

META-ANÁLISE: ESTUDO DE CASO PARA O ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO CACAUEIRO

INDRIATI I. NANGOI¹, ALFREDO J. B. LUIZ², FERNANDA P. MARION³,
ALINE H. N. MAIA⁴, PAULO C. SENTELHAS⁵

¹ Eng. Agrônoma, mestranda, Depto. Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, SP, indriati@esalq.usp.br

² Eng. Agrônomo, Doutor, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

³ Graduanda, Faculdade de Estatística, Unicamp, Campinas, SP

⁴ Eng. Agrônoma, Doutora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Em consonância com os objetivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) em realizar o zoneamento agrícola para culturas de apelo regional, o presente trabalho discute o uso da meta-análise como meio de reduzir os custos na aquisição de informações e de agilizar a definição dos critérios para o zoneamento. A meta-análise consiste em utilizar de forma objetiva informações disponíveis em diferentes fontes, o que viabiliza sua utilização no zoneamento agroclimático do cacau. São apresentados resultados preliminares das relações entre clima e produtividade e discutidas as limitações e dificuldades do método proposto. Foram analisadas quarenta e oito publicações sobre a cultura do cacau (*Theobroma cacao* L.), contendo informações sobre produtividade, variáveis do clima de importância para a cultura e localização dos experimentos. As bases arquivadas podem ser utilizadas no processo de zoneamento agroclimático quando completadas com dados de clima faltantes. Também é interessante uma comparação entre os resultados da meta-análise e os de um procedimento que utiliza dados de produtividade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

PALAVRAS-CHAVE: meta-análise, produção, clima, *Theobroma cacao* L.

ABSTRACT: In agreement with the objectives of the Ministry of the Agriculture, Livestock and Food Supply and the Ministry of Agrarian Development in accomplishing the agricultural zoning, the present study discusses the use of the meta-analysis in a way to reduce costs to obtain information and time to define zoning criteria. The meta-analysis allows to gather and to evaluate available information in different sources, which makes possible the use of them in the agroclimatic zoning program. There are presented preliminaries results of the relationships between climate and productivity and the limitations and difficulties of the proposed method are discussed. There were analyzed forty eight publications about cocoa crop (*Theobroma cacao* L.) containing information about productivities, climate variables of importance to the crop and location of the experiments. The basis can be utilized on agroclimatic zoning proceedings if completed with climate datum. It is also interesting to compare the meta-analysis results with that produced using productivity datum from IBGE.

KEYWORDS: meta-analysis, productivity, climate, *Theobroma cacao* L.

INTRODUÇÃO: Para as culturas perenes a experimentação a campo em geral é onerosa e demorada. Algumas culturas, como o cacau, precisam de sete anos para alcançar uma produtividade normal (CEPLAC, 2007). Nesse sentido, a utilização de dados pré-existentes torna-se muito interessante e pertinente. Entre as ferramentas de análise estatística, a meta-análise é bastante oportuna para este fim. Este método permite combinar os resultados obtidos de forma independente (geralmente extraídos de trabalhos publicados) e sintetizar as suas conclusões ou mesmo extrair uma nova conclusão. Pela meta-análise o pesquisador adota um novo enfoque ao reunir resultados e conclusões alheias, distinguindo-se da usual revisão bibliográfica porque nela as técnicas quantitativas assumem lugar de destaque (LUIZ, 2002). Nota-se que tais aplicações vão ao encontro de interesses do setor agrícola, representado em grande parte pela agricultura familiar, para que o Programa de Zoneamento Agrícola – criado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) – abranja, o quanto antes, as culturas de forte apelo regional, entre elas a do cacauero. O presente trabalho discute o uso da meta-análise para a obtenção de informações sobre fatores climáticos críticos para a cultura do cacauero, contribuindo para o zoneamento agroclimático dessa cultura.

MATERIAL E MÉTODOS: Foi feita uma extensa busca de publicações sobre a cultura do cacauero em bases físicas e virtuais, com abrangência mundial. A seleção dos trabalhos foi orientada pela menção do uso de dados de produtividade na metodologia, visando estabelecer uma relação entre produtividade e condições climáticas, como subsídio ao zoneamento agroclimático. Todas as publicações foram analisadas e as seguintes informações, quando existentes, foram arquivadas: autores, título, ano de publicação, produtividade, forma do produto (amêndoas secas ou úmidas, fruto seco ou úmido), ano e mês de colheita, idade da planta, variedade, local do experimento (cidade, país, latitude, longitude, altitude), dados climáticos do local (temperatura média mensal, temperatura mínima mensal absoluta, precipitação média mensal), tipo de solo, sombreamento, espaçamento, número de plantas no experimento, área de plantio, tratamento, observações sobre o procedimento e dados complementares fornecidos nos trabalhos. Os parâmetros climáticos escolhidos foram os potencialmente limitantes à produção de cacau segundo NANGOI (2006). Cada dado de produtividade, à medida que foram tabelados, receberam um número de entrada correspondente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Quarenta e oito publicações foram selecionadas para análise – entre artigos de revista, teses e resumos de congresso. Destas, mais da metade (26) foi escrita na década de 90 em diante e um terço (17 publicações) corresponde à década de 80. São fontes razoavelmente atuais, considerando-se que, a partir de 1989, com o aparecimento da vassoura-de-bruxa, as produções caíram vertiginosamente comprometendo as pesquisas, que eram subsidiadas por recursos advindos do capital de produção do cacau. As publicações selecionadas foram revisadas com enfoque nas possíveis influências das variáveis climáticas na produção, resultando na **tabela 1** a seguir:

