
Uma revisão bibliográfica dos modelos agrometeorológicos

Paulo Cesar Tavares Souza (Mestre)

Curso de Matemática – Universidade Federal do Paraná

Volmir Eugênio Wilhelm (Doutor)

Curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

Resumo

Com o advento de novas tecnologias, tem-se observado uma profissionalização cada vez maior no setor agropecuário. Neste contexto, o processo de gerenciamento da produção, com maiores informações possibilitam o crescimento da produção a partir de melhorias no processo produtivo baseadas no gerenciamento de informações. Neste trabalho, apresentamos uma revisão bibliográfica dos Modelos Agrometeorológicos, que avaliam a produtividade do agronegócio considerando variáveis como o clima e os índices de precipitação pluviométrica, variáveis estas que são limitadas e incontroláveis. Iniciamos este trabalho apresentando conceitos elementares de Produtividade e de Eficiência Técnica. Na seqüência, são apresentados os modelos Agrometeorológicos, bem como a necessidade que se tem na utilização destas variáveis no desempenho dos produtores rurais. Assim, neste trabalho de revisão bibliográfica, pretendemos ilustrar alguns dos conceitos utilizados no setor rural na avaliação da produtividade e da eficiência técnica relativa de um conjunto de produtores.

Palavras-chave: eficiência técnica; agrometeorologia; DEA.

Abstract

Along with new technologies, one has observed a higher and higher professionalization in the agropecuary sector. In this context, the production managing process, with more information, makes production growth possible from production process enhancement based on information management. In this paper we present a bibliographical review of agrometeorological models which evaluate the productiveness of agrobusiness considering variables such as climate and rain indexes, which are limited and uncontrollable variables. One starts this work by presenting elementary concepts of Productivity and Technical Efficiency. Afterwards the Agrometeorological models are presented, as well as the needs one has in using these variables to measure rural producers' performances. Thus, in this bibliographical review work, we intend to show some of the concepts used in the rural sector to evaluate relative productiveness and technical efficiency of a set of producers.

Key words: technical efficiency; productiveness; agrometeorological

Introdução

No mercado competitivo que existe nos dias atuais, a preocupação com a eficiência produtiva esta cada vez mais presente. Podemos dizer que o principal objetivo de uma unidade de produção é produzir de modo eficiente, obtendo os resultados cada vez mais eficientes, por meio de uma utilização adequada dos recursos disponíveis.

A agropecuária brasileira tem apresentado um crescimento em função de ganhos de produtividade, porém este crescimento não tem sido uniforme, em função dos desníveis tecnológicos encontrado entre os produtores brasileiros. Segundo Homem de Mello (1988), tem sido constatado que, setorialmente, os produtos exportáveis crescem a taxas maiores do que os produtos de mercado interno. Isto pode ser explicado pela maior tecnologia aplicada no setor de exportação.

2 O conceito de produtividade

A produtividade de uma empresa, unidade organizacional ou unidade tomadora de decisão, pode ser definida como a relação entre os produtos gerados (*outputs*) e os insumos ou recursos (*inputs*) utilizados para produção destes produtos.

Desta forma, a fronteira de produção (ou função de produção ou tecnologia) pode ser definida como, a máxima quantidade de produtos que podem ser obtidos dados os insumos utilizados (Souza, 2002).

O termo produtividade refere-se genericamente à relação produto-insumo de um processo de produção considerado, sendo que uma medida de produtividade deve incorporar os efeitos da tecnologia e da eficiência. Os diferenciais de produtividade derivam das diferenças na tecnologia de produção, das diferenças de eficiência do processo produtivo e das diferenças de ambiente onde ocorrem os processos produtivos.

A eficiência produtiva de um sistema de produção pode ser definida como o quociente entre relação produção-consumo observada e a relação produção-consumo ótima. Quando este ótimo refere-se ao conjunto de possibilidades de produção, a eficiência é técnica e diz respeito às relações físicas entre produtos e insumos. Podemos então definir a eficiência técnica como a habilidade de uma empresa produzir o máximo produto para um dado conjunto de insumos e tecnologia.

