de enxurrada não consideradas no PCE como açudes, vertedouros, pontes, entre outras e visa garantir que as águas recebidas e drenadas sejam integradas às práticas mecânicas e demais opções conservacionistas do imóvel; e (iii) recomendações e dimensionamentos para drenagem adequada das águas recebidas nas estradas e caminhos do imóvel, assim como àquelas geradas em suas próprias estradas e drenadas para áreas vizinhas à jusante.

Em resumo, o PCX visa o funcionamento hidráulico da paisagem, das práticas mecânicas de controle da erosão adotadas e estradas, e tem como objetivo evitar o acúmulo excessivo da enxurrada e os danos causados por este. O PCX depende das definições e recomendações do PCE, que deve antecedê-lo. Em alguns casos, limitações nas técnicas construtivas das estruturas dimensionadas ou recomendadas pelo PCX podem exigir alterações no PCE. Como exemplo, caso o PCE indique um espaçamento determinado para terraços de infiltração, mas os equipamentos e máquinas disponíveis no imóvel não permitam a construção de uma seção de terraço ideal, definida no PCX, o espaçamento definido no PCE deverá ser alterado, visando garantir ambos, eficiência no controle da erosão (PCE) e o funcionamento hidráulico do terraço (PCX).

6.3.2. Estruturas de interceptação e condução da enxurrada

O destino a ser dado à enxurrada ou a maneira como a enxurrada será interceptada ou conduzida é definida no PCE: se será utilizado um terraço em nível com pontas fechadas, se o terraço será locado em gradiente, ou, se apesar de ser locado em nível, é mantido com pontas abertas, e se será construído um canal escoadouro vegetado. Essa definição é função principalmente dos tipos de solos e da conformação da paisagem.

A recomendação do espaçamento entre terraços também é definida no PCE e tem como base conceitual a experimentação clássica de conservação do solo, dados de perdas por erosão em diferentes situações de solo, declive, rampa e manejo, e as sínteses dessas informações na forma de modelos, principalmente a EUPS.

Para dimensionar essas estruturas de interceptação e condução da enxurrada é necessário estimar a quantidade ou volume de água que deve escoar sobre a superfície do solo e que será interceptado, armazenado e infiltrado ou conduzido. Essa estimativa em geral é feita por equações empíricas, utilizando coeficientes de enxurrada. Em seguida determina-se a seção do terraço.

Determina-se também o período de retorno (recorrência) desejado para permitir calcular o tamanho mais econômico das estruturas. O período de retorno de 10 anos para estimativas da enxurrada é o suficiente para dimensionar a seção transversal dos terraços para suportar a enxurrada com certa segurança (Lombardi Neto et al., 1991).

6.3.2.1. Terraços de Infiltração (TI)

Nos terraços em nível, com as pontas fechadas, a seção transversal terá que suportar todo o volume de enxurrada esperado, para armazenamento e infiltração em um período relativamente rápido, ou seja, antes que uma nova precipitação que produza uma nova enxurrada ocorra. É indicado para os solos dos grupos A e B (Tabela 5).

Uma dificuldade adicional no caso desse tipo de terraço é que não há conhecimento suficientemente consolidado sobre a dinâmica de infiltração da enxurrada interceptada no canal do terraço, a ponto de permitir um dimensionamento bastante seguro. Há variação na velocidade de infiltração nos canais de terraços e há diferenças importantes entre o solo agrícola natural e o mesmo solo na condição de canal de terraço, por: (i) o canal ter sido

escavado e o camalhão ser um aterro, (ii) a compactação maior no canal o terraço pelo tráfego agrícola se dar em condições geralmente mais úmidas, (iii) pelo menor desenvolvimento dos cultivos nos canais de terraço assim como o desenvolvimento radicular, (iv) pelos sedimentos vindos com a enxurrada obstruírem os poros ou provocarem selamento superficial na área de infiltração de água, e (v) pela carga hidráulica exercida pela coluna de água armazenada no canal do terraço.

No entanto, por ser prática muito usual, o conhecimento prático de sua adoção permite uma recomendação relativamente segura para solos do grupo A e B, pois esses solos têm condições, desde que bem manejados, para infiltrar toda a água das chuvas intensas (Lombardi Neto et al., 1994).