Variáveis	Publicações										Total
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
Precipitação	X	X	X	X		X	X	X		X	8
Temperatura mínima	X			X	X	X			X		5
Temperatura média mensal	X										1
Radiação anual				X						X	2
Balanco hídrico*		X					X				2

* No balanço hídrico tem-se a avaliação combinada da temperatura e da precipitação

Tabela 1. Publicações de ‘a’ a ‘j’ e as relações climáticas citadas como restritivas ao desenvolvimento ou produtividade do cacaueteiro [a = SÁ et. al. (1984); b = ALMEIDA (1994); c = CADIMA & ALVIM (1973); d = ALMEIDA et. al. (1987); e = ZARONI & NICOLELLA (1984); f = MIRANDA et. al. (1971); g = ALMEIDA & MACHADO (1993); h = DIAS et. al. (2003); i = ORTOLANI et. al. (1964); j = ZUIDEMA et. al. (2005)].

Dez de um total de 48 publicações – ou seja, 20,8% – relacionaram a produtividade aos fatores climáticos, todas atrelando as produções à precipitação ou temperatura. Esse resultado é satisfatório, considerando que a maioria dos trabalhos (83,3%) não tinha a intenção de avaliar a influência do clima no desenvolvimento e produção do cacaueteiro. Nas dez publicações mencionadas, a maior parte dos autores (80%) aponta a precipitação como fator restritivo, seja por excesso ou por falta de água; metade (50%) cita a existência de uma temperatura mínima limite para as atividades fisiológicas do cacaueteiro, e 10% refere-se à temperatura média mensal como possível limitante. Sobre a precipitação, ALMEIDA & MACHADO (1994) e ALMEIDA (1994) atentam para a importância da verificação semanal de deficiência hídrica, que pode afetar muitos dos processos metabólicos da planta. O vento não foi citado como fator de forte interferência na produtividade, mas um dos trabalhos sugeriu ganhos de fertilização, por meio de polinização por ventilação forçada, em uma população constituída de plantas compatíveis (SORIA et. al., 1986). Os trabalhos que fazem referência ao balanço hídrico sugerem como mais efetiva a análise conjunta da temperatura do ar e da precipitação, principalmente para períodos curtos (ALMEIDA & MACHADO, 1993; ALMEIDA, 1994). Apesar de constar na metodologia dos artigos análises relacionadas à produtividade, nem todos forneciam tais dados, ou os traziam em forma de gráfico, impossibilitando sua utilização para os fins estatísticos da meta-análise. A falta dessa informação reduziu o número de publicações utilizáveis de 48 para 22, das quais foram obtidas 387 entradas. Nenhum trabalho forneceu registros dos parâmetros climáticos investigados, tornando a data e o local de realização do experimento referências importantes para a recuperação dos dados de clima através de séries históricas. Este procedimento, de suprir a dados faltantes nos trabalhos reunidos, com dados de outras fontes, complementa a informação a ser utilizada na meta-análise. Por motivos de comparação, as unidades de produção foram expressas em kg ha^{-1} para todos os trabalhos onde o conjunto de informações permitiu tal conversão (em 72 entradas não foi possível fazer a conversão). Houve, contudo, incompatibilidade quanto à forma do produto – amêndoas secas, amêndoas úmidas, cacau seco, cacau úmido – o que dificultou a homogeneização e posteriormente a sumarização dos dados, ainda que a grande maioria encontre-se como amêndoas secas (146) e cacau seco (115). Desuniformidades também foram observadas nos anos de colheita. Oitenta e oito entradas correspondem a valores médios de produção ao longo de três a cinco anos, por não ser possível recuperar os valores totais da produção, esses dados foram também eliminados da tabela. Outras oito entradas não trazem a data de colheita, sendo excluídas da tabela. Do mesmo modo, foram retiradas as entradas que não informavam o local de realização do experimento, restando, ao final, 355 entradas. Dado o fato das bases adquiridas serem oriundas de publicações independentes e de que, quando foram escritas, os autores não sabiam que elas seriam reunidas para esse fim, tem-se uma garantia de aleatoriedade que permite a análise estatística.

