

Textos para Discussão

TD-IEA n.4/2009

**Termo de Referência - 14 (TR-14):
Zoneamento Sócio-Econômico e Agrícola de São Paulo¹**

**Term of Reference - 14 (TR-14):
São Paulo State's Agricultural, Social and Economic Zoning**

Ana Maria Montragio Pires de Camargo²

Angelica Praelo Pantano³

Denise Viani Caser⁴

Glauco de Souza Rolim⁵

Isabella C. de Maria⁶

Jansle Vieira Rocha⁷

Jener Fernando Leite de Moraes⁸

Orivaldo Brunini⁹

¹Trabalho realizado para a Comissão Especial de Bioenergia do Governo do Estado de São Paulo. Elaborado por equipe técnica do IEA-APTA/SAA e coordenado pelos pesquisadores científicos João Paulo Feijão Teixeira, Valquíria da Silva e por Airtton Ghiberti.

²Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (anamonstragio@iea.sp.gov.br).

³Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora Científica do Instituto Agronômico (apraelo@gmail.com).

⁴Estatístico, Pesquisador Científico, Instituto de Economia Agrícola (caser@iea.sp.gov.br).

⁵Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto Agronômico (glaucorolim@gmail.com).

⁶Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora Científica do Instituto Agronômico (icdmario@iac.gov.br).

⁷Engenheiro Agrônomo, Professor da UNICAMP (jansle@ag.unicamp.br)

⁸Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto Agronômico (jfmoraes@iac.gov.br).

⁹Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto Agronômico (brunini@iac.gov.br).



RESUMO

O objetivo do presente estudo foi medir as alterações na composição agrícola paulista e fornecer ferramentas relacionadas ao zoneamento agrícola, aos aspectos ambientais, além de apresentar algumas recomendações de políticas públicas. O Estado de São Paulo tem participação significativa no agronegócio brasileiro, com grande diversidade de produtos. Para o conjunto das atividades agrícolas a área total em 2006 situou-se em 18,69 milhões de hectares, 5,0% superior à obtida em 2001. Deste total, 33,0% referem-se às culturas energéticas: amendoim, cana-de-açúcar para indústria, soja e florestas energéticas. O total das alterações na composição das atividades no Estado de São Paulo, no período de 2001 a 2006 foi de 1,45 milhão de hectares, e os ganhos foram, principalmente, para cana-de-açúcar para indústria (66,6%), soja (14,0%) e florestas energéticas (eucaliptus e pinus) (14,4%), perfazendo um total de 95,0%. Já, as culturas que mais cederam área foram: pastagens cultivada (69,0%) e natural (5,3%), milho (13,3%) e feijão (3,8%).

Palavras-chave: biocombustível, ocupação do solo, aptidão agrícola, zoneamento agrícola.

ABSTRACT

The goals of this work were to measure alterations in São Paulo state's agricultural composition and provide tools related to agricultural zoning and environmental aspects, besides suggesting a few recommendations for public policies. The State of São Paulo has a significant participation in the Brazilian agribusiness, with a great diversity of products. Total cropped area in 2006 was 18.69 million hectares, 5.0percent above that of 2001. Of this total, 33.0 percent refer to energy crops: peanut, sugar cane for industry, soybean and energy forests. Overall alterations in the composition of agricultural output in the state over 2001- 2006 comprised 1.45 million hectares, with gains mainly in sugar cane for industry (66.6 percent), soybean (14.0 percent) and energy forests (eucalyptus and pinus) (14.4 percent), totaling 95,0percent. Crops that ceded largest areas were: cultivated pastures (69.0 percent), natural pastures (5.3 percent), corn (13.3 percent) and bean (3.8 percent).

Key-words: biofuel, soil occupation, agricultural vocation, agricultural zoning.



1 - INTRODUÇÃO

Notadamente, a partir da implantação do PROALCOOL - Programa Nacional do Alcool - a dinâmica de expansão da cana-de-açúcar tem influenciado as mudanças no uso da terra no Estado de São Paulo. No entanto, a recente preocupação internacional com as mudanças climáticas e o aquecimento global têm gerado uma expectativa do aumento do uso de biocombustíveis e, conseqüentemente, do aumento da área ocupada com culturas bioenergéticas. Esse incremento da área plantada, por representar importante alteração no uso das terras, apresenta riscos potenciais de impactos ambientais e de degradação do solo, requerendo ações no sentido de recomendações de aptidão para uso do solo agrícola acompanhadas de constante monitoramento. Além disso, o monitoramento da área plantada é um componente importante no processo de planejamento da produção e elaboração de políticas agrícolas.

2 - OCUPAÇÃO DO SOLO AGRÍCOLA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Segundo o IBGE, a área territorial do Estado de São Paulo é de 24.820,9 mil hectares e desse total, 87,5% são destinados ao uso agrícola, dos quais mais da metade (44,7%) são ocupados com pastagens. Dos 8.819,5 mil hectares preenchidos com culturas, 25,2% referem-se a cultivos anuais, 11,8% a perenes, 50,0% a semi-perenes e 12,9% a reflorestamento. Deve-se destacar que entre as culturas semi-perenes a cana-de-açúcar para indústria é a que tem maior expressão.

As culturas do amendoim e da soja representam, respectivamente, 3,6% e 31,1% das atividades anuais.

A madeira é um elemento importante, e está em 3º lugar, junto com a cana-de-açúcar como recurso energético brasileiro. No período 2001 a 2006 o eucalipto e o pinus cresceram a taxas anuais de 5,1% e 6,2%, respectivamente, sendo que atualmente o reflorestamento ocupa uma área de 1,14 milhão de hectares.

Para elaboração de diagnóstico e a potencialidade de ocupação do solo agrícola paulista, a principal fonte de informações utilizadas é o Instituto de Economia Agrícola que possui um invejável acervo de estatísticas básicas sobre área e produção das principais culturas do Estado de São Paulo e de suas regiões. Os dados são levantados, depurados, analisados e publicados, constituindo-se em um conjunto de informações de inestimável valor.

O Estado de São Paulo tem participação significativa no agronegócio brasileiro, com grande diversidade de produtos. Com suas fronteiras agrícolas praticamente esgotadas, a expansão das atividades agropecuária ocorre por meio de substanciais realocações dos recursos produtivos entre culturas, sendo que os agricultores acabam de modo geral ex-



pandindo as que oferecem mercado mais estável e lucrativo, envolvendo menores riscos.

Nas últimas décadas, várias culturas e criações migraram no Estado ou até mesmo emigraram, principalmente por motivos sócio-econômicos e edafoclimáticos. Dessa maneira, a ocupação do solo agrícola paulista vem sendo diversificada.

A ocupação atual do solo com produtos da agropecuária pode ser observada nas 15 Regiões Administrativas (RAs) do Estado de São Paulo conforme tabela 1.

Tabela 1 - Ocupação do Solo, por Região Administrativa, Estado de São Paulo, 2006

(em hectares)

Região Administrativa	Anual	Perene	Semi-perene	Cobertura natural	Reflorestamento	Pastagem
Araçatuba	139.535	15.833	407.639	90.119	4.057	1.100.913
Baixada Santista	267	64	112	120.661	-	1.994
Barretos	159.065	110.091	342.703	42.542	541	134.343
Bauru	46.162	72.390	406.550	84.182	109.543	764.544
Campinas	208.666	258.500	552.548	216.362	183.772	753.608
Central	41.540	171.510	345.693	91.421	36.525	224.599
Franca	211.557	42.273	475.645	78.421	6.060	280.750
Marília	437.720	55.622	382.247	89.438	17.595	956.788
Presidente Prudente	181.972	16.376	307.281	115.529	12.259	1.704.636
Registro	2.356	800	1.560	733.397	3.143	153.310
Ribeirão Preto	56.140	37.868	452.649	59.103	47.471	149.208
São José do Rio Preto	155.874	152.123	514.080	124.773	19.646	1.226.858
São José dos Campos	28.345	1.104	8.483	330.424	107.549	674.378
São Paulo	11.485	2.559	797	160.501	38.058	36.488
Sorocaba	544.733	105.517	213.318	863.679	553.894	1.543.631
Estado	2.225.417	1.042.631	4.411.302	3.200.552	1.140.112	9.706.047

Fonte: IEA/CATI.