O volume de enxurrada é dado pela equação:

$$V = A * h * c$$

onde:

V = volume de enxurrada, m^3/m

A = área a ser drenada, m^2

h = chuva diária máxima (TR=10), m (chuva máxima em 24 horas)

c = coeficiente de enxurrada (Tabela 10)

O coeficiente de enxurrada c é uma relação entre o volume de enxurrada esperado para um determinado volume de chuva, e depende de fatores como declividade do terreno, do solo, da cobertura vegetal, preparo do solo e manejo de restos culturais. Os valores das classes de uso e manejo (Tabela 10) foram estabelecidos pelos seguintes limites estabelecidos para a expressão (**u** + **m**)/2 (tabelas 7 e 8): Alta: valores superiores a 1,75; Média: valores entre 1,0 e 1,75 e Baixa para valores < 1,00.

A área a ser drenada (A) é dada por metro linear de terraço, por:

$$A = EH * 1m$$

onde EH é o espaçamento horizontal entre os terraços ou comprimento da área a montante em metros.

A área da seção transversal (St) para cada metro linear de terraço é dado por:

$$S_t = V$$

onde S_t é dado emm^2/m , e V é dado emm^3.

Tabela 10. Valores de coeficiente de enxurrada para solos cultivados utilizados para o dimensionamento dos terraços

Topografia (%)	Classe de uso e manejo *	Solos			
		A	B	C	D
Plano (0-5)	Alto	0,20	0,30	0,40	0,50
	Médio	0,30	0,40	0,50	0,60
	Baixo	0,40	0,50	0,60	0,70
Ondulado (5-10)	Alto	0,30	0,40	0,50	0,60
	Médio	0,40	0,50	0,60	0,70
	Baixo	0,50	0,60	0,70	0,80
Acidentado (10-30)	Alto	0,40	0,50	0,60	0,70
	Médio	0,50	0,60	0,70	0,80
	Baixo	0,60	0,70	0,80	0,90

Adaptado de Lombardi Neto et al. (1991). * Valores com base nos limites estabelecidos pelos valores de (u+m)/2.

A altura do canal do terraço é determinada pela forma do triângulo que representa a seção do canal. Os terraços que tem a sua seção em formas não triangulares, como nos embutidos e embutidos invertidos, o cálculo da seção será feito pela área da figura geométrica que mais se aproximar da seção construída no campo.

A altura do canal do terraço (H) pode ser calculada pela equação (Pruski, 1993):

H = altura de água acumulada no canal do terraço (m)

LES = escorrimento máximo na superfície (mm)

EH = espaçamento entre terraços (m)

St = declividade do terreno (m m^{-1})

Sm = declividade da parede montante do terraço (m m^{-1})

Teoricamente, quanto maior a capacidade de armazenamento de enxurrada no canal do terraço, menor será a probabilidade de seu transbordamento e eventual seccionamento. No entanto, não há uma garantia probabilística de que não vai haver transbordamento ou um risco de falha. Não

há garantia também de que não vai ocorrer transbordamento quando ocorrer uma enxurrada menor do que a capacidade recomendada uma vez que não é previsível a quantidade de seção ocupada com as enxurradas precedentes no momento de uma chuva. Os cálculos de espaçamento entre terraços devem levar em conta a viabilidade construtiva do terraço de infiltração (TI), uma vez que a seção construída deverá ser suficiente para armazenar a enxurrada produzida na área entre os terraços. Em função disso, terraços com grande capacidade de armazenamento de enxurrada também apresentam riscos, e devem ser evitados, em especial em solos com horizonte A com baixa agregação, como solos de textura média, ou grande quantidade de areia fina na camada superficial.

6.3.2.2. Terraços de Drenagem (TD)

Nos terraços de drenagem, indicados para os solos C e D, o dimensionamento deve considerar os princípios de hidráulica de fluxo em canais abertos. Nesse caso, a intensidade máxima de enxurrada que pode ocorrer é mais importante que o volume total de enxurrada. A equação mais utilizada para determinar a intensidade da enxurrada é a seguinte:

$$Q = \frac{(c * I * A)}{360}$$

onde:

Q = enxurrada, m^3/s

A = área a ser drenada, ha

I = intensidade máxima de chuva (tc), mm

c = coeficiente de enxurrada (Tabela 10)

A intensidade máxima da chuva que resulta na enxurrada máxima é aquela que ocorre em um tempo igual ao do tempo de concentração da água no ponto de desague. Os terraços de drenagem apresentam comprimentos entre 500 e 600 m, e o gradiente poderá ir até 7/1.000, sendo mais comum 3/1.000. A velocidade da enxurrada no canal do terraço variando entre 0,6 a 0,75 m s^{-1} para que não ocorra erosão no canal ou também para que não ocorra excessiva

deposição de sedimentos no fundo do canal. Por tanto, levaria de 11 a 19 minutos para a água percorrer do início ao fim do terraço. O tempo médio de 15 minutos foi escolhido como o tempo de concentração para determinar a intensidade máxima da chuva que irá resultar na enxurrada máxima. As intensidades máximas em 15 minutos para o Estado de São Paulo por tempo de retorno de 10 anos são apresentadas no item 3.

