

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo

Paulo Eduardo Argenton

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2006

Paulo Eduardo Argenton
Engenheiro Agrônomo

Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo

Orientador:
Prof. Dr. **EDGAR GOMES FERREIRA DE BEAUCLAIR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia.
Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Argenton, Paulo Eduardo

Influência das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo. - - Piracicaba, 2006.

109 p.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Cana-de-açúcar 2. Modelos matemáticos 3. Safra – Previsão 4. Variedades vegetais
I. Título

CDD 633.61

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedicatória

Dedico este trabalho,

A Deus, fonte maior de sabedoria, luz e bondade.

A meus pais Lázaro e Maria Alice pela maravilhosa família que construíram e pelo dom incessante de nos incitar a fazer o bem e a sermos justos e perseverantes, sempre!

A meus avós João e Elvira (*in memoriam*), Geraldo e Julieta, por nos ensinarem, cada uma a sua maneira, preciosas lições de vida e humanidade.

As minhas irmãs Alessandra e Viviane, e a minha namorada Cláudia, pela enorme paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao Professor Dr. Edgar Gomes Ferreira de Beauclair pelas preciosas orientações para execução deste trabalho e pelo aprendizado, seja ele de lições acadêmicas ou de vida.

Ao Professor Dr. Gil Câmara pela orientação e pelos ensinamentos fitotécnicos.

Ao Professor Dr. Pedro Jacob Christofolletti, pela compreensão e ajuda em diversos momentos.

Ao Professor Dr. João Alexio Scarpari pela amizade, pelos conselhos e pelas boas risadas que demos juntos.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Labate, pelo companheirismo, amizade, ajuda e incentivo.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos para a execução deste trabalho.

Ao amigo Eng. Agrônomo Marcelo Gullo pelo companheirismo e amizade.

Ao amigo Eng. Agrônomo Luciano Rodrigues pela valiosa ajuda na elaboração deste.

Ao colega Eng. Agrônomo Cláudio Segatelli pelas orientações de campo.

Ao colega Eng. Agrônomo Maximiliano Scarpari pelas opiniões dadas.

A Silvia e a Luciane, secretárias da Fitotecnia, pela ajuda e eterna disposição.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Seu Tino, Ananias, Mussum, Ticão, e a todos os outros que de uma forma ou de outra contribuíram para a execução deste.

Aos meus colegas de trabalho, Alberto Kauer e André Caiaffa pela valiosa ajuda.

A Souza Cruz S.A. pelo incentivo e pela valorização deste trabalho.

A todos vocês MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 O clima como fator de interferência no desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	15
2.1.1 Umidade	15
2.1.2 Temperatura.....	19
2.1.3 Somatória calórica	21
2.1.4 Radiação solar	22
2.2 Fatores que influenciam o desenvolvimento radicular das canas planta e soca	22
2.3 Modelos matemáticos	24
2.4 Modelagem aplicada à agricultura.....	25
2.5 Modelos de previsão de safras de cana-de-açúcar.....	26
2.6 Variedades de Cana-de-Açúcar empregadas no estudo.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Definição da região de estudo	30
3.2 Manejo ou ambientes de produção	30
3.3 Definição das variedades de cana-de-açúcar estudadas	30
3.4 Obtenção de dados climáticos mensais referentes à temperatura e precipitação do município em questão.....	31
3.5 Obtenção das datas de plantio e corte de todas as variedades	31
3.6 Cálculo da somatória calórica	32
3.7 Elaboração dos balanços hídricos dos anos de cultivo	32
3.8 Obtenção de dados referentes ao rendimento agrícola das variedades estudadas, nos quesitos produção de colmos por hectare.....	32
3.9 Análise estatística dos dados	33
3.10 Obtenção dos modelos matemáticos.....	33

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Variedade RB 85-5156	37
4.2 Variedade RB 83-5054	38
4.3 Variedade RB 85-5035	39
4.4 Variedade RB 85-5046	40
4.5 Variedade RB 84-5210	41
4.6 Variedade RB 85-5113	42
4.7 Variedade RB 85-5536	43
4.8 Variedade SP 80-1816.....	44
4.9 Considerações gerais sobre a influência da produtividade do corte anterior nos cortes futuros.....	45
5 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE	60

RESUMO

Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) reveste-se, atualmente, de grande importância socio-econômica, visto que é utilizada como matéria prima para produção de duas *commodities* nacionais de grande magnitude e peso na balança comercial nacional: o açúcar e o álcool. Nesse contexto, o desenvolvimento e a adoção de ferramentas de planejamento da produção, como, modelos de previsão de rendimentos, utilizados para elaboração de cenários, são de grande importância e utilidade em uma unidade de produção pois permite antever com credibilidade a produção de variedades específicas, facilitando o dimensionamento da produção. Desta maneira, este trabalho de pesquisa teve como objetivos, a construção de modelos matemáticos de previsão da produtividade ao longo do ciclo, de oito variedades de cana-de-açúcar em função das variáveis armazenamento de água no solo, somatória calórica e produtividade dos cortes anteriores, estratificadas por ambientes de produção. Para tanto, foi utilizado o banco de dados de produção da Usina Costa Pinto, no município de Piracicaba, estado de São Paulo. Como resultados, foram obtidos modelos matemáticos de previsão de produtividade agrícola estatisticamente significativos, para todas as variedades e ambientes de produção, o que nos, fornecem indícios que os modelos podem ser usados com certa confiança para previsão da produtividade agrícola das variedades de cana estudadas, exceção feita as variedades RB 85-5035 nos ambientes de produção C e D cujo R^2 foi de 0,1592** e SP 80-1816 nos ambientes de produção A e B cujo R^2 foi de 0,1274**. No entanto, a produtividade dos cortes anteriores explicou grande parte das causas de variação dos dados nos modelos encontrados, e, reduz, nos modelos, a influência de fatores como o armazenamento de água no solo e somatória calórica. Há muitas variáveis que não foram contemplados por essa modelagem como níveis de compactação do solo, tipo de colheita, ocorrência e controle de pragas, doenças e plantas daninhas, uma vez que a hipótese inicial era que as variáveis *gd*, *bh* e cortes anteriores estratificadas por ambientes de produção seriam suficientes para que os modelos tivessem boa representatividade. Pode-se concluir que as variáveis estudadas nesse trabalho são importantes e afetam a produtividade da cana-de-açúcar, fato provado matematicamente nos modelos. Isso é um ponto fundamental pois mais importante que o uso prático e imediato dos mesmos, é que tal conclusão é apenas o primeiro passo desse estudo, no entanto é sólido e incontestável, garantindo uma enorme área de oportunidade para realização de novos estudos que contemplem os fatores de manejo identificados por este trabalho e que não foram abordados neste.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Modelos; Previsão de safra

ABSTRACT

The influence of soil, climate and crop management variables in the yield of sugarcane culture (*Saccharum spp.*) in the region of Piracicaba, State of São Paulo

The sugarcane culture (*Saccharum spp.*) has a major importance today, because it is used to produce two important commodities, sugar and alcohol. In this context, the development and adoption of modern management tools, like models of production prediction used to elaborate scenarios are of great importance and utility in a production site because they make possible to predict the yields of specific varieties with high credibility what makes the production plan easier. This dissertation had as goals the construction of mathematical models of yield prediction of eight sugarcane varieties, in function of soil water balance, incoming heat sum and yield of earlier cuts stratified by environmental and crop management features. In order to do so, it was used the datawarehouse of a production site which is Usina Costa Pinto in Piracicaba, state of São Paulo. As results, several mathematical models were calculated and were statistically significant, what leads us to the conclusion that these models may be used to predict the yield of the considered varieties and conditions, exception made to the varieties RB 85-5035 in the crop management sites C and D (R^2 was 0,1592**) and SP 80-1816 in the crop management sites A and B (R^2 was 0,1274**). However the yield of the earlier cuts explained the greatest part of the variations causes in the models, and, as a consequence they reduced solely in the models the influence of soil water balance and incoming heat sum. There are several variables that were not used in the models like soil compression levels, type of harvest and levels of pests and weeds, and that occurred because the initial hypothesis was that only soil water balance and incoming heat sum stratified by environmental and crop management features would be enough to explain the major causes of variations. It is possible to conclude that the variables studied in this research work are mathematically proven in the models to be important and to affect the yield of sugarcane. This is a very important point because rather than finding a immediate way to use the models it was found that the models are functional and can be improved and that there is a major opportunity to include the variables that were identified but not considered in this work.

Keywords: Sugarcane; Models; Crop prediction

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Quantidade de colmos produzidos em toneladas métricas, por países produtores 11
- Figura 2 - Evolução da produção de cana de açúcar dos principais estados brasileiros de 1997 a 2006 13
- Figura 3 - Evolução dos modelos matemáticos 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos de produção em reais por hectare, reais por tonelada de colmos e produtividade em toneladas por hectare de colmos da cana-de-açúcar nos estados do Paraná e de São Paulo do ano de 2004	12
Tabela 2 - Consumo de água pela cana-de-açúcar, obtido em campo	18
Tabela 3 - Valores de Kc para os diferentes estádios fenológicos da cultura da cana-de-açúcar	19
Tabela 4 - Variedades comerciais de cana-de-açúcar utilizados no estudo	29
Tabela 5 - Classificação dos ambientes de produção na cultura da cana-de-açúcar.....	29
Tabela 6 - Número de observações analisadas por variedade, cortes e ambientes de produção .	31
Tabela 7 - Resumo dos coeficientes obtidos nos modelos para todas as variedades.....	35

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) reveste-se, atualmente, de grande importância socio-econômica, visto que é utilizada como matéria prima para produção de duas *commodities* nacionais de grande magnitude e peso na balança comercial nacional: o açúcar e o álcool. Este último, ainda mais em voga, devido à crise de preços e à ameaça de escassez dos combustíveis fósseis que assola o mundo moderno, altamente dependente de energia para sobreviver, sem mencionar, ainda, as pressões exercidas pela sociedade no que se refere ao meio ambiente, representadas pelo Protocolo de Kyoto e a crescente demanda por carros movidos a mais de um tipo de combustível, dentre eles, o álcool.

Nos dias de hoje, o Brasil ocupa posição de destaque na produção de cana-de-açúcar, como retrata a Figura 1.

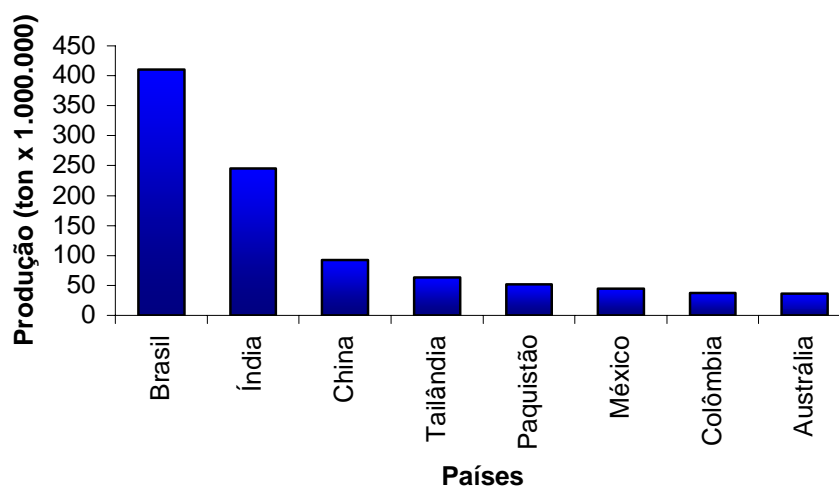


Figura 1 - Quantidade de colmos produzidos em toneladas métricas, por países produtores

Fonte: FAO (2005)

Nesse contexto, a lavoura canavieira assume papel relevante no cenário econômico nacional e mundial, sendo o Brasil um dos países mais apropriados para a produção da cultura e seus derivados, visto que possui condições edafoclimáticas propícias, apresenta custos de produção considerados baixos em relação a outros países produtores, como apresentado na Tabela 1, e, tem como vantagem competitiva vastas áreas que ainda podem ser exploradas

comercialmente, com destaque para a região centro-oeste, mais precisamente os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Além destes, há possibilidades de expansão do cultivo praticamente para todo o território nacional.

Tabela 1 - Custos de produção em reais por hectare, reais por tonelada de colmos e produtividade em toneladas por hectare de colmos da cana-de-açúcar nos estados do Paraná e de São Paulo do ano de 2004

Estados do Brasil										
Paraná – média de 102 ton ha ⁻¹										
	Instalação	Corte	Corte	Corte	Corte	Corte	Corte	Corte	Corte	Corte
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
R\$ ha ⁻¹	2.389	2.343	2.158	2.086	2.004	1.932	1.881	1.830	1.778	1.052
R\$ ton ⁻¹	-	18,6	19,9	20,5	21,3	22,1	22,8	23,6	24,4	15,5
Ton ha ⁻¹	-	126	109	102	94	87	82	78	73	68
São Paulo- média de 89 ton ha ⁻¹										
R\$ ha ⁻¹	2.826	3.108	2.727	2.536	2.345	2.154	1.567	-	-	-
R\$ ton ⁻¹	-	25,1	26,1	27,4	28,5	29,9	25,4	-	-	-
Ton ha ⁻¹	-	124	103	93	82	72	62	-	-	-

Fonte: FNP (2006)

A cana-de-açúcar ocupa hoje no Brasil uma área cultivada de 5,495 milhões de ha e tem produção próxima de 423 milhões de toneladas de colmos industrializáveis, sendo o estado de São Paulo, o maior produtor nacional, como se pode notar na Figura 2, com aproximadamente 60% da produção nacional (FNP, 2006).

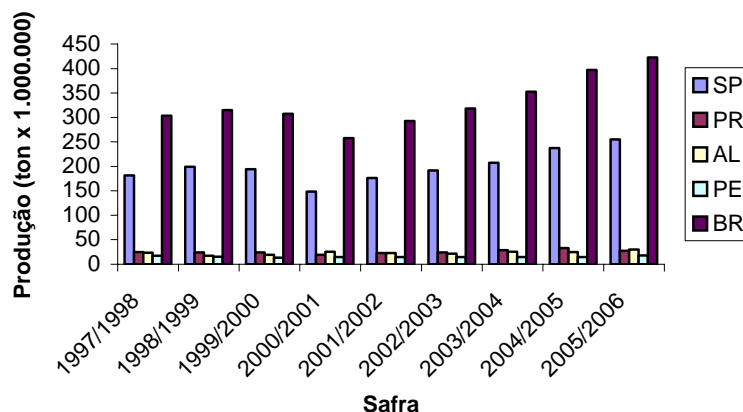


Figura 2 - Evolução da produção de cana de açúcar dos principais estados brasileiros de 1997 a 2006

Fonte: FNP (2006)

Fica então caracterizada a importância da referida cultura para o Brasil, portanto, a realização de estudos que visem melhorar o processo produtivo da cana-de-açúcar, é de caráter obrigatório, e, essencial à continuidade do desenvolvimento do setor canavieiro brasileiro.

Nesse contexto, o desenvolvimento e a adoção de ferramentas de gestão da produção, que necessariamente utilizam modelos de previsão de produtividade, usados na criação de cenários para planejar e dimensionar a produção de uma unidade canavieira são fundamentais, uma vez que o manejo da cultura envolvendo a escolha e alocação de variedades é uma tarefa que envolve inúmeras variáveis e, conseqüentemente, várias soluções. Cabe, portanto, aos modelos, a obtenção de tais soluções, visando sempre a maximização dos lucros auferidos com a atividade.

Sabe-se, que a cada ciclo, a cultura é exposta a diferentes situações, como clima, condições de solo e manejo. Tais ocorrências limitam ou estimulam o desenvolvimento das plantas e como conseqüência o rendimento agrícola das mesmas. Nesse cenário altamente dinâmico e interativo, torna-se difícil prever os acontecimentos futuros para fins de planejamento e gerenciamento da produção.