Para analisar o deslocamento das culturas nas 15 Regiões Administrativas (RAs) do Estado de São Paulo foi escolhido o método que parte do pressuposto que a área agricultável cultivada com uma atividade agropecuária pode se modificar, entre o ano inicial e o ano final de um determinado período, porque se altera o tamanho ou escala do conjunto formado pela atividade agrícola em questão e pelas demais atividades que concorrem diretamente pelo fator terra, sendo isto denominado efeito-escala (EE), ou expande-se ou retrai-se, em termos de utilização da área agricultável, substituindo ou sendo substituída por outras no mesmo conjunto, o que é denominado efeito-substituição (ES).

Existe a possibilidade de medir esses efeitos considerando somente o ano inicial e o final do período a ser analisado. Porém, isto só é aconselhável quando o estudo não envolve um número grande de culturas. Como o presente relatório abrange 45 ativi-



des¹⁰, optou-se por calcular as taxas médias anuais de crescimento de cada uma das atividades, durante o período estudado e relacioná-las com os EE e os ES.¹¹

Sejam A_{T0} e A_{Tt} as áreas totais ocupadas com as n atividades agropecuárias de uma região nos anos 0 e t , respectivamente. Pode-se chamar de α_T^t a relação entre esses valores, que representa o coeficiente de modificação do tamanho do conjunto das atividades agrícolas, isto é:

$$\frac{A_{Tt}}{A_{T0}} = \alpha_T^t$$

Em termos de taxa anual de crescimento pode-se escrever¹²:

$$\alpha_T^t = (1 + r_T)^t \text{ e } \alpha_T = (1 + r_T)$$

onde r_T é a taxa média anual de crescimento da área total do conjunto das atividades agrícolas da região no período considerado.

De forma geral, o efeito-escala (EE) é dado por:

$$EE = A_{i0} \alpha_T^t - A_{i0}$$

e o efeito-substituição (ES) é dado por:

$$ES = \sum_{i=1}^n (\alpha_i^t - \alpha_T^t) A_{i0}$$

Deve-se ressaltar que a estimativa deste efeito é baseada na hipótese da proporcionalidade, isto é, supõe-se que as áreas são cedidas proporcionalmente a todos os produtos que expandiram suas áreas. Trata-se de um método indicativo e não determinístico e que supõe que todos os produtos com expansão de área substituem proporcionalmente os produtos que as cedem. Por isso, o método é limitado quanto à exatidão numérica dos resultados obtidos, captando tendências dos movimentos de substituição de culturas.

Para o conjunto das atividades agrícolas selecionadas para esse estudo a área total em 2006 situou-se em 18,69 milhões de hectares, 5,0% superior à obtida em 2001, que foi de 17,80 milhões de hectares. Deste total, em 2006, 33,0% referem-se às culturas energéticas consideradas neste trabalho (amendoim, cana-de-açúcar para in-

¹⁰Essas atividades representam 99% da área agrícola cultivada no Estado de São Paulo.

¹¹Para maiores detalhes consultar Zockun (1978); Camargo (1983); Igreja, (2000) e Olivette; Camargo (1992).

¹²As taxas foram calculadas por meio de equação de regressão da forma $\ln y = a + bT$, sendo $\ln y$ o logaritmo natural da área de cada atividade; T a variável tendência e a e b os parâmetros da regressão.



dústria, soja e florestas energéticas), aproximadamente 7 pontos percentuais a mais do que em 2001.

Pelos resultados, foi obtido efeito-escala positivo, da ordem de 1,07 milhão de hectares, para o Estado de São Paulo. Assim, a estimativa do EE foi positiva para todos os produtos, mesmo para aqueles que individualmente tiveram retração de área no período, sendo a diminuição real, nestes casos, detectado no cálculo do efeito-substituição.

O valor encontrado de 1,45 milhão de hectares, que indica o total das alterações na composição das atividades, ou seja, tanto o que foi cedido como o que foi incorporado no Estado de São Paulo, no período de 2001 a 2006, mostra que os ganhos foram, principalmente, para cana-de-açúcar para indústria (66,6%), soja (14,0%) e florestas energéticas (eucaliptus e pinus) (14,4%), perfazendo um total de 95,0%. Já, as culturas que mais cederam área foram: pastagens cultivada (69,0%) e natural (5,3%), milho (13,3%) e feijão (3,8%).

No conjunto das culturas analisadas, somente a cana-de-açúcar ocupou, em 2006, quase que a metade da área total cultivada (47,4%) no Estado de São Paulo. Houve aumento de área decorrente da continuidade do avanço desta atividade, entre 2001 e 2006, em cerca de 87,0% das RAs, em função dos bons negócios com o açúcar e o álcool no mercado interno e no exterior, incentivando a ampliação e instalação de novas unidades de produção. Na RA de Barretos, a cultura expandiu-se principalmente sobre áreas de pastagem cultivada, laranja, milho e sorgo, em São José do Rio Preto, a cultura substituiu, em maior parte, pastagem cultivada, laranja e milho e em Franca ocupou área de milho, pastagem cultivada e soja. No início desse período, o avanço dos canaviais também ocorreu sobre algumas regiões do chamado corredor citrícola paulista, principalmente nas RAs de Barretos e São José do Rio Preto e em terras de pastagens na região de Araçatuba.

A área total cultivada com soja representou 7,7% no Estado de São Paulo, em 2006. O crescimento do cultivo paulista pode ser explicado pelo desenvolvimento tecnológico e pela introdução de novos cultivares. Houve acréscimos de área em 12 RAs, onde a cultura substituiu notadamente pastagem cultivada e feijão em Araçatuba, pastagem cultivada em Presidente Prudente e pastagem cultivada, feijão e milho em Sorocaba.

Quanto às florestas energéticas, o eucaliptus ocupou 10,3% e o pinus 2,4% da área total cultivada do Estado. A preocupação com o meio ambiente e com o aquecimento global tem sensibilizado os órgãos governamentais que vêm estimulando o crescimento do setor. As regiões mais importantes nesses cultivos foram as que apresentaram os maiores ganhos de área no período 2001 a 2006, sendo elas Sorocaba, Campinas, São José dos Campos e Bauru (Tabela 2).



Tabela 2 - Percentual de Área de Culturas Energéticas Incorporada ou Cedida, por Região Administrativa, Estado de São Paulo, 2001 a 2006

Região Administrativa	Culturas			Florestas energéticas	
	Amendoim	Cana-de-açúcar	Soja	Eucaliptus	Pinus
Araçatuba	2,1	26,3	35,6	-2,7	-
Baixada Santista	-	-	-	-0,2	-
Barretos	2,4	95,5	-5,3	-	-
Bauru	1,9	57,1	7,4	10,3	6,1
Campinas	-	52,5	8,1	27,6	-
Central	4,5	34,2	8,5	3,4	-2,4
Franca	-2,1	81,1	-16,9	-1,3	-
Marília	-2,2	51,1	12,6	0,1	-
Presidente Prudente	1,6	63,6	23,6	1,2	-
Registro	-	0,7	-	-24,4	-
Ribeirão Preto	-23,8	60,2	5,8	-6,0	-7,6
São José do Rio Preto	2,6	83,4	3,9	2,7	-
São José dos Campos	-	0,1	0,2	14,3	-2,3
São Paulo	-	-	-	-62,5	-29,7
Sorocaba	0,1	6,6	22,3	34,1	14,9

Fonte: Elaborada pelos autores.

3 - APTIDÃO AGRÍCOLA

Os zoneamentos agrícolas são importantes ferramentas para o planejamento agrícola, pois permitem determinar quais culturas são sustentáveis em determinados tipos de clima e solo, podendo definir, ainda épocas favoráveis para plantios e colheitas. Eles devem ser atualizados periodicamente devido às novas informações referentes às novas variedades, postos meteorológicos, modelos de simulação de culturas, atendendo às novas demandas e situações econômicas.

Um instrumental importante é a elaboração de cartas de aptidão de clima e solo. Especificamente com relação à aptidão climática estas são preparadas com base nas definições das exigências das culturas e ou variedades consideradas e nos mapeamentos dos elementos do clima, que atendem a essas exigências. Já os levantamentos pedológicos representam um inventário do potencial e das limitações do recurso solo para a agricultura, dentre outras aplicações, e por isso são usados em zoneamentos agrícolas.