Determinada a enxurrada máxima, a seção do canal do terraço é dimensionada de modo que a forma da seção seja paraboloide e a velocidade baixa. As tabelas 11, 12 e 13 apresentam uma solução para esse dimensionamento adaptada para diferentes vazões considerando as velocidades máximas de 0,60 e 0,75 m s^{-1} para a enxurrada.

O cálculo da intensidade máxima de chuva esperada no tempo de retorno desejado é dado por:

$$I = \frac{(a * T^b)}{(t + c)^d}$$

onde: I = intensidade; T = tempo de recorrência; t = duração da chuva; a, b, c e d = parâmetros empíricos em função do local.

Tabela 11. Vazões dos canais dos terraços para velocidades da enxurrada de 0,60 m s^{-1}

Profundidade do canal	Largura do canal (m)						Limite do gradiente
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	
cm	m^3 s^{-1}						m/1.000
5	0,022	0,033	0,044	0,055	0,066	0,077	25,0
10	0,041	0,061	0,082	0,103	0,123	0,143	10,0
15	0,060	0,092	0,122	0,152	0,182	0,213	4,5
20	0,080	0,120	0,162	0,202	0,243	0,283	2,7
25	0,103	0,154	0,205	0,254	0,305	0,354	2,4
30	0,125	0,185	0,246	0,306	0,367	0,427	1,4

Tabela 12. Vazões dos canais dos terraços para velocidades da enxurrada de 0,75 m s^{-1}

Profundidade do canal	Largura do canal (m)						Limite do gradiente
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	
cm	m^3 s^{-1}						m/1.000
5	0,022	0,037	0,052	0,067	0,081	0,096	50,0
10	0,050	0,077	0,103	0,130	0,157	0,182	14,0
15	0,076	0,105	0,153	0,190	0,230	0,270	7,7
20	0,102	0,153	0,204	0,253	0,304	0,353	4,5
25	0,129	0,191	0,256	0,318	0,382	0,445	3,3
30	0,154	0,230	0,306	0,382	0,455	0,530	2,3

Tabela 13. Dimensão do canais do terraço de drenagem

Solo	I_{15min}	c	área	Q_{max}	seção do canal	
	mm		ha	m^3 s^{-1}	v = 0,6 ms^{-1}	v = 0,75 ms^{-1}
C	120	0,6	1	0,20	0,33	0,27
D	120	0,7	1	0,23	0,38	0,31

I_{15min}: intensidade máxima de chuva em 15 minutos; c = coeficiente de enxurrada; Q_{max}: enxurrada máxima de chuva calculada por Q = cIA/360

Tabela 14. Dimensão do canais do terraço de drenagem para os valores de Q_{max} conforme exemplo da tabela 13

Solo	Q_{max}	v=0,6 ms^{-1}		v=0,75ms^{-1}	
	m^3 s^{-1}	prof., m	larg., m	prof., m	larg., m
C	0,20	0,25	2,00	0,20	2,00
D	0,23	0,25	2,26	0,15	3,00

Q_{max}: enxurrada máxima de chuva calculada por Q = cIA/360; prof. = profundidade; larg. = largura.

A lâmina de escoamento superficial, ou o volume de enxurrada, pode ser também calculado pelo modelo apresentado por Pruski et al. (1997), que se baseia na seguinte equação:

$$ES = PT - I_a - I$$

onde: PT - precipitação total, mm, I_a - abstrações iniciais, mm, e I - infiltração da água no solo, mm.

Os valores de Ia são determinados pelo método da curva-número, que define a relação entre precipitação e enxurrada em função do solo e da cobertura (tipo de vegetação).

Os Terraços de Drenagem (TD) são dimensionados pressupondo que (i) os terraços não tenham seção ocupada pelas enxurradas precedentes.

6.3.2.3. Canais Escoadouros Vegetados (CEV)

A base de cálculo dos Canais Escoadouros (CEV) e dos Terraços de Drenagem (TD) é a mesma. O que difere TD de CEV é a técnica construtiva.