CONCLUSÕES: A meta-análise pode ser utilizada no processo de zoneamento agroclimático do cacaueteiro, aliando-se os valores de produtividade às condições climáticas de produção, já que o método permite que as variáveis climáticas faltantes nos trabalhos sejam completadas por fontes externas. Ficou clara a interferência principal da precipitação na produtividade, assim como a temperatura mínima basal. Houve bastante dificuldade para

recuperar trabalhos com pelo menos os dados de produtividade e do local de experimento bem detalhados. Os resumos de congresso aos quais se teve acesso foram descartados por falta de dados. Somado a isso, diversas referências encontradas em artigos sobre cacau não foram localizadas. Por este trabalho, evidencia-se a importância da rastreabilidade dos bancos de dados, da exposição detalhada dos resultados dos experimentos e das análises estatísticas envolvidas, para otimizar as pesquisas de modo geral, aumentar a interação entre os trabalhos e diminuir custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, H. A. de,. **Efeito da disponibilidade de água no solo nos diferentes estágios de desenvolvimento dos frutos do cacauero** (*Theobroma cacao* L.) **cultivado à sombra e sol**. 1994. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, São Paulo.

ALMEIDA, H. A. de; MACHADO, R. C. R. Efeito de interações entre elementos meteorológicos na produção de cacau: influência do balanço hídrico. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 11., 1993, Yamoussoukro, Côte D’Ivoire. **Anais...** Lagos: Cocoa Producer’s Alliance, 1993. p. 667-673.

ALMEIDA, H. A. de; MACHADO, R. C. R.; SILVA, W. S. da. Influência dos elementos meteorológicos na floração do cacauero (*Theobroma cacao* L.). In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 10., 1987, Santo Domingo, República Dominicana. **Anais...** Lagos: Cocoa Producer’s Alliance, 1987. p. 93-98.

CADIMA Z. A.; ALVIM, P. de T. Alguns factores del suelo asociados con la productividad del cacaoero en Bahia, Brasil. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v. 3, n. 2, p. 13-26, 1973.

CEPLAC. **Radar técnico**. Disponível em: <www.ceplac.gov.br/radar.htm>. Acesso em: 10 mar. 2007.

DIAS, L. A. dos S.; SOUZA, C. A. S.; AUGUSTO, S. G.; SIQUEIRA, P. R.; MÜLLER, M. W. Período mínimo de colheita para avaliação de cultivares de cacau em Linhares – ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 495-501, 2003.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciências & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 9, n. 3, p. 407-428, set/dez. 2002.

MIRANDA, E. R. de; ROSAND, F. P. C.; MORAIS, F. I. de O.; PRADO, E. P. do. Respostas à adubação em algumas unidades de solos da região cacauera da Bahia. CEPEC, **Boletim técnico**, Ilhéus, nº7, 25 p., 1971.

NANGOI, I. I.; LUIZ, A. J.; SENTELHAS, P. C. Determinação dos parâmetros de risco climático para a cultura do cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2006. 1 CD-ROM.

ORTOLANI, A. A.; GODOY, H.; CAMARGO, A. P. Observações sobre temperaturas mínimas letais aos tecidos da cana-de-açúcar, do cacauero, da seringueira, do tomateiro e do

abacateiro. Relatório dos trabalhos realizados em 1964 no Parque Estadual de Campos do Jordão. Instituto Agrônômico, Campinas, 1964.

SÁ, D. F. de; ALMEIDA, H. A. de; SILVA, L. F. da; LEÃO, A. C. Fatores edafo-climáticos seletivos ao zoneamento da cacauicultura no Sudeste da Bahia. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v. 12(3), p. 169-187, 1982.

SORIA, S. de J.; PINHO, A. F. de S.; PEIXOTO, E. S. A polinização do cacaueteiro no recôncavo baiano, Brasil. 2. Avaliação do método de ventilação forçada. **Revista Theobroma**, Ilhéus v. 16, n. 1, p. 31-38, 1986.

ZARONI M. M. H.; NICOLELLA G. Algumas relações entre variáveis climáticas e a produção de cacau da Fazenda Unitária do Centro de Pesquisas de Cacau, Bahia, Brasil. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v. 14(2), p. 143-147, 1984.

ZUIDEMA, P. A.; LEFFELAAR, P. A.; GERRITSMA, W.; MOMMER, L.; ANTEN, N. P.R. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao* L.): model presentation, validation and application. **Agricultural Systems**, v. 84, p. 195-225, 2005.