Segundo a classificação climática de Köppen (ROLIM et al., 2007), os tipos climáticos existentes no Estado de São Paulo correspondem aos climas úmidos, sendo: tropical de altitude, com inverno seco e verão quente, abrangendo a parte central do Estado (Cwa); com o verão ameno em algumas áreas serranas (Cwb); tropical chuvoso com inverno seco, a noroeste do Estado (Aw); tropical com verão quente e sem estação seca de inverno, ao sul do planalto central (Cfa); com clima chuvoso e com verão ameno o ano



todo, nas áreas serranas mais altas (Cfb); e tropical chuvoso, sem estação seca, na faixa litorânea (Af).

Os zoneamentos para culturas energéticas no Estado de São Paulo foram feitos em 1974 (SÃO PAULO, 1974) e complementados em 1977 (SÃO PAULO, 1977) para as culturas de cana-de-açúcar, amendoim, girassol, mamona e soja, portanto, numa época em que o número de estações meteorológicas estava em torno de 20 enquanto atualmente são aproximadamente 450 estações (de diversos institutos). Outra alteração importante ocorrida ao longo do tempo foi o desenvolvimento de sensoriamento remoto por satélites.

Os elementos climáticos utilizados para definir os fatores térmico e hídrico das cartas básicas foram: temperaturas médias anuais; temperaturas médias de julho (mês mais frio); temperaturas médias de janeiro (mês mais quente); evapotranspiração potencial anual; deficiências hídricas anuais; deficiências hídricas bimestrais de abril-maio; junho-julho; agosto-setembro e de outubro-novembro; excedentes hídricos anuais; índice hídrico de Thornthwaite; umidade relativa anual. Os dados empregados para a elaboração das cartas básicas foram obtidos diretamente em postos meteorológicos ou indiretamente através de levantamentos de balanços hídricos, segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), baseados em dados mensais da chuva e da temperatura média.

Outro evento microclimático de importância agrícola é a geada, sendo toda queda extrema da temperatura que causa danos à vegetação, acompanhada ou não de depósitos de gelo nas superfícies expostas dos vegetais. Em relação a esse fenômeno, existem mapas de probabilidade de ocorrência de geadas no Estado de São Paulo, considerando as temperaturas de 0°, 1° e 2°C (CAMARGO et al., 1990).

Dessa forma, os mapas climáticos existentes dizem respeito às isotermas, evapotranspiração potencial, deficiência hídrica, excedentes hídricos, índice hídrico de Thornthwaite e umidade relativa do ar, sem levar em consideração eventos extremos do tempo como geadas, no Estado de São Paulo.

Quanto às características de solo, o Estado de São Paulo tem hoje duas principais fontes de informação a respeito da ocorrência dos tipos de solos em grandes extensões de seu território. O mapa de solos do estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999), em nível de reconhecimento de baixa intensidade, cobre toda a superfície do estado na escala 1:500.000. Pela generalização da informação sobre os solos mapeados nesse nível de detalhe, esses mapeamentos são recomendados em avaliações qualitativas ou semi-quantitativas do recurso solo e com a finalidade de identificar áreas potenciais para levantamentos em escalas maiores (mais detalhados).

Apenas 15% da área total do estado está coberta hoje por levantamentos pedoló-



gicos na escala 1:100.000, que é uma escala compatível com planejamento de programas de conservação e manejo do solo, mas que podem ser aproveitados com sucesso em programas de zoneamentos edafoclimáticos, fornecendo elevada precisão em nível regional. Os levantamentos realizados nessa escala concentram-se na região Central e Leste do Estado de São Paulo. Apenas um levantamento na escala 1:100.000 se situa totalmente no oeste do Estado de São Paulo, a folha de Marília (BERTOLANI et al., 2000), que cobre uma área de 2.853km² próximos à cidade de mesmo nome. Quase todo o oeste do estado, área com excelente potencial climático para expansão de várias culturas bioenergéticas, não possui levantamentos de solos que tenham abrangência regional ou mesmo municipal em escalas maiores que 1:500.000. O mesmo pode-se dizer de grande parte de outras regiões do estado.

Quanto ao monitoramento meteorológico destaca-se que o uso direto da informação agrometeorológica na agricultura é muito recente no Brasil e o Estado de São Paulo vem desenvolvendo desde 1989, atividades neste sentido através do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) do IAC. Este Centro busca transferir ao setor agrícola informações sobre as condições de tempo, disponibilidade de água no solo, probabilidade de ocorrência de doenças, granizo, seca, e o efeito dessas anomalias sobre os vegetais e como as tomadas de decisão podem ser mais bem elaboradas em função dos boletins agrometeorológicos.

Os boletins apresentam informações e tecnologias referentes a manejo do solo, irrigação, calendário agrícola, manejo de agroquímicos, planejamento do plantio e colheita, riscos de geada, seca e balanço hídrico do solo.

A orientação básica é continuar a fornecer informação meteorológica prática para apoiar atividades agrícolas e reduzir e mitigar impactos negativos de tempo e clima em colheitas. Por tal razão a advertência e sistema aconselhador foram atualizados para dar melhor apoio a atividades agrícolas e contribuição diária pelo emprego seguro de informações disponibilizadas pelas Estações meteorológicas em Estado de São Paulo.

Os dados são analisados e passam por controle de qualidade em um Sistema de Banco de dados de Oracle e os elementos de tempo são transferidos *on-line* ao CIIAGRO. O sistema foi desenvolvido com a finalidade de tornar disponível informações baseadas em parâmetros agrometeorológicos para atividades agrícolas. Consiste de inserção *on-line* de dados com módulos de administração de dados, baseado em aspectos de REDE. Os dados são inseridos diretamente das estações meteorológicas no módulo de contribuição, de modo que os alertas e informações relacionadas a seca é feito disponível em real tempo, por INTERNET. Os dados meteorológicos básicos são: chuva, e máximo e temperaturas de ar de mínimo de 130 lugares de regiões diferentes no Estado de São Paulo, e transforma-



dos em parâmetros agrícolas e expostos em mapas, com boletim diário e índices de seca. Os índices de seca são divididos em duas categorias; como índice meteorológico (SPI, Palmer, ETM/ETP) e índice de agrometeorologia (CMI, provisão de água e tensões de água de cultura, e desenvolvimento de colheita). O sistema foi desenvolvido usando HTML, ASP, VbScript e idiomas de SQL, com rede de comunicação de dados e servidor de banco de dados através de fonte de ODBC, e o banco de dados de MySQL. Informações podem ser obtidas em nível de cidade e consolidados no nível de Região Administrativa, Escritório de Desenvolvimento Agrícola Regional - EDR/CATI, Administração de Unidade de Recursos de Água - UGRHI, e Centro de Unidade de Pesquisa Regional.

Em função dos parâmetros colecionados, são monitoradas as condições de desenvolvimento de cultura e aspectos específicos relacionados à água disponível no solo. São feitos boletins meteorológicos mensais e distribuídos a fazendeiros e outros os usuários. A rede global de CIAGRO do IAC desde 1988, transfere à informação ao setor agrícola sobre o tempo, disponibilidade de água no solo, probabilidade da ocorrência de doenças, granizo, seca e os efeitos destas anormalidades na vida das plantas e como podem ser aperfeiçoadas as decisões em função dos boletins meteorológicos. As informações diretamente feitas disponíveis para usuários de agricultura são:

- a) Orientação agrícola e planejamento de atividades;
- b) Regionalização agroclimática, parcelamento de plantio e de colheitas em função de água e exigências térmicas;
- c) Calendário agrícola;
- d) Monitoramento de seca;
- e) Monitorando agrometeorológico de café, de citros e colheitas de cana-de-açúcar.

A organização de um banco de dados atualizado para o Estado de São Paulo habilita estudos de probabilidade dirigidos para riscos climáticos para o setor agrícola, turismo, defesa civil e setores de transporte entre outros. Neste caso os estudos recorrerão a intervalos de retorno de extremos meteorológicos ou as probabilidades de eventos de balanço de meso que afetam o desenvolvimento normal de um clima como, por exemplo, o *El Niño* ou a *La Niña*.

Informações apropriadas para colheitas específicas como de: cana-de-açúcar, café e citros são executadas diariamente e disponibilizadas em rede.

Há vários métodos para quantificar e monitorar seca e a probabilidade que tal um evento pode acontecer. A maioria dos índices usados é a parametrização da ocorrência no espaço e temporal de seca, e a maioria dos índices desenvolvidos estava baseada em chuva; porém há uma grande tendência para incorporar dados e características de solo e as estatísticas de distribuição de chuva para cada local para entender melhor o fenôme-



no e os efeitos globais. O boletim semanal do CIAGRO traz análises de seca, baseado em SPI, CMI, Palmer e outros índices relacionados. Em tais análises o parâmetro de seca é determinado como função da relação entre evapotranspiração atual e potencial, e água disponível no solo.