Ao considerar a eficiência técnica, o ótimo é um conceito teórico de função de produção que define a produção máxima possível para um conjunto de insumos consumidos, ou então ao conceito de isoquanta que define os pontos geométricos que

permitem o consumo mínimo de insumos para um dado nível de produção. De maneira geral, a eficiência técnica, conhecido um nível de consumo de insumos, pode ser entendida como a relação produção observada e a produção máxima observada. Assim, uma função de produção pode ser teórica, quando especificada pela engenharia, ou empírica, quando baseada nas melhores práticas observadas.

Segundo Toresan (1998), as contribuições pioneiras para a análise empírica da eficiência técnica de um conjunto de unidades de produção datam da década de 50, com trabalhos de Debreu, Koopmans, Shephard e Farrel. Koopmans (1951) estabelece o conceito básico de eficiência técnica na produção quando são envolvidos múltiplos insumos e múltiplos produtos. Para Koopmans, uma unidade de produção é tecnicamente eficiente se um acréscimo em qualquer produto requer uma redução em pelo menos outro produto ou um acréscimo em pelo menos um insumo; ou então, uma redução em qualquer insumo requer um acréscimo em pelo menos outro insumo ou uma redução em pelo menos em um produto. Este conceito equivale ao ótimo de Pareto. Deste modo, uma unidade é tecnicamente ineficiente se for possível produzir os mesmos produtos reduzindo pelo menos um dos insumos ou se for possível usar os mesmos insumos para produzir mais de pelo menos um dos produtos.

O conceito mais importante na análise da eficiência técnica é o de função de produção, que estabelece a relação máxima entre produtos e insumos para um determinado conjunto de possibilidades de produção. Este conjunto de possibilidades de produção, definido pela tecnologia, estabelece para cada plano de produção as relações de transformações ou combinações viáveis produtos-insumos. Uma função de produção ou fronteira de produção define o subconjunto eficiente de possibilidades de produção.

Esta fronteira empírica de produção corresponde a uma linha envoltória que contém o conjunto de possibilidades de produção para um dado nível de utilização de insumos. Um plano de produção que se encontra na fronteira é dito eficiente, enquanto os demais que se encontra em seu interior pertencem ao subconjunto ineficiente.

Farrel (1957) estima a função de produção a partir de observações de insumos e produtos de um grupo de unidades de produção, representando-a por uma isoquanta, onde cada observação é representada ponto, que é a combinação produto-insumo observada. O conjunto de unidades eficientes define as facetas que compõem o hiperplano que define a isoquanta ou fronteira eficiente. O grau de ineficiência das unidades de produção é dado pela distancia de cada ponto em relação à fronteira eficiente construída a partir das

observações empíricas.

O delineamento da fronteira de produção depende da tecnologia considerada; portanto, a distância entre a fronteira e cada unidade, que caracteriza a eficiência relativa, depende das propriedades da tecnologia. Deste modo, a eficiência técnica é definida em relação a um conjunto de unidades de produção, medida de forma empírica, relativa a um conjunto de fatores, insumos e produtos, e qualquer mudança nas especificações afeta a medida.

Na seqüência deste trabalho, apresentamos uma revisão bibliográfica, onde apresentamos alguns modelos Agrometeorológicos, pesquisados na literatura.

3 A climatologia no setor agropecuário

Os níveis de temperatura e de precipitação pluviométrica são dois dos principais fatores que influenciam no desenvolvimento da agropecuária. Por volta de 1735, *Reaumur*, na França, realizou os primeiros estudos que relacionavam a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal, quando foi observado que o somatório da temperatura era praticamente constante durante o ciclo de desenvolvimento de várias espécies em diferentes anos (Pereira et al., 2002).

Deste modo, foi desenvolvido o conceito de Graus-dia, que se baseia no fato de que existem duas

temperaturas base, uma mínima e outra máxima, entre as quais a planta tem pleno desenvolvimento. Fora desse intervalo, ou a planta não se desenvolve ou o faz em taxas muito reduzidas (Pereira et al., 2002). Assim, a temperatura pode ser considerada como um importante fator de controle no desenvolvimento vegetal e com grande influência na sua distribuição geográfica. Calve et al (2005) descreve que a teoria dos graus-dia pode ser utilizada, na estimativa dos ciclos das culturas, previsão de data de colheita e, principalmente, no zoneamento agrícola, fazendo com que este último deixe de ser estático e passe a ser dinâmico.