CEV devem ser construídos e estabilizados com vegetação pelo menos um ano antes de haver escoamento de enxurrada sobre os canais. Ainda, a técnica construtiva deve garantir a seção e o alinhamento preciso dos CEV, que devem ser executados com o rigor de uma obra de engenharia. O plantio de espécies de grama estolonífera no CEV deve ser precedido de correção do solo, adubação química e orgânica adequada, e o canal só poderá ser utilizado para deságue após a vegetação se estabelecer plenamente. A antecipação da construção do CEV em pelo menos um ano aos TD permite o estabelecimento de sua vegetação assim como a consolidação do movimento de terra realizado na construção de sua seção. Permite ainda, no caso de alguma dificuldade de estabelecimento da vegetação do CEV, adiar a construção dos TD até seu pleno vigor.

Em nenhuma circunstância os TD podem ser construídos na mesma época do CEV. Os riscos envolvidos na dificuldade de estabelecimento da vegetação do CE e ocorrência de enxurrada o canal em virtude dos TD já estarem funcionado é enorme, e pode levar a grandes danos na propriedade de nas áreas à jusante. O CEV, após vegetado e estabilizado, deve passar por constante observação a cada evento erosivo. Pequenos danos ou assoreamentos devem ser sanados imediatamente, especialmente em solos de textura média e arenosos. O CEV também não deve ser usado para o tráfego de máquinas agrícolas ou qualquer outro veículo, assim como não deve ser pastejado. Os CEV devem desaguar com segurança na rede de drenagem estabilizada.

6.3.2.4. Sistema conservacionistas sem terraços (ST)

Em áreas de muito baixo a baixo risco de erosão, caso as condições de cobertura do solo e de infiltração de água sejam melhoradas por técnicas

vegetativas e edáficas, o PCE pode prever a não utilização de terraços. Em áreas de rampas curtas ou condições em que o espaçamento entre terraços é mais longo do que as rampas médias do terreno, o PCE também pode prescindir dessas práticas mecânicas de retenção da enxurrada.

Mesmo nessas situações é necessário um projeto de controle do escoamento superficial. Um exemplo muito comum dessa situação é o sistema plantio direto em cultivo de grãos que controla quase toda a erosão mas, ainda assim, gera enxurrada. Sem a utilização de sistema de terraceamento, o controle do escoamento tem que ser feito utilizando outras técnicas para reduzir a velocidade da enxurrada, como o plantio cortando o sentido do escoamento, faixas de vegetação, técnicas que aumentem a rugosidade do terreno, caixas de retenção, terraços divergentes. Necessariamente tem que incluir técnicas que diminuam o volume da enxurrada, uma vez que a água das enxurradas não ficam armazenadas por muito tempo para permitir a infiltração.

Nesses sistemas é provável que a enxurrada siga como caminho preferencial a rugosidade promovida pelas operações de cultivo, ou seja, siga o alinhamento das ruas, linhas ou sulcos de plantio e a conformação do terreno. Para evitar o início de processos erosivos é necessário que os sulcos ou linhas de plantio não provoquem a convergências do fluxo da enxurrada e não tenham declividade elevada. Como nesses sistemas pode haver volume e velocidade de enxurrada significativos, o PEX tem que necessariamente prever as estruturas de condução da água a jusante.

Há ainda poucos dados sobre erosão, enxurrada, infiltração e produção de sedimentos em áreas em que a conservação do solo foi projetada sem utilização de terraceamento para controlar o escoamento superficial. Dessa forma, o PCE poderá prever a não utilização de terraços apenas quando forem respeitadas a classe de capacidade de uso e suas limitações e os parâmetros de erodibilidade e permeabilidade do perfil dos solos, bem como quando forem especificadas as práticas que serão adotadas para o melhoramento das condições de cobertura do solo e infiltração de água e, ainda, a condução das águas na microbacia por meio de canais escoadouros vegetados, canais divergentes, passagens molhadas, bacias de retenção, entre outras.

6.3.2.5. Desaguadouros de estradas

As estradas rurais contribuem com uma grande quantidade de enxurrada para as áreas de produção quando não tem um sistema de drenagem

eficiente. Provavelmente a maior parte da enxurrada que causa erosão em áreas agrícolas tem a sua origem nas estradas, com o leito compactado a estrada é uma área que não permite a infiltração da água e por isso forma uma enorme quantidade de enxurrada.