Portanto, há necessidade irrefutável da utilização de modelos de previsão de safras, no entanto, estes, só funcionam adequadamente, se forem alimentados com dados e estimativas confiáveis. Uma primeira aproximação se faz necessária através da alimentação de modelos de avaliação das variáveis de produção que sejam significativas, com dados oriundos do campo, ou

seja, de bancos de dados referentes aos rendimentos das variedades utilizadas comercialmente, face as possíveis interações entre planta, solo, clima e manejo.

Assim, embasados em tais informações, há possibilidade de construção de modelos para regiões produtoras específicas, detectando a importância de cada variável interferente no resultado final da safra, ou seja, toneladas de colmo por hectare, e, conseqüentemente, integrar as técnicas de gestão e planejamento rotineiros das usinas e destilarias.

Desta maneira, este trabalho de pesquisa teve como objetivo, a construção de modelos matemáticos de previsão da produtividade ao longo do ciclo, de oito variedades de cana-de-açúcar em função das variáveis armazenamento de água no solo, somatória calórica e produtividade dos cortes anteriores, estratificadas por ambientes de produção. Para tanto, foi utilizado o banco de dados de produção da Usina Costa Pinto, no município de Piracicaba, estado de São Paulo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O clima como fator de interferência no desenvolvimento da cana-de-açúcar

São complexas as relações existentes entre as variáveis meteorológicas, edáficas e de manejo e a produtividade agrícola da cana-de-açúcar, principalmente pelo fato destas variáveis afetarem o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob as mais diferentes fases de seu ciclo.

Conforme Camargo (1986), a interação clima-produção agrícola é um fator de grande importância desde os tempos bíblicos e recrudescente nos tempos atuais, mesmo com os avanços da ciência. Os impactos negativos do clima irregular provocam frustrações nas previsões governamentais, redução do Produto Interno Bruto do país, evasão de divisas, descapitalização dos produtores rurais, êxodo rural e finalmente, a desestabilização das próprias metas dos programas governamentais.

Van Dillewijn (1952) deparou com consideráveis dificuldades para que conseguisse isolar os fatores internos e externos à planta que influenciam seu desenvolvimento, pois, nem sempre é fácil isolar o efeito de um único fator, visto que a importância dos fatores depende das condições climáticas de diferentes regiões. Nos trópicos, como em Java, as flutuações na temperatura e no comprimento do dia são pequenas, mas a região é caracterizada pela alternância de estações secas e úmidas e, o crescimento da cana-de-açúcar é fortemente governado pelo regime hídrico. Nas regiões subtropicais, a situação é mais complexa, visto que invernos frios alternam-se com verões quentes, dessa forma, é possível que em uma época, a chuva seja o fator limitante, e, em outra, o fator seja a temperatura ou o comprimento do dia.

Temperatura, luz e umidade são os principais fatores climáticos que controlam o crescimento da cana-de-açúcar. Por ser uma planta tropical, se desenvolve melhor em áreas quentes e ensolaradas (HUMBERT, 1968).

2.1.1 Umidade

É extremamente difícil estimar a quantidade de água requerida por uma cultura específica, visto que há muitas variáveis interferentes no processo. No entanto, é possível, em condições controladas, estudar as quantidades de água consumidas pela cana-de-açúcar, com o

uso de aparelhos que isolam o solo da atmosfera, excluindo assim, o efeito da adição de água pelas chuvas (KING et al., 1953).

Estudando a influência dos principais fatores que afetam o nível de produtividade da cana-de-açúcar, principalmente os que provocam acentuadas e bruscas flutuações na oferta, Santos (1981), delimitou núcleos canavieiros paulistas e posteriormente analisou detalhadamente o clima, a partir da gênese dos estados atmosféricos, observações de superfície (parâmetros climáticos) e comportamento da água no solo. A partir da associação chuva-produtividade, observou, portanto, que existe tendência de elevação da produtividade agrícola a medida que a precipitação aumenta, principalmente na fase do crescimento da cultura. O efeito positivo dos anos úmidos na produtividade foi de 56% e o coeficiente de determinação do modelo apresentado, foi de 0,8315.

Alvarez (1975) afirma que nos países em que a agricultura depende exclusivamente da chuva e que possuem irrigação insuficiente, como geralmente ocorre em zonas canavieiras, existe uma correlação positiva bem acentuada entre produção e precipitação pluvial. Com base em dados anuais anteriores à safra, obteve um coeficiente de correlação de 0,53, significativo a 5%. Para a fase de crescimento da cultura, o coeficiente foi de 0,51, significativo a 10%.

Santos (1981), através de resultados obtidos a partir de análises, observou as influências climáticas ligadas aos efeitos pedológicos e econômicos na produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Foram determinados modelos empírico-teóricos tendo como variáveis explanatórias físicas, o clima e o solo, e econômicas, os preços da matéria prima e insumos. Dessa forma, detectou influência nas variáveis dependentes do rendimento, ou seja, área e produção, e, chegou à conclusão que as variáveis mais significativas, qualitativa e quantitativamente, foram a deficiência hídrica anual, a deficiência hídrica no período de maturação e colheita, o grupo de solos e o preço dos fertilizantes.

Segundo Rodrigues (1985), a insolação, a temperatura, o fotoperíodo, a umidade relativa do ar e o vento são fatores de natureza climática que têm influência significativa na produção de cana-de-açúcar. Todavia, a precipitação pluvial é tida como um fator altamente influente na produção, em função da disponibilidade de água durante as diferentes fases do ciclo da cultura.

Clements e Kubota (1942) encontraram correlação de 0,756 entre o nível de umidade do solo e a alongação dos ápices meristemáticos e da cana-de-açúcar em crescimento. Da mesma

maneira, Sun e Chow (1949), trabalhando em Formosa, também encontraram altas correlações positivas entre alongação dos colmos e precipitação.

Sabe-se que a alongação celular e o crescimento da cultura são intimamente ligados aos níveis de umidade do solo, assim, é plausível verificar dados de precipitação pluvial e irrigação, quando detectado crescimento inadequado (HUMBERT, 1968).

Das fases fenológicas da cana-de-açúcar, a brotação das gemas constitui-se na mais crítica, tanto em relação ao excesso como a deficiência hídrica. Sob condições de solos muito secos, a embebição dos toletes e o conseqüente intumescimento das gemas são prejudicados, resultando em atraso na brotação, atraso no perfilhamento e favorecimento das plantas daninhas no processo de matocompetição com a cana (CÂMARA, 1993).

Trabalhando com evapotranspirógrafo de nível freático constante, equipamento este que estabelece as condições ideais de crescimento e desenvolvimento, Barbieri (1981) obteve para a cultura da cana-de-açúcar, um consumo de água de 1300 mm, para uma produção de 464 kg, em 30 m², que compreende a superfície do aparelho.

Doorembos e Kassam (1979), relatam, que dependendo do clima, a necessidade hídrica da cultura encontra-se na faixa de 1500 a 2500 mm distribuídos de maneira uniforme durante o desenvolvimento.

Thompson (1967), trabalhando na África do Sul, verificou uma variação no consumo de água de 5,5 a 6,0 mm dia⁻¹, nos meses de janeiro e fevereiro, e de 1,8 a 2,3 mm dia⁻¹, nos meses de junho e julho.

A disponibilidade de água para a cana-de-açúcar é o principal fator climático causador de variabilidade, ano a ano, da sua produtividade. Entretanto, em função das variações locais de clima e de variedades, é difícil estabelecer uma relação entre produção e consumo de água pela cana-de-açúcar. Segundo Scardua e Rosenfeld (1987 apud TERAMOTO, 2003), esse consumo também varia em função do estágio fenológico, do ciclo da cultura (cana-planta ou cana soca), das variações climáticas, da água disponível no solo, dentre outros fatores. Esses autores apresentam um resumo das determinações de água obtidas em campo.

Tabela 2 - Consumo de água pela cana-de-açúcar, obtido em campo

Autor	Ano	Local	Ciclo	Consumo de Água (mm dia ⁻¹)		
				Máximo	Mínimo	Médio
Cox	1960	Havaí	-	8,0	3,8	-
Thompson	1963	Á. do Sul	-	6,0	2,2	-
Tosello	1966	Brasil	-	3,4	1,3	-
Cruciani	1972	Brasil	-	2,8	1,2	-
Souza	1974	Brasil	Planta	4,5	2,3	3,6
Souza	1975	Brasil	Soca	5,0	2,2	3,6
Leme	1978	Brasil	Planta	5,6	1,9	3,8
Leme	1978	Brasil	Planta	4,8	1,3	3,2
Scardua	1979	Brasil	Planta	4,5	2,3	3,3
Scardua	1979	Brasil	Soca	4,4	2,2	3,2
Média	-	-	-	4,9	2,1	3,6

Fonte: Scardua e Rosenfeld (1987 apud TERAMOTO, 2003)

Alfonsi et al. (1987) afirmam que o consumo de água pela cana-de-açúcar varia com o estágio de crescimento e depende da variedade, também, que a perda de água pela cultura durante seu ciclo vegetativo, é função de sua área foliar, estágio fenológico e densidade do sistema radicular. Essa perda de água é denominada evapotranspiração real - ETR. A perda de água por uma superfície plana, vegetada com grama em capacidade de campo, ou seja, com toda a água prontamente disponível, representa a evapotranspiração potencial - ETP. Para uma cultura qualquer, a máxima perda de água em qualquer estágio de desenvolvimento, em condições de nenhuma restrição de água é definida como evapotranspiração máxima - ETM, ou demanda ideal, sendo este valor proporcional à ETP. É óbvio que havendo restrição de água o valor de ETR será menor que ETM. O valor de ajuste entre ETM e ETP é chamado de coeficiente de cultura - Kc, e depende do estágio de desenvolvimento. Desta maneira a Tabela 3 representa os valores de Kc para a cana-de-açúcar.

Tabela 3 - Valores de Kc para os diferentes estádios fenológicos da cultura da cana-de-açúcar

Cana Planta	Cana Soca	Fases da Cultura	Kc
meses			
0-2	0-1	Plantio até 25% do fechamento	0,40
2-3	1-2	25% a 50% do fechamento	0,75
3-4	2-2,5	50 a 75% do fechamento	0,95
4-7	2,5-4	75% até o fechamento	1,10
7-14	4-10	Desenvolvimento máximo	1,25
14-16	10-11	Início da maturação	0,95
16-18	11-12	Maturação	0,70

Fonte: Doorembos e Kassan (1979)

2.1.2 Temperatura

No que se refere a fatores climáticos para a produção da cana-de-açúcar, a temperatura exerce grande importância. A temperatura basal para a cana-de-açúcar está em torno de 20^o C. A temperatura ótima situa-se entre 22 e 30^o C, sendo que nessas condições, a cultura apresenta seu máximo crescimento e acima de 38^o C não há crescimento (BARBIERI; VILLA NOVA, 1977; DOOREMBOS; KASSAN, 1979; MAGALHÃES, 1987).

A temperatura do ar tem relação direta com a brotação das gemas da cana planta, dessa maneira, Nickell (1975), demonstrou que a faixa ideal de temperatura para brotação está entre 34 e 37^o C, sendo os extremos de 21^o C e 44^o C limitantes a brotação das gemas, e, da mesma maneira, Camargo (1976) concluiu que a temperatura crítica do solo para a brotação é de 19^o C, sendo que temperaturas inferiores a 10^o C são danosas à brotação e, a temperatura de 10^o C para o crescimento das raízes e brotos.

Clements (1940) relacionou a temperatura do solo com o número de gemas emersas, advindas de diversos segmentos do colmo, e encontrou os seguintes índices de germinação, para uma faixa de temperatura de 23^o C a 32,2^o C: 50,5 a 93,3% para as gemas do ápice; 31,8 a 74,4% para as gemas da parte mediana e, 45,2 a 77,7% para a base.

Burr et al. (1957) trabalhando com soluções nutritivas em ambiente controlado, concluiu que abaixo de 70^o F no solo, a temperatura passa a ser um fator fortemente limitante ao

crescimento, sendo que o mesmo cessa a 50^o F. Na temperatura do solo de 80^o F, tanto o crescimento quanto absorção de nutrientes atinge seu ponto ótimo, e, quando a temperatura do solo é reduzida de 74^o F para 66^o F, a absorção de fósforo é reduzida em dois terços e a de nitrogênio, pela metade. O referido autor mostrou também, que após vinte semanas de noites frias, o crescimento de colmos foi reduzido pela metade em relação às noites quentes, assim como a translocação de sacarose das folhas para os colmos.

A temperatura ótima para a brotação das gemas na cana-de-açúcar, segundo Doorembos e Kassan (1979), é de 32 a 38^o C e o crescimento ótimo, ocorre nas temperaturas médias diurnas de 22 a 30^o C.

O perfilhamento, assim como a brotação das gemas, é fortemente influenciado por variações de temperatura. Câmara (1993) afirma que capacidade de perfilhamento da cana-de-açúcar é uma característica genética e inerente às variedades, de forma que existem materiais genéticos com baixa capacidade de perfilhamento, enquanto outros apresentam-na com elevada intensidade, no entanto, a temperatura, depois da radiação solar é o fator climático mais importante na formação e crescimento dos perfilhos, sendo que os valores de 30^o C e de 20^o C são tidos como os limites superiores e inferiores de tolerância da espécie, assim como em temperatura de 35^o C, o crescimento da cana-de-açúcar é lento e quando maior ou igual a 38^o C é inexistente (CAMARGO, 1976; SANTOS, 1977; FAUCONNIER; BASSEREAL, 1975).

Stender, 1924, apud Humbert (1968), em seu trabalho, encontrou uma correlação específica entre crescimento dos colmos e diâmetro dos mesmos com a temperatura. Suas medições, no Havaí, mostraram que o crescimento dos colmos no verão, foi cerca de dois terços maior que o crescimento dos colmos no inverno. Trabalhos realizados pelo Plano Nacional de Desenvolvimento da Cana-de-açúcar - PLANALSUCAR (1986) mostraram que o diâmetro, comprimento e número de internódios aumentaram significativamente, em função do aumento da temperatura média de 20^o C. Da mesma maneira, Das (1936) ressalta o efeito dominante da temperatura como controlador do crescimento da planta, no entanto, Clements (1940), analisando diferenças de crescimento em duas localidades no Havaí concluiu que diferenças marcantes na produção da cana-de-açúcar são devidas, principalmente, a efeitos decorrentes da radiação solar em detrimento da temperatura.

A taxa de formação de nós é outro fator influenciado pela temperatura, pois, Humbert (1968) em um de seus experimentos, comprovou que a uma temperatura de solo de 62^o F, o

número de dias entre formação de nós caiu de doze para dez, simplesmente aumentando a temperatura do ar de 56^o F para 74^o F.

Câmara (1993), afirma que temperaturas mínimas noturnas iguais ou superiores a 18^o C associadas a temperaturas máximas diurnas iguais ou inferiores a 31^o C, favorecem a indução do florescimento da cana-de-açúcar, desde que ocorram ao menos durante dez dias, ou seja, por dez ciclos indutivos, não necessariamente sucessivos, dentro do período fotoindutivo.

Singh e Lal (1935), afirmaram que 30^o C é a temperatura ideal para a cana-de-açúcar, bem como que a interação entre temperatura média, fotoperíodo e termoperiodicidade, na produção de matéria seca e concentração máxima de sacarose no colmo, dava-se em temperatura igual a 30^o C.

A maturação da cana-de-açúcar, por sua vez, é uma característica inerente à planta, podendo ser estimulada por fatores ambientais e de manejo, e, apresenta comportamento diferenciado entre as variedades (CÂMARA, 1993). Dentre os fatores ambientais, decréscimos de temperatura são favoráveis à maturação e desfavoráveis ao crescimento vegetativo dos colmos. Em regiões onde não há estação seca por ocasião da maturação da cana é necessário que a temperatura média diária seja inferior a 21^o C, para promover um repouso fisiológico adequado e maior acúmulo de sacarose (CÂMARA, 1987).

