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

**Estudo comparativo dos métodos de determinação e de
estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em
cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**

José Rubens Almeida Leme Filho

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

**Piracicaba
2005**

José Rubens Almeida Leme Filho
Engenheiro Agrônomo

**Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores
de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**

Orientador:
Prof. Dr. **ANDRÉ RICARDO ALCARDE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

**Piracicaba
2005**

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

Leme Filho, José Rubens Almeida

Estudo comparativo dos métodos determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) / José Rubens Almeida Leme Filho. - - Piracicaba, 2005.

151 p.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

1. Açúcar redutor 2. Cana-de-açúcar 3. Conselho econômico 4. Fibra 5. Preço agrícola
6. Teoria analítica dos números I. Título

CDD 633.61

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

DEDICATÓRIA

Ao Deus Eterno e Onipotente:

Ao Pai, Criador do Céu e da Terra, e de todas as coisas visíveis e invisíveis;

Ao Senhor Jesus Cristo, Filho Unigênito de Deus, nascido do Pai antes de todos os séculos; Deus de Deus, Luz da Luz, Deus verdadeiro de Deus verdadeiro; gerado, não criado, consubstancial ao Pai, por Ele todas as coisas foram feitas; e por nós, homens, e para nossa Salvação, desceu do Céu e se encarnou, pelo Espírito Santo, no seio da Santíssima Virgem Maria, e se fez homem; também por nós foi crucificado sob Pôncio Pilatos, padeceu e foi sepultado; ressuscitou ao terceiro dia, conforme as Escrituras, e subiu ao Céu, onde está sentado à direita do Pai, e de novo há de vir, em Sua glória, para julgar os vivos e os mortos, e o Seu Reino não terá fim;

Ao Divino Espírito Santo, Senhor que dá a vida, e procede do Pai e do Filho, e com o Pai e o Filho é adorado e glorificado, Ele que falou pelos Santos Profetas.

Desejando imensamente “fazer tudo para a glória de Deus” (I Cor 10,31), a Ele dedico todo o meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e acima de tudo, agradeço a Deus por todas as bênçãos que Ele derramou sobre minha vida e meu trabalho, sem as quais todo e qualquer êxito seria impossível, pois “se o Senhor não edificar a casa, em vão trabalham os que a constroem; se o Senhor não guardar a cidade, debalde vigiam as sentinelas” (Salmo 126). Agradeço também a todos os Santos e Anjos do Céu por sua preciosa intercessão junto ao trono do Senhor, de modo especial a Nossa Senhora do Carmo, São José, Santa Catarina de Alexandria, Santa Edwiges, Santo Antonio, os Santos Arcanjos Miguel, Gabriel e Rafael, os Santos Apóstolos André, Tiago, João, Judas Tadeu, Tiago, Filipe, Bartolomeu, Tomé, Mateus, Simão o Zelote e Paulo, e os Santos Papas Pedro, Pio X e João Paulo II.

Agradeço a minha mãe Mara Bottene Almeida Leme, meu pai José Rubens Almeida Leme, minha irmã Francine Maria Almeida Leme, minha avó Vergínia Lucafó Bottene, e a toda a minha família, pelo amor e pelo apoio sem o qual a realização de qualquer projeto seria dificultada em extremo. Agradeço à minha amada noiva Patricia de Paula Acácio, pelo seu amor, verdadeiro porquanto “vindo de Deus” (I João 4,7); e por ter sido sempre uma grande via pela qual Deus tem me concedido numerosas e copiosas graças, constituindo precioso estímulo, alento, força, luz e sabedoria para tudo na vida, inclusive as atividades profissionais.

Ao povo brasileiro, por financiar a pesquisa através da Universidade de São Paulo e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Ao assessor da FAPESP que analisou os relatórios, pelas oportunas sugestões que escreveu em seu parecer sobre o 1º relatório parcial.

Ao Prof. Dr. André Ricardo Alcarde, pela amizade, e pela orientação na qual ele destacou-se pela competência e pela generosa disponibilidade e prontidão em ajudar, em todos os aspectos que se fizeram necessários a fim de garantir a boa qualidade do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Horii, pela amizade, pelo apoio e pela convivência sempre agradável no Setor de Açúcar e Alcool do Depto. LAN da ESALQ/USP.

Ao Prof. Dr. Antonio Francisco Iemma, pela amizade e pela valiosa ajuda com as análises estatísticas, de importância notoriamente fundamental em um trabalho como este.

Aos funcionários da ESALQ/USP, Pedro Dorival Lucentini, Rosemary Leonessa da Silva e Sylvino Luiz Torrezan, pela amizade e pela generosa disposição em ajudar, com competência digna de honrosa menção, nos procedimentos de laboratório. Aos demais

funcionários da ESALQ/USP, de modo especial os do LAN, e aos alunos da ESALQ que comigo conviveram durante o Mestrado, cujos nomes seria demasiado longo citar todos, agradeço pela amizade e pela agradável convivência.

Aos Professores Dr. André Ricardo Alcarde, Dr. Jorge Horii, Dr. Octávio Antonio Valsechi, Dr. Edgar Gomes Ferreira de Beauclair e Dr. Clóvis Parazzi, por terem acolhido generosamente o convite para participarem da banca que avaliará o presente trabalho.

Aos Professores Dr. André Ricardo Alcarde, Dra. Maria Cristina Stolf Nogueira, Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, Dr. Ernani Porto, Dra. Silene Bruder Silveira Sarmiento, Dr. Edgar Gomes Ferreira de Beauclair e Dr. Marcos Silveira Bernardes, por terem lecionado, com notável competência, as disciplinas que cursei durante o Mestrado.

Ao Dr. Octávio Antonio Valsechi, agradeço pelas informações a respeito das pesquisas realizadas pelo IAA/PLANALSUCAR; ao Dr. Enio Roque de Oliveira, pelas informações a respeito das pesquisas com métodos realizadas sob a coordenação do CONSECANA; ao Dr. Luiz Roberto Angelocci, pelas informações a respeito de dados meteorológicos; ao amigo Carlos Augusto Pecorari, Licenciado em Português e Inglês, por corrigir a versão inglesa do “Abstract”.

À Destilaria Guaricanga S/A; ao seu gerente industrial, José Rubens Almeida Leme; ao seu gerente agrícola, Célio Aparecido Zanatta; e à encarregada de planejamento e controle, Maria Lúcia Marcato Bautz, pelas 100 amostras de cana que doaram para a realização deste trabalho. Ao meu pai José Rubens, agradeço particularmente por colher as amostras analisadas em 2004, e por transportar todas as amostras de Presidente Alves a Piracicaba. Ao Célio, agradeço pelas informações a respeito das condições edáficas nas quais cresceram as canas amostradas, e também a respeito das variedades de cana cultivadas na Destilaria Guaricanga S/A. À Maria, agradeço por coletar as amostras analisadas em 2005.

“Concentra teu pensamento nos preceitos de Deus, sê assíduo à meditação dos Seus Mandamentos. Ele próprio instruir-te-á o coração, e ser-te-á concedida a sabedoria que desejas.”

(Eclesiástico 6,37)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE GRÁFICOS	13
LISTA DE QUADROS	17
RESUMO	23
ABSTRACT	25
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 DESENVOLVIMENTO.....	31
2.1 Objetivos.....	31
2.2 Revisão de Literatura.....	32
2.2.1 Importância da cana-de-açúcar na economia, ao longo da história do Brasil	32
2.2.2 Histórico dos critérios para pagamento de cana	36
2.2.2.1 O pagamento de cana baseado em peso de colmo.....	36
2.2.2.2 O pagamento de cana pelo teor de sacarose	38
2.2.3 Sistema atual de remuneração da cana-de-açúcar	40
2.2.3.1 Determinação do teor de ATR na cana-de-açúcar.....	41
2.2.3.1.1 Amostragem, preparo das amostras e prensagem.....	41
2.2.3.1.2 Análises do caldo extraído.....	42
2.2.3.1.3 Cálculos	43
2.2.3.2 Formação do preço do kg de ATR.....	45
2.2.3.3 O Sistema de ATR Relativo	46
2.2.3.3.1 Vantagens e desvantagens do Sistema de Pagamento Relativo	47
2.2.4 Composição dos colmos de cana-de-açúcar	48
2.2.5 Estudo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo.....	53
2.3 Material e métodos	55
2.3.1 Material.....	55
2.3.1.1 Amostragem	55
2.3.1.2 Características varietais das canas amostradas em 2004	56
2.3.1.3 Panorama varietal da safra de 2005/06, na Destilaria Guaricanga.....	57

2.3.1.4 Condições ambientais nas quais cresceram as canas amostradas.....	59
2.3.1.4.1 Condições climáticas	59
2.3.1.4.2 Condições edáficas	62
2.3.1.4.3 Manejo	62
2.3.2 Métodos	63
2.3.2.1 Preparo das amostras e prensagem	63
2.3.2.2 Análises do caldo extraído.....	64
2.3.2.2.1 Brix (porcentagem em massa de sólidos solúveis).....	64
2.3.2.2.2 Pol (porcentagem em massa de sacarose aparente)	64
2.3.2.2.3 Pureza	64
2.3.2.2.4 Açúcares redutores	64
2.3.2.3 Determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica modificado.....	65
2.3.2.3.1 Dedução da equação do método da prensa hidráulica.....	66
2.3.2.4 Determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica original (TANIMOTO, 1964)	67
2.3.2.5 Determinação analítica do teor de umidade	67
2.3.2.6 Análises estatísticas	67
2.4 Resultados e discussão	69
2.4.1 Fibra da cana.....	69
2.4.1.1 Comparação entre o método da prensa hidráulica original e o modificado	69
2.4.1.2 Testes de correlações	79
2.4.1.3 Comparações de métodos através de regressões	108
2.4.2 Açúcares redutores no caldo.....	118
2.4.2.1 Testes de correlações	118
2.4.2.2 Comparações de métodos através de regressões	137
3 CONCLUSÕES	143
REFERÊNCIAS	145
APÊNDICE	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção brasileira de cana-de-açúcar, açúcar e álcool, nas safras de 1990/91 a 2004/05	35
Tabela 2 - Produção brasileira de álcool anidro e hidratado, nas safras de 1990/91 a 2004/05	35
Tabela 3 - Exportações brasileiras de açúcar, de janeiro de 1996 a julho de 2004	36
Tabela 4 - Número mínimo de unidades de transporte a serem amostradas, em função do número de unidades entregues por dia pelo fornecedor	41
Tabela 5 - Preços líquidos médios do kg de ATR, em R\$/kg, obtidos nos meses de maio a outubro e acumulados até outubro	46
Tabela 6 - Composição química, em porcentagem, da cana madura, normal e sadia, segundo Leme Junior e Borges (1965, apud DELGADO e CÉSAR, 1977)	51
Tabela 7 - Variedades de cana colhidas pela Destilaria Guaricanga na safra de 2005/06	58
Tabela 8 - Resenha meteorológica de Bauru - SP, no período de 01/01/2000 até 30/09/2005	60
Tabela 9 - Duração do fotoperíodo; e disponibilidade média de energia solar (irradiância solar) em superfícies horizontais, sem interferência da atmosfera (Q _o), no 15º dia de cada mês, na latitude 22ºS	62
Tabela 10 - Classificação utilizada para o ajustamento, em função do coeficiente de determinação da equação de regressão linear	68
Tabela 11 - Correlações do teor de fibra com PBU, brix, pol, pureza e AR	106
Tabela 12 - Resultados das comparações dos métodos para estimativa do teor de fibra com o método padrão (método da prensa modificado)	117
Tabela 13 - Correlações do teor de AR no caldo com pureza, brix - pol, pol e brix	136
Tabela 14 - Resultados das comparações dos métodos para estimativa do teor de AR no caldo com o método padrão (Lane e Eynon)	142