6.3.3. Elaboração do PCX

O PCX deve conter, quando for o caso:

• Mapa de simulação do fluxo de enxurrada ou acúmulo de enxurrada;

• Memorial de cálculo do volume de enxurrada a ser armazenado ou conduzido;

• Memorial de cálculo de base e altura da seção dos terraços de infiltração ou de drenagem;

• Memorial de cálculo de dimensionamento hidrológico para canal escoadouro vegetado (CEV) com as seguintes variáveis: vazão de entrada, m^3s^{-1} e vazão de saída, m^3s^{-1} dos terraços de drenagem separado por solos e seção do canal escoadouro vegetado, m^3m^{-1} com determinação da altura máxima de lâmina e largura mínima do canal.

6.4. Manutenção e monitoramento dos projetos de controle da erosão e de controle da enxurrada

A construção dos terraços é uma prática que exige experiência e cuidados com acabamentos, principalmente na crista no que se refere às falhas construtivas em relação a linha de nível necessária para garantir o funcionamento hidráulico. Caso essa linha da crista não estiver nivelada a água se acumulará nas depressões e haverá transbordamento, rompimento e agravamento da erosão

O rompimento de um terraço pode levar à destruição dos demais que estejam à jusante, com grandes prejuízos à área cultivada, tendo em vista a concentração do deflúvio superficial em estreita faixa no sentido do maior declive (Lombardi Neto et al., 1994).

Durante o ciclo da cana-de-açúcar, eventualmente, faz-se necessária a manutenção dos terraços, desassoreando ou corrigindo possíveis rompimentos

que podem ocorrer após eventos extremos. O alagamento dos canais dos terraços de infiltração ocorre geralmente quando são executados em solos de baixa infiltração natural, solos compactados ou onde ocorreu o selamento por carreamento de argila. Nesses casos, deve ser feita a descompactação do mesmo e eventualmente a drenagem por sifão ou bombas visando evitar que eles estejam cheios na próxima chuva. Se o problema persistir deve ser considerada a troca do sistema de terraceamento de infiltração pelo de condução para a retirada do excesso de água da área. O uso sistemas de drenagem ou de sifões permanentes nos canais de terraços é muito pouco comum nas nossas condições, mas utilizado com frequência em outros países (De Maria e Martins, 2015).

Os terraços são utilizados para reduzir a erosão laminar e em sulcos, prevenindo a formação de sulcos profundos e pequenas ravinas. Essa prática se aplica especialmente quando, ainda que a superfície do solo esteja protegida e práticas para melhorar a infiltração de água tenham sido adotadas, há produção de grande volume de enxurrada, por causa do grande comprimento das vertentes, da forma do relevo ou do tipo de solo.

Sempre, os terraços devem ser associados ao aumento de cobertura vegetal e melhoria na infiltração da água no solo, para ter a eficiência desejada. Quando utilizado isoladamente, apresenta-se ineficiente no controle da erosão, causando o seu rompimento e sérios problemas às áreas terraceadas, tendo em vista a concentração do escoamento superficial.

Além de reduzir a quantidade de água e de sedimentos transportados para fora da área agrícola, considera-se que o terraceamento colabore na redução da poluição de águas superficiais, lagos e riachos, por reter nutrientes, matéria orgânica e compostos químicos ligados às partículas de sedimento, principalmente o fósforo. Os terraços não cultivados podem, ainda, fornecer cobertura e ambiente para a vida selvagem, biodiversidade e inimigos naturais de pragas das lavouras.

Depois de escolhido o tipo de terraço e o espaçamento que será adotado é necessário alocar os terraços no campo. Nesse momento deve ser realizado um ajuste prático *in loco* respeitando possíveis interferências no sistema, como postes de energia, estradas municipais, árvores de grande porte, divisas. Se for possível, deve ser feita a integração com os terraços já existentes na área ou interligando os sistemas das propriedades vizinhas, buscando uma harmonia na paisagem, bem como uma integração das propriedades na conservação daquela microbacia.

7. Tratamento das inovações

Inovações são consideradas quaisquer técnicas de controle da erosão (PCE) ou estratégia de escoamento superficial da enxurrada (PEX) que não constam deste Boletim ou dos itens não revisados do Manual Técnico do Programa de Microbacias Hidrográficas na sua versão anterior (Lombardi Neto e Drugowich, 1994).