2.1.3 Somatória calórica

Embasado na variação diária das temperaturas, Ometto (1981) define a Somatória Calórica como o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da condição máxima exigida pela planta. A condição mínima corresponde à temperatura base da cultura e a diferença entre as duas condições, corresponde à energia necessária para a planta completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total de crescimento.

Camargo et al. (1987) observaram que o método dos graus-dia admite uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal, e que cada espécie vegetal ou variedade possui como característica uma temperatura base, que pode variar em função da idade ou da fase fenológica da planta, sendo comum, no entanto, adotar uma única temperatura base para todo o ciclo da planta.

2.1.4 Radiação solar

A cana-de-açúcar é uma planta do tipo C4, possuindo, portanto, alta eficiência fotossintética e ponto lumínico elevado. Portanto, quanto maior for a saturação luminosa, mais fotossíntese será realizada pela cultura e, logicamente, maior o seu desenvolvimento e acúmulo de açúcares. Em geral, o comprimento do colmo aumenta com o comprimento do dia, variando de 10 a 14 horas, sendo porém reduzido para fotoperíodos longos entre 16 a 18 horas (BARBIERI; VILLA NOVA, 1981).

2.2 Fatores que influenciam o desenvolvimento radicular das canas planta e soca

Humbert (1968) afirma que os fatores que influenciam o crescimento das raízes estão diretamente ligados às práticas do cultivo, irrigação e fertilização, assim como ao caráter varietal empregado na safra.

Evans, Hardy e Yamasaki, (1936) apud Humbert (1968) mencionaram em seus trabalhos que o sistema radicular da cana soca é menos desenvolvido que o da cana planta. Evans, 1936 apud Humbert (1968) como resultados de seus estudos, encontrou que as raízes da cana planta permanecem ativas por período de tempo considerável depois da colheita. Seus estudos, assim como os estudos de Yamasaki, 1956 apud Humbert (1968) mostram que o sistema radicular antigo cessa sua função e inicia seu declínio enquanto um sistema radicular totalmente novo inicia sua formação, pelo desenvolvimento de brotos que formarão a cana soca. Assim, a atividade, distribuição e quantidade dessas raízes são quesitos de importância incontestável para obtenção de boas produtividades da cana soca, desta forma, se as raízes encontram impedimentos físicos ou químicos elas encontrarão dificuldades para se desenvolver, conseqüentemente a superfície de absorção de água e nutrientes será reduzida, assim como a produtividade dos cortes subseqüentes.

Van Dillewijn (1952) afirma em seus trabalhos que as raízes da cana soca possuem menor quantidade de pelos absorventes em comparação com a cana planta, além disso, a primeira apresenta uma quantidade muito maior de raízes negras e com menor poder e capacidade de absorção de água e de nutrientes. Ainda, concluiu que o sistema radicular da cana soca é mais superficial do que da cana planta, isso, aliado ao fato de que as raízes da cana soca são originadas em um nível mais elevado que as raízes da cana planta, ou seja, mais próximas do nível do solo.

Tal fato pode ser conceituado como uma elevação das touceiras da cana soca em relação à cana planta, o que promove uma menor exploração do solo pelas raízes da cana soca e, conseqüentemente, torna a mesma menos produtiva que a cana planta.

Além do sistema radicular, a brotação e perfilhamento das soqueiras é outro fator de extrema importância para a produtividade da cana-de-açúcar.

Uma boa germinação é considerada a base para uma boa colheita, no entanto, o perfilhamento é sem dúvida, o próximo passo, pois provê a planta com um número adequado de colmos, fator indispensável para a obtenção de uma boa produtividade. Desta maneira, as próximas etapas do desenvolvimento da planta são a elongação dos colmos (crescimento) que determina a produtividade, e, a formação do açúcar (amadurecimento) que, por sua vez, fixa o conteúdo da sacarose. Assim, o perfilhamento constitui-se numa característica benéfica de uma variedade (VAN DILLEWIJN, 1952). O mesmo autor estudando a influência da incidência de luz na brotação e na rebrota da cana-de-açúcar, concluiu que a mesma pode se tornar um fator limitante que pode resultar na supressão e até mesmo na morte de brotações menos vigorosas da touceira.

Outro componente da produtividade de fundamental importância no desenvolvimento da planta é o diâmetro dos colmos, sendo que o mesmo varia em função de diferentes variedades, no entanto, sabe-se, de um modo geral, que o diâmetro dos colmos oriundos da colheita de cana soca é menor que o diâmetro dos mesmos quando oriundos de cana planta (HUMBERT, 1968).

Barber, 1963 apud Van Dillewijn (1952) concluiu, em seus estudos com diferentes grupos de cana-de-açúcar que existe uma correlação negativa não proporcional entre diâmetro dos colmos das touceiras e perfilhamento dos cortes subseqüentes, assim sendo, quanto menor o diâmetro dos colmos, menor o perfilhamento das touceiras e, conseqüentemente, menor a produtividade.

Outro fator externo à planta e que deve ser mencionado por sua inegável importância, é o nível de compactação do solo cultivado. Trowse (1967) descreve um solo compactado, como aquele em que há uma redução significativa no volume dos macroporos, o que influencia sobremaneira a quantidade de ar e de água que permeia o solo, reduzindo a disponibilidade dos mesmos às plantas, além do fato de dificultar, ou em casos de extrema compactação, impedir a penetração e o crescimento das radículas no solo, inviabilizando o desenvolvimento das novas raízes. Segundo Humbert (1968) a taxa de elongação de raízes e radículas é mais lenta em solos

mais densos (mais compactados), e isso aparentemente está relacionado com a menor difusão de oxigênio no solo, uma vez que o oxigênio é necessário para uma rápida divisão celular e conseqüente crescimento das raízes, sem contar, que em solos compactados, a difusão de gás carbônico é mais lenta, o que faz com que o mesmo se concentre e atinja concentrações tóxicas para a cana-de-açúcar. Dessa maneira, uma redução na taxa de trocas gasosas em função de um solo compactado implica num menor crescimento das raízes, portanto, a produção de colmos por hectare é reduzida.

Quando a cana é colhida, as brotações subseqüentes, ou a cana soca, são alimentadas pelo sistema radicular da cana planta, até que seu novo sistema radicular esteja em condições de fornecer suprimento adequado de água e outros nutrientes às novas brotações. Assim, o sistema radicular antigo torna-se preto e menos eficiente na absorção de nutrientes e conseqüentemente morre e se decompõe (HUMBERT, 1968). O processo de decomposição de resíduos orgânicos pode ser dividido em três fases, que são: a primeira fase ou fase fitotóxica, a segunda fase ou fase de semicura e a terceira fase ou fase de maturação. Na primeira fase, ou fase fitotóxica, há o desenvolvimento ou formação de traços de diversos ácidos minerais e grande quantidade de ácidos orgânicos, principalmente ácido acético, que pode ser visto como uma toxina danosa as plantas (KIEHL, 2002). Ainda segundo Kiehl (2002) o ácido acético acumulado no início da decomposição de resíduos orgânicos é um fator inibidor do crescimento de raízes

2.3 Modelos matemáticos

Segundo Caixeta Filho (2001), os modelos são representações idealizadas para situações do mundo real. Apesar da dificuldade para a validação de modelos sempre haverá indicação do nível de sucesso do processo da modelagem. Thornley (1976) conceitua os modelos como equações (ou conjunto das mesmas) que podem representar quantitativamente as suposições e hipóteses idealizadas sobre o sistema real.

Aris (1994) cita que modelos nada mais são do que equações matemáticas que representam uma série de fenômenos, que podem ser de entidade física, química, biológica, social ou conceitual.

Os modelos podem evoluir segundo a Figura 3 abaixo:

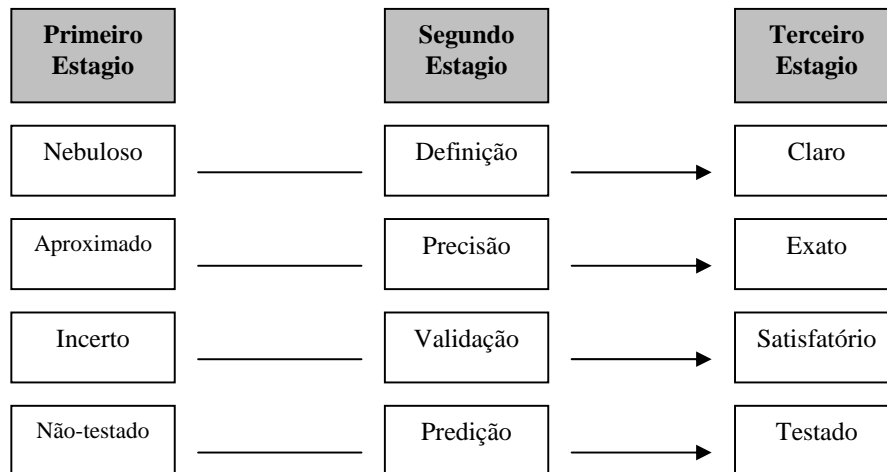


Figura 3 - Evolução dos modelos matemáticos

Fonte: Estados Unidos (1978)

2.4 Modelagem aplicada à agricultura

De acordo com Sadler e Russel (1997), os modelos de previsão de colheitas podem ser aplicados para suportar simulações de planejamento, que variam desde o estratégico (o que plantar ou até mesmo interpretações de mapas de colheita), passando pelo tático (quando determinados tratos culturais serão executados) e logístico (alocação de trabalhos e serviços) até o operacional (como controlar as taxas de uso variáveis dos equipamentos).

Segundo Baier (1973), os modelos existentes na literatura agrônômica podem ser classificados em três categorias distintas: modelos de simulação de crescimento das culturas, modelos empírico-estatísticos e modelos de análise planta-clima.

Os modelos de simulação de crescimento das culturas levam em conta o impacto das variáveis meteorológicas nos processos específicos das plantas, como a fotossíntese, transpiração ou respiração, todavia, sua aplicação prática, apresenta sérias restrições, principalmente pela ausência de informações detalhadas sobre a fisiologia das plantas.

Os modelos empírico-estatísticos são construídos a partir de séries históricas de dados meteorológicos ou agrometeorológicos, bem como, de dados de produtividade de uma cultura para uma determinada região específica.

Qualquer que seja a escala ou objetivo da modelagem, os modelos utilizados como suporte para a tomada de decisões geralmente contêm complexidade correspondente ao seu nível de detalhamento, por exemplo, modelos de longo prazo (anuais ou maiores), e em grandes dimensões (planejamento nacional de safra), possivelmente são baseados em dados empíricos, geralmente oriundos de regressão entre o rendimento da cultura e outros fatores, como precipitação pluvial ou capacidade de armazenamento de água no solo. Por outro lado, podem existir modelos baseados em dados oriundos, por exemplo, de processos que ocorrem no subdossel das culturas. Entre esses dois modelos, muitos deles operam em base de dados diária, alimentados com rigor mecanicista, contra modelos que se utilizam de dados menos precisos. Portanto, as escolhas de aproximação e escalas não são triviais e, geram, acaloradas discussões entre profissionais da área (SADLER; RUSSEL, 1997).

A regressão múltipla é o modelo mais simples utilizado na estimativa da produtividade agrícola. Foi utilizado pela primeira vez por Sir Ronald Fisher, em 1924, para estudar a influência das chuvas na produtividade do trigo. Porém, quem mais se notabilizou com esse tipo de modelo, foi Lois Thompson em 1969, estudando a produtividade do milho (PEREIRA, 1985).

Beauclair (1991, 1994) trabalhou de maneira eficaz com regressões lineares múltiplas para detectar relações entre a produtividade da cana de açúcar e algumas propriedades químicas do solo, bem como de algumas práticas culturais, também considerou os teores de nutrientes presentes no caldo da cana de açúcar e no solo.

A última categoria sugerida por Baier (1973) é formada por modelos de análise planta-clima. O objetivo desses modelos é explicar, com base nos processos físicos e fenológicos, o efeito de uma ou mais variáveis meteorológicas, agrometeorológicas, ou derivadas destas, fornecendo uma resposta quantificável, tal como desenvolvimento ou crescimento vegetativo e reprodutivo.

2.5 Modelos de previsão de safras de cana-de-açúcar

Uma ferramenta importante para descrevermos o processo evolutivo da cultura da cana-de-açúcar é a construção de Modelos Matemáticos que possibilitam o estudo de sistemas reais complexos, os quais exigem modelos com integração coerentes, banco de dados contendo informações experimentais e edafoclimáticas, além da previsão do potencial genético de cada variedade, isto é, permite-se prever as produtividades de variedades de cana-de-açúcar

previamente calibradas em ensaios de campo alocados em vários ambientes, conforme Beauclair¹ (comunicação pessoal).

Para permitir um manejo varietal direcionado é de importância vital possuir um adequado conhecimento do comportamento agrícola e tecnológico das variedades comerciais exploradas (TSUJI et al., 1994). O uso de banco de dados possibilita o armazenamento estável de vários indicadores que permitem conhecer com precisão e agilidade as complexas interações dos diversos fatores responsáveis pelo crescimento e maturação da cana-de-açúcar: variedade, solo, clima, nível de adubação, época de corte, manejo e estado de sanidade da cultura.

Beauclair (1994) afirmou que os modelos aplicados à cultura da cana-de-açúcar que não particularizam o efeito do clima podem representar somente uma fração da variação total da produtividade, dessa maneira, coeficientes de determinação situados na faixa de 0,2 (20%) nestes modelos podem ser considerados excelentes.

Alguns dos principais modelos matemáticos e softwares atuais aplicados à modelagem na cultura da cana-de-açúcar encontram-se abaixo descritos.

O Modelo CANEGRO, descrito por Inman-Bamber (1993), Simula a fisiologia, dinâmica de populações e relações hídricas na planta, existindo 3 opções para cálculo da evapotranspiração potencial. O modelo requer, para os cálculos, principalmente, a velocidade diária do vento e informações sobre a temperatura, além de outros dados.

O Modelo Matemático-Fisiológico de estimativa de produtividade, descrito por Barbieri (1993), que utiliza medidas regulares de clima para fornecer informações sobre o desempenho da cultura, especialmente o acúmulo de matéria seca durante o ciclo. Os resultados desse estudo consideram um conjunto de critérios e funções requeridas para prever a evolução temporal dos estádios fenológicos, tais como: a germinação e estabelecimento, a formação do aparato fotoassimilatório (folhas), a renovação das folhas (formação de palhas), a morte dos colmos por competição, e o acúmulo de matéria seca, considerando as variações da fotossíntese e da respiração. Os elementos de clima utilizados são insolação e temperatura do ar, juntamente com dados astronômicos como fotoperíodo e a radiação no topo da atmosfera. A disponibilidade de água deve ser considerada ideal, pois o modelo simula a produção potencial. O modelo é composto de uma série de equações que descrevem o comportamento fisiológico da planta em

¹ BEUCLAIR, E.G.F. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1994.

resposta às condições ambientais, e as constantes das equações foram obtidas adaptando-se os resultados de pesquisas disponíveis na literatura.

O Modelo Matemático de Balanço de Carbono, descrito por Pereira (1987), que é matemático-fisiológico e simula diariamente o balanço de carbono de uma comunidade vegetal (simula uma condição média da cultura, e não de plantas individuais). O modelo utiliza conceitos de respiração, de crescimento e de manutenção, integrando-os com a fotossíntese no processo de crescimento da cultura, simulando a massa seca dos colmos e das folhas, especulando-se, de maneira quantitativa, os destinos do carbono após sua fixação pelas plantas, numa cultura de cana-de-açúcar. Pereira (1987) integrou três processos que normalmente são estudados em separado, crescimento, fotossíntese e respiração, em uma única equação, em torno da qual foi idealizado o modelo matemático do crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

O Modelo de acúmulo de matéria seca, descrito por Inman-Bamber e Thompson (1989) na South African Sugar Association Experiment Station, que na verdade é composto por dois modelos, para entendimento dos efeitos da idade e do clima na produção de matéria seca da cana-de-açúcar, utilizando-se para tanto, água e fertilizantes em quantidades adequadas. Um primeiro, chamado de “Lorber Model” e um segundo, chamado de “Glover Model”.