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Regressão linear dos valores de fibra obtidos pelo método da prensa modificado (Fibra), em função dos obtidos pelo método original (Tanimoto)	70
Gráfico 2 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto completo dos dados	72
Gráfico 3 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade RB835089	73
Gráfico 4 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.....	74
Gráfico 5 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade RB855035	75
Gráfico 6 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade RB835054	76
Gráfico 7 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	77
Gráfico 8 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	78
Gráfico 9 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.....	79
Gráfico 10 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto completo dos dados.....	80

Gráfico 11 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.....	81
Gráfico 12 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.....	82
Gráfico 13 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.....	83
Gráfico 14 - Correlação entre os teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo, no conjunto completo dos dados.....	84
Gráfico 15 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835089	85
Gráfico 16 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	86
Gráfico 17 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB855035	87
Gráfico 18 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835054.....	88
Gráfico 19 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	89
Gráfico 20 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.....	90
Gráfico 21 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	91
Gráfico 22 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	92
Gráfico 23 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	93
Gráfico 24 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	94
Gráfico 25 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	95

Gráfico 26 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	96
Gráfico 27 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	97
Gráfico 28 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	98
Gráfico 29 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	99
Gráfico 30 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	100
Gráfico 31 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	101
Gráfico 32 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	102
Gráfico 33 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	103
Gráfico 34 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	104
Gráfico 35 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	105
Gráfico 36 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.....	119
Gráfico 37 - Correlação entre o teor de AR e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.....	120
Gráfico 38 - Correlação entre o teor de AR e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.....	121
Gráfico 39 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.....	122
Gráfico 40 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	123

Gráfico 41 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	124
Gráfico 42 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	125
Gráfico 43 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	126
Gráfico 44 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	127
Gráfico 45 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	128
Gráfico 46 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	129
Gráfico 47 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	130
Gráfico 48 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	131
Gráfico 49 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	132
Gráfico 50 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	133
Gráfico 51 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	134
Gráfico 52 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	135
Gráfico 53 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Regressão linear dos valores de fibra obtidos pelo método da prensa modificado (padrão) em função dos valores obtidos pelo método original [Fmod = f(FT)]	69
Quadro 2 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto completo dos dados	71
Quadro 3 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade RB835089.....	72
Quadro 4 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	73
Quadro 5 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade RB855035.....	74
Quadro 6 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade RB835054.....	75
Quadro 7 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	76
Quadro 8 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.....	77
Quadro 9 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	78
Quadro 10 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto completo de dados	79

Quadro 11 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.....	80
Quadro 12 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.....	81
Quadro 13 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.....	82
Quadro 14 - Correlação entre os teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo, no conjunto completo dos dados.....	83
Quadro 15 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835089	85
Quadro 16 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	86
Quadro 17 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB855035	86
Quadro 18 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835054.....	87
Quadro 19 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	88
Quadro 20 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.....	89
Quadro 21 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	90
Quadro 22 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	91
Quadro 23 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	92
Quadro 24 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	93
Quadro 25 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	94

Quadro 26 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	95
Quadro 27 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	96
Quadro 28 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	97
Quadro 29 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	98
Quadro 30 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	99
Quadro 31 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	100
Quadro 32 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	101
Quadro 33 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	102
Quadro 34 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	103
Quadro 35 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	104
Quadro 36 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto completo dos dados.....	108
Quadro 37 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados das canas cruas amostradas em 2004	109
Quadro 38 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	110
Quadro 39 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade RB835089	111

Quadro 40 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	112
Quadro 41 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade RB855035	113
Quadro 42 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade RB835054	114
Quadro 43 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	115
Quadro 44 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	116
Quadro 45 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados	118
Quadro 46 - Correlação entre o teor de AR e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados	119
Quadro 47 - Correlação entre o teor de AR e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados	120
Quadro 48 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados	121
Quadro 49 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	123
Quadro 50 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	123
Quadro 51 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	124
Quadro 52 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	125

Quadro 53 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	126
Quadro 54 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	127
Quadro 55 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	128
Quadro 56 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089	129
Quadro 57 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250	130
Quadro 58 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035	131
Quadro 59 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054	132
Quadro 60 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011	133
Quadro 61 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396	134
Quadro 62 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005	135
Quadro 63 - Comparações do método de estimativa do teor de AR no caldo de cana através de equação de regressão $AR = f(\text{Pureza})$ [eq. (33)], com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.....	138
Quadro 64 - Comparações do método de estimativa do teor de AR no caldo de cana através de equação de regressão $AR = f(\text{Brix} - \text{Pol})$ [eq. (34)], com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.....	139
Quadro 65 - Comparações da equação antiga do CONSECANA para estimativa do teor de AR no caldo de cana, com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados	140

Quadro 66 - Comparações da equação do CONSECANA atualmente empregada
para estimativa do teor de AR no caldo de cana, com o método padrão
(Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.....141

RESUMO

Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)

O objetivo desse trabalho foi estudar os métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e de açúcares redutores no caldo de cana, análises de fundamental importância para o cálculo do teor de açúcar total recuperável (ATR), que é o parâmetro que rege o sistema atual de pagamento de cana do CONSECANA. Quanto ao teor de fibra da cana, foi desenvolvido um novo método, modificado do método original da prensa hidráulica, com o objetivo de corrigir o erro decorrente do uso do brix do caldo extraído como estimativa do teor de sólidos solúveis do caldo não extraído na prensagem (caldo residual no bagaço). Esse novo método diferiu significativamente do original, porém correlacionou-se muito bem com este, devido ao fato do brix do caldo extraído no final da prensagem (valor empregado no método modificado) correlacionar-se, com ajuste excelente, com o brix do caldo extraído em toda a prensagem (valor empregado no método original). Por isso, mesmo quando não é feita a medida do brix do caldo extraído no final da prensagem, é possível obter um valor de fibra mais próximo do real através de uma equação de regressão linear que correlaciona o método modificado com o original. Foram também testadas as correlações do teor de fibra da cana com o peso do bolo úmido (PBU) resultante da prensagem, a 250 kgf/cm², de 500 g de cana desfibrada e homogeneizada; e as correlações do teor de fibra da cana com brix, pol, pureza e AR do caldo. Os parâmetros que melhor se correlacionaram com o teor de fibra da cana foram o brix e a pol do caldo; e os que apresentaram correlação mais fraca foram AR do caldo e PBU. Foram testados também, por regressão linear, os vários métodos possíveis de serem usados para estimativa do teor de fibra da cana. Entre as equações que correlacionam fibra com PBU (atual e antiga do CONSECANA, e a equação elaborada com os dados deste trabalho), a que melhor estimou o teor de fibra da cana foi a equação atual do CONSECANA. Foram testadas as correlações do teor de AR do caldo com pol, brix, pureza e com a diferença brix – pol do caldo, sendo que o parâmetro que melhor se correlacionou com AR foi a pureza, ratificando a metodologia atual do CONSECANA, que emprega esse parâmetro nas suas equações para estimativa do teor de AR no caldo. Entre as equações do CONSECANA, a antiga forneceu uma estimativa do teor de AR bem mais exata do que a equação atual, a qual subestimou-os. No que tange ao teor de fibra, a possibilidade de estimá-lo com base em brix ou em pol resulta na possibilidade de se tabelar o teor de ATR na cana em função do brix ou da pol, atendendo à grande demanda dos fornecedores de cana pela maior simplicidade no sistema de pagamento.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Fibra; Açúcares redutores; Pagamento de cana; CONSECANA; métodos analíticos.

ABSTRACT

Comparative study of methods for determination and estimation of fiber and reducing sugars in sugarcane (*Saccharum spp.*)

The objective of the present work was to study the methods of determination and estimation of fiber in sugarcane (*Saccharum spp.*) and reducing sugars (RS) in sugarcane juice. These are the most important analyses to calculate the Recoverable Total Sugar (RTS) which is the parameter that conducts the current system for sugarcane payment of the CONSECANA. Concerning the fiber content of sugarcane, a new method, modified from the original method of the hydraulical press, was developed with the objective of correcting the error resultant of the use of the brix of the extracted juice to estimate the content of soluble solids of the juice not extracted during the pressing (residual juice in the bagasse). This new method differed significantly from the original one. However it presented an accurate correlation with the original method because the brix of the juice extracted at the end of pressing (value took in account in the modified method) presented an excellent adjust of correlation with the brix of the juice extracted during the whole pressing (value took in account in the original method). So, even when the brix of the juice extracted at the end of pressing is not measured, it is possible to get a value of fiber content representative of the real one using an equation of linear regression that correlates the method modified with the original one. Correlations between sugarcane fiber and residual bagasse weight (RBW) resultant of pressing, at 250 kgf/cm², 500 g of sugarcane sample prepared according to the CONSECANA procedures were tested. Correlations between sugarcane fiber and brix, pol, purity or AR of the sugarcane juice were also tested. The parameters that presented the best correlation with sugarcane fiber were brix and pol of sugarcane juice. The parameters RS and RBW did not present good adjusts of correlation with fiber. Using linear regression analyses some possible methods of estimation of fiber content were tested. Among the equations correlating fiber with RBW (CONSECANA's current and precedent, and the equation elaborated based on the data of this work), the one that best estimated the sugarcane fiber was the CONSECANA's current one. Correlations between RS and pol, brix, purity or the difference brix - pol, were also analysed. The parameter that presented the best correlation with RS was purity of sugarcane juice, which is the parameter of CONSECANA's equation to estimate the RS content in sugarcane juice. CONSECANA's precedent equation presented a more accurate estimation of RS content than the equation currently in use. CONSECANA's current equation underestimated the values of RS. As regarding to fiber content, the possibility of estimating it based on brix or pol might result in tables of correlation between RTS and brix or pol. This would simplify the system for sugarcane payment and so satisfy the sugarcane suppliers.

