

Eficiência de Produção de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo: Distribuição Espacial e Fatores Físicos que explicam sua Variabilidade

Cristiano Amâncio Vieira Borges, mestrando em Estatística, estagiário na área de Estatística e Mineração de Dados
Stanley Robson de Medeiros Oliveira e Fábio Ricardo Marin, Orientadores

V Mostra de Trabalhos de Estagiários e Bolsistas
Campinas, SP – 26 a 30 de outubro de 2009

Introdução

A crescente busca por fontes alternativas de energia, como as oriundas da biomassa - onde se insere o etanol como biocombustível - tem sobre-elevado a importância da produção de cana-de-açúcar. No Brasil, o estado de São Paulo é o maior e mais importante produtor de cana. O estudo dos sistemas paulistas de produção de cana faz-se necessário, de maneira a se obter conhecimento sobre quais fatores são determinantes de uma alta eficiência de produção. Dentre os principais fatores, estão os do meio físico, que abrangem as variáveis climáticas e pedológicas. Neste trabalho, adotou-se a definição de eficiência de produção agrícola dada em Marin *et al.* (2008) para a avaliação da relação existente entre atributos do meio físico e a eficiência de produção de cana-de-açúcar em São Paulo.

Objetivos

Utilizando-se da técnica de agrupamento em *clusters*, analisar a forma como se dá a distribuição espacial da eficiência de produção de cana no estado de SP. Determinar, segundo as abordagens estatística e de mineração de dados (adotando um critério baseado em entropia de informação), quais são os fatores do meio físico mais importantes para a explicação da eficiência, bem como estimar a porcentagem de sua variabilidade que pode ser explicada pelos mesmos.

Material e Métodos

- Dados (após as limpezas e tratamentos): 630 municípios x 15 anos (1991 a 2005).
- Variáveis: pedológicas (aptidão agrícola [SOLO, Figura 1(a)] e deficiência hídrica [DEF] do solo), climáticas (radiação solar [RAD], precipitação [CHUVA], temperaturas mín. [TMIN], máx. [TMAX] e média [TMED]), produção real observada [P_IBGE], produção atingível simulada por modelo [P_MOD], e eficiência de produção, definida por $EFIC = P_IBGE / P_MOD$. Todas mensuradas anualmente.
- Técnica de agrupamento em *clusters*: *k-means*.
- Técnicas estatísticas: coeficientes de correlação de Pearson e de Spearman, coef. de determinação, ANOVA e modelo de regressão linear múltipla.
- Método de seleção de atributos, baseado em critério de informação: Gain Ratio, com validação cruzada 10-folds.
- Pacotes computacionais: **R** e **Minitab** (estatísticos), **Weka** (mineração).

Resultados e Discussão

- N° de *clusters* ótimo para a representação da eficiência: 3 (Figuras 1(b), 1(c) e 1 (d));
- Distribuição espacial de EFIC relacionada à de SOLO;
- Ambas as abordagens estatística e de mineração apontam SOLO, DEF, RAD e TMAX como as mais importantes para a explicação de EFIC (Tabela 1);
- SOLO, DEF e RAD, conjuntamente, explicam em torno de 30% da variabilidade de EFIC.

Atributo	(a)	(b)
DEF	0,48	0,23
SOLO	0,40*	0,23
RAD	0,39	0,15
TMAX	0,34	0,11
CHUVA	-0,26	0,07
TMED	0,24	0,06
TMIN	0,10	0,01

Tabela 1. Coef.s correl. Pearson (*Spearman) (a) e coefic.s determ. (b) estimados entre EFIC e as variáveis.