Beauchair (1991) trabalhou com modelos de caracterização entre algumas propriedades químicas do solo, especialmente P, Mg, pH e H+Al, e, a produção de três diferentes variedades de cana-de-açúcar na região produtora de Piracicaba, S.P.. Pelo conjunto de análises estatísticas realizadas, foi possível concluir que os parâmetros do solo determinados pelas análises químicas de terra podem explicar menos de 40% da variação da produtividade da cultura.

Modelo de Crescimento de Índice de Área Foliar - IAF de cana-de-açúcar, descrito por Teruel (1995). O primeiro passo para utilização deste modelo de crescimento com base no índice de área foliar foi o cálculo dos valores de graus-dia para cada período de 24 horas, por meio dos dados de temperaturas máximas, mínimas e temperatura base, em seguida, ajustaram-se os valores medidos de acordo com uma função matemática que considerava um IAF medido em determinado momento, variando de acordo com graus-dia e alguns parâmetros de ajuste.

Scarpari (2002) desenvolveu um modelo matemático capaz de obter previsões acerca do Açúcar Teórico Recuperável - ATR e quantidade de colmos produzidos por hectare, ao longo da safra. Para tanto, utilizou dados referentes aos fatores de produção, como precipitação e

temperatura, idade do canavial, solo e manejo. Os modelos de maturação - ATR para cana de ano e cana de ano e meio foram os mais promissores, apresentando $R^2 = 0,6943$ e $0,7574$, respectivamente. Com tais modelos, foi possível identificar e quantificar a influência da precipitação, graus-dia e graus-dia negativos na maturação e produtividade da cana-de-açúcar.

2.6 Variedades de cana-de-açúcar empregadas no estudo

Tabela 4 – Variedades comerciais de cana-de-açúcar utilizadas no estudo

Variedade	RB 84-5210	RB 85-5035	RB 85-5113	RB 85-5156	RB 85-5536	RB 83-5054	RB 85-5046	SP 80-1816
Brotação Cana Planta	Boa	Muito boa	Muito boa	Boa	Boa	Boa	-	-
Brotação Cana Soca – Colheita Manual	Boa	Boa	Muito boa	Boa	Muito boa	Boa	-	-
Brotação Cana Soca – Colheita Mecan.	Boa	Boa	Muito boa	Boa	Muito boa	Boa	-	-
Perf. Cana Planta	Médio	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio	-	-
Perf. Cana Soca	Médio	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio	-	-
Velocidade de Cresc.	Regular	Rápido	Lento	Regular	Regular	Rápido	-	-
Porte	Regular	Médio	Médio	Médio	Ereto	Alto	-	-
Hábito de Cresc.	Ereto	Ereto	Ereto	Semi decumb.	Bom eventual	Ereto	-	-
Fechamento Entrelinhas	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ruim	-	-
Tombamento	Eventual	Raro	Raro	Frequente	Eventual	Eventual	-	-
Produção Agrícola	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Alta	-	-
Maturação	Precoce	Precoce	Média	Super precoce	Média	Precoce	Super - precoce	-
Teor de Açúcar	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Teor de Fibra	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto	-
PUI	Longo	Curto	Médio	Curto	Médio	Longo	-	-
Floração	Ausente	Frequente	Raro	Frequente	Ausente	Ausente	Frequente	-
Chochamento	Ausente	Médio	Pouco	Médio	Ausente	Ausente	Alto	-
Adaptabilidade	Ampla	Ampla	Alta	Alta	Alta	Ampla	-	-
Estabilidade	Regular	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	-	-
Resistência a seca	Média	Média	Média	Alta	Baixa	Alta	-	-
Herbicidas	Tolerante	Tolerante	Sensível	Tolerante	Tolerante	Tolerante	-	-
Época de Corte	Mai-jun	Abr.-maio	Jul-ago	Abr.-maio	Jun.-ago	Mai-jun set.-nov.	-	-
Densidade do Colmo	alta	média	alta	Alta	Alta	Alta	-	-
Despalha	Boa	Regular	Regular	Regular	Boa	Boa	-	-
Ambiente de Produção	Média restrição	Sem restrição	Média restrição	Média restrição	Com restrição	Média restrição	Sem restrição	-

Fonte: Gheller (2003)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Definição da região de estudo

O presente estudo foi realizado tomando como base os dados referentes à produção de todos os cortes de oito variedades de cana-de-açúcar cultivadas pela Usina Costa Pinto, pertencente ao Grupo Cosan, localizada no município de Piracicaba, estado de São Paulo.

3.2 Manejo ou ambientes de produção

Como fatores de manejo, foram considerados os Ambientes de produção utilizados pela Usina Costa Pinto, que são: A, B, C, D, E e F. Assim, foram obtidos modelos matemáticos estratificados por Ambientes de Produção, ou seja, foram separadas as características qualitativas e discretas e, dentro delas, foram analisadas as qualitativas e contínuas. Para efeito de análise, foram agrupados os ambientes de produção A e B, C e D, e, E e F.

A Tabela 5 exemplifica a divisão dos ambientes de produção empregados pela Usina Costa Pinto.

Tabela 5 - Classificação dos ambientes de produção na cultura da cana-de-açúcar

Ambiente	Potencial de Produção	Produtividade (t ha ⁻¹)
A	Muito alto	>95
B	Alto	90-95
C	Médio/alto	85-89
D	Médio	80-84
E	Baixo	70-79
F	Muito baixo	<70

Fonte: Demattê (2005)

3.3 Definição das variedades de cana-de-açúcar estudadas

Foram estudados os dados referentes a um ciclo produtivo de cerca de cinco cortes, mais precisamente dos anos 1999 a 2005, de oito variedades de cana-de-açúcar.

As variedades empregadas no estudo foram: RB 85-5156 (variedade superprecoce); RB 83-5054, RB 85-5035, RB 85-5046 (variedades precoces); RB 84-5210, RB 85-5113, RB 85-5536 (variedades médias) e SP 80-1816 (variedade tardia).

Para cada variedade, buscou-se o maior número possível de repetições de observações de produção sempre dentro de seus respectivos grupos de manejo de solos. Cada variedade, portanto, teve quantidade diferente de dados analisados, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Número de observações analisadas por variedade, cortes e ambientes de produção

Variedade	Número de observações por ambiente de produção		
	Ambiente A + B	Ambiente C + D	Ambiente E + F
RB85-5156	53	254	764
RB83-5054	210	192	62
RB85-5035	-	58	233
RB85-5046	-	-	130
RB84-5210	21	88	190
RB85-5113	-	220	264
RB85-5536	123	115	461
SP80-1816	210	94	-

3.4 Obtenção de dados climáticos mensais referentes à temperatura e precipitação do município em questão

Foram obtidos dados climáticos decendiais referentes à temperatura e precipitação pluvial de todos os subperíodos considerados, junto ao Instituto Agrônomo de Campinas – IAC.

3.5 Obtenção das datas de plantio e corte de todas as variedades

Foram obtidos junto à Usina Costa Pinto as datas de plantio e corte de todas as variedades do estudo, estas, por sua vez, balizaram os cálculos de somatória calórica e balanço hídrico de todos os subperíodos.

3.6 Cálculo da somatória calórica

Com base nos dados de datas de plantio, corte e temperatura, previamente levantados, foram calculadas as somatórias calóricas (graus-dia) referentes aos subperíodos, entre o plantio e o primeiro corte e, entre todos os cortes de todas as variedades para todas as observações (repetições) dentro de seus grupos de manejo, segundo a fórmula abaixo:

$$\text{G.D.} = \Sigma (T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2 - T_b \quad (1)$$

onde:

G.D. = graus dia no período considerado;

T_{max} = temperatura máxima diária;

T_{min} = temperatura mínima diária;

T_b = temperatura basal da cana-de-açúcar.

3.7 Elaboração dos balanços hídricos dos anos de cultivo

Foram calculados os balanços hídricos decendiais da região de cultivo, via método de Thornthwait e Matter (1955), considerando diferentes capacidades de água disponível no solo - CAD de 100, 75 e 50 mm, de acordo com o grupo de manejo no qual as variedades foram cultivadas. Ou seja, foi utilizado CAD de 100mm para os grupos A e B, CAD de 75mm para os grupos C e D, e, finalmente, CAD de 50 mm para os grupos E e F.

De posse desses dados, foi obtido o armazenamento de água no solo compreendido entre o plantio e o primeiro corte e, entre todos os cortes de todas as variedades e suas repetições dentro de seus ambientes de produção.

3.8 Obtenção de dados referentes ao rendimento agrícola das variedades estudadas, nos quesitos produção de colmos por hectare

Foram obtidos os dados finais de rendimento em toneladas de colmo por hectare - TCH para todas as repetições de todos os cortes de todas as variedades em todos os ambientes de produção.

3.9 Análise estatística dos dados

Foram calculados os modelos matemáticos de previsão de produtividade via regressão linear múltipla e metodologia “Stepwise” com auxílio do Software “Statistical Analysis System” – SAS, versão 6.11 (SAS INSTITUTE, 1989).

3.10 Obtenção dos modelos matemáticos

Foram calculados modelos matemáticos de previsão de produção referentes à interação das variáveis graus dia - GD, armazenamento de água no solo - BH e produtividade dos cortes anteriores, segundo a equação abaixo:

$$y_{j,k,l} = a + jbh + kgd + lcorte + mcorte^2 \quad (2)$$

onde:

y = produção de cana-de-açúcar (em toneladas por hectare);

a = intercepto (corte 1);

bh = armazenamento de água no solo;

gd = graus dia;

corte = produtividade do corte n-1;

corte² = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

j, k, l, m = coeficientes calculados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A saída do pacote estatístico SAS pelo método “Stepwise”, indicando cada etapa das análises, assim como os quadros parciais e os dados referentes à entrada de cada variável no modelo até o ajuste final, quando são apresentados os dados das estimativas dos parâmetros das equações dos modelos de cada análise, estão apresentados nos apêndices A a R.

Os modelos que se encontram neste trabalho podem ser classificados, de acordo com Sadler e Russel (1997) como modelos de previsão de colheita que visam simulação de planejamento via vislumbramento de possíveis cenários de produção. Ainda, de acordo com Baier (1973) são modelos empírico-estatísticos construídos a partir de séries históricas de dados agrometeorológicos e observações de dados de produtividade.

No entanto, segundo Baier (1973) um modelo ideal seria aquele que fornecesse uma resposta quantificável tal como crescimento e produção da planta, baseada nos processos físicos e fenológicos das mesmas, utilizando para tanto o efeito de diversas variáveis agrometeorológicas e de manejo de forma conjunta. Tais modelos seriam uma evolução em relação aos aqui apresentados.

Assim, foram obtidos modelos matemáticos de previsão de produtividade agrícola estatisticamente significativos, para todas as variedades e ambientes de produção, estudados neste trabalho. A grande maioria deles apresentou bons ajustes de dados, detectados por coeficientes de determinação situados acima de 0,2, fato este que, de acordo com Beauclair (1994), é considerado bom para modelos elaborados a partir de dados que não particularizam o efeito do clima, diferentemente deste trabalho, onde o clima foi incluído nas análises via somatória calórica e armazenamento de água no solo, portanto, os coeficientes de determinação aqui apresentados podem ser considerados muito bons para modelos oriundos de um conjunto de dados de campo que particularizam os efeitos do clima.

A grande importância de se obter coeficientes de determinação estatisticamente significativos, é que, independentemente de seus valores ou ordem de grandeza, as variáveis independentes têm influência comprovada sobre a variável dependente. Dessa maneira, mesmo que os valores não sejam altos as variáveis estudadas têm efeito real sobre a produtividade da cana-de-açúcar. Por outro lado, nos casos em que os coeficientes de determinação são baixos, há

uma nítida indicação de que há outras variáveis não incluídas na modelagem que também têm efeito sobre a produtividade e, precisam ser modelados.

A significância de todos os modelos aliada a bons coeficientes de determinação, fornecem indícios que os modelos podem ser usados com certa confiança para previsão da produtividade agrícola das variedades de cana estudadas, exceção feita as variedades RB 85-5035 nos ambientes de produção C e D cujo R^2 foi de 0,1592** e SP 80-1816 nos ambientes de produção A e B cujo R^2 foi de 0,1274**, conforme mostram as eq. (9) e (17), ou a Tabela 7, que é um resumo dos coeficientes obtidos.

Tabela 7– Resumo dos coeficientes obtidos nos modelos para todas as variedades

Variedade	Ambiente	Coeficientes dos Modelos					
		Intercepto	BH	GD	corde	(corde) ²	r ² **
RB 85 5156	A e B	370,21	-	0,020	-47,53	4,105	0,6194
	C e D	424,93	- 0,018	-	-54,27	5,9883	0,3792
	E e F	370,01	-	-	-46,468	-4,157	0,4775
RB 83 5054	A e B	389,579	0,0071	-0,01441	-37,24111	2,61828	0,5254
	C e D	382,623	-	-0,01325	-25,119	-	0,2682
	E e F	419,336	-	-	-83,4506	-10,0946	0,5599
RB 85 5035	C e D	196,590	0,05658	-	-5,49947	-	0,1592
	E e F	453,60234	-	-0,01058	-89,57240	10,4776	0,5595
	E e F	402,22994	-	-0,0089	-69,98555	7,88952	0,4262
RB 84 5210	A e B	390,35144	-	-0,04323	15,48670	-	0,7699
	C e D	360,89887	-	-	-33,1989	2,85392	0,4487
	E e F	363,45616	-	-	-43,67745	4,05331	0,4505
RB 85 5113	C e D	366,70163	-0,00628	-	-33,59112	2,86554	0,2608
	E e F	384,58735	-	-0,00689	-43,78228	3,61876	0,5488
	A e B	357,493	0,01045	-	-38,9807	3,40975	0,3023
RB 85 5536	C e D	401,41285	-0,00481	-	-63,90369	7,35525	0,2704
	E e F	383,88841	-	-	-54,39401	4,99357	0,3746
	A e B	392,15296	0,00893	-0,01543	-36,4070	-2,98031	0,1274
SP 80 1816	C e D	366,06119	-	-	-45,69427	4,43908	0,3017

** Todos os modelos foram significativos a menos de 1%.

As variáveis armazenamento de água no solo - BH e somatória calórica - GD apresentam algumas similaridades conceituais, uma vez que, para se calcular o armazenamento de água no solo, utiliza-se a evapotranspiração, que por sua vez é fortemente influenciada pela somatória calórica, ou seja, quanto maior a somatória calórica, maior será a evapotranspiração do sistema. Assim, essas variáveis, por vezes, podem explicar ao mesmo tempo uma única causa de variação.

Os cortes, por vezes, apresentaram maior importância na explicação das causas da variação de produtividade da cana do que as variáveis edafoclimáticas, isso pode ser explicado pela grande heterogeneidade das condições de cultivo e pelos fatores externos à planta discutidos no item 4.9 desta sessão. Beauclair (1994), em seu trabalho, também detectou que o número de

cortes tem um grande efeito depressivo sobre a produtividade agrícola da cana-de-açúcar, sendo responsável por uma redução média de 26 toneladas para cada corte, assim, somente este efeito explica quase a metade da variação da produtividade ($r^2 = 0,499$) de todos os dados por ele utilizados, desta maneira, as informações obtidas neste trabalho de pesquisa corroboram as obtidas pelo autor acima citado.

Apesar do agrupamento das áreas produtivas da Usina em ambientes de produção, há ainda, outros fatores de manejo, que não foram contemplados nessa pesquisa, portanto, são causas de variações não explicadas pelos modelos desenvolvidos neste trabalho, como por exemplo, a utilização de irrigação com vinhaça, a compactação causada pelo maquinário agrícola, a época da colheita (se úmida ou seca), o tipo de colheita (se manual ou mecânica), o uso de fogo para despalha, a presença e o controle de plantas daninhas, a ocorrência e o controle de pragas de solo, fertilidade do solo, bem como adubação e correção do solo. Estas, portanto, são grandes áreas de oportunidade que poderão e deverão ser abordadas em outros estudos dessa natureza.