Keywords: Sugarcane; Fiber; Reducing Sugars; Payment of Sugarcane; CONSECANA; analytical methods.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de pagamento de cana baseado no teor de sacarose foi oficializado em 1978 no Estado de Alagoas, e em 1983 no de São Paulo (VALSECHI et al., 1983). Antes disso, o pagamento era feito com base em peso de colmo, o mais antigo e, segundo Valsechi (1968), o mais deficiente entre os critérios adotados em todo o mundo açucareiro.

Atualmente, o pagamento é baseado, conforme estabelece o Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (CONSECANA) em quilogramas de açúcar total recuperável (ATR). Este critério, empregado atualmente apenas no Brasil, é, evidentemente, mais racional do que os anteriores, já que os açúcares redutores servem para a produção de álcool.

A grande vantagem de se ter um sistema de pagamento de cana em função de sua qualidade, baseado no peso de açúcares contido na cana entregue, tanto no sistema antigo do IAA (pagamento de cana pelo teor de sacarose) quanto no atual do CONSECANA (pagamento por quilogramas de ATR), é recompensar os produtores quando estes entregam canas mais ricas, estimulando-os, deste modo, a buscarem produzir matéria-prima de boa qualidade, preconizando não apenas a produtividade de colmos por ha. Os melhores critérios para pagamento de cana são, pois, aqueles baseados em peso de açúcar, os quais têm a propriedade de estimular os produtores a buscarem produzir cana de boa qualidade.

O teor de fibra é parâmetro fundamental no cálculo do ATR pelo seu envolvimento na transformação da Pol e do AR do caldo extraído em Pol e AR da cana (PC e ARC), conforme será detalhadamente exposto no item 2.2.3.1.3 deste trabalho. Além disso, essa determinação é importante para as usinas saberem qual a quantidade de bagaço de que dispõem. O bagaço é queimado nas caldeiras para produzir vapor, o qual, além de ser usado em vários processos industriais, por exemplo aquecimento e concentração do caldo por evaporação, é também empregado para geração de energia elétrica, com potencial de gerá-la em quantidade superior à demandada pela própria indústria. Isso possibilita a chamada “cogeração”, isto é, a venda de energia elétrica como subproduto. Atualmente, são várias as usinas que vendem energia, e este tipo de mercado tem grande potencial de crescer nos próximos anos. Em vista disso, redobra-se a importância da fibra da cana.

O teor de fibra pode ser determinado analiticamente pelo método de Tanimoto¹ (1964) (também chamado “método da prensa hidráulica”) (CALDAS, 1998) ou pelo método do digestor, descrito pela Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR, 1978), e por Duarte (1981). Com fins de pagamento de cana, o CONSECANA (2003) estabelece a possibilidade de determinação analítica da fibra pelo método da prensa, ou de este teor ser estimado através de uma equação de regressão linear que o correlaciona com o peso do resíduo úmido resultante da prensagem, a 250 kgf/cm² por 1 minuto, de 500 g de amostra de cana desfibrada e homogeneizada. Na grande maioria dos casos, as usinas e destilarias usam a fórmula do CONSECANA, pois a secagem demanda muito tempo com as amostras na estufa. Já o método do digestor, além de não ser previsto pela atual legislação, é muito mais demorado, mais trabalhoso e, segundo Leme Filho et al. (2003), menos preciso que o da prensa. Desta forma, dada a grande quantidade de amostras de cana a analisar nas usinas, torna-se muito difícil (geralmente inviável) o uso de métodos analíticos para determinação da fibra, com fins de cálculo de ATR para pagamento de cana.

Quanto aos açúcares redutores, os quais representam parte significativa, embora pequena se comparada com a sacarose, dos açúcares recuperáveis, seu teor no caldo pode ser determinado analiticamente pelo método de Lane e Eynon² (1934). Porém, tal como ocorre com o teor de fibra, na grande maioria dos casos, as unidades industriais não têm viabilidade de realizar a determinação analítica do teor de AR no caldo de todas as amostras de cana analisadas com fins de pagamento. Por isso, o CONSECANA (2003) estabelece a possibilidade de o teor de AR a ser empregado no cálculo do ATR ser determinado analiticamente pelo método de Lane e Eynon, ou ser estimado através de uma fórmula que o correlaciona com a pureza do caldo. A adoção dessa equação tem por objetivo simplificar e facilitar a determinação dos AR, eliminando a necessidade de fazê-la através de método analítico. Esta correlação fundamenta-se no fato de que brix, pol, AR e pureza variam conforme o estágio de maturação da cana (quanto mais madura a cana, maiores serão o brix, a pol e a pureza, e menores os AR).

Assim, a padronização da metodologia para determinação de fibra e de açúcares redutores é necessária como forma de respaldar a adoção das equações, fornecendo ao CONSECANA fundamentos científicos para possíveis alterações que eventualmente venham a

¹ TANIMOTO, T. **The press method of cane analysis**. Honolulu: Hawaiians Planter's Record. 1964. p. 133-150.

² LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator**. London: Norman Rodge. 1934. 8 p.

ser feitas com objetivo de melhorar ou agilizar os procedimentos ligados à compra de matéria-prima pelas usinas e destilarias. O CONSECANA (2003), define como uma de suas “obrigações” padronizar a melhor metodologia de análises da cana-de-açúcar.

Recentemente, ocorreram várias críticas ao sistema atual de remuneração da cana-de-açúcar. Por exemplo, Rodrigues³ (2004 apud MINISTRO ..., 2004), afirmou que está faltando transparência ao sistema. Brandão⁴ (2004 apud MINISTRO ...,2004), afirma que o sistema é bom, mas apresenta algumas distorções. Já Ortolan⁵ (2004 apud MINISTRO ..., 2004), corroborando com a posição de Rodrigues, afirmou que grande parte das críticas dos fornecedores contra o sistema, muitas das quais afirmando ser este “errado”, decorrem do fato de que a maioria deles não entende o sistema e se assusta, principalmente quando tem que devolver o dinheiro que recebera antecipadamente. Isso ocorreu, por exemplo, na safra 2003/04, em cujos últimos meses houve uma queda na curva de comercialização e os preços dos produtos da cana caíram sensivelmente, levando à necessidade de correção dos preços pagos pelo kg de ATR. Por isso, ainda segundo Ortolan⁶ (2004 apud MINISTRO ..., 2004), busca-se uma forma de tornar o sistema mais transparente e de mais fácil assimilação.

Diante desta situação, é importante frisar que, se houver a possibilidade de o teor de ATR na cana ser calculado por algum método alternativo, mais simples e não menos exato do que o atual (ou quiçá mais exato do que o mesmo), o desenvolvimento e o teste deste método de cálculo são altamente desejáveis para o setor.

O sistema CONSECANA foi elaborado de comum acordo entre industriais e fornecedores e apresenta uma fórmula que demora em refletir a realidade, ou seja, altas ou baixas nos preços dos produtos demoram alguns meses a refletir no preço da cana. Os fornecedores não têm essa percepção do sistema, por isso acham que estão perdendo. Preferem um método mais rápido, que lhes permita saber o quanto irão receber (ZANCANER⁷, 2004 apud PAIVA, 2004).

Fernandes⁸ (2004 apud PAIVA, 2004) considera correto o índice de eficiência da indústria em torno de 88%. O problema, segundo ele, pode estar na distorção do custo de produção da cana.

³ RODRIGUES, R. Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

⁴ BRANDÃO, P. Presidente da Associação dos Plantadores de Cana da Região de Jaú.

⁵ ORTOLAN, M. Presidente da Organização dos Produtores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA).

⁶ Idem.

⁷ ZANCANER, L. G. Presidente da Usinas e Destilarias do Oeste Paulista (UDOP).

⁸ FERNANDES, L. S. Diretor-superintendente da Usina Cerradinho, de Catanduva - SP.

Outro problema sério que acomete o sistema CONSECANA tal como este vem sendo empregado atualmente diz respeito à distorção que ocorre quando a cana é entregue em época não coincidente com o pico de maturação. No entanto, o próprio CONSECANA (2003), já apresenta a possível solução a este problema: o Sistema de ATR Relativo, que será mais detalhadamente explicado no item 2.2.3.3 deste trabalho.

Diante dos vários problemas atuais, é oportuno lembrar daquilo que, desde 1968, já dizia Valsechi: o critério estabelecido “deve compreender processamentos os mais simples possíveis e que, eliminando desconfianças e gerando progresso, possam dar a cada um o que lhe é devido. Muitas dificuldades surgirão mas, a seu tempo, elas serão devidamente sanadas” (VALSECHI, 1968, p. 13).

Mudanças muitíssimo provavelmente serão feitas no sistema, motivadas não só pelos problemas que vêm sendo constatados, mas até porque o próprio CONSECANA declara-se “sensível à necessidade da permanente atualização do seu sistema” (CONSECANA, 2002, p. 11). Essa observação constitui um valioso estímulo às pesquisas na área, tanto na linha da definição do preço do kg de ATR, quanto na dos métodos empregados na determinação do teor de ATR na cana, sendo esta última a linha de pesquisa do presente trabalho, no qual foram testadas as correlações do teor de AR no caldo com os seguintes parâmetros: pureza, pol e brix (parâmetros ligados à maturação), e a diferença brix - pol (a qual pode, teoricamente, apresentar boa correlação com o teor de AR, pelo fato de os açúcares representarem a maior parte da constituição da fração sólidos solúveis do caldo de cana); e as correlações do teor de fibra da cana com PBU e com os parâmetros ligados à maturação (pol, pureza, brix e AR). Tudo isso foi feito com o objetivo de testar a hipótese de existir algum parâmetro mais adequado do que os utilizados atualmente para estimar os teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo.