Outro índice atualmente derivado é SPI. Esse parâmetro é útil para avaliar condições de desenvolvimento relativo da anomalia de chuva, como também verificar os volumes de reservatórios de água considerados.

Os componentes da pesquisa, associados à expansão de infra-estrutura moderna, dão apoio pelo "Agrometeorological Warning System" para o Estado de São Paulo e, como descrito anteriormente, há uma demanda crescente para variáveis climáticas em tempo real para apoiar várias atividades.

Atualmente, há que se considerar ainda as geotecnologias, visto que oferecem um conjunto de ferramentas para o mapeamento e monitoramento da agricultura, especialmente o sensoriamento remoto, os sistemas de informações e os bancos de dados geográficos. A visão sinótica dos sensores remotos orbitais proporciona o mapeamento e o acompanhamento da cultura, por meio de índices que medem o vigor da vegetação. Os sensores existentes e a nova geração de sensores permitem esse monitoramento em diversas escalas de resolução espacial e temporal.

Algumas usinas já usam sensoriamento remoto orbital e sistemas de informações geográficas para monitorar suas áreas e auxiliar nas estimativas de produção, porém, faz-se necessário a existência de sistemas de monitoramento em nível estadual, que forneçam, em curto período de tempo após a aquisição das imagens, não somente a avaliação das mudanças de uso provocadas pela expansão das culturas bioenergéticas, mas também as condições das áreas plantadas e apoio à estimativas de produção, com diferentes sensores e em diferentes escalas.

4 - ASPECTOS AMBIENTAIS

A maior parte da área do Estado de São Paulo é classificada como de alta ou muito alta suscetibilidade à erosão, com um percentual significativo de áreas que já apresentam degradação de grau moderado a forte, com a presença de sulcos e voçorocas, sinal de perda de solo superficial e da supressão de vegetação ao longo das margens dos cursos d'água.

A erosão hídrica representa um dos maiores problemas da agricultura paulista, comprometendo os recursos naturais e colocando em risco a produção econômica. Além de degradar o solo, tem causado problemas na qualidade e disponibilidade de água através da poluição, assoreamento de mananciais e enchentes no período das chuvas ou



escassez no período de estiagem.

Outro desafio importante se refere à perda da biodiversidade sendo especialmente preocupante a situação das áreas que deveriam estar ocupadas com matas ciliares, que no Estado de São Paulo, de modo geral, encontram-se desmatadas e/ou degradadas. Porção significativa deste ecossistema em áreas de produção agrícola foi suprimida ou sofreu algum grau de degradação.

Contudo, o Estado de São Paulo já possui experiência no manejo ambiental com o Programa de Microbacias Hidrográficas, notadamente quanto à sensibilização das comunidades rurais e urbanas sobre a conservação dos recursos naturais, à capacitação e organização dos produtores, à realização de investimentos com incentivos para implantação de sistemas de produção sustentáveis e ao apoio aos municípios para recuperação de estradas, evitando a erosão e o conseqüente assoreamento dos córregos. Além disso, a relação entre agricultura e ambiente também está sendo tratada pelo Programa de Recuperação de Matas Ciliares da Secretaria do Meio Ambiente em parceria com a SAA.

5 - BARREIRAS EXISTENTES

Uma primeira barreira para a formulação de política estadual de zoneamento agrícola decorre da escala hoje empregada. No entanto, devido ao custo elevado e longa duração dos levantamentos pedológicos semidetalhados na escala 1:100.000, a realização de novos levantamentos nessa escala não permite gerar prontamente a informação necessária para zoneamentos das culturas bioenergéticas. No curto prazo, o mapa de solos já existente na escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999) poderá ser usado em uma primeira fase de um zoneamento em nível estadual. Fatores de solo importantes na avaliação da aptidão das culturas e no seu manejo, como textura do perfil, fertilidade natural em subsuperfície, ocorrência de solos rasos e presença de rochiosidade podem ser inferidos com precisão apenas moderada nesse trabalho. O zoneamento elaborado a partir do mapa 1:500.000 mostrará áreas com diferentes potenciais de clima e solo para as culturas bioenergéticas, ou seja, com diferentes aptidões edafoclimáticas. A partir desse zoneamento, áreas selecionadas que possuam elevado potencial, poderão ser estudadas em maior detalhe, em função de demandas mais localizadas. Esses estudos mais detalhados – na escala 1:250.000 ou 1:100.000, por exemplo, a depender do tamanho da área – poderão fornecer informações mais precisas sobre os solos, tais como espessura média do horizonte superficial mais arenoso e de camada com maior retenção hídrica situada em subsuperfície, níveis de fertilidade e profundidade média do solo, bem como fases de rochiosidade, dentre outras informações sobre propriedades dos solos importantes no manejo e, assim, no zoneamento dessas culturas.



A segunda se refere à falta de atualização das cartas elaboradas em 1974, principalmente, considerando-se os avanços ocorridos ao longo do tempo. A importância da reelaboração destes zoneamentos está em oferecer maior segurança nas tomadas de decisões dos agentes envolvidos nas cadeias de produção de culturas energéticas, isto é, produtores, seguradoras, cooperativas, usinas, entre outros, além de trazer novos horizontes para a própria pesquisa no estado.

Para implementação e elaboração do zoneamento agrícola, faz-se necessário a criação de uma base digital de dados básicos em um sistema de informações geográficas (SIG). Nesse contexto, o Instituto Agrônômico, dispõe de algumas informações necessárias, tais como: mapa pedológico digital do Estado de São Paulo e uma consistente rede de postos meteorológicos. A formação dessa base de dados dependerá, entretanto, da atualização de informações pedológicas, com informações consistentes das principais características físicas e químicas das unidades de mapeamento de solo, constituídas no mapa pedológico do Estado de São Paulo. A partir dessa atualização, um banco de dados relacional será elaborado, contemplando as propriedades químicas e físicas, primordiais para identificação e mapeamento dos ambientes de aptidão edáfica para cana-de-açúcar e outras culturas bioenergéticas. Informações sobre relevo, notadamente as classes de declividade, também serão implementadas no banco de dados digital e deverão ser obtidas a partir das bases topográficas digitais, geradas ou pelo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), ou pelo instrumento Aster.

O processamento integrado de dados pedológicos e topográficos resultará em algumas análises e classificações técnicas, como a classificação da capacidade de uso das terras, que estabelece classes homogêneas de terras baseadas no grau de limitação e subclasses, com base na natureza da limitação do uso. Essa análise deverá ser orientada especificamente para zoneamento das áreas aptas para expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Com relação às geotecnologias, para que tais sistemas sejam implementados e operacionalizados, são necessários estudos sobre seu emprego em várias escalas, e o seu grau de confiabilidade, além do desenvolvimento e operacionalização de sistemas de informações baseados em bancos de dados de imagens, associados a técnicas como inteligência artificial e mineração de dados, de forma a se explorar a evolução espaço-temporal, padrões e tendências.

6 - RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

De caráter geral, tem-se que os cenários de mudanças na ocupação do solo, de clima e de condições de riscos para o desenvolvimento agrícola devem ser incorporados como

instrumentos importantes para decisão das políticas públicas de apoio ao agronegócio.

6.1 - Ocupação do solo

Como observado nos resultados apresentados, a produção paulista de culturas energéticas continua crescendo. Para manter essa tendência, normas de sustentabilidade ambiental e social precisam ser levadas em consideração. Entre os produtores rurais a manutenção das APPs já é quase um consenso: não se cultiva na área ao redor dos espelhos d'água, sejam ele minas, córregos, rios ou reservatórios. Seria interessante que o projeto pudesse levantar a questão das áreas de Reserva Legal, com vistas a endossar seu estabelecimento em locais outros que não as áreas de maior potencial para a produção da cultura bioenergética na própria microbacia, se for o caso, ou na região em torno. Não custa lembrar que a área de Reserva Legal no Estado de São Paulo deveria ser de 4.343.657 hectares, equivalente a 20% dos 87,5 % da área territorial.

A bioenergia apresenta tanto oportunidades como riscos, assim as suas implicações para a segurança alimentar e o meio ambiente dependerão da escala e da velocidade de mudança, como do tipo de sistema que for considerado, da estrutura dos mercados de produtos e de energia, e das decisões em termos de políticas agrícolas, energéticas, ambientais e comerciais.