Santos (1981) estudou os principais fatores que causam flutuações na produtividade da cana-de-açúcar e observou que existe uma correlação positiva entre chuvas e produtividade da cana, sendo que o efeito positivo dos anos úmidos foi de 56% e o coeficiente de determinação foi de 0,8315, ou seja, 0,8315 das causas de variação foram explicadas pela água, da mesma maneira, Álvares (1975) também encontrou correlação entre produtividade e precipitação pluvial, sendo que 51% das causas de variação foram explicadas exclusivamente pela chuva. Beauclair (1991, 1994) encontrou relações entre a produtividade da cana e alguns atributos químicos do solo, adubação e nutrição das plantas.

Da mesma maneira, trabalhos realizados por PLANALSUCAR (1986) mostram o efeito inegável da temperatura no aumento do número de internódios, no diâmetro e comprimento dos colmos.

Pode-se concluir, inegavelmente que a água e a temperatura (somatória calórica) influenciam positivamente a produção da cana-de-açúcar, no entanto, há outros componentes da produção, que se mal manejados podem interferir negativamente na produção final, no entanto, se estes estiverem adequados contribuem em larga escala para o aumento da produção, assim, os mesmos devem ser incorporados aos modelos, para que o maior número possível de causas de variação seja explicado.

De maneira geral, os estudos envolvendo predição da produtividade da cana-de-açúcar, não consideram as variáveis clima, solo, manejo, variedades e produtividade dos cortes anteriores de forma conjunta, como foi abordado neste trabalho, mas sim, as analisam isoladamente, portanto, logicamente, obtém-se constantemente modelos com elevados coeficientes de determinação e com alta correlação entre as variáveis estudadas, que geralmente são poucas, a exemplo dos resultados obtidos por Santos (1981) e Álvares (1975), resultados estes que podem não ser adequados para prever a produtividade de uma situação real de campo, onde há inúmeras variáveis que influenciam no resultado final.

A seguir encontram-se, em detalhes, os modelos de previsão de produtividade das oito variedades de cana-de-açúcar obtidos neste trabalho. Vale lembrar que tais modelos, de acordo com Estados Unidos (1978) encontram-se no primeiro estágio da modelagem, ou seja, estão com nível de precisão aproximado e não testado, assim, ainda há espaço para evolução para um segundo nível, ou seja, de validação e predição.

4.1 Variedade RB 85-5156

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade RB 85-5156, encontram-se representados pelas eq. (3), (4) e (5).

- Ambientes de produção A e B:

$$y^{0,5} = 370,21 + 0,020gd - 47,53corte + 4,105corte^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,6194^{**}$$

- Ambientes de produção C e D:

$$y^{0,5} = 424,93 - 0,018bh - 54,274corte + 5,9883corte^2 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,3792^{**}$$

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 370,01 - 46,468corte - 4,157corte^2 \quad (5)$$

$$R^2 = 0,4775^{**}$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

gd = graus dia do período considerado;

bh = armazenamento de água no solo no período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte² = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os três modelos calculados foram muito significativos (a menos de 1%) e todas as variáveis independentes que compõe os mesmos apresentaram significância a menos de 15%. Nota-se, no entanto, que a variável corte apresentou certa similaridade nos três ambientes de produção estudados (vide eq. (3), (4) e (5)), já a somatória calórica influenciou positivamente a referida variedade apenas nos ambientes A e B. Por aqui pode-se perceber o enorme peso da produtividade dos cortes anteriores para os futuros cortes da cana-de-açúcar, e, portanto, a grande necessidade de se incluir outros fatores de manejo externos à planta na modelagem para refinamento da previsão de produtividade.

4.2 Variedade RB 83-5054

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade RB 83-5054, encontram-se representados pelas eq. (6), (7) e (8).

- Ambientes de produção A e B:

$$y^{0,5} = 389,579 + 0,0071bh - 0,01441gd - 37,24111corte + 2,61828 corte^2 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,5254^{**}$$

- Ambientes de produção C e D:

$$y^{0,5} = 382,623 - 0,01325gd - 25,119corte \quad (7)$$

$$R^2 = 0,2682^{**}$$

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 419,336 - 83,4506corte - 10,0946 corte^2 \quad (8)$$

$$R^2 = 0,5599^{**}$$

onde:

y= toneladas de cana por hectare do corte n;

gd= graus dia do período considerado;

bh= armazenamento de água no solo no período considerado;

corte= produtividade do corte n-1;

corte²= produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os três modelos calculados foram muito significativos, e todas as variáveis independentes que compõem os mesmos apresentaram significância a menos de 15%. Nota-se novamente uma grande influência dos cortes anteriores na produtividade dos cortes subsequentes. No entanto, nos ambientes A e B, o armazenamento de água no solo apresenta uma influência positiva na produtividade, vide eq. (6), já nos ambientes C, D, E e F, sua influência não foi detectada pela modelagem, uma vez que as condições de solo são piores que as dos ambientes A e B (que apresentam solos com melhor retenção de água), portanto, a grande influência dos cortes anteriores predomina sobre a pequena influência dos solos que não foi detectada pelos modelos, vide eq. (7) e (8), respectivamente.

4.3 Variedade RB 85-5035

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade RB 85-5035, encontram-se representados pelas eq. (9) e (10).

- Ambientes de produção C e D:

$$y^{0,5} = 196,590 + 0,05658bh - 5,49947corte \quad (9)$$

$$R^2 = 0,1592$$

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 453,60234 - 0,01058gd - 89,57240corte + 10,47776 corte^2 \quad (10)$$

$$R^2 = 0,5595^{**}$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

gd = graus dia do período considerado;

bh = armazenamento de água no solo no período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte^2 = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os dois modelos calculados foram muito significativos, e todas as variáveis independentes que compõem os mesmos, apresentaram significância a menos de 15%. Nota-se que a produtividade dos cortes anteriores mais uma vez foi um fator que afetou sobremaneira os resultados obtidos, sendo o armazenamento de água no solo um fator de influência positiva apenas nos ambientes C e D, possivelmente devido às melhores condições de solo (melhor capacidade de retenção de água no solo e portanto maior CAD o que significa maior disponibilidade de água para as plantas) comparativamente aos ambientes E e F.

4.4 Variedade RB 85-5046

O modelo de previsão de produtividade para a variedade RB 85-5046, encontra-se representado pela eq. (11).

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 402,22994 - 0,0089gd - 69,98555\text{corte} + 7,88952 \text{ corte}^2 \quad (11)$$

$$R^2 = 0,4262^{**}$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

gd = graus dia do período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte^2 = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

O modelo calculado foi muito significativo e todas as variáveis independentes que compõem o mesmo apresentaram significância a menos de 15%. A variável corte foi novamente

responsável pela explicação de grande parte da variação da produtividade encontrada no modelo, sendo que o armazenamento de água no solo não teve sua influência detectada pela modelagem, possivelmente por ser muito baixo, uma vez que os solos dos ambientes de produção E e F possuem menor capacidade de retenção d'água.

4.5 Variedade RB 84-5210

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade RB 84-5210, encontram-se representados pelas eq. (12), (13) e (14).

- Ambientes de produção A e B:

$$y^{0,5} = 390,35144 - 0,04323gd - 15,48670\text{corte} \quad (12)$$

$$R^2 = 0,7699^{**}$$

- Ambientes de produção C e D:

$$y^{0,5} = 360,89887 - 33,19894\text{corte} + 2,85392 \text{ corte}^2 \quad (13)$$

$$R^2 = 0,4487^{**}$$

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 363,45616 - 43,67745 \text{ corte} + 4,05331 \text{ corte}^2 \quad (14)$$

$$R^2 = 0,4505^{**}$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

gd = graus dia do período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte² = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os três modelos calculados foram muito significativos, e todas as variáveis independentes que compõem os mesmos apresentaram significância a menos de 15%. Nota-se

nos modelos que a variável corte novamente explicou grande parte das causas de variação da produtividade da cana-de-açúcar, possivelmente pelo mesmo efeito citado na discussão do item 4.4.

4.6 Variedade RB 85-5113

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade RB 85-5113 encontram-se representados pelas eq. (15) e (16).

- Ambientes de produção C e D:

$$y^{0,5} = 366,70163 - 0,00628bh - 33,59112\text{corte} + 2,86554 \text{ corte}^2 \quad (15)$$

$$R^2 = 0,2608^{**}$$

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 384,58735 - 0,00689gd - 43,78228 \text{ corte} + 3,61876 \text{ corte}^2 \quad (16)$$

$$R^2 = 0,5488^{**}$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

gd = graus dia do período considerado;

bh = armazenamento de água no solo no período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte² = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os dois modelos calculados foram muito significativos, e todas as variáveis independentes que compõem os mesmos, apresentaram significância a menos de 15%. Nota-se nos modelos, que a variável corte novamente explicou grande parte das causas de variação da produtividade da cana-de-açúcar.

4.7 Variedade RB 85-5536

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade RB 85-5536, encontram-se representados pelas eq. (17), (18) e (19).

- Ambientes de produção A e B:

$$y^{0,5} = 357,493 + 0,01045bh - 38,9807\text{corte} + 3,40975 \text{ corte}^2 \quad (17)$$

$$R^2 = 0,3023^{**}$$

- Ambientes de Produção C e D:

$$y^{0,5} = 401,41285 - 0,00481bh - 63,90369 \text{ corte} + 7,35525 \text{ corte}^2 \quad (18)$$

$$R^2 = 0,2704^{**}$$

- Ambientes de Produção E e F:

$$y^{0,5} = 383,88841 - 54,39401\text{corte} + 4,99357 \text{ corte}^2 \quad (19)$$

$$R^2 = 0,3746^{**}$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

bh = armazenamento de água no solo no período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte² = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os três modelos calculados foram muito significativos, e todas as variáveis independentes que compõem os mesmos, apresentaram significância a menos de 15%. Mais uma vez, nota-se a grande influência dos cortes anteriores na produtividade dos cortes subsequentes, estes, por sua vez, explicam grande parte da variação da produtividade da cana-de-açúcar. O armazenamento de água no solo apresentou influência positiva na produtividade nos ambientes de produção A e B, no entanto, apresentou influência negativa (apesar de pequena) nos ambientes C e D. Tal fato poderia ser explicado por possíveis efeitos de zonas de compactação nos solos, que são compressões nos macroporos que inviabilizam a drenagem da água para as camadas mais

profundas dos solos, minimizando a retenção d' água. Daí a importância de se incluir tal fator em estudos futuros.

4.8 Variedade SP 80-1816

Os modelos de previsão de produtividade para a variedade SP 80-1816, encontram-se representados pelas eq. (20) e (21) .

- Ambientes de produção A e B:

$$y^{0,5} = 392,15296 + 0,00893bh - 0,01543gd - 36,40704corte - 2,98031corte^2 \quad (20)$$

$$R^2 = 0,1274^{**}$$

- Ambientes de produção C e D:

$$y^{0,5} = 366,06119 - 45,69427corte + 4,43908corte^2 \quad (21)$$

$$R^2 = 0,3017$$

onde:

y = toneladas de cana por hectare do corte n;

gd = graus dia do período considerado;

bh = armazenamento de água no solo no período considerado;

corte = produtividade do corte n-1;

corte² = produtividade do corte n-1 elevado ao quadrado;

** = modelo significativo a menos de 1%.

Os dois modelos calculados foram muito significativos, e todas as variáveis independentes que compõem os mesmos apresentaram significância a menos de 15%. Nota-se que a produtividade dos cortes anteriores foi um fator que afetou maciçamente os resultados obtidos, sendo o armazenamento de água no solo um fator de influência positiva apenas nos ambientes A e B, possivelmente devido às melhores condições de solo (melhor capacidade de retenção de água no solo) comparativamente aos ambientes C e D.

A partir do exposto pode-se notar a grande influência dos cortes anteriores na produtividade dos cortes futuros, desta maneira, é importante tecer algumas considerações sobre

tal influência, objetivando caracterizar quais são os fatores interferentes na produtividade da cana soca que devem ser contemplados em estudos futuros.

4.9 Considerações gerais sobre a influência da produtividade do corte anterior nos cortes futuros

A inclusão da variável corte² provocou melhor ajuste matemático nos valores estudados, no entanto, torna difícil a interpretação através da simples análise do sinal do parâmetro obtido (positivo ou negativo), ou seja, se há influência positiva ou negativa na produtividade da cana, pois a metodologia buscou o uso de parâmetros capazes de reduzir o quadrado médio do erro e para isso, pôde ser usada a função quadrática tanto para cima quanto para baixo, sem relação agrônômica. Isto posto, foi possível continuar a discussão.

A máxima brotação das soqueiras da cana-de-açúcar é obtida quando a combinação entre os fatores internos e externos à planta é ótima. Entre os fatores internos, podem-se citar as diferenças varietais, a produção de substâncias de crescimento pelas plantas, o metabolismo dos nutrientes e dos fotoassimilados, o estado nutricional das plantas, dentre outros (VAN DILLEWIJN, 1952). Quanto aos fatores externos, a temperatura do solo e do ar, a umidade do solo, o regime hídrico da região de cultivo, a compactação dos solos, a presença de palhada sobre o solo, a utilização ou não de queimada para despalha da cana, o tipo de colheita empregada (manual ou mecânica), o tipo de solo cultivado e o emprego de irrigação com vinhaça são os mais importantes.

Assim, há uma série de combinações possíveis dentre os fatores internos e externos, que resultam em maior ou menor brotação e perfilhamento, e conseqüentemente um número diferente de colmos por touceira, e, portanto, dependendo do vigor dos perfilhos que originarão os colmos, haverá diferentes produtividades de colmos por hectare.

Desta maneira, não somente os fatores edafoclimáticos (aqui tratados como balanço hídrico ou armazenamento de água no solo e somatória calórica ou graus dia) e diferentes ambientes de produção são os que influenciam na produtividade da cana-de-açúcar, mas sim, os fatores externos também exercem papel fundamental na brotação e no perfilhamento da cana cortada e conseqüentemente na produtividade das diferentes variedades. Conseqüentemente, tais fatores possivelmente influenciaram os resultados dos modelos aqui obtidos, fato comprovado

pela elevada importância da produtividade dos cortes anteriores nos cortes subsequentes, detectados em todos os modelos obtidos.

Temperatura, luz e umidade são os principais fatores climáticos que afetam o crescimento da cana-de-açúcar (HUMBERT, 1968), no entanto, a produtividade dos cortes anteriores possui importância inegável que não pode ser negligenciada em função de nenhum outro fator, na elaboração de modelos de previsão de produtividade ao longo do ciclo.

Um aspecto de incontestável importância para a obtenção de bons níveis de produtividade é o adequado desenvolvimento do sistema radicular das plantas de cana-de-açúcar. Isto posto, Humbert (1968) afirma que os fatores que influenciam o crescimento das raízes estão diretamente ligados às práticas do cultivo, irrigação e fertilização, assim como ao caráter varietal empregado na safra. Desta maneira, pode-se afirmar que os resultados obtidos neste trabalho estão alinhados com as considerações feitas por Humbert (1968), uma vez que as práticas de cultivo, irrigação e fertirrigação, dentre outras, não foram contempladas neste trabalho, e, conseqüentemente sua influência na produtividade da cultura não pode ser considerada nos modelos aqui obtidos e explica, ao menos parcialmente os baixos valores dos coeficientes de determinação obtidos, mesmo que significativos pois deixam claro a existência de outros fatores que não foram contemplados.