2 Desenvolvimento

2.1 Objetivos

- Padronizar as metodologias, empregadas nas análises com fins de pagamento de cana, de estimativa dos teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo, através de um estudo comparativo entre os métodos estimativos (tanto os atualmente em uso quanto aqueles possíveis de serem desenvolvidos através da correlação dos teores de AR e de fibra com vários outros parâmetros) e os métodos analíticos, sendo estes tomados como padrão.
- Desenvolver uma adaptação do método da prensa hidráulica para determinação analítica do teor de fibra da cana (TANIMOTO⁹, 1964), com objetivo de torná-lo mais exato. Verificar se é ou não significativo o erro decorrente do fato de, no método da prensa hidráulica, o brix do caldo extraído ser usado para corrigir a participação dos sólidos solúveis do caldo não extraído no peso do resíduo seco. Comparar os dados de fibra obtidos através do método da prensa hidráulica com aqueles obtidos através do método modificado, sendo este tomado como padrão.

⁹ TANIMOTO, T. **The press method of cane analysis**. Honolulu: Hawaiians Planter's Record. 1964. p. 133-150.

2.2 Revisão de Literatura

2.2.1 Importância da cana-de-açúcar na economia, ao longo da História do Brasil

A cana-de-açúcar teve sua origem na Nova Guiné, onde sua existência era tida como em estado de planta silvestre e ornamental. De Nova Guiné, disseminou-se em várias linhas do sul do Oceano Pacífico, na Indochina, no Arquipélago da Malásia e em Bengala, sendo certo o seu aparecimento como planta produtora de açúcar na Índia. Os persas parecem ter sido os primeiros a desenvolverem as técnicas de produção de açúcar na forma cristalizada, tal como atualmente se conhece. (DELGADO e CÉSAR, 1977). A “domesticação” da cana na Nova Guiné, segundo Horii (2004), teria sido realizada cerca de 8.000 anos antes de Cristo por horticultores neolíticos.

Da Pérsia, a cana foi levada pelos árabes para a Espanha, Sicília, Marrocos, Egito e outras regiões mediterrâneas. No século XV, os portugueses e os espanhóis a introduziram na Ilha da Madeira, Canárias, Cabo Verde e São Tomé, e na África Ocidental. Na América Espanhola, foi introduzida em 1493 por Cristóvão Colombo, por ocasião de sua segunda viagem (BAYMA, 1974).

Com o apoio oficial do Rei D. João III, as primeiras mudas de cana plantadas no Brasil foram trazidas da Ilha da Madeira por Martim Afonso de Souza, em 1532. Os 3 primeiros engenhos do Brasil foram construídos nas cercanias da atual cidade de Santos. O primeiro, em 1532, por Pero Luiz de Góes; o segundo pela família Adorno em 1533 e o terceiro por Martim Afonso de Souza, em 1534 (BERNARDES e CÂMARA, 2001).

Em 1643, a produção brasileira de açúcar era de cerca de 75.000 toneladas por ano. Até quase o final do século XVIII, o Brasil foi o maior produtor de açúcar do mundo. Nesta época, espanhóis e holandeses começaram a produzir açúcar em suas colônias no Caribe. Mas no começo do século XIX, com o declínio da mineração, a indústria açucareira voltou a crescer em importância. No século XX, a produção brasileira teve um grande estímulo por ocasião da I Guerra Mundial, devido à destruição da indústria europeia de açúcar de beterraba (BERNARDES e CÂMARA, 2001).

Em 1931, foi criada a Comissão de Defesa da Produção de Açúcar (CDPA), com a finalidade de comprar os excedentes de produção e manter o preço fixo. Em 1933, a CDPA foi

extinta e foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), como órgão controlador da produção, comercialização e distribuição da indústria açucareira e alcooleira do Brasil (BERNARDES e CÂMARA, 2001).

Em 1973, iniciou-se uma grave crise energética quando os países da OPEP começaram a aumentar o preço do barril de petróleo. O barril de petróleo, que em janeiro de 1973 custava US\$ 3,00, chegou a US\$ 13,00 em janeiro de 1974, a US\$ 34,00 em 1981 e a US\$ 50,00 em 2004. Tal situação desencadeou, no Brasil, um esforço em aumentar a extração nacional de petróleo, bem como a busca por fontes alternativas de energia. As fontes alternativas tecnicamente possíveis são estas: álcool, principalmente etanol, em substituição à gasolina; e óleos vegetais em substituição ao diesel. Dentro deste contexto, foi criado o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) em 1975 (BERNARDES e CÂMARA, 2001).

Na primeira fase do PROÁLCOOL, de 1975 a 1979, a produção de álcool era realizada em destilarias anexas às usinas. Em 1979, iniciou-se também a produção em destilarias autônomas. Mas só em 1980 foi que a indústria automobilística brasileira iniciou a produção de veículos movidos a álcool hidratado. Na safra de 1979/80, a produção brasileira de álcool foi de 3,4 bilhões de litros. Na safra 1985/86, alcançou 11,1 bilhões (BERNARDES e CÂMARA, 2001).

Atualmente, devido ao altíssimo preço da gasolina, tem sido observado um progressivo aumento da demanda por álcool, tanto no mercado interno quanto no externo. Os veículos “*flex fuel*”, em apenas um ano de existência, já respondiam por 19 % do mercado, e a expectativa é a de que, nos próximos anos, 100 % dos veículos leves fabricados venham a ser *flex fuel* (O FLEX ..., 2004).

Além disso, é crescente o comércio internacional de álcool, no qual um dos principais consumidores é o Japão, país que, recentemente, aprovou uma lei determinando a adição de 3 % de álcool anidro à gasolina. Com essa decisão, o governo japonês lançou-se à procura do mercado internacional de álcool, que tem no Brasil uma liderança natural. Estima-se que a demanda inicial do programa japonês será de 1,8 bilhão de litros de álcool. Segundo Carvalho (2003 apud SETTO, 2003), trata-se de um grande programa, que precisa ser tratado com responsabilidade, porque será preciso produzir para um mercado certo. Em uma segunda fase do projeto japonês, o índice de adição de álcool à gasolina deve chegar a 10 %, o que geraria um consumo de 5 bilhões de litros. Representantes do governo japonês estiveram no Brasil, na primeira semana de

setembro de 2003, para tratar do programa com o governo brasileiro. Mascarim (2003 apud SETTO, 2003), afirmou, em setembro de 2003, que, para atingir a demanda de álcool exigida pelo Japão, o Brasil terá que construir algumas dezenas de novas usinas nos próximos 4 anos. Confirmando esta estimativa, em setembro de 2004, a Revista Idea News noticiou que grandes investimentos estão sendo feitos em novas unidades produtoras. Segundo a mesma reportagem, levantamento feito pelas entidades sucroalcooleiras aponta que há cerca de 40 novos projetos de usinas pelo país e até 2007 todas devem estar em operação (REABERTA ..., 2004).

O embaixador japonês Takahiko Hurimira visitou Piracicaba - SP em novembro de 2005, em busca de garantias para a compra de álcool para o chamado “Proálcool Japonês”, e para conhecer detalhes sobre a produção e saber das possibilidades de um fornecimento estável e sustentável do produto. Segundo Hurimira (2005 apud EMBAIXADOR ..., 2005), o Japão tem cerca de R\$ 40 bilhões para investir na construção de usinas, campanhas, logística e que as divisas desse investimento irão retornar, em grande parte, para o Japão, em forma de produtos. Parte desse dinheiro será investido no Pólo Nacional de Biocombustíveis, em Piracicaba - SP (EMBAIXADOR ..., 2005).

A fase de grande expansão em que se encontra o setor sucroalcooleiro é motivada pela ótima recepção do mercado aos veículos *flex fuel*; pela afirmação do álcool como uma alternativa energética viável perante as preocupações ambientais; pelas incertezas em relação ao petróleo; pela quebra de safra em outros países; e pela vitória histórica na Organização Mundial do Comércio (OMC) contra os subsídios da União Européia para a produção de açúcar (REABERTA ..., 2004).

As Tabelas 1, 2 e 3, elaboradas com base em dados da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA), apresentam, respectivamente, a evolução da produção brasileira de cana-de-açúcar, açúcar e álcool, nas safras de 1990/01 a 2004/05; a produção de álcool anidro e hidratado nas mesmas safras; e as exportações brasileiras de açúcar de janeiro de 1996 a julho de 2004.

Tabela 1 - Produção brasileira de cana-de-açúcar, açúcar e álcool, nas safras de 1990/91 a 2004/05.

Safr	Produção de cana-de-açúcar (toneladas)			Produção de açúcar (toneladas)			Produção de álcool (anidro + hidratado) (m ³)		
	São Paulo	Centro-Sul	Brasil	São Paulo	Centro-Sul	Brasil	São Paulo	Centro-Sul	Brasil
90/91	131.814.535	170.194.659	222.429.160	3.471.138	4.508.828	7.365.344	7.766.944	9.707.850	11.515.151
91/92	137.281.277	179.030.917	229.222.243	4.567.305	5.834.689	8.604.321	8.619.674	10.967.301	12.716.180
92/93	136.562.226	176.218.363	223.382.793	4.998.092	6.188.421	9.318.490	7.925.783	10.064.193	11.694.758
93/94	143.832.064	183.914.181	218.336.005	5.597.020	7.067.690	9.332.896	8.279.295	10.371.812	11.284.726
94/95	148.941.517	196.083.649	240.712.907	6.683.509	8.491.838	11.703.315	8.696.357	11.135.498	12.685.111
95/96	152.097.970	204.414.035	251.827.212	7.244.093	9.315.455	12.653.029	8.121.772	10.855.546	12.589.765
96/97	170.424.122	231.604.080	287.809.852	7.925.672	10.474.538	13.659.380	8.976.593	12.106.258	14.372.351
97/98	180.596.909	248.775.438	303.057.415	8.704.938	11.354.475	14.880.691	9.496.528	13.254.513	15.399.449
98/99	199.521.253	269.781.330	314.922.522	11.787.753	15.160.279	17.942.109	9.038.651	12.237.362	13.868.578
99/00	194.234.474	263.948.899	306.965.623	13.091.378	16.900.182	19.387.515	8.492.368	11.653.712	13.021.804
00/01	148.256.436	207.099.057	257.622.017	9.675.481	12.635.941	16.248.705	6.439.113	9.064.364	10.593.035
01/02	176.574.250	244.218.084	293.050.543	12.350.253	15.972.162	19.218.011	7.134.529	10.176.290	11.536.034
02/03	192.486.643	270.406.693	320.650.076	14.347.908	18.778.055	22.567.260	7.690.689	11.152.084	12.623.225
03/04	207.810.964	296.167.696	356.362.664	15.171.854	20.420.477	24.925.793	8.828.353	13.068.637	14.808.705
04/05	230.310.237	328.727.155	383.245.199	16.516.346	22.106.547	26.515.086	9.103.940	13.587.838	15.275.246

Fonte: UNICA.