No setor de bioenergia, foram produzidas rápidas mudanças tecnológicas que implicam grandes dificuldades para prever seus impactos futuros.

Para reduzir os riscos na adoção de cultivos bioenergéticos sobre a segurança alimentar, a FAO (2007) consideram indispensável que um conjunto de políticas seja implementado:

- Políticas de desenvolvimento e ordenamento territorial;
- Políticas tecnológicas que explorem todas as possibilidades de matérias-primas da região;
- Políticas de regulamentação dos mercados de produtos e serviços que definam claramente o marco regulatório do uso de biocombustíveis, das normas de comércio, dos seus incentivos e impostos;
- Políticas de melhoramento das relações contratuais entre os diversos atores da cadeia produtiva e
- Políticas de estrutura de consumo dos combustíveis.

Além dos biocombustíveis, outras medidas políticas e sociais devem ser adotadas pelo Estado de São Paulo, de forma integrada, para reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência energética.





6.2 - Geotecnologias

Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto: Comportamento espectral de culturas bioenergéticas com diferentes sensores, em diferentes resoluções e escalas, associados ao rendimento: o trabalho de diferenciar, por imagens de satélites, cultivos bioenergéticos tipo soja, amendoim e girassol é bem mais complexo que a cultura da cana-de-açúcar, para a qual até já existe metodologia desenvolvida; Comparação de sensores de diferentes resoluções espaciais para mapeamento em nível de detalhe até regional/estadual das áreas plantadas; Técnicas de mapeamento digital automático ou semi-automático para geração de “máscaras” das áreas plantadas, baseadas no ciclo vegetativo e índices de vegetação; Análise da evolução espacial das áreas plantadas, associadas a índices de concordância e tabulação cruzada para análise de mudanças nas áreas plantadas; Monitoramento e análise espacial de erosões, sedimentações e outros problemas ambientais; Evolução das matas ciliares e das reservas legais.

6.3 - Sistemas de Informação

Desenvolvimento de sistemas de informações baseados em imagens e dados tabulares; Desenvolvimento de sistemas interativos que possibilitem extração/análise de dados (ex: perfis de índices de vegetação e dados agrometeorológicos), visando previsão de safras; Desenvolvimento de sistemas de informações associados a técnicas de inteligência artificial e mineração de dados, para auxiliar estimativas de área e produção.

6.4 - Clima e Solo

Manter bases de dados climáticos para constante atualização das cartas climáticas básicas, inclusive com dados de outros órgãos do Estado como o DAEE e federais como o INMET; Elaboração de mapas de análise de risco climático, considerando a probabilidade de ocorrência de secas (índice de precipitação padronizada - SPI; índice de severidade de seca de Palmer; índice de seca meteorológica - ISM; índice de seca - DI; índice de umidade de cultivo - CMI), chuvas e geadas; Ampliar a rede meteorológica automatizada, passando para no mínimo 160 estações automatizadas, com coleta on-line dos dados via WEB; Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e avaliação de riscos climáticos on-line, incorporando dados diários e horários das variáveis meteorológicas e prognósticos de produtividade e probabilidade de sucesso das culturas como cana de açúcar, mamona, girassol, amendoim e soja nos diferentes sistemas de produção; Aquisição de base de dados topográfica de maior consistência e precisão, para todo o território paulista; Obtenção de informações cartográficas sobre a localização e distribuição dos fragmentos florestais remanescentes e unidades de conservação; Implemen-



tação de um banco de dados pedológico consistente com informações detalhadas das principais unidades de mapeamento de solo do Estado; Desenvolvimento de um sistema de consulta via WEB, que integre todas as informações básicas de solo, clima, relevo e sócio-econômica, e de capacidade de uso das terras, com enfoque para cana-de-açúcar e outras culturas bioenergéticas. Propõe-se para tanto:

Levantamento de solos

Posto que o levantamento de solos do Estado de São Paulo na escala de 1:100.000 é barreira sobremaneira importante para os propósitos deste projeto, é apresentada a seguir uma proposta para tentar minimizá-la. A presente proposição, baseada na experiência adquirida pela equipe nos levantamentos pedológicos de quadrículas na escala 1:100.000 do Estado de São Paulo, prevê o levantamento de mais 36 quadrículas na mesma escala situadas na Depressão Periférica e Planalto Ocidental, em regiões intensamente ocupadas com agricultura e pecuária produzindo, em seis anos, 36 mapas pedológicos de uma área de aproximadamente 102.600km², ou seja, 48% da área do Estado de São Paulo ainda não mapeada em escala 1:100.000, e representando grande parte da área agricultável do Estado.

Para a viabilização desses levantamentos é necessário montar uma infra-estrutura de suporte - pessoal executivo e de apoio, veículos e equipamentos de informática e de campo - e o provimento de recursos para pagamento de salários, diárias, material de consumo de laboratório e para serviços de publicação dos mapas e boletins, além de recursos para análises laboratoriais.

A estratégia delineada para a elaboração dos levantamentos de solos tem por base a formação de seis equipes de levantamento de solos atuando simultaneamente em diferentes regiões do Estado de São Paulo. Cada equipe será composta por um pedólogo e por um auxiliar técnico de campo. Essas equipes ficarão baseadas em locais com infra-estrutura para abrigar a equipe e permitir o preparo e avaliações preliminares de amostras colhida no campo, sugerindo-se as Estações Experimentais da APTA e serão responsáveis pelo levantamento de quadrículas sob influência desta cidade-base. Os trabalhos de cada equipe serão coordenados/supervisionados por um pesquisador pedólogo, de maneira que cada um desses pesquisadores coordenará duas equipes. Dessa maneira formar-se-ão seis equipes, sob a coordenação de três pesquisadores (um para cada duas equipes). Serão contratados serviços de consultoria para treinamento das equipes e controle de qualidade dos levantamentos de solos.

Às equipes de levantamento pedológico caberá a execução dos trabalhos de campo e de escritório para levantamento e mapeamento pedológico e para redação do bole-



tim técnico dos levantamentos. Aos pesquisadores coordenadores e aos consultores caberá (1) treinar as equipes de levantamento nas atividades de fotointerpretação pedológica, identificação e classificação dos solos no campo e cartografia temática; (2) supervisionar o estabelecimento da legenda preliminar e a cartografia final; (3) desenvolvimento de atividades de correlação de solos com e entre as equipes de mapeamento; (4) orientação, fiscalização e controle de qualidade dos trabalhos de levantamento, das atividades de análise em laboratório e dos mapas e boletins técnicos produzidos; e (5) redação final boletins técnicos e do boletim de solos do Estado de São Paulo. Ao pessoal de apoio de escritório na sede caberá o manuseio e manutenção do banco de dados de solos e a execução da cartografia digital.

Os mapas e dados estarão disponíveis para esse projeto e para outros estudos em que há forte demanda por mapas de solos e que não vem sendo realizados por falta de informações em escala adequada, como mapas de riscos ambientais referentes a diferentes fatores ou mapa de aptidões específicas para uso adequado do solo seja para proteção de mananciais e aquíferos, seja para finalidades diversas do uso do solo (irrigação, aterros, disposição de resíduos etc.).

Um dos resultados do projeto proposto é um levantamento detalhado do meio físico que deve ser utilizado por muitos outros programas do Governo do Estado e/ou políticas públicas especialmente os voltados à preservação ambiental, como os programas de recomposição de matas ciliares e de recuperação da biodiversidade no Estado de São Paulo.

Zoneamento edafo-climático

Para uma produção adequada de alimentos e garantir sua sobrevivência a espécie humana observou ao longo do tempo que o efeito das variáveis meteorológicas deve ser conscientemente avaliado e diagnosticado, para atender às necessidades de uma população crescendo dinamicamente e afetando o ambiente negativamente.

Até recentemente a observação, coleta e registro dos dados meteorológicos eram feitos manualmente, sendo trabalhosa, difícil, e muitas vezes direcionada a propósitos específicos, não sendo possível utilizá-los nos processos de prognóstico climático e utilizado por outras ciências como: Agrometeorologia, Recursos Hídricos, Biologia.

Tem crescido em todas as partes do globo a necessidade para obtenção e transferência de dados meteorológicos em tempo real para dar suporte às diversas atividades de pesquisa como: agricultura, recursos hídricos, construção civil, pesquisa e desenvolvimento, monitoramento ambiental, biologia. Por outro lado tem crescido substancialmente também a preocupação com as adversidades e os impactos dos desastres naturais, sendo que a maioria destes fenômenos ou seja 70% ou mais estão relacionados ao clima.