As inovações poderão ser avaliadas para validação desde que:

• Sejam descritas e fundamentadas num PCE e num PEX;

• Sejam realizadas inicialmente em áreas experimental ou teste com monitoramento de seus dados e resultados;

• As áreas experimentais sejam monitoradas pelo interessado. As eventuais falhas devem ser descritas, assim como as medidas para sua mitigação ou revisão dos conceitos usados no PCE e PEX;

• Sejam acompanhadas pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, que receberá os projetos, os detalhamentos da implantação, as medidas de correção e os dados de monitoramento.

Atualização e revisão deste boletim

Esse documento deve passar por atualização e revisão periódica no prazo máximo de três anos, contados de sua publicação.

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos aqueles que contribuíram com este Boletim por meio da consulta pública, apresentando críticas e sugestões que permitiram melhorar as informações de conteúdo e compreensão do texto.

Especialmente, agradecem também a oportunidade de troca de informações e de colaboração dos seguintes participantes das reuniões e visitas técnicas:

Afonso Peche Filho, IAC/SAA; Alexandre Puglisi Barbosa Franco, Aginfo; Antoniane Arantes de Oliveira Roque, CATI/SAA; Aparecido Antônio da Silva Júnior, Agrícola Rio Claro; César Augusto Martins Moura, EDA/Avaré; Gerd Sparovek, ESALQ/USP; Jairo AntonioMazza, ESALQ/USP; José Luiz IoriattiDemattê, ESALQ/USP; Luis Carlos Dalben, Agrícola Rio Claro; Marcelo AgostiniZonta, CDA/SAA; Marcílio Vieira Martins Filho, UNESP/Jaboticabal; Marlon Peres da Silva, CDA/SAA; Morel Passos e Carvalho, UNESP/Ilha Solteira; Murilo Olinto Machado, Agrícola Rio Claro; Ricardo Marques Coelho, IAC/SAA; Telma Ulhoa Cintra, CDA/SAA; Tiago Ramalho, Agrícola Ouro Verde; VarleyIoshida, Grupo Ioshida.

Referências

ANDRADE, N.S.F.; MARTINS FILHO, M.V.; TORRES, J.L.R.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J. Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, v.31, n.3, p.539-550, 2011.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B.; DRUGOWICH, M.I.; ANDRADE, N.O.; GALETI, P.A.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, S.C.F. Tecnologias disponíveis para controlar o escorrimento superficial do solo. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. (Manual técnico, 41)

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990. p.355.

BOLONHEZI, D.; BOLONHEZI, A.C.; CARLOS, J.A.D. Adubação verde e rotação de culturas para cana-de-açúcar. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Org.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. 1.ed. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014, v.2, p.127-158, 2014.

BOLONHEZI, D.; GONCALVES, N.H. Sucessão e rotação de culturas na produção de cana-de-açúcar. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA,

R.P. (Org.). Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. 1.ed. Jaboticabal: SBEA - Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, v.1, p.219-242. 2015.

BOLONHEZI, D.; MUTTON, M.A.; MARTINS, A.LM. Sistemas conservacionistas de manejo de solo para amendoim cultivado em sucessão à cana crua. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Online), v.42, p.939-947, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Comissão de Solos, 1960. 634p. (SNPA, Boletim 12)

BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Eds.). Cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2008. cap. 5, p.205-218.

BRUNINI, O. Agroclimatic Zoning for Crop Planning In: International Workshop on Addressing the Livelihood Crisis of Farmers: Weather and Climate Services, 2010. Belo Horizonte. International Workshop on Addressing the Livelihood Crisis of Farmers: Weather and Climate Services. Genebra: WMO, 2010. v.1.

BRUNINI, O. Cenários de mudanças climáticas global – sua interação no microzoneamento ecológico e na estimativa das necessidades de irrigação e suporte ao manejo irrigacionista para preservação dos recursos hídricos no CBH-ALPA: Relatório do comitê da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema. Campinas: FUNDAG, 2013.

BRUNINI, O.; CARVALHO, J.P.; BRUNINI, P.C.; PADUA JUNIOR, A.L.; ADAMI, S.F.; ABRAMIDES, P.L.G. Agroclimatic zoning and climatic risks for sugar cane in Mexico-a preliminar study considering climate change scenarious In: CONGRESS- INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGY, 27, 2010, Vera Cruz. Proceeding... Vera Cruz: ISSCT, 2010. v.27, p.1-13

CAMARGO, A.P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R. Aptidão ecológica de culturas agrícolas. In: Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. 1977. v.2, p.7-131.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usado em levantamentos pedológicos no Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira do Solo, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, 1987.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.