Tabela 2 - Produção brasileira de álcool anidro e hidratado, nas safras de 1990/91 a 2004/05.

Safr	Produção de álcool (m ³)					
	Anidro			Hidratado		
	São Paulo	Centro-Sul	Brasil	São Paulo	Centro-Sul	Brasil
90/91	941.004	1.087.549	1.286.568	6.825.940	8.620.301	10.228.583
91/92	1.526.064	1.801.670	1.986.791	7.093.610	9.165.631	10.729.389
92/93	1.713.774	1.937.718	2.216.389	6.212.009	8.126.475	9.478.369
93/94	2.156.804	2.378.810	2.522.592	6.122.491	7.993.002	8.762.134
94/95	2.310.771	2.577.400	2.870.603	6.385.586	8.558.098	9.814.508
95/96	2.246.861	2.588.202	2.999.300	5.874.911	8.267.344	9.590.465
96/97	3.165.923	3.829.321	4.595.447	5.810.670	8.276.937	9.776.904
97/98	3.584.415	4.762.240	5.666.532	5.912.113	8.492.273	9.732.917
98/99	3.376.817	4.804.324	5.664.125	5.661.834	7.433.038	8.204.453
99/00	3.799.829	5.379.077	6.118.084	4.692.539	6.274.635	6.903.720
00/01	3.555.033	4.802.385	5.620.964	2.884.080	4.261.979	4.972.071
01/02	4.254.838	5.745.826	6.465.098	2.879.691	4.430.464	5.070.936
02/03	4.589.574	6.269.808	7.015.466	3.101.115	4.882.276	5.607.759
03/04	5.943.156	8.052.425	8.912.050	2.885.197	5.016.212	5.896.655
04/05	5.320.973	7.331.378	8.216.326	3.782.967	6.256.460	7.058.920

Fonte: UNICA.

Tabela 3 - Exportações brasileiras de açúcar, de janeiro de 1996 a julho de 2004.

Ano	Exportações brasileiras de açúcar	
	Toneladas	Preço médio (US\$/t)
1996	5.420.630	297,29
1997	6.377.481	277,75
1998	8.372.599	231,81
1999	12.124.224	157,52
2000	6.506.359	184,3
2001	11.170.657	203,9
2002	13.367.822	156,62
2003	12.914.468	165,71
2004*	7.834.141	161,24

Fonte: UNICA.

Nota: Dados do ano de 2004 referem-se somente às exportações nos meses de janeiro a julho.

2.2.2 Histórico dos critérios para pagamento de cana

O estabelecimento de critérios para a compra de matérias-primas por uma dada indústria, seja ela de extração ou de transformação, assume caráter de máxima importância, tanto sob o ponto de vista de sua eficiência como da sua rentabilidade.

Sob este aspecto, um dos critérios mais racionais é aquele que, além de considerar as qualidades inerentes à matéria-prima, tem por base precípua o teor da substância objeto de extração ou de transformação, naquela matéria-prima. (Valsechi, 1968, p. 3).

Segundo Valsechi (1968), didática e teoricamente, os possíveis critérios para pagamento de cana podem ser classificados em dois grupos: critério baseado em peso de colmo; e critério baseado em peso de açúcar.

2.2.2.1 O pagamento de cana baseado em peso de colmo

Entre os critérios para pagamento de cana, o mais simples e o mais antigo é aquele baseado em peso de colmo, o qual é também, segundo Valsechi (1968), o mais deficiente, com inúmeros inconvenientes, uma vez que não considera o teor de açúcar na cana. Ao vender cana por este critério, ao fornecedor interessa apenas entregar à usina “peso de matéria-prima”, não se importando absolutamente com o “quantum” de açúcar a extrair e nem com a sua qualidade, vendo estes problemas como sendo de exclusiva alçada do industrial. Certamente em decorrência

disso, o mesmo autor observa que, nos países em que este critério é adotado, dividem-se as variedades de cana-de-açúcar cultivadas em dois grupos:

- Variedades para fornecedores: caracterizadas por grande rendimento em peso por unidade de área, relativamente fáceis de cultivar, resistentes e pouco exigentes.
- Variedades para usineiros: ricas em sacarose e quase sempre difíceis de cultivar, por serem pouco resistentes e bastante exigentes em clima, solo, adubações, condições sanitárias, etc.

No Brasil, a Resolução nº 109/45 do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), através do seu Artigo 1º, estabeleceu que o pagamento de cana aos fornecedores seja feito pelo peso da cana e na correspondência com os preços do açúcar e do álcool, conforme se trate de cota para extração do açúcar ou para a obtenção de álcool, e tendo por base o rendimento médio das respectivas usinas (VALSECHI, 1968).

É interessante notar que esta Resolução, embora estabelecesse na época (1945) o pagamento com base em peso de colmo, de certo modo levava em conta o teor de sacarose da cana, pois, ainda que sem considerar variações fenotípicas provenientes de fatores ambientais, seu Artigo 10 estabelecia o agrupamento das canas cultivadas da seguinte forma:

- Variedades de alto teor em sacarose e pureza, quando seus índices de sacarose na cana e de pureza no caldo fossem superiores, respectivamente, a 14% e a 85°.
- Variedades de médio teor em sacarose e pureza, quando aqueles índices estiverem entre 12,5 e 14% inclusive, para o teor de sacarose na cana, e entre 82 e 85° inclusive, para o coeficiente de pureza do caldo.
- Variedades de baixo teor em sacarose e pureza, quando os índices respectivos estiverem abaixo daqueles especificados para os limites inferiores das variedades de médio teor. (VALSECHI, 1968).

E o Artigo 2º, pelo Parágrafo 1º, ainda da mesma Resolução, estabeleceu que as usinas cujos rendimentos estiverem compreendidos no Padrão do Estado pagarão:

- pelas canas de alto teor em sacarose e pureza, o valor da quantidade de açúcar correspondente a 50% do rendimento estadual;
- pelas canas de médio teor em sacarose e pureza, o valor da quantia de açúcar correspondente a 47,5% do rendimento estadual; e

- pelas canas de baixo rendimento em sacarose e pureza, o valor da quantia de açúcar correspondente às seguintes porcentagens, sobre o rendimento médio estadual: safra de 1945/46: 47,5%; safra de 1946/47: 46,5%; safra de 1947/48: 45,0%. (VALSECHI, 1968).

Este mesmo Artigo 2º estabelecia, pelo Parágrafo 2º, acréscimos de valores a serem pagos pelas usinas cujos rendimentos estivessem acima do padrão estadual; e, pelo Parágrafo 3º, descontos para aquelas cujos rendimentos estivessem abaixo do mesmo (VALSECHI, 1968).

Percebe-se, portanto, que, ainda bem antes do estabelecimento, em 1978 em AL e em 1983 em SP, do critério para pagamento com base em peso de açúcar, a legislação do IAA já considerava, desde 1945, o teor médio de sacarose e pureza das variedades (se bem que sem levar em conta a influência de fatores ambientais e de manejo, e bem antes de se iniciarem os processos analíticos para efeito de pagamento); o rendimento da unidade industrial que compra a cana, em relação a um padrão estadual; e os preços de açúcar e álcool, conforme se destine a matéria prima à extração de açúcar ou à produção de álcool. Todos esses princípios, embora os cálculos realizados atualmente sejam bem diferentes, são até hoje considerados na formação do preço pago ao fornecedor por tonelada de cana entregue.

2.2.2.2 O pagamento de cana pelo teor de sacarose

A intenção de se implantar no Brasil o pagamento de cana pelo teor de sacarose perdura desde 1965, através da Lei nº 4870 de 1/12/1965 (VALSECHI et al., 1983).

A Lei nº 4870 de 1/12/1965 estabeleceu critério técnico para pagamento da cana de fornecedores, partindo do teor de sacarose e pureza do caldo, assegurando-se assim a maior aproximação possível com a realidade na quantificação da matéria prima para produção do açúcar contido na cana (MAIA, 1968). Ainda com relação a esta lei, é interessante notar como ela não compreendia e nem pretendia se ater a processos estáticos, mas essencialmente dinâmicos, capazes de corresponder cada vez mais às necessidades tanto de fornecedores como de usineiros e, em última análise, do nosso país (VALSECHI, 1968). Esse princípio perdura até hoje, quando o CONSECANA (2002) se declara sensível à necessidade da permanente atualização do seu sistema.

Em 1978 oficializou-se a implantação desse sistema no Estado de Alagoas. Em 1983, foi oficializado em São Paulo e em vários outros Estados, com a perspectiva de estender-se por todo o país (VALSECHI et al., 1983).

A amostragem era feita tal como no sistema atual (a ser detalhado no item 2.2.3 do presente trabalho), com a diferença de que não existia ainda a sonda oblíqua. O preparo das amostras (desintegração e homogeneização) e a prensagem também eram idênticos ao sistema atual. Após a prensagem, pesava-se o bolo úmido, sendo a fibra industrial (F) considerada equivalente a 9,28 % do peso do bolo úmido, determinada portanto através da eq. (1) (VALSECHI et al., 1983).

$$F = \text{PBU} \times 0,0928 \quad (1)$$

Do caldo extraído, analisavam-se o brix refratométrico, e a pol após clarificação com subacetato de chumbo (sal de Horne) (obs: atualmente usam-se outros clarificantes, para evitar contaminação ambiental pelo material descartado) (VALSECHI et al., 1983).

A pol da cana era calculada através da eq. (2).

$$\text{Pol de cana} = P_{\text{ex}} \times (1 - 0,01 \times F) \times C \quad (2)$$

onde:

P_{ex} = pol do caldo extraído

F = fibra industrial

C = fator de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto, então considerado igual a 0,945 [obs: atualmente este fator é calculado em função do teor de fibra ou do PBU, conforme eq. (14)]. (VALSECHI et al., 1983).