Os recentes cenários estabelecidos pelo IPCC, descrevem um aumento global acentuado da temperatura do globo, o que leva a acréscimo de eventos meteorológicos específicos extremos como: seca, inundação, geada, furacões. Desta maneira, a sociedade tem de se adaptar e desenvolver metodologias e estratégias para sobrepor a estas adversidades climáticas, meteorológicas, e agrônômicas, de modo a reduzir os impactos negativos destas anomalias e os seus efeitos na sociedade.

Considerando-se que 70% ou mais destes extremos e adversidades são diretamente relacionadas aos aspectos meteorológicos, para estabelecer as estratégias e medidas pró-ativas eficientes e efetivas o monitoramento das variáveis meteorológicas deve ser contínua, prática e ágil. De acordo com as normas e critérios estabelecidos pela Organização Meteorológica Mundial, para atender as demandas impostas por uma sociedade mais exigente e sujeita às adversidades mais freqüentes um melhor sistema ou rede de coleta e transferência dos dados e produtos são necessários para acompanhar e diagnosticar os elementos meteorológicos e os seus impactos sobre a sociedade.

Com o avanço das tecnologias no desenvolvimento de sensores e sistema de aquisição de dados o monitoramento das variáveis ambientais tem alcançado um elevado grau de qualidade e confiança. Isto tem levado a criação e instalação de redes de estações meteorológicas automáticas em diversos países, para suprir e adequar às necessidades de geração de tecnologias e conhecimentos científicos.

A área agrícola em termos sócio-econômicos, é sem dúvida a parcela das mais beneficiadas com o incremento de uma política de desenvolvimento meteorológico no país. Independentemente de sua forte contribuição para o produto interno bruto do país e de sua alta taxa de captação de recursos devido à exportação, a atividade agro-silvopastoril pode ser uma causa direta da diminuição das diferenças sociais e da eliminação da pobreza absoluta.

A modernização desse setor através de técnicas agrônômicas que envolvam a meteorologia é um dos fatores básicos para o setor do agronegócio, no conceito moderno de alimento da produtividade.

O aprimoramento da infraestrutura meteorológica observacional, com alta qualidade e interligação com os vários agentes científicos e operacionais do Estado de São Paulo, permitirá aos usuários condições mais apropriada para geração de novos conhecimentos e tecnologias que no final irá proporcionar melhores condições de vida à população, assim como suporte a políticas públicas para produção de alimentos, bioenergia e suporte a mitigação de desastres naturais.

Os vários Institutos de Pesquisa, Universidades entre outros terão acesso a dados e informações de alto valor científico para o desenvolvimento de pesquisas meteorológi-



cas, hidrológicas e agrícolas, de modo a promover ainda mais a vanguarda científica do Estado de São Paulo. Esse sistema permitirá o desenvolvimento de pesquisas na fronteira do conhecimento, bem como a formação de recursos humanos qualificados para continuarem seu aprimoramento.

Considerando que os produtores venham a executar operações agrícolas de acordo com a orientação proveniente dos Institutos de Pesquisa em agrometeorologia, meteorologia e hidrologia, pode-se economizar anualmente cerca de 42 milhões de reais somente no tratamento fitoquímico da cana-de-açúcar, 23 milhões com a viticultura, 24 milhões com a cafeicultura ou deixar de consumir desnecessariamente, em irrigação por dia, a água equivale à uma cidade de 3.000.000 de habitantes. Deve se levar em conta ainda, a melhoria ao meio ambiente devido ao menor uso de defensivos agrícolas. Um incremento no valor global das atividades agrícolas depende consequentemente de orientações adequadas sobre o efeito das oscilações meteorológicas e climáticas na agricultura de modo a reduzir os riscos contra fenômenos extremos.

A agricultura paulista apesar de todo o seu desenvolvimento e tecnologia é frequentemente castigada por adversidades climáticas como geadas, granizo, secas, veranicos ou mesmo excesso de chuvas. As pragas e doenças advindas de um clima úmido e quente requerem aplicações freqüentes de agrotóxicos, que prejudicam a saúde da população e causam poluição ao meio ambiente elevando além disto os custos da produção de alimentos, especialmente se aplicados de forma indiscriminada.

O atual nível empresarial e a organização dos agricultores em entidades de classe como associações e cooperativas evidenciam a existência de clientela e interesse potencial no uso de informes agrometeorológicos que auxiliam a racionalizar as tomadas de decisão no dia-a-dia da empresa agrícola, reduzindo o número de irrigações ou de aplicações de defensivos, entre outras operações.

No presente estágio de desenvolvimento da agrometeorologia, climatologia, e mesmo da meteorologia em geral, continua se notando pouca relação de causa e efeito entre as conquistas obtidas através das pesquisas nos Institutos e Universidades e as necessidades dos usuários potenciais nas mais variadas áreas de aplicação. Há necessidade de se operacionalizar a meteorologia em especial as suas aplicações agrícolas que são dependentes do conhecimento e de uma previsão confiável do clima ou da avaliação pós-facto dos eventos meteorológicos.

São plausíveis de se beneficiarem de um sistema de repasse de informações agrometeorológicas, todas as atividades agropecuárias do Estado de São Paulo e mesmo Brasil e em especial as seguintes:

- orientação das atividades agropecuárias e planejamento agrícola;



- regionalização agroclimática e potencialidade de produção das diferentes culturas em função das necessidades hídricas e térmicas; em especial culturas energéticas e de produção de insumos básicos;
- probabilidade de atendimento hídrico das culturas;
- calendário agrícola e planejamento do plantio e colheita;
- monitoramento de seca;
- estresses ambientais e seqüestro de CO₂;
- manejo de água de irrigação;
- riscos de geada;
- monitoramento agrometeorológico das culturas do cafeeiro, e da cana-de-açúcar.

O Estado de São Paulo possui uma densa rede de postos pluviométricos e uma razoável rede de postos meteorológicos. De modo geral, a qualidade dos dados existentes é boa mas, em muitos casos, não atende as especificações necessárias devido principalmente ao método antiquado de observação. A falha mais comum é devida ao método tradicional de leitura e à forma de transmissão, ainda através de telefones, fax ou correio. Isto está sendo solucionado pela automatização da rede meteorológica de superfície.

O uso direto da informação agrometeorológica na agricultura é muito recente no Brasil e o Estado de São Paulo vem desenvolvendo desde 1989, atividades neste sentido através do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) do IAC que busca transferir ao setor agrícola informações sobre as condições de tempo, disponibilidade de água no solo, probabilidade de ocorrência de doenças, granizo, seca, e o efeito dessas anomalias sobre os vegetais e como as tomadas de decisão podem ser melhor elaboradas em função dos boletins agrometeorológicos.

A automação de uma Estação Meteorológica e o monitoramento contínuo de uma rede meteorológica básica de superfície e a transferência imediata dos dados meteorológicos trará enormes subsídios e suportes para as atividades de Ensino e Pesquisa, que envolvem os Institutos de Pesquisa e as Universidades Paulistas.

Desta maneira, uma análise das Estações Meteorológicas Automáticas existentes no Estado, indica o total de: 93 (noventa e três) sob coordenação do IAC/APTA/SAA; cerca de 12 pela UNESP, 19 pelo INMET 6 pelo INPE e cerca de 12 de entidades privadas. A isto deve-se incluir a rede termopluiométrica da SAA/IAC-CATI, DAEE e outros órgãos que totalizam uma densidade de mais de 450 pontos de dados de no mínimo temperatura e chuva.

As EMAs implantadas até o presente momento são todas baseadas no Sistema Campbell com os acessórios e complementos compatíveis e disponibilizados pela Campbell Scientific - USA, com Data Loggers - CR-10 ou CR-10X .

O rápido desenvolvimento das estações meteorológicas automáticas com capacida-



de de operação remota, por telefone, rádio, satélite, permite estabelecer redes de operação, com acesso on-line, e coleta de informações meteorológicas e possibilidade de tomadas de decisão inerentes aos processos envolvidos imediatamente. Workshop realizado em 2000 sobre o aspecto acima, determinou as diretrizes e estratégias para implantação, gerenciamento e utilização de uma rede de estações meteorológicas automáticas.