CIIAGRO. Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro, 2008. Disponível em: http://www.ciiagro.sp.gov.br/Zoneamento_Agroambiental/index.htm

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Capitulo III - da Política Agrícola e Fundiária da Reforma Agrária, Artigos 184 e 186 - Incisos I à IV, 1988 disponível em: http://www.imprensaoficial.com.br/PortalIO/download/pdf/Constituicoes_declaracao.pdf

CURY, T.; DE MARIA, I.C.; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, p.1929-1938, 2014.

DE MARIA, I.C.; LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S.C.F.; CASTRO, O.M. Fator da EUPS para cultura da cana-de-açúcar. X REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Florianópolis: SBCS, 1994.

DE MARIA, I.C.; MARTINS, J.P.P. Uso do terraceamento na cultura da cana-de-açúcar. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. Processos agrícolas e mecanização da cultura de cana-de-açúcar. 1.ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p.117-127.

DE MARIA, I.C.; DECHEN, S.C.F. Perdas por erosão em cana-de-açúcar. Stab, Piracicaba, v.17, n.2, p.20-21, 1998.

DE MARIA, I.C.; DECHEN, S.C.F.; DRUGOWICH, M.I.; PECHE FILHO, A. Práticas de manejo e conservação do solo. In: AGUIAR, A.T.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; TUCCI, M.L.S.A; CASTRO, C.E.F. (Eds.). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. p. 438-447. (Boletim IAC, 200)

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle de erosão em Latossolo Roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.5, p.133-137, 1981.

DODSN, J.; ALVERSON, K.; DAOXIAN, Y.; WIEGAND, J.; YIM, W.; NIELD, T. As Chaves para entender as mudanças climáticas. Revista Planeta. [S.l], dezembro de 2008.

DRUGOWICH, M.I.; BORTOLETTI, J.O.; TCATCHENCO, J.; DE MARIA, I.C.; GRASSI, A.M. Tutorial para aplicação da Resolução SAA - 11 (15/4/2015). Campinas: CATI, 2015. 26p. il. (Comunicado Técnico 146)

ETANOL VERDE. Sistema Ambiental Paulista - Zoneamento agroambiental, 2008. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/zoneamento-agroambiental/>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

GOUVÊA, J.R.F. Mudanças climáticas e a expectativa dos seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP. 2008. 98f. Dissertacão (Mestrado em agronomia) Programa de pós-graduação em agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 2008.

IPCC – Intergovernamental Panel on Climate Change. Climate Change 2007; The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. WorkingGroup I. Disponível em: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/R4WG1_Pub_SPM-v2.pdf. Acesso em: 3 ago. 2014.

IVO, W.M.P.M.; ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A.D.; BARBOSA, G.V.; VASCONCELOS, J.N. Impulsionando a produção e a produtividade da cana-de-açúcar. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Org.). Agricultura Tropical. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.673-716.

LESPSCH, I.F.; BELLINAZZI JUNIOR.; R.; BERTOLLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras na sistema de capacidade de uso. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

LOMBARDI NETO, F. Dimensionamento do canal do terraço. LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. (Coord). Simpósio sobre terraceamento agrícola. Campinas: Fundação Cargill. 1989. p.125-135.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P.A.; DRUGOWICH, M.I. Terraceamento agrícola. Campinas: Coordenadoria da Assistência Técnica Integral, 1991. 38p. (Boletim técnico, 206)

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coords). Manual técnico de manejo e conservação do solo e água. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. (Manual técnico, 38)

MARTINS FILHO, M.V.; LICCIOTI, T.T.; PEREIRA, G.T., MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, v.29, n.1, p.8-18, 2009.

NOBRE, A.C.; REID, J.; VEIGA, S.P.A. Fundamentos científicos das mudanças climáticas. Rede clima/INPE, São José dos Campos, v.1, n.1, p.7-8, 2012. Disponível em http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/fundamentos_cientificos_mc_web.pdf Acesso em: 8 ago. 2014.

PAIVA NETTO, J.E.; CATANI, R.A.; KÜPPER, A.; MEDINA, H.P.; VERDADE, F.C.; GUTMANS, M.; NASCIMENTO, A.C. Observações sobre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. Bragantia, v.11, p.227-253, 1951.