Para amostras com fibra industrial $F > 12,57$ %, a pol de cana era multiplicada pelo fator “f”, resultando na pol de cana corrigida (PCC). O fator “f” era calculado pela eq. (3).

$$f = 1 - (F - 12,57) \times 0,006 \quad (3)$$

O valor da tonelada de cana era determinado através da eq. (4).

$$V = \frac{PCC_f}{PCC_{\text{padrão}}} \times f(P) \times P_b + T \quad (4)$$

onde:

V = valor final, exclusive taxas, de uma tonelada de cana posta na esteira da unidade industrial

PCC_f = pol de cana corrigida do fornecedor

$PCC_{\text{padrão}}$ = pol de cana corrigida padrão, fixada em 12,257 %

$f(P)$ = fator que leva em conta a modificação da distribuição da sacarose entre o açúcar e o melaço, quando a pureza difere da pureza padrão (83,87 %), determinado através da eq. (5).

$$f(P) = \frac{rxPaçúcar + (1-r)x0,36xPálcool}{0,8654xPaçúcar + 0,1346x0,36xPálcool} \quad (5)$$

onde r = recuperação de pol na seção de cozimento, para pureza diferente da pureza padrão (83,87 %), calculada pela Fórmula de Noel Deer (SMJ) [eq. (6)].

$$r = \frac{99,45}{59,45} x \left(1 - \frac{40}{P_{za} - 1}\right) \quad (6)$$

P_{za} = pureza do caldo extraído, e é calculada pela eq. (9).

$P_{açúcar}$ = preço líquido de 1 kg de açúcar cristal “standard”, a granel, de 99,3° de polarização

$P_{álcool}$ = preço líquido de 1 L de álcool anidro carburante, a 99,3° INPM

P_b = preço base na região de uma tonelada de cana no campo, exclusive taxas e contribuições, conforme for estabelecido pelo Instituto do Açúcar e do Alcool

T = preço do transporte.

(Valsechi et al., 1983).

2.2.3 Sistema atual de remuneração da cana-de-açúcar

O Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (CONSECANA) foi fundado em 07/06/1999 (CONSECANA, 2002).

Atualmente, o pagamento é baseado, conforme estabelece o CONSECANA (2003), em quilogramas de açúcar total recuperável (ATR). Este critério, empregado atualmente apenas no Brasil, é evidentemente mais racional do que o anterior, que levava em conta somente a sacarose, já que os açúcares redutores (glicose e frutose) servem para a produção de álcool.

A determinação do valor a ser pago pelas usinas aos fornecedores de cana é feita através da definição de dois parâmetros: quantidade de ATR (em kg) contido em toda a cana entregue por cada fornecedor, e o preço do kg de ATR.

2.2.3.1 Determinação do teor de ATR na cana-de-açúcar

2.2.3.1.1 Amostragem, preparo das amostras e prensagem

Os caminhões carregados são pesados e em seguida amostrados (conforme norma do CONSECANA, 2003) por sonda amostradora do tipo horizontal ou oblíquo. Se a sonda for do tipo horizontal, a amostra será composta por três amostras simples, coletadas em vãos consecutivos e a partir da primeira perfuração, não podendo haver coincidência no sentido horizontal ou vertical. Se for do tipo oblíquo, a amostra poderá ser retirada em apenas um ponto aleatório do carregamento. Qualquer que seja o tipo de sonda amostradora, o peso da amostra não poderá ser inferior a 10 kg. Pretende-se, com essas normas, que a amostra seja representativa de toda a cana contida no caminhão. Depois da amostragem, segue-se o descarregamento, após o qual o caminhão vazio é pesado. Pela diferença entre o peso do caminhão carregado e vazio, sabe-se quantas toneladas foram entregues. O número mínimo de amostras a ser coletado de cada fornecedor e por fundo agrícola obedecerá ao critério apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Número mínimo de unidades de transporte a serem amostradas, em função do número de unidades entregues por dia pelo fornecedor.

Número de unidades de transporte entregues/dia	Amostras/dia	%
1 - 5	Todas	100,0
6 - 10	6	75,0
11 - 15	7	53,8
16 - 25	8	39,0
26 - 35	10	32,8
36 - 45	12	29,6
46 - 55	14	27,7
56 - 70	17	27,0
71 - 85	20	25,6
86 - 100	23	24,7
> 100	X	25,0

Fonte: CONSECANA (2003)

Nota: X = n° de unidades x 0,25

A amostra a ser analisada, resultante da mistura das amostras simples, deve ser preparada em aparelho desintegrador, recolhida e homogeneizada em betoneira (CONSECANA, 2003).

A extração do caldo é feita através de uma prensagem, a 250 kgf/cm² por 1 minuto, de 500 g de amostra de cana desfibrada e homogeneizada. Pesa-se o resíduo úmido (ou bolo úmido) resultante dessa prensagem, e do caldo extraído analisam-se brix e pol, conforme as metodologias descritas nos itens seguintes.

2.2.3.1.2 Análises do caldo extraído

A determinação do brix (percentual em massa de sólidos solúveis) é realizada em refratômetro digital com correção automática de temperatura, com resolução máxima de 0,1 °brix, devendo o valor final ser expresso a 20 °C (CONSECANA, 2003).

A pol (porcentagem em massa de sacarose aparente) é determinada usando-se como clarificante uma mistura à base de alumínio, devendo a leitura sacarimétrica ser transformada para a leitura equivalente em subacetato de chumbo, através da eq. (7).

$$LPb = 1,00621 \times LAI + 0,05117 \quad (7)$$

onde:

LPb = leitura sacarimétrica equivalente à de subacetato de chumbo

LAI = leitura sacarimétrica obtida com a mistura clarificante à base de alumínio.

A pol é calculada através da eq. (8).

$$\text{Pol do caldo extraído} = \frac{0,26 \times LPb}{m.e.} \quad (8)$$

onde:

me = massa específica do caldo = 0,00431 x brix + 0,99367.

(CONSECANA, 2003).

A pureza do caldo é calculada através da eq. (9)

$$P_{za} = \frac{pol}{brix} \times 100 \quad (9)$$

(CONSECANA, 2003).

2.2.3.1.3 Cálculos

O ATR é calculado através da eq. (10).

$$ATR = 10 \times PC \times 1,0526 \times \left(\frac{1-PI}{100}\right) + 10 \times ARC \times \left(\frac{1-PI}{100}\right) \quad (10)$$

onde:

PC = pol da cana, que determina a quantidade de sacarose aparente na cana-de-açúcar;

PI = perda industrial média dos açúcares contidos na cana em função dos processos industriais e tecnológicos utilizados no Estado de São Paulo;

ARC = açúcares redutores da cana, que determina a quantidade conjunta de glicose e frutose contida na cana;

$$1,0526 = \frac{360}{342} = \text{fator estequiométrico de transformação da sacarose em AR}$$

(Pois massa da sacarose = 342; massa da glicose + massa da frutose = 360)

Atualmente, no Estado de SP, considera-se $PI = 12\% = 0,12$, valor que, substituído na eq. (10), resulta na eq. (11).

$$ATR = 9,26288 \times PC + 8,8 \times ARC \quad (11)$$

Os valores PC e ARC são calculados através das seguintes equações (12) e (13), respectivamente.

$$PC = \text{Pol do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C \quad (12)$$

$$ARC = \text{AR do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C \quad (13)$$

onde:

F = teor de fibra (%) da cana

C = coeficiente de transformação da pol e AR do caldo extraído em pol e AR do caldo absoluto, e é função do teor de fibra, calculado através da eq. (14).

$$C = 1,0313 - 0,00575 \times F \quad (14)$$

Com fins de pagamento de cana, o CONSECANA (2003) estabelece a possibilidade de determinação analítica da fibra pelo método da prensa hidráulica (TANIMOTO¹⁰, 1964), ou de este teor ser estimado através de uma equação de regressão linear que o correlaciona com o peso do resíduo úmido resultante da prensagem, a 250 kgf/cm² por 1 minuto, de 500 g de amostra de cana desfibrada e homogeneizada. Na grande maioria dos casos, as usinas e destilarias usam a fórmula do CONSECANA [eq. (15)], pois a secagem demanda muito tempo com as amostras na estufa, e o número de amostras a analisar é grande o suficiente para inviabilizar a determinação analítica do teor de fibra.

Desde 2001, de acordo com a Circular nº 07/01 do CONSECANA (2001b), o teor de fibra da cana é estimado através da eq. (15).

$$F = 0,08 \times \text{PBU} + 0,8760 \quad (15)$$

onde:

PBU = peso do bolo úmido resultante da prensagem, a 250 kgf/cm² por 1 minuto, de 500 g de amostra de cana desfibrada e homogeneizada.

Anteriormente, utilizava-se a eq. (16), de acordo com a Circular nº 03/01 do CONSECANA (2001a).

$$F = 0,152 \times \text{PBU} - 8,367 \quad (16)$$

Através da mesma Circular nº 07/01, o CONSECANA (2001b) estabeleceu também a equação a ser usada para estimativa dos açúcares redutores do caldo [eq. (17)].

$$\text{AR} = 3,6410 - 0,0343 \times \text{Pza} \quad (17)$$

onde:

Pza = pureza do caldo, dada pela eq. (9).

Anteriormente de acordo com a Circular nº 03/01 do CONSECANA (2001a), usava-se a eq. (18).

$$\text{AR} = 9,9408 - 0,1049 \times \text{Pza} \quad (18)$$

Quanto ao teor de açúcares redutores (AR) no caldo, embora o CONSECANA (2003) permita que as usinas facultativamente determinem esse teor pelo método de Lane & Eynon¹¹ (1934), essa prática muito raramente é empregada com fins de pagamento de cana, pois assim como acontece com a fibra, a determinação analítica do teor de AR no caldo é inviável na grande

¹⁰ Idem.

¹¹ LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator**. London: Norman Rodge. 1934. 8 p.

maioria dos casos, por ser muito trabalhosa e demorada, e também por ser uma análise que deve ser feita necessariamente por técnicos muito bem treinados e experientes, pois trata-se de uma titulação realizada a quente, em Redutec ou em Erlenmeyer sobre bico de Bunsen, cujo ponto de “viragem” torna-se relativamente difícil de ser visualizado, especialmente quando o teor de AR é muito baixo, devido à necessidade do uso de caldo puro na bureta (a cor do próprio caldo dificulta a visualização do ponto de “viragem”). Por essa razão, na grande maioria das análises realizadas pelas usinas para efeito de pagamento de cana, o teor de AR é estimado através da eq. (17) estabelecida pelo CONSECANA com base na correlação existente entre o teor de açúcares redutores no caldo e outros parâmetros também ligados ao estágio de maturação da cana (como a pureza, parâmetro em que se baseia a equação para estimativa de AR atualmente em uso).