De acordo com Brown e Hubbard (2000), Estações Meteorológicas Automáticas tornaram-se comuns nos Estados Unidos, e ao longo dos 25 anos de aprendizagem, muito se aprendeu e melhorou nas Estações Meteorológicas Automáticas e Redes de Observação de Superfície para os diferentes propósitos: agricultura, meio ambiente, recursos hídricos, previsão do tempo, entre várias outras.

Brown e Hubbard (2000) descrevem os aspectos básicos necessários para implantação de uma rede que de uma maneira geral os mais importantes são os seguintes:

- Bom Planejamento no que se refere a definição dos objetivos e dos produtos a serem derivados;
- Educar os superiores - demonstrar aos superiores a importância, e a demanda imposta pelas atividades o retorno social e os custos necessários;
- Densidade de EMA e Recursos Financeiros.

A densidade de EMA em uma rede esta diretamente relacionada aos seus objetivos, motivo pelo qual o planejamento inicial é imprescindível. Além do que a superposição de diferentes usos e finalidades implica numa melhor definição de sensores. Desta maneira os sensores e sistemas de aquisição de dados precisam ser eficazes, compatíveis e de amplo domínio. Quanto aos recursos financeiros para manutenção e operação do sistema ou da rede, é uma tarefa difícil e não existe uma regra única e adaptável a qualquer país. Por outro lado a representatividade, distribuição espacial e qualidade das medidas são altamente necessárias.

Por outro lado, a crescente demanda por EMA, nas diversas atividades, e os produtos a serem gerados levam à imposição de diversos desafios, os quais podem ser memorizados como:

1. evitar redundância de informações;
2. integrar estações experimentais agrícolas e produtos de sensoriamento remoto;
3. conhecer ou detectar as mudanças de demanda da sociedade e melhorar a qualidade dos dados e das informações;
4. integrar as diferentes EMA em uma rede acessível e melhorar a performance das existentes e unificar tipos de sensores e sistemas de aquisição de dados.

Marachi; Sabatini; Sivakumar (2001) descrevem o papel de EMA em países em desenvolvimento e alguns dos principais pontos de estrangulamento são:



- não existência de programas de formação de recursos humanos para atender esta demanda;
- recursos financeiros insuficientes;
- mal uso e planejamento inadequado das EMAs e das redes.

Por outro lado, demonstram ser o uso das EMAs uma ferramenta apropriada no estabelecimento de novas tecnologias e pesquisas básicas e aplicadas.

A rede de EMAS e sua modernização

- Densidade atual

Observa-se uma alta densidade nas áreas de maior atuação do CIAGRO-IAC-FEHIDRO, sendo que o uso primordial das informações meteorológicas é para suporte às atividades agrícolas e preservação dos recursos hídricos no que se refere ao aconselhamento agrometeorológico, monitoramento e avaliação do impacto das adversidades meteorológicas sobre as atividades agropecuárias.

A base atual da rede de estações meteorológicas permite desenvolver e adaptar tecnologia com a geração duas vezes por semana de informes agrometeorológicos. Além disto vários projetos de pesquisa têm sido desenvolvidos com base na rede atual, cujas linhas de pesquisa são:

- Estimativa da Produtividade da cultura do cafeeiro;
- Modelagem da Produtividade da cultura da soja;
- Epidemiologia da cultura da videira;
- Parâmetros meteorológicos e o desenvolvimento de doenças do amendoim;
- Monitoramento Agrometeorológico da cultura da cana-de-açúcar;
- Balanço Hídrico e demanda da irrigação;
- Índices de Seca e Estiagem ;
- Estresses Térmicos - Geadas;
- Monitoramento Edafoclimático de cultura do cafeeiro;
- Agricultura de Precisão
- Manejo de Irrigação
- Simulação da Irrigação Suplementar às Culturas
- Avaliação do comportamento fisiológico do cafeeiro e do citrus em diferentes ambientes;
- Zoneamento e avaliação dos riscos climáticos sobre culturas agrícolas;
- Impactos ambientais e alterações microclimáticas;
- Modelagem do fluxo de vapor gases e calor sensível em comunidades vegetais.

Estas linhas de pesquisa em desenvolvimento no âmbito da Secretaria da Agricultura e Abastecimento por meio do Instituto Agrônomo e no âmbito da Unicamp e da UNESP têm



gerado conhecimentos e tecnologias que são utilizadas, adaptadas e transferidos ao setor público, privado, nas áreas de ensino, pesquisa e formação de recursos humanos, previsão do tempo, manejo de recursos hídricos, preservação de mananciais, entre várias outras.

O estado atual dos conhecimentos e tecnologias adquiridos indica necessidade da modernização desta infraestrutura existente para atender (to cope) com as demandas existentes nos aspectos de geração de tecnologias, reduzir o impacto das adversidades meteorológicas, desenvolvimento de novas linhas de pesquisa, e formação de recursos humanos.

Da nova rede observacional

Atendendo às demandas de inovação tecnológica, geração de conhecimento e formação de recursos humanos, é feita a proposta para modernização e ampliação da rede de EMAs.

A densidade de EMA proposta baseia-se também em procedimentos padrões da Organização Meteorológica Mundial (WORLD, 2001). Observa-se por exemplo que o Sistema estabelecido na Dakota do Sul engloba 49 EMAs, e o pelo High Plain Climate Center 148, e a Oklahoma Meronete 120 EMAs também

A proposta deve prever prevê a modernização das 30 das 84 EMAs existentes e uma ampliação de mais 60 EMAs, junto à Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Desta maneira, o AWS network será composto de 144 EMAs, sob coordenação da SAA/APTA/IAC-CIIAGRO sendo que outras das diferentes instituições serão agregadas perfazendo um total de 193 EMAs. A precisão dos sensores estabelecida (HUBBARD; SIVAKUMAR, 2001) e GTM (1995):

Comunicação com a rede de EMAS

O processo de comunicação com a rede de EMAs é talvez o mais sério e criterioso node um serviço de monitoramento adequado, confiável e com credibilidade. Além do que muitos dos processos para alertas à sociedade de adversidades e processos de mitigação envolvidos dependem da rapidez na coleta dos dados meteorológicos.

Obviamente as duas operações custo e qualidade de coleta são antagônicas, porém um equilíbrio deve existir entre estes dois fatores de modo a compatibilizar as informações e a transferência dos dados e as aplicações inerentes.

Enquanto para agricultura e áreas correlatas a coleta dos dados meteorológicos uma vez por dia é suficiente, visto que os fenômenos envolvidos e as flutuações são mais passivas (BRUNINI, 1992; e BRUNINI; ZULLO; BARBANO, 1999) a não ser em caso de extremos como geada.

Por outro lado, para a defesa civil, em fenômenos como vendavais, furacões, en-



chentes a velocidade da transferência e coleta, é extremamente crítica para que os Órgãos Governamentais possam traçar os planos necessários, necessitando em muitos aspectos conexão on-line.

Já para aspectos de previsão do tempo, existem exemplos de coleta a cada hora (High Plains Climate Center - Nebraska - USA) ou a cada 15 minutos (Oklahoma Mesonet - USA) embora neste último a avaliação de impactos de tornados é fator primordial.

Atualmente a rede operada pelo IAC - (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) permite acesso direto via modem telefônico de todas as EMAs que pertencem à Rede Observacional.

De acordo com Grant e Toby (2000) o rápido avanço dos tipos de comunicações telefônicas (celulares, satélites) permitem que a comunicação às EMAs seja feito mesmo em áreas remotas ou de difícil acesso. Deve-se ressaltar que há uma limitação técnica quanto à quantidade de dados transferidos via Satélite, com um máximo de 8 informações no total, o que pode limitar o uso integral das informações geradas na Rede de EMAs.

Grant e Toby (2000) descrevem as diferentes vantagens do uso de telefone celular na comunicação com AWS Network ressaltando a rede de comunicações utilizadas em Indiana. Por outro lado, Brown; Machibya; Russel (2000) demonstram a facilidade do uso de telefones celulares na comunicação com AWS Network.

Vários outros sistemas de comunicação podem ser utilizados (Internet, Meteorburst, Global Star, etc) porém o rápido avanço dos sistemas de telecomunicações permite antever melhorias sensíveis neste processo de comunicações com as EMAs, e embora um sistema seja o melhor atualmente, com certeza haverá outros em um futuro próximo, e o planejamento das EMAs a serem instaladas deve permitir estas futuras mudanças.