Têm se observado constantemente nos meios de comunicação, as consequências de situações meteorológicas adversas, que levam constantemente a graves impactos ambientais e sociais, acarretando prejuízos econômicos significativos que podem ser difíceis de serem quantificados. As variações climáticas afetam qualquer região e mesmo nos países mais desenvolvidos, com uma maior disponibilidade de recursos tecnológicos, sendo capaz de produzir enormes danos econômicos e sociais. O estudo das relações entre o clima e a produção agrícola é um os principais campos da climatologia e tem por finalidade explicar as influências dos efeitos climáticos em nosso meio, fornecendo subsídios ao planejamento rural (Calve et al, 2005).

Quando o objetivo do estudo é de conhecer a influência dos fatores climáticos no rendimento dos cultivos, mais especificamente, no sentido de desenvolver metodologias, estratégias e técnicas que permitam aos sistemas de produção agrícola atenuar as influências de adversidades climáticas sobre o rendimento de cultivos, caracteriza-se uma linha de pesquisa específica da climatologia, a agrometeorologia.

Os modelos Agrometeorológicos e a interpretação de dados climáticos relacionados com o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas fornecem informações que permitem ao setor agrícola tomar importantes decisões, tais como: melhor planejamento do uso do solo, adaptação de culturas, monitoramento e previsão de safras, controle de pragas e doenças estratégias de pesquisa e planejamento (Lazinski, 1993).

Se os processos de organização agrícola afetam negativamente o quadro ecológico, qualquer evento climático fora dos padrões habituais é capaz de deflagrar uma reação em cadeia que não afeta somente a produção agrícola, como danifica o ambiente. Ao mesmo tempo, o descompasso entre os benefícios econômicos e seu retorno social, ao impacto de qualquer risco eventual, expõe a fragilidade da organização social (Monteiro, 1981).

As melhorias nos níveis de produtividade das safras brasileiras nos últimos anos estão diretamente

relacionadas ao emprego das novas tecnologias, bem como a capacitação da mão-de-obra, que melhor qualificada são capazes de criar cenários que possibilitam o planejamento mais eficaz das atividades futuras no setor agropecuário.

Estudos desenvolvidos, baseados nas indicações do IPCC (2001), indicam que significativas perdas na agricultura ocorrerão caso as perspectivas de mudanças climáticas venham a se configurar. Mudanças estas que compreendem desde as variações consideradas naturais do regime climático até as aceleradas alterações antrópicas. No Brasil, grande produtor de soja, deve ter a sua produção comprometida, caso a hipótese de mudanças climáticas se configure o que deve provocar a migração das áreas de plantio e uma reorganização social e espacial das atividades agrícolas. A variabilidade climática sempre foi um dos principais fatores na determinação dos riscos às atividades agrícolas, o que ressalta a importância do aperfeiçoamento e desenvolvimento de projetos desta natureza (Assad, 2005).

De acordo com o pesquisador Fábio Ricardo Marin, da Embrapa Informática Agropecuária (Revista Rural, Abril 2005), para o cultivo da cana-de-açúcar a temperatura média ideal deve ser em torno de 30° a 34° graus. “Essa é uma cultura que responde muito bem à alta radiação solar. Mas, para o seu crescimento, ela depende que dois fatores estejam associados: alta

temperatura e chuva”. Com relação a essa necessidade hídrica dos canaviais, o pesquisador destaca que o consumo de água na planta irá depender do clima e da radiação da região em que ela for cultivada. “A taxa de evapotranspiração tende a ser maior em regiões mais quentes devido ao maior consumo da planta. A demanda hídricoatmosférica também é maior em locais mais ensolarados” (Revista rural, Abril 2005).

Quanto à análise da produtividade, o pesquisador comenta que quanto mais água houver na cana-de-açúcar, maior será o seu peso e menor será a eficiência da lavoura, o que resulta em um aumento de custo para as usinas. “Por conta desse inchaço, a cana-de-açúcar poderá até apresentar uma ótima produtividade, no que diz respeito à quantidade de kg/ha (quilogramas por hectare), mas só que em termos de qualidade isso não pode ser tão bom por conta da dispersão de sacarose”, completou. Para que a safra responda as expectativas dos agricultores e usineiros, o ideal é que as chuvas parem temporariamente. Se acaso elas continuarem, poderão resultar em atrasos na colheita. O clima quente e mais seco favorece tanto aos agricultores quanto à própria planta. “Nesse período do ano a planta já cresceu o tanto que deveria crescer, pois ela se desenvolve na primavera e no verão. No estado de São Paulo, o clima e o solo são propícios a essa cultura. Há presença de chuva no verão e ausência dela no período

seco, o que favorece o acúmulo de sacarose e facilita a colheita”, concluiu (Revista rural 86, abril - 2005).