Evans, Hardy e Yamasaki, (1936), apud Humbert (1968) mencionaram em seus trabalhos que o sistema radicular da cana soca é menos desenvolvido que o da cana planta. Evans, 1936 apud Humbert (1968) como resultados de seus estudos, encontrou que as raízes da cana planta permanecem ativas por período de tempo considerável depois da colheita. Seus estudos, assim como os estudos de Yamasaki, 1956 apud Humbert (1968) mostram que o sistema radicular antigo cessa sua função e inicia seu declínio enquanto um sistema radicular totalmente novo inicia sua formação, pelo desenvolvimento de brotos, que formarão a cana soca. Assim, a atividade, distribuição e quantidade dessas raízes são quesitos de importância incontestável para obtenção de boas produtividades da cana soca. Desta forma, se as raízes encontram impedimentos físicos ou químicos elas encontrarão dificuldades para se desenvolver, conseqüentemente a superfície de absorção de água e nutrientes será reduzida, assim como a produtividade dos cortes subsequentes. Conseqüentemente, tais impedimentos (ou uma estimativa dos mesmos) deveriam ser contemplados nos modelos de previsão de produtividade dos cortes da cana-de-açúcar, para que os mesmos pudessem se tornar ainda mais precisos e confiáveis.

Van Dillewijn (1952) afirma em seus trabalhos que as raízes da cana soca possuem menor quantidade de pelos absorventes em comparação com a cana planta, além disso, a primeira apresenta uma quantidade muito maior de raízes negras e com menor poder e capacidade de absorção de água e de nutrientes, o que nos leva a crer que este é um fator que contribui para as reduções de produtividade acentuadas com o passar dos cortes e, portanto, é um fator que contribui para a explicação da grande influência da produtividade dos cortes anteriores nos cortes subsequentes encontradas nos modelos de previsão de produtividade obtidos neste trabalho.

Outras evidências que corroboram tais conclusões foram obtidas ainda Van Dillewijn (1952) que concluiu em seus estudos que o sistema radicular da cana soca é mais superficial do que da cana planta, isso, aliado ao fato de que as raízes da cana soca são originadas em um nível mais elevado que as raízes da cana planta, ou seja, mais próximas do nível do solo. Tal fato pode ser conceituado como uma elevação das touceiras da cana soca em relação a cana planta, o que promove uma menor exploração do solo pelas raízes da cana soca e conseqüentemente torna a mesma menos produtiva que a cana planta. Tal fato agrava-se corte após corte, assim, torna-se importante contemplá-lo para a elaboração dos modelos de previsão da produtividade mais precisos e confiáveis.

Além do sistema radicular, a brotação e perfilhamento das soqueiras é outro fator de extrema importância para a produtividade da cana-de-açúcar, influenciada pelo clima da safra conforme discutido na revisão de literatura.

Uma boa germinação é considerada a base para uma boa colheita, no entanto, o perfilhamento é sem dúvida, o próximo passo, pois provê a planta com um número adequado de colmos, fator indispensável para a obtenção de uma boa produtividade. Desta maneira, as próximas etapas do desenvolvimento da planta são a alongação dos colmos (crescimento) que determina a produtividade, e, a formação do açúcar (amadurecimento) que, por sua vez, fixa o conteúdo da sacarose. Assim, o perfilhamento constitui-se numa característica benéfica de uma variedade (VAN DILLEWIJN, 1952). Nesse contexto, o perfilhamento é um aspecto importantíssimo nesta discussão, visto que ele é potencialmente, um dos componentes da produtividade mais afetados com o decorrer dos cortes, ou seja, a capacidade da planta perfilhar com o passar dos anos e dos cortes influencia sobremaneira a produtividade agrícola das mesmas, e portanto é uma variável que deveria ser incorporada aos modelos, uma vez que as falhas no

stand (plantas por hectare) tendem a aumentar devido ao intenso trafico de máquinas na lavoura conforme avançam os cortes.

Van Dillewijn (1952), estudando a influência da incidência de luz na brotação e na rebrota da cana-de-açúcar, concluiu que a mesma pode se tornar um fator limitante que pode resultar na supressão e até mesmo na morte de brotações menos vigorosas da touceira. Tais conclusões podem fornecer indícios de que a limitação de luz imposta pela presença da palhada em áreas de colheita mecânica de cana crua é um fator de extrema importância e pode ser um dos fatores que contribuem e justificam o declínio da produção da cana com o passar dos cortes, uma vez que, sabe-se, que com o passar dos anos, as brotações das touceiras tornam-se menos vigorosas e com menor capacidade de absorção de água e nutrientes em função da menor quantidade de pelos absorventes (VAN DILLEWIJN, 1952). Isso aliado ao fato da possível limitação da luz imposta pela palhada, pode vir a reduzir o perfilhamento e, conseqüentemente, minimizar a produtividade com o passar dos cortes. Ainda de acordo com o mesmo autor, a luz é o mais importante fator externo que influencia a brotação e perfilhamento. Dessa maneira, a taxa de sombreamento das touceiras cortadas é outro fator externo que deve ser contemplado nos modelos, de modo que os mesmos tornem-se mais precisos e confiáveis.

Conforme abordado na revisão de literatura, Kamerling, 1902 apud Dillewijn (1952) obteve resultados que corroboram as citações de Van Dillewijn (1952). O autor estudou a influencia da luz na germinação da cana de açúcar cultivada em vasos, sendo um dos tratamentos a cobertura dos mesmos com um gauze verde, limitando a incidência da luz. Nesse tratamento, dois meses após o plantio, não foi detectado nenhum perfilho, enquanto que na testemunha descoberta, ou seja, sem limitação de radiação solar, o perfilhamento foi pleno.

Outra influência negativa do sombreamento imposto pela palhada da cana crua é a redução da temperatura do solo o que causa redução na absorção de nutrientes como o fósforo e do nitrogênio, de 75 e 50%, respectivamente (BURR et al., 1957).

Observações práticas de campo indicam que, com o passar dos cortes, o espaçamento entre as linhas da cana-de-açúcar diminui devido ao aumento do número de perfilhos por touceira. Van Dillewijn (1952) afirma que o emprego de menores espaçamentos entre linhas ocasiona um aumento do número de colmos industrializáveis, e, portanto, conclui-se que a produtividade também é aumentada.

Outro fator externo à planta e que deve ser mencionado por sua inegável importância é o nível de compactação do solo cultivado. Como citado na revisão de literatura, Trowse (1967) descreve um solo compactado como aquele em que há uma redução significativa no volume dos macroporos, o que influencia sobremaneira a quantidade de ar e de água que permeia o solo, reduzindo a disponibilidade dos mesmos às plantas, além do fato de dificultar, ou em casos de extrema compactação, impedir a penetração e o crescimento das radículas no solo, inviabilizando o desenvolvimento das novas raízes. Segundo Humbert (1968), a taxa de alongação de raízes e radículas é mais lenta em solos mais densos (mais compactados), e isso aparentemente está relacionado com a menor difusão de oxigênio no solo, uma vez que o oxigênio é necessário para uma rápida divisão celular e conseqüente crescimento das raízes, sem contar que, em solos compactados, a difusão de gás carbônico é mais lenta, o que faz com que o mesmo se concentre e atinja concentrações tóxicas para a cana-de-açúcar. Dessa maneira, uma redução na taxa de trocas gasosas, em função de um solo compactado, implica num menor crescimento das raízes, portanto, a produção de colmos por hectare é reduzida.

A passagem da colheita manual para a mecanizada resulta em uma série de problemas de compactação do solo, na medida em que equipamentos grandes e pesados passam a operar sobre o solo cultivado, sendo que o dano ao solo é particularmente sério em plantações submetidas a intenso tráfego de máquinas em épocas chuvosas. Humbert (1968), estudou tais alterações nos solos cultivados com cana-de-açúcar que foram submetidos a passagem da colheita manual para mecanizada e concluiu que a produtividade das colheitas de cana declinaram em proporção direta ao número de vezes que houve colheita mecanizada, ou seja, maior compactação do solo. Ainda, em estudo similar, o referido autor estudou a correlação entre o crescimento radicular da cana-de-açúcar em diversos solos compactados (em níveis considerados críticos) em função de variações na umidade dos mesmos e concluiu que as raízes das plantas não conseguiram penetrar em nenhum dos solos compactados.

Além disso, em estudos correlatos sobre compactação, o mesmo autor concluiu que outras operações mecanizadas, como adubação e controle químico de plantas daninhas sempre compactam o solo e limitam o crescimento radicular. Da mesma maneira Van Dillewijn (1952) apontou em seus trabalhos que o desenvolvimento das raízes, especialmente dos pelos radiculares responsáveis pela absorção de água e nutrientes, é extremamente afetado por solos compactados.

Sabe-se que os solos cultivados com cana-de-açúcar podem apresentar sérios problemas de compactação com o passar dos anos e dos cortes sucessivos, assim, este fator certamente influencia o crescimento e desenvolvimento radicular que sabidamente é fundamental para que haja bons perfilhamento e rebrota das touceiras colhidas, conseqüentemente, boas produtividades com o passar dos cortes.

A partir de observações de campo, sabe-se que com a colheita mecanizada o enleiramento é feito a cada três ruas, ao invés de cinco ruas como feito na colheita manual, assim, em áreas colhidas mecanicamente, somente dois terços da área é submetida ao cultivo, contra quatro quintos da área no caso de colheita manual, portanto, a área compactada no sistema mecanizado representa um terço da área total, enquanto que na colheita manual representa um quinto da área, isso pode indicar a redução maior na brotação de áreas colhidas mecanicamente.

Desta maneira, a compactação dos solos é um fator que deve ser incluído como variável independente na elaboração dos modelos de previsão de produtividade da cana-de-açúcar, para que melhores resultados possam ser obtidos.

Outro componente da produtividade de fundamental importância na presente análise é o diâmetro dos colmos da cana-de-açúcar, sendo que o mesmo varia em função de diferentes variedades, no entanto, sabe-se, de um modo geral, que o diâmetro dos colmos oriundos da colheita de cana soca é menor que o diâmetro dos mesmos quando oriundos de cana planta (HUMBERT, 1968).

Barber, 1963 apud Van Dillewijn (1952) concluiu em seus estudos com diferentes grupos de cana-de-açúcar que existe uma correlação negativa não proporcional entre diâmetro dos colmos das touceiras e perfilhamento dos cortes subseqüentes, assim sendo, quanto menor o diâmetro dos colmos, menor o perfilhamento das touceiras, e, conseqüentemente, menor a produtividade.

Sabe-se, a partir de observações de campo, que com o passar dos anos (cortes), o diâmetro dos colmos da cana soca é gradualmente reduzido, desta maneira, se nos remetermos a Barber (1963) podemos inferir que com o decréscimo no diâmetro dos colmos decorrente dos sucessivos cortes, decresce também o número de perfilhos das touceiras com o passar dos cortes e, conseqüentemente, decresce a produtividade dos cortes da cana soca, fato este, que pode contribuir para a justificativa da grande influência da produtividade dos cortes anteriores no rendimento futuro das variedades de cana-de-açúcar estudadas neste trabalho.

Quando a cana é colhida, as brotações subseqüentes, ou a cana soca, são alimentadas pelo sistema radicular da cana planta, até que seu novo sistema radicular esteja em condições de fornecer suprimento adequado de água e outros nutrientes às novas brotações. Assim, o sistema radicular antigo torna-se preto e menos eficiente na absorção de nutrientes e conseqüentemente morre e se decompõe (HUMBERT, 1968). O processo de decomposição de resíduos orgânicos pode ser dividido em três fases, que são: a primeira fase ou fase fitotóxica, a segunda fase ou fase de semicura e, a terceira fase ou fase de maturação. Na primeira fase ou fase fitotóxica, há o desenvolvimento ou formação de traços de diversos ácidos minerais e grande quantidade de ácidos orgânicos, principalmente ácido acético, que pode ser visto como uma toxina danosa as plantas (KIEHL, 2002). Ainda segundo Kiehl (2002) o ácido acético acumulado no início da decomposição de resíduos orgânicos é um fator inibidor do crescimento de raízes. Tais afirmações poderiam, indubitavelmente, contribuir para a explicação da redução da formação das raízes e conseqüentemente da produtividade das rebrotas das touceiras da cana-de-açúcar com o passar dos anos e conseqüentemente dos cortes (substâncias tóxicas aliadas ao longo período entre morte e formação de novas raízes capazes de suprir totalmente as novas brotações).

Pode-se afirmar, a partir de todas as considerações anteriores, que a queda na produtividade da cana-de-açúcar com o passar dos cortes, é devida, dentre outros fatores acima citados, também, à menor incidência de radiação solar (graus dia) e menor quantidade de água disponível para a planta, afinal, as canas são colhidas no período seco do ano e atravessam um estágio de baixas temperaturas e déficit hídrico no início de seu desenvolvimento, razão pela qual o uso de vinhaça é muito bem sucedido, uma vez que supre parcialmente essas limitações. Partindo dessa premissa, a utilização do referido produto indubitavelmente deve ser contemplada em modelos de previsão de produtividade.

Ainda, como visto nesta discussão, os fatores de manejo e fisiológicos são de extrema importância pois a planta, após o corte, enfrenta uma reconstrução total de seu sistema radicular com inevitável dispêndio energético. Neste contexto, a adubação nitrogenada é fundamental devido a alta relação C/N do sistema radicular anterior em decomposição, portanto, é outra variável que deve ser contemplada nos modelos.

A partir do exposto, pode-se concluir que há inúmeros fatores que podem contribuir para a explicação da grande participação da produtividade dos cortes anteriores no rendimento dos cortes subseqüentes da cana-de-açúcar. Portanto, para que os modelos de previsão da

produtividade dos cortes futuros sejam ainda mais precisos, há que se incorporar aos modelos outros fatores, como, por exemplo, a compactação dos solos que influencia no desenvolvimento das raízes; a incidência da luz que influencia o perfilhamento, o diâmetro dos colmos da touceira que estão diretamente ligados à brotação e perfilhamento da soca; o uso de irrigação com vinhaça, a adubação e a nutrição das plantas, o perfilhamento, dentre outros.

5 CONCLUSÕES

Após as análises efetuadas, foi possível concluir que:

- foi utilizado um bom número de observações para análise, na maioria dos casos mais que 100 observações, portanto, os dados, quando analisados por esse prisma, são consistentes;
- as análises foram feitas com dados oriundos de diversas condições edafoclimáticas, ou seja, tiveram uma boa variabilidade espacial, fato que confere robustez e credibilidade aos modelos;
- foram empregadas no estudo um bom número de variedades comerciais e todas apresentaram comportamento semelhante, o que nos dá indícios de que os modelos são confiáveis e podem ser consideradas para outras condições;
- os dados, na grande maioria dos casos, tiveram bons ajustes aos modelos, fato comprovado pelos bons R^2 encontrados para condições de produção comercial no campo e pela boa significância em todos os modelos, no entanto, os modelos não conseguiram explicar a totalidade das causas de variação da produtividade;
- a produtividade dos cortes anteriores explica grande parte das causas de variação dos dados nos modelos encontrados, e, reduz, nos modelos, a influência de fatores como o armazenamento de água no solo e somatória calórica;
- há muitas variáveis que não foram contemplados por essa modelagem como níveis de compactação do solo, tipo de colheita, ocorrência e controle de pragas, doenças e plantas daninhas, uma vez que a hipótese inicial era que as variáveis gd, bh e cortes anteriores estratificadas por ambientes de produção seriam suficientes para que os modelos tivessem boa representatividade;
- as variáveis estudadas nesse trabalho são importantes e afetam a produtividade da cana-de-açúcar, fato provado matematicamente nos modelos. Isso é um ponto fundamental pois mais importante que o uso prático e imediato dos mesmos, é que tal conclusão é apenas o primeiro passo desse estudo, no entanto é sólido e incontestável.
- há uma enorme área de oportunidade para realização de novos estudos que contemplem os fatores de manejo identificados por este trabalho como importantes e que não foram abordados neste.

Portanto, os resultados aqui apresentados permitem antever com certo otimismo a possibilidade de obter-se uma depuração no planejamento da produção agrícola, no tocante a previsão de produtividade dos cortes de cana-de-açúcar.