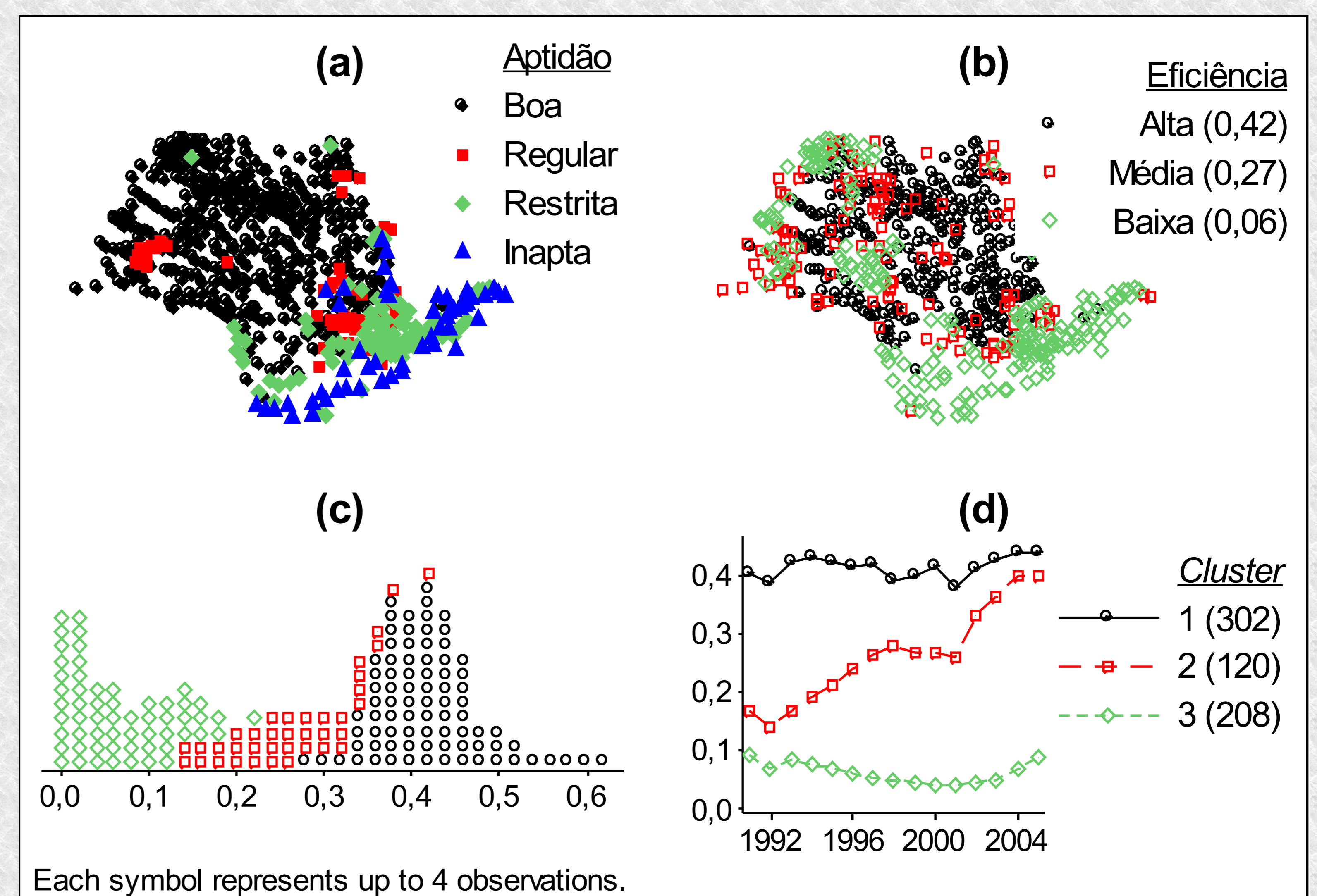


Figura 1. (a) Aptidão agrícola do solo. (b) Distribuição espacial dos *clusters* de eficiência. (c) Aproximação da distribuição de freqüências da eficiência média por município, enfatizando os *clusters*. (d) Evolução da eficiência média por *cluster*.

Conclusões

A categorização da eficiência de produção de cana-de-açúcar em 3 *clusters* facilita o estudo da sua distribuição espacial no estado. Além disso, a aptidão agrícola e a deficiência hídrica do solo, a radiação solar, e a temperatura máxima, são os fatores do meio físico mais importantes para a explicação da eficiência, sendo que as três primeiras explicam em torno de 30% de sua variabilidade.

Referência Bibliográfica

MARIN, F.R.; LOPES ASSAD, M.L.R.C.; ASSAD, E.D.; VIAN, C.E.; SANTOS, M.C. (2008). Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São Paulo State, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 43, No. 11.