A falta ou o excesso da água, em certos casos, tem uma participação que pode ultrapassar os 90% do peso da cultura, se responsabilizando, inclusive, por importantes processos fisiológicos e bioquímicos. Sua ação se desenvolve de forma a permitir a penetração de gases, minerais e outros solutos no interior das células, bem como a circulação de nutrientes indispensáveis ao bom desenvolvimento das espécies vegetais. Sendo assim, as perdas decorrentes da sua falta na atividade agrícola, o chamado Déficit hídrico, constitui atualmente na principal causa de prejuízos por perdas de produção e baixo rendimento das culturas (Revista rural 91, setembro - 2005).

Segundo José Renato Bouças Farias, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, CNPSO, Embrapa Soja, de Londrina, PR, na cultura da soja, a água é o maior fator causador de perdas nas lavouras, seja pelo excesso de chuvas no momento da colheita, mas, principalmente, pelo estresse hídrico decorrente dos longos períodos estiagem. O problema maior apontado pelo pesquisador como limitante da cultura é a variabilidade hídrica que ela apresenta nas diferentes fases do seu desenvolvimento. Isso independentemente se a cultivar é de ciclo curto ou mais tardio da época de semeadura e da região onde ela foi plantada.

Com o auxílio de modelos de simulação do balanço hídricos das principais cultivares plantadas nessas localidades, foram definidas as áreas com diferentes probabilidades de ocorrência de déficit hídrico. Os especialistas consideraram as fases mais críticas da cultura classificando-as como favoráveis, intermediárias e desfavoráveis. Além disso, foram observados à época de semeadura, o tipo de solo e o ciclo de cada cultivar. (Revista rural 91, setembro - 2005).

Não só a ausência chuvas é causador do déficit hídrico no campo, ainda segundo Farias (Revista rural 91, setembro - 2005), a planta busca um ajuste entre a absorção de água e a transpiração. Quando as condições ambientais levam a uma condição limite nesse ajustamento, isso significa o início do processo de estresses hídrico na cultura. Toda a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera ocorre em função da demanda evaporativa do local. Deste modo, percebe-se que a temperatura também tem significativa importância na produtividade no setor agropecuário.

No artigo publicado na revista, é feita uma analogia com o que acontece com os seres humanos para que ocorra uma melhor compreensão da demanda evaporativa. Quando temos uma condição de temperatura alta e umidade relativa do ar baixa, a perda de líquidos através da transpiração (suor) é maior e como conseqüência à necessidade de repor água pelo

organismo aumenta. Já na situação inversa, quando a temperatura está baixa e a umidade relativa alta, o corpo retém mais líquido e a sede diminui. Agora, isso pode variar de um organismo para o outro. Com as plantas acontece o mesmo.

A transpiração da planta ocorre de acordo com o que os especialistas chamam de “Demanda Evaporativa da Atmosfera”, que em última análise, determina o tamanho da perda de água da planta por transpiração e, conseqüentemente, a necessidade absorção pelas raízes, explica o pesquisador. A necessidade da planta é variável, a soja, por exemplo, é considerada uma cultura que apresenta baixa necessidade hídrica, porém, a falta ou o excesso de água em algumas fases do seu desenvolvimento, pode significar a morte da planta e a perda total da produção (Revista rural 91, setembro - 2005).

A região Sul apresenta-se numa escala global de forma privilegiada em relação às outras regiões do Brasil, com regime de precipitação bem distribuído e bem definido, tendo como uma das principais atividades a agricultura, a qual é dependente da precipitação pluviométrica dentre outros elementos meteorológicos (Baptista da Silva, J., 2005). Com o aquecimento global, as chuvas e o clima têm sido objeto de muita preocupação e pesquisa no setor agropecuário em todo o planeta, sendo caracterizadas por um importante papel no planejamento estratégico. De modo geral, o

clima e a precipitação pluviométrica constituem em elementos meteorológicos de grande importância na produção agropecuária e sua variabilidade provoca grandes incertezas na produção e na produtividade.