Sugere-se finalmente, que novos trabalhos que contemplem as variáveis não estudadas nestes modelos, sejam desenvolvidos à luz dos novos conhecimentos adquiridos, pois os benefícios são claros e marcantes.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas. Fundação Cargill, 1997. v. 1, p. 52-45.
- ALVAREZ, F.G. **Cana-de-açúcar**. Caracas: Fundo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1975. 667 p.
- ARIS, R. **Mathematical modeling techniques**. New York: Dover, 1994. 269 p.
- BAIER, W. Crop-weather analysis model. 1. Summary. **International Journal of Biometeorology**, Leiden, v. 20, n. 2, p. 313-20, 1973.
- BARBER, S.A.; WALKER, J.M.; VASEY, E.H. Mechanisms for the movement of of plant nutrients from the soil and fertilizer to the plant root. **Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 2, p. 204-207, 1963.
- BARBIERI, V. **Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1981. 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1981.
- BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa**. 1993. 142 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.
- BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N.A. **Climatologia e a cana-de-açúcar**. Araras: PLANALSUCAR, Coordenadoria Regional Sul - COSUL, 1977. 22 p.
- BEAUCLAIR, E.G.F. **Produtividade da cana-de-açúcar em função de alguns macronutrientes presentes no caldo e no solo**. 98 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- BEAUCLAIR, E.G.F. **Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), através de regressão linear múltipla**. 1991. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- BURR, G.O. The sugar cane plant. **Annual Review of Plant Physiology**, Stanford, v. 8, p. 275-308, 1957.
- CAIXETA FILHO, J.V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001. 171 p.
- CÂMARA, G.M.S. **A cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba, ESALQ, 1987. 24 p. (ESALQ. Informativo Técnico, 7).

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 31-64.

CAMARGO, M.B.P. A seca de 1985 no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 31-44, 1986.

CAMARGO, M.B.P. de; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura-base para o cálculo de graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p.115-121, 1987.

CAMARGO, P.N. **Fisiología de la caña de azucar**. México: Comisión Nacional de la Industria Azucarera, 1976. 63 p. (IMPA. Divulgación Técnica, 6).

CLEMENTS, H.F. Integration of physiologies and climatic factors reference to the production of sugar cane. **Hawaiian Planters Record**, Honolulu, v. 44, p. 210-33, 1940.

CLEMENTS, H.F.; KUBOTA, T. Internal moisture relations of sugar cane. The selection of a moisture index. **Hawaiian Planters Record**, Honolulu, v. 46, p. 17 – 19, 1942.

DAS, U.K. The day degree in Mauririus. **Hawaiian Planters Record**, Honolulu, v. 40, p. 103-104, 1936.

DEMATTÊ, J.L.I. Manejo e conservação de solos na cultura da cana-de-açúcar. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.1, p. 8-17.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del água sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Riego y Drenaje ,33).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Technical manual 520: modeling**. Washington, 1978. 10 p.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 30 jun. 2005.

FAUCONIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azucar**. Barcelona: Ed. Blume, 1975. 433 p.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. Mercado e perspectivas. In: _____. **AGRIANUAL 2006**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. p. 261-269.

GHELLER, A.C.A. **Características agronômicas variedades RB**. Araras: UFSCAR, 2003. 23 p.

HUMBERT, R.P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.

INMAN-BAMBER, N.G. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, p. 41-51, 1993.

INMAN-BAMBER, N.G.; THOMPSON, G.D. Models of dry matter accumulation by sugar cane. **Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association**, Johannesburg, n. 63, p. 202-216, 1989.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: O autor, 2002. 171p.

KING, J.; MUNGOMERY, R.W.; HUGHES, C.G. **Manual of cane growing**. New York: American Elsevier Publ., 1975. 375 p.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Coord.). **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 113-118.

NICKELL, L.G. Ecophysiology of sugar cane. In: ALVIM, P.T. (Coord.). **Ecophysiology of tropical crops**. Itabuna: CEPLAC, 1975. p. 1-52.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

PEREIRA, A.R. Previsão do florescimento em cana-de-açúcar. **Comunidade de Pesquisa Agropecuária**, Piracicaba, v.3, n.6, p.15-6, 1985.

PEREIRA, A.R. Simulação do crescimento e da produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 200-209.

PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA CANA DE AÇÚCAR. **Cultura da cana-de-açúcar: manual de orientação**. Piracicaba: IAA, Coordenadoria Regional Sul, 1986. 56 p.

RODRIGUES, A.J. Utilização de informações climáticas na estimativa de produção de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE AVALIAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE ALAGOAS, 2., 1985, Rio Largo. **Anais ...** Rio Largo: Planalsucar, 1985. p. 29-33.

SADLER, E.J.; RUSSELL, G. Modeling crop yield for specific site management. In: PIERCE, J.; SADLER, E.J. (Ed.). **The site specific management for agricultural systems**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1997. p. 69-79.

SANTOS, D. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Recomendações técnicas para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Paraná**. Londrina, 1977. p. 8-22. (IAPAR. Circular, 6).

SANTOS, M.J.Z. **Influências climáticas associadas às pedológicas e econômicas na produção de cana-de-açúcar nos núcleos canavieiros do Estado de São Paulo**. 1981. 411 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SAS INSTITUTE. **SAS language and procedures: usage; version 6**. Cary, 1989. 638 p.

SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 313-431.

SCARPARI, M.S. **Modelos para previsão da produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) através de parâmetros climáticos.** 2002. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SINGH, B.N.; LAL, K.N. Investigation on the effect of age on the assimilation of leaves. **Annals of Botany**, New Delhi, v. 49, p. 291-307, 1935.

STENDER, H.K. Some sugar cane growth measurements. **Hawaiian Planters Records**, Honolulu, v. 28, p. 472-495, 1924.

SUN, V.G.; CHOW, N.P. The effect of climatic factors on the yield of cane in Tainan. **Report Taiwan Sugar Experiment Station**, Taiwan, n.4., pt. 2, p. 1-40, 1949.

TERAMOTO, E.R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) baseados em parâmetros do solo e do clima.** 2003. 96 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TERUEL, D.A. **Modelagem do índice de área foliar da cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos.** 1995. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

THOMPSON, G.D. The relationship of potential evapotranspiration of sugarcane environment factors. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGARCANE TECHNOLOGISTS., 12., 1967, Puerto Rico. **Proceedings ...** Amsterdam: Elsevier, 1967. p. 3-9.

THORNLEY, J.H.M. **Mathematical models in plant physiology:** a quantitative approach to problems in plant and crop physiology. London: Academic Press, 1976. 318 p.

THORNTHWAIT, C.W.; MATHER, R.J. The water balance. **Publications in Climatology**, New Jersey, v. 8, n. 1, p. 1-104, 1955.

TROUSE, A.C. Effects of soil compression on the development of sugar cane roots. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1967, Amsterdam. **Proceedings ...** Amsterdam: Elsevier, 1967. p. 137-152.

TSUJI, G.Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. **DSSAT version 3.** Honolulu: University of Hawaii, 1994. 163 p.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane.** Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 371 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5156,
ambientes A-B

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 53
Number of Observations Used 53

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.4972 and C(p) = 14.4183

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	67369	67369	50.43	<.0001
Error	51	68131	1335.89268		
Corrected Total	52	135499			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	366.16084	8.15282	2694631	2017.10	<.0001
corte	-16.01116	2.25465	67369	50.43	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.5579 and C(p) = 8.7638

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	75592	37796	31.55	<.0001
Error	50	59907	1198.14557		
Corrected Total	52	135499			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	396.74758	13.99737	962599	803.41	<.0001
corte	-42.84046	10.46123	20093	16.77	0.0002
corteq	3.50668	1.33853	8223.24792	6.86	0.0116

Bounds on condition number: 24.003, 96.013

Stepwise Selection: Step 3

Variable gd Entered: R-Square = 0.6194 and C(p) = 3.0073

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	83925	27975	26.58	<.0001
Error	49	51574	1052.54051		
Corrected Total	52	135499			

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	370.21533	16.15660	552647	525.06	<.0001
gd	0.02020	0.00718	8332.79344	7.92	0.0070
corte	-47.53037	9.94567	24039	22.84	<.0001
corteq	4.10519	1.27247	10955	10.41	0.0022

Bounds on condition number: 24.697, 151.26

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.4972	0.4972	14.4183	50.43
2	corteq			2	0.0607	0.5579	8.7638	6.86
3	gd			3	0.0615	0.6194	3.0073	7.92

APÊNDICE B – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5156,
ambientes C-D

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 234
Number of Observations Used 234

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.1258 and C(p) = 92.4804

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	53541	53541	33.40	<.0001
Error	232	371916	1603.08821		
Corrected Total	233	425457			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	314.69689	5.44884	5347287	3335.62	<.0001
corte	-9.02621	1.56186	53541	33.40	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.3568 and C(p) = 9.2883

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	151793	75896	64.06	<.0001
Error	231	273664	1184.69463		
Corrected Total	233	425457			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	375.43675	8.15021	2513866	2121.95	<.0001
corte	-52.42393	4.95094	132828	112.12	<.0001
corteq	5.91982	0.65004	98252	82.93	<.0001

Bounds on condition number: 13.597, 54.388

Stepwise Selection: Step 3

Variable bh Entered: R-Square = 0.3792 and C(p) = 3.0321

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	161315	53772	46.82	<.0001
Error	230	264143	1148.44602		
Corrected Total	233	425457			

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	424.93104	18.96980	576265	501.78	<.0001
bh	-0.01841	0.00639	9521.87421	8.29	0.0044
corte	-54.27449	4.91679	139939	121.85	<.0001
corteq	5.98836	0.64046	100401	87.42	<.0001

Bounds on condition number: 13.833, 85.728

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.1258	0.1258	92.4804	33.40
2	corteq			2	0.2309	0.3568	9.2883	82.93
3	bh			3	0.0224	0.3792	3.0321	8.29

Pr > F

<.0001

<.0001

0.0044

APÊNDICE C – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5156, ambientes E-F

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 764
Number of Observations Used 764

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.3317 and C(p) = 97.8463

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	428217	428217	378.19	<.0001
Error	762	862803	1132.28772		
Corrected Total	763	1291020			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	330.17221	3.05036	13265841	11716.0	<.0001
corte	-18.37094	0.94467	428217	378.19	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.4075 and C(p) = 2.4747

Variedade: RB855156
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	526151	263075	261.74	<.0001
Error	761	764869	1005.08406		
Corrected Total	763	1291020			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	370.01084	4.95457	5605572	5577.22	<.0001
corte	-46.46820	2.98231	244010	242.78	<.0001
corteq	4.15758	0.42119	97934	97.44	<.0001

Bounds on condition number: 11.228, 44.912

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.3317	0.3317	97.8463	378.19
2	corteq			2	0.0759	0.4075	2.4747	97.44

APÊNDICE D – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 83-5054,
ambientes A-B

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 210
Number of Observations Used 210

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.4590 and C(p) = 27.6490

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	181675	181675	176.50	<.0001
Error	208	214097	1029.31100		
Corrected Total	209	395772			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	359.97623	5.25027	4838731	4700.94	<.0001
corte	-17.97279	1.35282	181675	176.50	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.5036 and C(p) = 10.3912

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	199321	99661	105.01	<.0001
Error	207	196450	949.03596		
Corrected Total	209	395772			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	398.21736	10.20119	1446177	1523.84	<.0001
corte	-43.04878	5.95863	49535	52.19	<.0001
corteq	3.31980	0.76989	17646	18.59	<.0001

Bounds on condition number: 21.041, 84.165

Stepwise Selection: Step 3

Variable gd Entered: R-Square = 0.5203 and C(p) = 5.1981

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	205912	68637	74.47	<.0001
Error	206	189859	921.64707		
Corrected Total	209	395772			

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	417.71353	12.41817	1042814	1131.47	<.0001
gd	-0.01289	0.00482	6591.14868	7.15	0.0081
corte	-41.79180	5.89080	46387	50.33	<.0001
corteq	3.09326	0.76341	15131	16.42	<.0001

Bounds on condition number: 21.304, 130.53

Stepwise Selection: Step 4

Variable bh Entered: R-Square = 0.5254 and C(p) = 5.0000

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	207926	51982	56.73	<.0001
Error	205	187845	916.31754		
Corrected Total	209	395772			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	389.57987	22.65826	270886	295.62	<.0001
bh	0.00710	0.00479	2014.20016	2.20	0.1397
gd	-0.01441	0.00491	7876.75227	8.60	0.0038
corte	-37.24111	6.62736	28934	31.58	<.0001
corteq	2.61828	0.82587	9209.89551	10.05	0.0018

Bounds on condition number: 26.959, 218.42

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

APÊNDICE E – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 83-5054,
ambientes C-D

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 192
Number of Observations Used 192

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.2682 and C(p) = 5.5727

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	121861	121861	69.62	<.0001
Error	190	332590	1750.47370		
Corrected Total	191	454451			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	352.23324	8.51393	2996099	1711.59	<.0001
corte	-22.73187	2.72446	121861	69.62	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable gd Entered: R-Square = 0.2894 and C(p) = 1.9528

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	131517	65759	38.49	<.0001
Error	189	322934	1708.64566		
Corrected Total	191	454451			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	382.62341	15.30298	1068176	625.16	<.0001
gd	-0.01325	0.00557	9655.97354	5.65	0.0184
corte	-25.11929	2.87296	130620	76.45	<.0001

Bounds on condition number: 1.1392, 4.5568

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.2682	0.2682	5.5727	69.62
2	gd			2	0.0212	0.2894	1.9528	5.65

APÊNDICE F – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 83-5054, ambientes E-F

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 62
Number of Observations Used 62

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.4317 and C(p) = 17.6518

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	41922	41922	45.58	<.0001
Error	60	55182	919.69447		
Corrected Total	61	97104			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	340.12549	10.44475	975271	1060.43	<.0001
corte	-22.08690	3.27141	41922	45.58	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.5599 and C(p) = 2.5834

Variedade: RB835054
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	54372	27186	37.54	<.0001
Error	59	42732	724.26588		
Corrected Total	61	97104			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	419.33679	21.23489	282439	389.97	<.0001
corte	-83.45065	15.08254	22172	30.61	<.0001
corteq	10.09467	2.43476	12450	17.19	0.0001

Bounds on condition number: 26.991, 107.97

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.4317	0.4317	17.6518	45.58
2	corteq			2	0.1282	0.5599	2.5834	17.19

APÊNDICE G – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5035,
ambientes C-D

Variedade: RB855035
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 58
Number of Observations Used 58

Stepwise Selection: Step 1

Variable bh Entered: R-Square = 0.1202 and C(p) = 1.5251

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	8115.91631	8115.91631	7.65	0.0077
Error	56	59396	1060.65157		
Corrected Total	57	67512			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	158.88370	46.22899	12529	11.81	0.0011
bh	0.06938	0.02508	8115.91631	7.65	0.0077

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corte Entered: R-Square = 0.1592 and C(p) = 1.0671

Variedade: RB855035
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	10745	5372.68613	5.21	0.0085
Error	55	56767	1032.12786		
Corrected Total	57	67512			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	196.59058	51.35895	15123	14.65	0.0003
bh	0.05658	0.02601	4885.34643	4.73	0.0339
corte	-5.49947	3.44552	2629.45595	2.55	0.1162

Bounds on condition number: 1.105, 4.42

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	bh			1	0.1202	0.1202	1.5251	7.65
2	corte			2	0.0389	0.1592	1.0671	2.55

APÊNDICE H – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5035, ambientes E-F

Variedade: RB855035
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 233
Number of Observations Used 233

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.4818 and C(p) = 39.5967

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	200101	200101	214.77	<.0001
Error	231	215217	931.67726		
Corrected Total	232	415318			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	358.24488	5.57771	3843381	4125.23	<.0001
corte	-28.72366	1.95996	200101	214.77	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.5262 and C(p) = 18.5835

Variedade: RB855035
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	218541	109270	127.72	<.0001
Error	230	196778	855.55542		
Corrected Total	232	415318			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	405.37641	11.47325	1068051	1248.37	<.0001
corte	-68.45249	8.76130	52226	61.04	<.0001
corteq	7.21277	1.55364	18440	21.55	<.0001