2.2.3.2 Formação do preço do kg de ATR

No Sistema CONSECANA, o preço do kg de ATR é calculado com base nos seguintes valores:

I - As quantidades, convertidas em kg de ATR, conforme os fatores estequiométricos de conversão divulgados em circular do CONSECANA-SP, da produção total da unidade industrial, de cada um desses produtos:

- a) açúcar cristal especial (mercado interno) (AMI);
- b) açúcar cristal especial e VHP (mercado externo) (AME);
- c) álcool anidro residual (AAr);
- d) álcool hidratado residual (AHr);
- e) álcool anidro direto (AAd);
- f) álcool hidratado direto (AHd).

II - Os preços médios (PM), convertidos em preço de ATR, praticados durante a safra, de cada um desses produtos derivados de cana, divulgados em Circular do CONSECANA-SP e arredondados com 2 casas decimais.

III - A participação média (P) do custo médio de reposição da matéria-prima, em relação ao custo médio de reposição de cada produto acabado do item I (representada em formato percentual e arredondada com 2 casas decimais), conforme divulgado em Circular do CONSECANA-SP.

Para a determinação do preço, em reais, do kg de ATR da cana-de-açúcar entregue pelo produtor (PATR), aplica-se a eq. (19).

$$PATR = \frac{0,001x[(AMI \times PMxP) + (AME \times PMxP) + \dots + (AHd \times PMxP)]}{(AMI) + (AME) + \dots (AHd)} \quad (19)$$

(CONSECANA, 2003).

A Tabela 5 apresenta os preços líquidos médios pagos pelo kg de ATR de maio a outubro de 2005, segundo CONSECANA (2005).

Tabela 5 - Preços líquidos médios do kg de ATR, em R\$/kg, obtidos nos meses de maio a outubro e acumulados até outubro.

Mês	Preço Médio do kg de ATR	
	Mês	Acumulado
Maio	0,2269	0,2269
Junho	0,2238	0,2254
Julho	0,2438	0,2313
Agosto	0,2488	0,2357
Setembro	0,2654	0,2414
Outubro	0,2869	0,2494

2.2.3.3 O Sistema de ATR Relativo

O Sistema CONSECANA, tal qual vem sendo empregado atualmente pela maioria das unidades, apresenta um problema realmente sério quando a cana é entregue em épocas que não correspondem ao pico de maturação, pois o modo como é definido o preço do kg de ATR não corrige a diferença que o produtor ganharia caso entregasse a cana em seu ponto ótimo de maturação. No entanto, o próprio CONSECANA (2003) sugere, como possível solução a este problema, o Sistema de ATR Relativo, cuja adoção ou não fica a critério de cada Unidade Industrial. O cálculo do ATR relativo é feito através da eq. (20).

$$ATR_r = ATR_1 + ATR_2 - ATR_3 \quad (20)$$

onde:

ATRR = açúcar total recuperável (kg/t) relativo do fornecedor

ATR1 = açúcar total recuperável (kg/t) do fornecedor na quinzena

ATR2 = açúcar total recuperável (kg/t) dos fornecedores da unidade industrial na safra (estimado)

ATR3 = açúcar total recuperável (kg/t) dos fornecedores da unidade industrial na quinzena.

O ATR2 pode ser estimado pela média das últimas 3 a 5 safras da usina, calculada com base na cana total processada. Os demais valores são obtidos quinzenalmente com os resultados de análises e cálculos de médias ponderadas a partir da cana moída total. No final da safra pode-se calcular o valor real do ATR dos fornecedores da unidade industrial e então fazer as correções devidas se este foi maior ou menor que o estimado (CONSECANA, 2003).

Percebe-se que, com a adoção do Sistema de ATR Relativo, as usinas passam a pagar, por cada kg de ATR efetivamente entregue por fornecedores nos períodos de início e final de safra, tanto mais caro quanto a cana teria potencial de acumular mais açúcares caso fosse colhida em seu ponto ótimo de maturação, o que não representa, ao contrário do que pode parecer à primeira vista, prejuízo às usinas, por dois motivos: primeiro, porque enquanto a usina processa cana de fornecedores, sua própria cana permanece no campo acumulando mais açúcares (no caso da cana entregue em início de safra), ou é colhida antes que sua riqueza em açúcares decresça (caso da cana entregue em final de safra); segundo, pela economia em transportes proporcionada pela melhor distribuição da entrega de cana de fornecedores ao longo da safra.

2.2.3.3.1 Vantagens e desvantagens do Sistema de Pagamento Relativo

Segundo CONSECANA (2003), o Sistema de Pagamento relativo apresenta as seguintes vantagens:

- Manterá o mesmo valor para o ATR médio do fornecedor, independentemente da distribuição da entrega de cana durante toda a safra.
- O ATR da cana no início e final da safra serão maiores que o sistema convencional, incentivando a entrega nestes períodos.
- Os fornecedores terão como meta a elevação da média quinzenal de Pol%Cana e Pureza do caldo e conseqüentemente do ATR, aumentando os valores médios da safra e significará maior valor para a tonelada de cana.

- Permitirá a entrega de cana de pequenos fornecedores em forma de pool, pela indiferença do período de entrega.
- Proporcionará a racionalização do sistema corte-carregamento-transporte do fornecedor e da unidade industrial, pela maior flexibilidade na entrega de cana.
- Reduzirá a estrutura para entrega de cana própria no início e final de safra, uma vez que o fornecedor terá incentivos para entrega nestes períodos (CONSECANA, 2003, p. 111).

Segundo CONSECANA (2003), o Sistema de Pagamento Relativo apresenta as seguintes desvantagens:

- O fluxo de caixa de pagamento/recebimento de **cana** será alterado com maior desembolso no início e final da safra e menor no período intermediário.
- Ajustes finais somente serão possíveis após encerramento da safra, quando a qualidade da **cana** dos fornecedores na safra em curso será conhecida. (CONSECANA, 2003, p. 112).

Concluindo, CONSECANA (2003) sugere que:

- O sistema de Pagamento Relativo com PC e Pureza móvel apresenta vantagens sobre o sistema atual de padrões fixos e pode corrigir as distorções existentes.
- A elevação da média quinzenal aumentará o valor da média anual e por consequência o valor a ser pago a todos os fornecedores.
- Deve-se enfatizar que a competição individual perde o sentido, tornando-se primordial que o conjunto de fornecedores entregue **cana** de melhor qualidade, quando todos ganharão (CONSECANA, 2003, p. 112).

2.2.4 Composição dos colmos de cana-de-açúcar

A composição química e tecnológica da cana-de-açúcar varia em função de muitos fatores, tais como variedade, espaçamento e perfilhamento, idade ou corte, estágio de maturação, clima ao longo do ciclo, propriedades físicas (compactação) e químicas (fertilidade) do solo, adubação, irrigação (água ou vinhaça), tratamentos culturais, fechamento, sanidade, brotação da soqueira, florescimento e chochamento, entre outros (HORII, 2004).

Quanto às análises realizadas na cana com fins de pagamento, é importante ter em mente que a matéria-prima que chega às usinas e, por conseguinte, as amostras analisadas, não são constituídas somente por colmos, mas também por impurezas vegetais (restos de folhas, por exemplo) e minerais (areia, silte e argila). Assim, o teor de fibra a ser determinado, portanto, corresponde não apenas à celulose, pentosana, lignina e goma de cana (conforme Tabela 6), mas sim à chamada “fibra industrial”, ou seja, a porcentagem da amostra que não é caldo absoluto.

Segundo COPERSUCAR (1978), fibra é a matéria seca, insolúvel em água, que está contida na cana. Neste conceito industrial, a matéria-prima é considerada como sendo constituída por duas partes: fibra e caldo absoluto; sendo este último constituído pela água e pelos sólidos solúveis (açúcares e não açúcares) contidos na cana.

O teor de fibra é uma característica varietal de tal importância para a geração de energia, que os fitomelhoristas praticamente descartam variedades obtidas que não superam 10,5% de fibra. Além do fator condicionante ambiental, os ambientais como solo, umidade, idade ou corte, exercem grande influência na formação das partes moles (75% do colmo, com 8% do fibra e 80% de caldo) e das partes duras (25% do colmo, com 75% de fibra e 75% do caldo) (HORII, 2004).

O teor percentual, em massa, **de sólidos solúveis** do caldo de cana é conhecido como **brix**, e pode ser determinado por refratometria ou pela densidade.

Entre os sólidos solúveis destacam-se, em importância e em quantidade, os açúcares. Entre estes, a glicose e a frutose, por apresentarem a propriedade de reduzir, em meio alcalino e a quente, os íons cúpricos (Cu^{+2}) a cuprosos (Cu^{+1}), são conhecidos como **açúcares redutores (AR)**, e seu teor pode ser determinado através de vários métodos, por exemplo o de Lane e Eynon.

Mas o açúcar mais abundante na cana é a **sacarose**, cujo teor pode ser determinado de duas formas:

- Procedendo-se a determinação do teor de AR no caldo, em seguida invertendo-se a sacarose através de tratamento ácido a quente, e determinando-se o teor de AR + sacarose invertida, sendo este valor conhecido como **açúcares redutores totais (ART)**. Após a determinação dos teores de AR e ART, o teor de sacarose pode ser calculado através da eq. (21).

$$\text{Sacarose} = (\text{ART} - \text{AR}) \times 0,95 \quad (21)$$

- Por polarimetria, técnica fundamentada na propriedade que a sacarose tem de desviar para a esquerda o plano de vibração da luz polarizada. O teor percentual em massa de sacarose no caldo de cana determinado por polarimetria chama-se **pol**, e é na realidade uma medida aparente, pois sofre interferência da glicose (dextrógera, assim como a sacarose) e da frutose (levógera) presentes no caldo, no entanto muito próxima do teor real de sacarose, já que os teores de glicose e de frutose são bem inferiores ao de sacarose.

A **pureza** do caldo de cana corresponde ao valor percentual da participação da sacarose na fração sólidos solúveis. Por isso, é obtida pela razão entre a pol e o brix, multiplicada por 100, conforme a eq. (9).