A proposta ora discutida prevê a comunicação com as EMAs pelos seguintes processos:

- linha telefônica via celular-WEB

estas 2 conexões, ou sistemas de comunicação serão incorporados a todas as 193 EMAs da rede observacional.

- Pesquisa agrícola, hidrológica, ambiental e a infraestrutura

Os componentes de pesquisa associados à modernização e ampliação da infraestrutura básica compõem o projeto "Sistema de Previsão Monitoramento e Alerta Agrometeorológico para o Estado de São Paulo" com ênfase na Qualidade Ambiental".

Como descrito anteriormente há uma crescente demanda para obtenção de variáveis meteorológicas em tempo real para suporte às mais diversas atividades.

Contudo uma rede observacional somente terá pleno sucesso e os resultados apli-



cativos validos se as informações geradas e tecnologias desenvolvidas e transferidas à sociedade basearem-se nos resultados de pesquisas.

O aspecto de implantação de uma rede observacional e as implicações e seus usos sempre foram objeto de discussão em todas partes do globo. Este aspecto também desde há muito vem sendo discutido no Brasil. Santos (1966) discute os vários tipos de estações e redes de superfície existentes no Brasil em função da sua finalidade, propondo ações a serem implantadas em nível Federal ou Estadual.

Com vistas à aplicação da meteorologia e agrometeorologia, os recentes encontros e workshops promovidos pela OMM têm enfatizado vários aspectos.

O workshop "Agrometeorologia no Século 21 - Necessidades e Perspectivas" - realizado em Ancora Gana - de 15 a 17 de fevereiro de 2001, e os últimos dois Congressos da Organização Meteorológica Mundial (Lublina - e Nova Delhi) demonstra a importância e interação entre os parâmetros meteorológicos, e a agrometeorologia nos diversos campos de conhecimento, ressaltando a necessidade de redes observacionais como suporte constante no desenvolvimento de pesquisas, sistemas operativos e formação de recursos humanos.

Perarnaud et al. (2001) descrevem as interações entre variáveis meteorológicas, condições climáticas e produção agrícola. Neste trabalho os autores descrevem desde o aspecto do estabelecimento da rede básica, o desenvolvimento e geração de tecnologias e conhecimentos, e a transferência aos agricultores. Neste aspecto descrevem ainda, os vários tipos de culturas e sistemas de cultivo, avaliando as possíveis mudanças climáticas previstas pelo IPCC, e os diferentes cenários dos modelos de circulação global.

A integração de estudos e aconselhamento agrometeorológico baseado em dados de rede de EMAs tem sido atualmente implementada com relação ao desenvolvimento vegetal (BRUNINI; SANTOS; PINTO, 1997; MARACHI et al., 2001), evapotranspiração, coeficientes de cultura, umidade do solo (SNIDER, 2001; MAHMOOD; HUBBARD; HON, 2001). Hubbard (2001), descreve a importância dos Centros Climáticos Regionais e a necessidade de melhorar os serviços climáticos para os diferentes setores da nação: economia, social, saúde, agricultura.

Tendo em vista estes aspectos o Sistema de Previsão, Monitoramento e Alerta Agrometeorológico para o Estado de São Paulo, foi idealizado para dar suporte e geração de pesquisas e tecnologias nas seguintes áreas:

- Previsão de Safra
- Incêndio Florestal
- Epidemiologia
- Desenvolvimento de Pragas
- Produtividade - Modelagem e Ecofisiologia de cultivos



- Sensoriamento e Estiagem
- Seca Agronômica e Meteorológica
- Geadas
- Necessidade de Água pelas Culturas e Evapotranspiração
- Manejo de Irrigação
- Calendário Agrícola
- Manejo do Solo e Práticas Agrícolas
- Balanço Hídrico e Umidade do Solo
- Fluxo de Gases e Vapor em Comunidades Vegetais
- Sequestro de CO₂ e estresses ambientais
- Alterações Microclimáticas, mudanças climáticas e Agricultura Sustentável
- Conforto Térmico Animal
- Zoneamento Agrícola
- Mitigação de Desastres Naturais

LITERATURA CITADA

BERTOLANI, F. et al. **Levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo**. Memorial descritivo e mapa 1:100.000. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. (Série Pesquisa APTA, Boletim científico, 1).

BROWN, P. W.; HUBBARD, K. Lessons from the north america experience with automated weather stations. In: HUBBARD, K.; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Automated weather stations for management**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2000. p. 21-28.

_____; MACHIBYA, T.; RUSSEL, B. T. Automated weather stations for applications in agriculture and water resources management. In: HUBBARD, K.; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Automated weather stations for management**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2000. p. 49-54.

BRUNINI, O. **Uso das informações agrometeorológicas e manejo de estação meteorológica automática**. Ribeirão Preto (SP): Technical Course, 1992. p. 22-24. Mimeografado.

_____; PINTO, H. S. Sistema de aconselhamento agrometeorológico. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBBiomet, 1998. p. 15-37.

_____; SANTOS, J. M.; PINTO, H. S. Viabilidade técnica e performance de uma estação meteorológica automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., [s.d.], Piracicaba (SP). **Anais...** Piracicaba: [s.l.], [s.d.]. p. 249-253.

_____; ZULLO, J.; BARBANO, M. Probabilidade de cultivo da cultura do milho safrinha no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO DA CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos (SP). **Anais...** Barretos: IAC, 1999, p. 7-13.

CAMARGO, A. M. M. P. de. **Substituição regional entre as principais atividades agrícolas no Estado de São Paulo**. 236 p. 1983. Tese (Mestrado)-Escola de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

_____ et al. **Probabilidade de ocorrência de geada no Estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul**. Campinas: Instituto Agronômico, 1990. (Boletim técnico IAC, 136).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES - FAO. Disponível em:



<<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/pdf/bioenergiapor.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2007.

GRANT, R. H.; TOBY, D. Cellular communications for automated weather stations. In: HUBBARD, K.; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Automated weather stations for management**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2000. p. 41-48.

GTM. **Trabalho misto de Meteorologia: MCT**. 1995. 17 p. (Relatório Grupo). Mimeografado.

HUBBARD, K. G. Stations density and areal coverage networks. In: _____. **Proceedings: automated weather stations**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2001. p. 87-92.

_____; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Automated weather stations for applications in agriculture and water resources management: current use and future perspectives**. Lincoln, Nebraska, United States of America, 2000.

IGREJA, A. C. M. **O uso da terra para finalidades agrícolas no Brasil no período recente**. 201 p. 2000. Tese (Doutorado)-Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), 2000.

MAHMOOD, R.; HUBBARD, K. G. e HON, Q. Soil moisture monitoring and modeling in the great plains. In: HUBBARD, K. G.; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Proceedings: automated weather stations**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2001. p. 163-172.

MARACHI, G. et al. Cropping season by meteorological and satellite data: an application in Niger. In: HUBBARD, K. G.; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Proceedings: automated weather stations**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2001. pg. 139-148.

_____. ; SABATINI, F. e SIVAKUMAR, M.K. The role of automated weather stations in developing countries. In: HUBBARD, K. G.; SIVAKUMAR, M. V. K. (Ed.). **Automated weather stations for applications in agriculture and water resources management: current use and future perspectives**. Lincoln, Nebraska, United States of America, 2001. p. 29-40.

OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo e Embrapa Solos, 1999. (Mapa 1:500.000 e legenda expandida).

OLIVETTE, M. P. A.; CAMARGO, A. M. M. P. de. Evolução da composição agrícola no Brasil e principais regiões produtoras. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 39, t. 1, p. 155-177, 1992.

PERARNAUD, V. et al. **Report of the CagM Working Group on weather and climate related to agricultural production**. [s.l.]: WMO/TD. 2001. 113 p. (CagM Report , n. 87).

ROLIM, G. S. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 2, 2007. (No prelo).

SANTOS, J. M. dos. **Estudos sobre a rede básica de superfície no Brasil**. Rio de Janeiro: M.A. 1966. 34 p. (Boletim Técnico).

SÃO PAULO (ESTADO). **Atlas do Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1974. v. 1.

_____. **Atlas do Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1977. v. 2.

SNIDER, R. L. **Reference evapotranspiration and crop coefficients**. Lincoln, Nebraska, United States of America. 2001. p. 149-162.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance laboratory of climatology**. Lincoln, Nebraska: Centeron, 1955.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **CagM**. Geneva, May 2001. 173 p. (Report).

Recebido em 06/01/2009.

Liberado para publicação em 09/01/2009.