Bounds on condition number: 21.76, 87.04

Stepwise Selection: Step 3

Variable gd Entered: R-Square = 0.5595 and C(p) = 3.3196

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	232374	77458	96.96	<.0001
Error	229	182945	798.88534		
Corrected Total	232	415318			

Variedade: RB855035
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	453.60234	16.03847	639012	799.88	<.0001
gd	-0.01058	0.00254	13833	17.32	<.0001
corte	-89.57240	9.87099	65783	82.34	<.0001
corteq	10.47776	1.69397	30564	38.26	<.0001

Bounds on condition number: 29.581, 176.19

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step Pr > F	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1 <.0001	corte			1	0.4818	0.4818	39.5967	214.77
2 <.0001	corteq			2	0.0444	0.5262	18.5835	21.55
3 <.0001	gd			3	0.0333	0.5595	3.3196	17.32

APÊNDICE I – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5046,
ambientes E-F

Variedade: RB855046
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 130
Number of Observations Used 130

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.3808 and C(p) = 9.0997

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	86709	86709	78.71	<.0001
Error	128	141008	1101.62406		
Corrected Total	129	227717			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	347.59664	8.12670	2015377	1829.46	<.0001
corte	-31.47822	3.54808	86709	78.71	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.4101 and C(p) = 4.6973

Variedade: RB855046
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	93392	46696	44.15	<.0001
Error	127	134325	1057.68094		
Corrected Total	129	227717			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	384.53247	16.71350	559868	529.34	<.0001
corte	-66.67245	14.42691	22589	21.36	<.0001
corteq	7.30548	2.90643	6682.40132	6.32	0.0132

Bounds on condition number: 17.22, 68.881

Stepwise Selection: Step 3

Variable gd Entered: R-Square = 0.4262 and C(p) = 3.1913

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	97051	32350	31.20	<.0001
Error	126	130666	1037.03254		
Corrected Total	129	227717			

Variedade: RB855046
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	402.22994	19.04326	462656	446.13	<.0001
gd	-0.00892	0.00475	3659.37860	3.53	0.0626
corte	-69.98555	14.39386	24516	23.64	<.0001
corteq	7.88952	2.89467	7703.65994	7.43	0.0073

Bounds on condition number: 17.483, 107.76

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.3808	0.3808	9.0997	78.71
2	corteq			2	0.0293	0.4101	4.6973	6.32
3	gd			3	0.0161	0.4262	3.1913	3.53

Pr > F
<.0001
0.0132
0.0626

APÊNDICE J – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 84-5210,
ambientes A-B

Variedade: RB845210
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 21
Number of Observations Used 21

Stepwise Selection: Step 1

Variable gd Entered: R-Square = 0.7076 and C(p) = 3.3457

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	31005	31005	45.99	<.0001
Error	19	12810	674.18689		
Corrected Total	20	43815			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	365.01575	15.40329	378596	561.56	<.0001
gd	-0.05806	0.00856	31005	45.99	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corte Entered: R-Square = 0.7699 and C(p) = 1.0127

Variedade: RB845210
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	33733	16867	30.11	<.0001
Error	18	10082	560.08497		
Corrected Total	20	43815			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	390.35144	18.13541	259484	463.29	<.0001
gd	-0.04323	0.01030	9869.37252	17.62	0.0005
corte	-15.48670	7.01717	2728.02145	4.87	0.0405

Bounds on condition number: 1.7416, 6.9663

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	gd			1	0.7076	0.7076	3.3457	45.99
2	corte			2	0.0623	0.7699	1.0127	4.87

APÊNDICE K – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 84-5210, ambientes C-D

Variedade: RB845210
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 90
Number of Observations Used 88
Number of Observations with Missing Values 2

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.3869 and C(p) = 8.9820

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	34843	34843	54.26	<.0001
Error	86	55221	642.10796		
Corrected Total	87	90064			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	330.02382	6.16705	1838837	2863.75	<.0001
corte	-12.14138	1.64821	34843	54.26	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.4487 and C(p) = 1.6019

Variedade: RB845210
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	40414	20207	34.59	<.0001
Error	85	49650	584.12343		
Corrected Total	87	90064			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	360.89887	11.59969	565436	968.01	<.0001
corte	-33.19894	6.99757	13148	22.51	<.0001
corteq	2.85392	0.92414	5570.79337	9.54	0.0027

Bounds on condition number: 19.814, 79.256

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.3869	0.3869	8.9820	54.26
2	corteq			2	0.0619	0.4487	1.6019	9.54

APÊNDICE L – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 84-5210, ambientes E-F

Variedade: RB845210
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 190
Number of Observations Used 190

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.4240 and C(p) = 9.4203

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	104561	104561	138.37	<.0001
Error	188	142066	755.67024		
Corrected Total	189	246627			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	333.67918	4.78785	3670363	4857.10	<.0001
corte	-19.45646	1.65404	104561	138.37	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.4505 and C(p) = 2.4299

Variedade: RB845210
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	111096	55548	76.64	<.0001
Error	187	135530	724.76036		
Corrected Total	189	246627			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	363.45616	10.96855	795793	1098.01	<.0001
corte	-43.67745	8.22670	20430	28.19	<.0001
corteq	4.05331	1.34976	6535.81714	9.02	0.0030

Bounds on condition number: 25.793, 103.17

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.4240	0.4240	9.4203	138.37
2	corteq			2	0.0265	0.4505	2.4299	9.02

APÊNDICE M – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5113,
ambientes C-D

Variedade: RB855113
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 220
Number of Observations Used 220

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.2059 and C(p) = 15.5072

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	66878	66878	56.52	<.0001
Error	218	257950	1183.25815		
Corrected Total	219	324828			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	312.05489	6.63096	2620524	2214.67	<.0001
corte	-11.15598	1.48391	66878	56.52	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.2523 and C(p) = 3.9821

Variedade: RB855113
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	81947	40974	36.61	<.0001
Error	217	242880	1119.26440		
Corrected Total	219	324828			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	351.31028	12.49172	885258	790.93	<.0001
corte	-34.52906	6.53127	31283	27.95	<.0001
corteq	2.93431	0.79968	15070	13.46	0.0003

Bounds on condition number: 20.48, 81.919

Stepwise Selection: Step 3

Variable bh Entered: R-Square = 0.2608 and C(p) = 3.5088

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	84703	28234	25.40	<.0001
Error	216	240125	1111.68757		
Corrected Total	219	324828			

Variedade: RB855113
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	366.70163	15.82869	596649	536.71	<.0001
bh	-0.00628	0.00399	2755.85950	2.48	0.1168
corte	-33.59112	6.53633	29361	26.41	<.0001
corteq	2.86554	0.79817	14329	12.89	0.0004

Bounds on condition number: 20.651, 126.68

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.2059	0.2059	15.5072	56.52
2	corteq			2	0.0464	0.2523	3.9821	13.46
3	bh			3	0.0085	0.2608	3.5088	2.48

Pr > F
<.0001
0.0003
0.1168

APÊNDICE N – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5113,
ambientes E-F

Variedade: RB855113
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 264
Number of Observations Used 264

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.4783 and C(p) = 41.0365

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	210769	210769	240.24	<.0001
Error	262	229865	877.34660		
Corrected Total	263	440634			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	336.59234	4.37570	5191396	5917.16	<.0001
corte	-19.44679	1.25467	210769	240.24	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.5306 and C(p) = 12.8478

Variedade: RB855113
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	233821	116910	147.54	<.0001
Error	261	206813	792.38863		
Corrected Total	263	440634			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	375.18355	8.27566	1628622	2055.33	<.0001
corte	-48.73427	5.55941	60891	76.84	<.0001
corteq	4.46140	0.82716	23051	29.09	<.0001

Bounds on condition number: 21.739, 86.954

Stepwise Selection: Step 3

Variable gd Entered: R-Square = 0.5488 and C(p) = 4.3456

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	241840	80613	105.43	<.0001
Error	260	198794	764.59298		
Corrected Total	263	440634			

Variedade: RB855113
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	384.58735	8.63224	1517654	1984.92	<.0001
gd	-0.00689	0.00213	8019.25639	10.49	0.0014
corte	-43.78228	5.67106	45572	59.60	<.0001
corteq	3.61876	0.85317	13756	17.99	<.0001

Bounds on condition number: 23.968, 145.61

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.4783	0.4783	41.0365	240.24
2	corteq			2	0.0523	0.5306	12.8478	29.09
3	gd			3	0.0182	0.5488	4.3456	10.49

APÊNDICE O – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5536, ambientes A-B

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 123
Number of Observations Used 123

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.2369 and C(p) = 10.2510

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	70919	70919	37.56	<.0001
Error	121	228475	1888.22409		
Corrected Total	122	299395			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	369.90130	9.71223	2738970	1450.55	<.0001
corte	-17.95973	2.93051	70919	37.56	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable bh Entered: R-Square = 0.2809 and C(p) = 4.8012

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	84088	42044	23.43	<.0001
Error	120	215306	1794.21849		
Corrected Total	122	299395			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	321.27344	20.29309	449706	250.64	<.0001
bh	0.01180	0.00436	13169	7.34	0.0077
corte	-16.33829	2.91866	56224	31.34	<.0001

Bounds on condition number: 1.0439, 4.1756

Stepwise Selection: Step 3

Variable corteq Entered: R-Square = 0.3023 and C(p) = 3.1697

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	90508	30169	17.19	<.0001
Error	119	208887	1755.35209		
Corrected Total	122	299395			

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	357.49300	27.59735	294554	167.80	<.0001
bh	0.01045	0.00437	10054	5.73	0.0183
corte	-38.98070	12.18709	17958	10.23	0.0018
corteq	3.40975	1.78304	6419.32032	3.66	0.0582

Bounds on condition number: 18.604, 113.93

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.2369	0.2369	10.2510	37.56
2	bh			2	0.0440	0.2809	4.8012	7.34
3	corteq			3	0.0214	0.3023	3.1697	3.66

APÊNDICE P – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5536, ambientes C-D

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 115
Number of Observations Used 115

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.1853 and C(p) = 11.8992

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	22858	22858	25.70	<.0001
Error	113	100500	889.38082		
Corrected Total	114	123358			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	305.73677	9.46335	928311	1043.77	<.0001
corte	-12.64639	2.49456	22858	25.70	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.2125 and C(p) = 9.7951

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	26214	13107	15.11	<.0001
Error	112	97144	867.35651		
Corrected Total	114	123358			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	353.66720	26.09716	159294	183.66	<.0001
corte	-40.60679	14.42616	6872.16101	7.92	0.0058
corteq	3.71449	1.88834	3356.10365	3.87	0.0516

Bounds on condition number: 34.293, 137.17

Stepwise Selection: Step 3

Variable bh Entered: R-Square = 0.2704 and C(p) = 3.0683

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	33350	11117	13.71	<.0001
Error	111	90008	810.88004		
Corrected Total	114	123358			

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	401.41285	29.92905	145866	179.89	<.0001
bh	-0.00481	0.00162	7136.24472	8.80	0.0037
corte	-63.90369	16.00732	12923	15.94	0.0001
corteq	7.35525	2.19996	9064.06821	11.18	0.0011

Bounds on condition number: 49.786, 290.22

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.1853	0.1853	11.8992	25.70
2	corteq			2	0.0272	0.2125	9.7951	3.87
3	bh			3	0.0579	0.2704	3.0683	8.80

Pr > F
<.0001
0.0516
0.0037

APÊNDICE Q – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade RB 85-5536, ambientes E-F

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 461
Number of Observations Used 461

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.3527 and C(p) = 16.1217

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	285520	285520	250.14	<.0001
Error	459	523913	1141.42264		
Corrected Total	460	809433			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	341.44305	4.98810	5348261	4685.61	<.0001
corte	-23.38210	1.47839	285520	250.14	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.3746 and C(p) = 2.1111

Variedade: RB855536
Regressão para Manejo EF

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	303249	151625	137.19	<.0001
Error	458	506184	1105.20418		
Corrected Total	460	809433			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	383.88841	11.67899	1194104	1080.44	<.0001
corte	-54.39401	7.87834	52684	47.67	<.0001
corteq	4.99357	1.24676	17729	16.04	<.0001

Bounds on condition number: 29.329, 117.32

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.3527	0.3527	16.1217	250.14
2	corteq			2	0.0219	0.3746	2.1111	16.04

APÊNDICE R– Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade SP 80-1816, ambientes A-B

Variedade: SP801816
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 210
Number of Observations Used 210

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.0781 and C(p) = 10.5866

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	29511	29511	17.63	<.0001
Error	208	348217	1674.12205		
Corrected Total	209	377729			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	335.19350	9.39675	2130211	1272.43	<.0001
corte	-8.28329	1.97288	29511	17.63	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.0966 and C(p) = 8.2578

Variedade: SP801816
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	36471	18235	11.06	<.0001
Error	207	341258	1648.58827		
Corrected Total	209	377729			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	386.44590	26.63060	347158	210.58	<.0001
corte	-32.72089	12.05390	12148	7.37	0.0072
corteq	2.63444	1.28219	6959.61371	4.22	0.0412

Bounds on condition number: 37.908, 151.63

Stepwise Selection: Step 3

Variable gd Entered: R-Square = 0.1087 and C(p) = 7.4016

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	41063	13688	8.38	<.0001
Error	206	336666	1634.29922		
Corrected Total	209	377729			

Variedade: SP801816
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 3

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	399.76851	27.68049	340880	208.58	<.0001
gd	-0.00581	0.00347	4592.13437	2.81	0.0952
corte	-34.07643	12.02876	13116	8.03	0.0051
corteq	2.72626	1.27779	7439.49930	4.55	0.0341

Bounds on condition number: 38.08, 231.25

Stepwise Selection: Step 4

Variable bh Entered: R-Square = 0.1274 and C(p) = 5.0000

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	48140	12035	7.49	<.0001
Error	205	329589	1607.75124		
Corrected Total	209	377729			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	392.15296	27.69367	322380	200.52	<.0001
bh	0.00893	0.00426	7076.63459	4.40	0.0371
gd	-0.01543	0.00573	11655	7.25	0.0077
corte	-36.40704	11.98226	14843	9.23	0.0027
corteq	2.98031	1.27315	8810.21030	5.48	0.0202

Bounds on condition number: 38.41, 329.63

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

Variedade: SP801816
Regressão para Manejo AB

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 4

All variables have been entered into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step Pr > F	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1 <.0001	corte			1	0.0781	0.0781	10.5866	17.63
2 0.0412	corteq			2	0.0184	0.0966	8.2578	4.22
3 0.0952	gd			3	0.0122	0.1087	7.4016	2.81
4 0.0371	bh			4	0.0187	0.1274	5.0000	4.40

APÊNDICE S – Saída do pacote estatístico SAS (Stepwise) para variedade SP 80-1816, ambientes C-D

Variedade: SP801816
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Number of Observations Read 94
Number of Observations Used 94

Stepwise Selection: Step 1

Variable corte Entered: R-Square = 0.2124 and C(p) = 15.2813

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	23140	23140	24.82	<.0001
Error	92	85782	932.41214		
Corrected Total	93	108922			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	311.21316	8.10212	1375710	1475.43	<.0001
corte	-11.80975	2.37062	23140	24.82	<.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Stepwise Selection: Step 2

Variable corteq Entered: R-Square = 0.3017 and C(p) = 5.3541

Variedade: SP801816
Regressão para Manejo CD

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: t_tch SQRT(TCH)

Stepwise Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	32858	16429	19.66	<.0001
Error	91	76064	835.86569		
Corrected Total	93	108922			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III SS	F Value	Pr > F
Intercept	366.06119	17.82117	352672	421.92	<.0001
corte	-45.69427	10.18785	16815	20.12	<.0001
corteq	4.43908	1.30187	9718.13919	11.63	0.0010

Bounds on condition number: 20.602, 82.409

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.

No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Label	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value
1	corte			1	0.2124	0.2124	15.2813	24.82
2	corteq			2	0.0892	0.3017	5.3541	11.63