PENATTI, C.P. Sistema de cana colhida sem a queima da palha – considerações gerais sobre nutrição e benefícios da palhada. In: PENATTI, C.P. Adubação da cana-de-açúcar. Centro de Tecnologia Canavieira. 2013. p.82-118.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Volumes I (Nota Explicativa) e II (Mapa, escala 1:1.000.000). São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. 94p. (ilust.) e mapas. (Monografias, 5)

PRADO, H. Pedologia fácil - aplicações na agricultura. 3. ed. rev. e ampl. Piracicaba: 2011. 180p. il.

PRADO, H.; PÁDUA JUNIOR, A.L.; GARCIA, J.; MORAES, J.L.F.; CARVALHO, J.P.; DONZELI, P.L. Solos e ambientes de produção. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Org.). Cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2008. p.179-204.

PRUSKI, F. F. Desenvolvimento de metodologia para o dimensionamento de canais de terraço. Viçosa: UFV, 97p. Tese (Doutorado), 1993.

PRUSKI, F. F; SILVA, J.M.A.; CALIJURI, M. L.; BHERING, E. M. Terraços for Windows. Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1996.

PRUSKI, F.F.; FERREIRA, P.A.; RAMOS M.M.; CECON, P.R. A model to design level terraces. Journal of Irrigation and Drainage Enginnering, New York, v.123, n.1, p.8-12, 1997.

ROSIM, D.C.; DE MARIA, I.C.; SILVA, R.L.; SILVA, A.P. Compactação de um Latossolo Vermelho distroférrico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. Bragantia, v.71, n.4, p.502-508, 2012.

ROSSETTO R., DIAS, R.L.F.; LANDELL, M.G.A.; CANTARELLA, H.; TAVARES, S.; VITTI, A.C.; PERECIN, D. N And K Fertilization Of Sugarcane Ratoons Harvested Without Burning. Proceeding International Society Sugar Cane Technology, v.27, p.1-8. 2010.

ROSSETTO, R. A cana-de-açúcar e a questão ambiental. In: DINARDO--MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Org.). Cana-de-açúcar. 1. ed. Campinas: IAC, 2008, v.1, p.869-882.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; CANTARELLA, H. Manutenção da fertilidade dos solos na cultura da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L.A.B. (Org.). Bioetanol de cana-de-açúcar P&D para produtividade e sustentabilidade. 1.ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 2010. v.1, p.381-403.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; CANTARELLA, H.; LANDELL, M.G.A. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar. Piracicaba: IPNI. Informações agronômicas, n. 124, p.8-13, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Resolução Conjunta SMA 088, de 19 de dezembro de 2008 corrigida pela Resolução Conjunta SMA/SAA 006, de 24 de setembro de 2009. Diário Oficial Estadual, São Paulo, 18 dez. 2008. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/zoneamentoAgroambiental.php>. Acesso em: 20 ago. 2012.

SÃO PAULO. Diário Oficial fl. 08 seção I, 11/05/00. Decreto nº 44.884, de 11 de maio de 2000, com alterações do decreto n.º 45.273, de 6 de outubro de 2000.

Introduz disposição de caráter transitório e dá nova redação a dispositivos do Decreto nº 41.719, de 16 de abril de 1997, que regulamenta a Lei n° 8.421, de 23 de novembro de 1993, que dispõe sobre o uso, a conservação e a preservação do solo agrícola.

SÃO PAULO. Diário Oficial v. 107, n. 73, 17/04/97. Decreto nº 41.719. Regulamenta a Lei nº 6.171, de 4 de julho de 88, que dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola. São Paulo, 2000.

SÃO PAULO. Diário Oficial v. 98, n. 123, 05/07/88. Lei nº 6.171, de 4 de julho de 1988. Dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola. São Paulo, 1988. São Paulo, 1997.

SILVA, R.L.; DE MARIA, I.C. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.6, p.554-561, 2011.

WATSON, R.T.; ZINYOWERA, M.C.; MOSS, R.H. Climate Change 1995: impacts adaptation and mitigation of climate change. Cambridge University Press, University Cambridge, 1996. 878p.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. (Agricultural Handbook, 537)

ZULLO JUNIOR, J. Agricultura e mudanças climáticas. São Paulo: Pré-Univesp, nov. 2012.

apta regional
IAC INSTITUTO AGRONÔMICO
apta Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
DEFESA AGROPECUÁRIA ESTADO DE SÃO PAULO
CATI COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL
GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO
Secretaria de Agricultura e Abastecimento