Considerações finais

Neste artigo, propomos reunir uma literatura que trata dos modelos de climatologia na agricultura. Entretanto, acredita-se que ainda existam artigos sobre estes temas pesquisados e que aqui não foram referenciados. Porém, acredita-se que os artigos aqui relacionados mostram a importância da aplicação no setor rural dos modelos Agrometeorológicos como uma busca de um maior conhecimento da potencialidade no setor agrícola, seja na avaliação de desempenho de produtores, ou de regiões geográficas.

O estudo dos ciclos de chuvas e variação climática pode antecipar e prevenir as intempéries relacionadas a uma seca mais severa ou um período chuvoso mais rigoroso. O melhor aproveitamento econômico em relação a estes fenômenos é considerado importante para o setor agropecuário. O estudo de mudanças climáticas nas diversas regiões do globo terrestre bem como os níveis das chuvas anuais são parâmetros de elevada importância para um bom desempenho produtivo no setor rural.

Referências

- ASSAD, E. D, PINTO, H. S., ZULLO Jr, J., Fonseca, M. *Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento de Riscos Climáticos para a Cultura da Soja no Brasil*, 2005.
- SILVA, J. B.da, BASGALUPP, M. P. Modelagem das precipitações pluviiais anuais em pelotas, RS: análise espectral, 2005.
- BRITO, S. G. Medidas DEA completas. *Dissertação de Mestrado*, UFSC – SC, 2003.
- BRUNO, I. P.; Silva, A. L., REICHARDT, K., DOURADO-NETO, D.; BACHI, O. O. S.; VOLPE, C. A. Climatological and field water balances for a coffee crop, <http://web.cena.usp.br/apostilas/klaus/Isabeli%20water%20balances.doc>. Acesso em: 08/set./2007.
- CALVE, L.; ALFONSI, R. R.; ASSAD, E. D. *Planilhas de cálculo para estimativas do ciclo de culturas a partir de graus-dia*.
- FARE, R., Grosskopf, S. *Production Frontiers*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 1994.
- HOMEM DE MELLO, F. Um diagnóstico sobre produção e abastecimento alimentar no Brasil. In: AGUIAR, Maria de Nazareth (org.) *Questão da produção e do abastecimento alimentar no Brasil: um diagnóstico macro com cortes regionais*. — Brasília: IPEA/PNUD/ABC, 1988.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001, *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II. TAR: Summary for Policymakers. http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf. Acesso em: 05/set./2007.
- LAZINSKI, L. R. Variabilidade da utilização do modelo Soygro para a região de Londrina, PR. *Dissertação de Mestrado*, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, SP, 1993.
- LOVELL, K.A.C. *Production frontiers and productive efficiency*. In *The Measurement of Productive Efficiency*, edited by Harold O. Fried, C.A. Knox Lovell, Shelton S. Schmidt, New York, Oxford University Press, 1993, p. 1-67.
- MONTEIRO, C.A. de F. Fatores climáticos na organização da agricultura nos países tropicais em desenvolvimento – conjecturas sobre o caso brasileiro – IGEOG-USP – *Climatologia* n°. 10, São Paulo, 1981.
- PEREIRA, A. R., SANTOS, E. H., EVANGELISTA, S. R. M., ASSAD, E. D., ROMANI, L. A. S. Franzoni, OTAVIAN, A. F. *Desenvolvimento de um módulo para cálculo de balanços hídricos para outorga de uso da água para irrigação*, 2005.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*. Guaíba, RS: Agropecuária, 2002. 478p
- REVISTA Rural 86. Disponível em http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev86_agua.htm#top. Acesso em: abr./2005.
- REVISTA Rural 91. Disponível em http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev91_agua.htm#top. Acesso em: set./2005.
- SOUZA, P. C. T. Uma metodologia baseada em DEA para avaliação da eficiência técnica de produtores de leite *Dissertação de Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia*, UFPR – PR, 2002.
- TORESAN, L. Sustentabilidade e Desempenho Produtivo na Agricultura, *Tese de doutorado em Engenharia de Produção*, UFSC – SC, 1998.