O processo de maturação da cana consiste em um acúmulo de sacarose que ocorre concomitantemente com uma redução do teor de AR e aumento da pureza. Leme Filho et al. (2003) observaram que a umidade da cana diminui, e o teor de fibra aumenta, à medida em que aumentam a pol, o brix e a pureza, e diminui o teor de AR; em outras palavras, à medida em que a cana torna-se mais madura. Isso muitíssimo provavelmente se deve ao fato de que na região Centro-Sul do Brasil a maturação é induzida por baixa temperatura e por estresse hídrico.

A Tabela 6 e a Figura 1 apresentam a composição dos colmos de cana-de-açúcar, de acordo com diferentes autores, indicando as variações normais dos teores dos diferentes constituintes dos colmos, bem como seus teores médios.

Tabela 6 - Composição química, em porcentagem, da cana madura, normal e sadia, segundo Leme Junior e Borges (1965, apud DELGADO e CÉSAR, 1977).

Elemento	Porcentagem
Água	74,50 (65 - 75)
Açúcares	14,00 (12 - 18)
Sacarose	12,5 (11 - 18)
Glicose	0,9 (0,2 - 1,0)
Levulose	0,6 (0,0 - 0,6)
Fibras	10,00 (8,0 - 14,0)
Celulose	5,50
Lignina	2,00
Pentosana (Xilanã)	2,00
Goma da cana (Arabana)	0,50
Cinzas	0,50 (0,40 - 0,80)
SiO ₂	0,25
K ₂ O	0,12
P ₂ O ₅	0,07
CaO	0,02
SO ₃	0,02
NaO	0,01
MgO	0,01
Cl	traços
Fe ₂ O ₃	traços
Matérias nitrogenadas	0,40 (0,30 - 0,60)
Aminoácidos (como Ácido Aspártico)	0,20
Albuminóides	0,12
Amidas (como Asparagina)	0,07
Ácido nítrico	0,01
Amoníaco	traços
Corpos xânticos	traços
Gorduras e Ceras	0,20 (0,15 - 0,25)
Substâncias pecticas, gomas e mucilagem	0,20 (0,15 - 0,25)
Ácidos combinados	0,12 (0,10 - 0,15)
Málico	
Succínico, etc.	
Ácidos livres	0,08 (0,06 - 0,10)
Málico	
Succínico, etc.	
Matérias corantes	(não dosadas)
Clorofila	
Antocianina	
Sacaretina Stenwald, polifenóis e Substâncias cromogêneas

Figura 1 - Composição dos colmos de cana-de-açúcar
(Fonte: BERNARDES e CÂMARA, 2001).

2.2.5 Estudo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo

Com o objetivo implantar um sistema de pagamento de cana na forma que melhor consulte os interesses de fornecedores e compradores, em atenção à Lei nº 4870 de 1/12/1965, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) lançou-se ao estudo de fórmulas e processos que levaram à implantação definitiva do sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) (MAIA, 1968). Este estudo, pelo qual foi desenvolvida a equação que, enquanto vigorava o PCTS regulamentado pelo IAA, era utilizada para estimar o teor de fibra correlacionando-o com o peso do bolo úmido (PBU), foi realizado, segundo Valsechi¹² (2005), através de dados obtidos em diversas épocas e em diferentes regiões e unidades do Estado de São Paulo. Porém não foram publicados pois se tratava de estudo para subsidiar a comissão de PCTS (informação pessoal).

Na safra de 2000/01, a COPERSUCAR coordenou um trabalho desenvolvido em 14 unidades industriais e 3 Associações de Fornecedores de Cana, no sentido de atualizar as equações para o cálculo da Fibra e dos Açúcares Redutores no caldo, as quais foram aprovadas pela diretoria do CONSECANA-SP (CONSECANA, 2002). Essas equações foram publicadas na Circular nº 03/01, de 29/05/2001, e alteradas pela Circular nº 07/01, de 21/08/2001. Tal como acontecera com o estudo realizado pelo IAA, segundo Oliveira¹³ (2005), este trabalho também não foi publicado (informação verbal).

Leme Filho et al. (2003) conduziram um trabalho no qual foram analisadas 67 amostras de cana, levantando-se os dados de fibra obtidos pelos métodos do digestor e da prensa hidráulica. Elaboraram-se equações de regressão linear com os dados levantados, correlacionando peso do bolo úmido (PBU) com a fibra e com a umidade da cana. Tomando-se o método da prensa hidráulica como padrão, foram comparados os dados de fibra obtidos através dele com aqueles obtidos pelo método do digestor, pela equação antiga do CONSECANA, pela equação estabelecida atualmente, e pela equação de regressão elaborada com os dados do próprio trabalho. Os dados obtidos pelo método do digestor e pela equação antiga diferiram significativamente daqueles obtidos pelo método tomado como padrão, enquanto os obtidos pela equação atualmente

¹² VALESCHI, O. A. **Pagamento de cana pelo teor de sacarose.** Mensagem recebida por <jraleme@esalq.usp.br> em 09/09/2005.

⁴ OLIVEIRA, E. R. Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA)

em uso apresentaram diferença significativa em apenas uma das 67 amostras. Para o método estimativo que fornece o teor de fibra correlacionando-o com o PBU, portanto, a equação atualmente em uso mostrou-se adequada.

As significativas diferenças observadas entre os métodos da prensa e do digestor, provavelmente, devem-se em grande parte à influência da refratometria no valor da fibra determinada por esses métodos. O brix refratométrico é uma medida aproximada do teor de sólidos solúveis em uma solução aquosa. Não é uma medida exata porque as diferentes substâncias determinam diferentes variações no índice de refração da solução, porém aproxima-se bastante do percentual real de sólidos solúveis (em massa), já que os açúcares são, em caldo de cana (e por conseguinte no extrato do digestor) os sólidos solúveis mais abundantes. Na equação do método do digestor, o brix do extrato é multiplicado por 3 (fator de diluição), e, portanto, o erro inerente à refratometria é também multiplicado por este fator. Já no método da prensa, o valor do brix do caldo extraído entra na equação apenas para descontar a participação dos sólidos solúveis do caldo não extraído (o qual é uma parcela relativamente pequena do caldo absoluto) no peso do resíduo seco, pois este seria igual ao peso de fibra contida em 500 g de cana, se 100 % do caldo fosse extraído. Por isso, uma certa variação do brix do caldo extraído implica variação muito menor no valor da fibra determinada pelo método da prensa hidráulica, conforme pode ser facilmente verificado fazendo o cálculo com valores arbitrários, seguindo a equação do método.

Devido a essas observações realizadas em 2003, optou-se, no presente trabalho, por testar o método da prensa no intuito de verificar se é ou não significativo o erro decorrente do uso do brix do caldo extraído para corrigir os sólidos solúveis não extraídos. Acredita-se que será altamente proveitoso ao conhecimento científico realizar tais testes com o único método (prensa hidráulica) apresentado pelo CONSECANA (2003) como alternativa à estimativa por equação de regressão linear.

O caldo extraído das 67 amostras analisadas foi analisado para brix refratométrico, pol utilizando-se subacetato de chumbo como agente clarificante, e AR pelo método de Lane e Eynon. Foram elaboradas equações de regressão linear correlacionando AR com pol, com brix e com pureza. Foram comparados os dados de AR obtidos pelo método de Lane e Eynon (padrão) com aqueles obtidos pelas equações antiga e atual do CONSECANA, e pelas equações de regressão feitas com os dados do próprio trabalho. Quanto aos métodos de determinação e de estimativa do teor de AR, verificou-se que, de um modo geral, as duas equações do

CONSECANA foram as que mais diferenças apresentaram em relação ao método de Lane e Eynon. Não obstante, especificamente para algumas variedades, essas equações foram excelentes: A equação antiga estimou muito bem os AR para as variedades RB835089 e SP79-1011; enquanto para as variedades SP81-3250 e RB835054, pode-se dizer exatamente o mesmo da equação atualmente em uso.

2.3 Material e métodos

2.3.1 Material

2.3.1.1 Amostragem

De março a novembro de 2004, foram analisadas amostras de cana provenientes da Destilaria Guaricanga (Rodovia Marechal Rondon, km 383, Presidente Alves - SP), de 6 variedades: RB835089, SP81-3250, RB855035, RB835054, SP79-1011 e IAC87-3396. De cada variedade, foi colhida uma amostra a cada 3 semanas. As amostras foram colhidas na sexta feira de cada semana, trazidas para Piracicaba e congeladas no mesmo dia em freezer do Setor de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN) da ESALQ/USP, e armazenadas congeladas até o dia em que foram realizadas as análises, na semana seguinte. Este procedimento teve por principal finalidade verificar isoladamente como se comporta, em relação às correlações descritas acima (entre PBU e fibra, PBU e umidade, pureza e AR, pol e AR, brix e AR), cada uma dessas variedades de grande importância comercial, ao longo de toda a safra. Com a valiosa colaboração da Destilaria Guaricanga, pequenas partes desses talhões foram protegidas, por ocasião da queima da palha, através de aceros, possibilitando a coleta de amostras até o fim da safra. Como as canas foram cultivadas em 2000, as amostras analisadas são todas de cana de 4º corte. Foram analisadas 9 amostras da variedade RB835089, 9 da variedade SP81-3250, e 10 de cada uma das demais variedades.

De maio a setembro de 2005, foram coletadas e analisadas 42 amostras de cana entregue na Destilaria Guaricanga. Como em 2004 foram analisadas somente canas cruas, em 2005 optou-se por coletar exclusivamente amostras de cana queimada. Com o objetivo de se obter dados em condições tão realistas quanto possível, através de amostras altamente

representativas, com a vantagem de conter o mesmo nível de impurezas vegetais e minerais que as amostras analisadas na usina, essas amostras foram coletadas através da sonda amostradora da Destilaria Guaricanga. Como a sonda corta a cana em toletes de tamanho deveras reduzido, expondo-a a um risco relativamente elevado de deterioração, fez-se necessário evitar que essas amostras, após coletadas, passassem muito tempo à temperatura ambiente. Para tanto, as amostras foram coletadas na quinta feira de cada semana, congeladas imediatamente em freezer da Destilaria Guaricanga, trazidas para Piracicaba na sexta feira e armazenadas congeladas, em freezer do LAN, até o dia em que foram feitas, na semana seguinte, as análises. O tempo de viagem de Presidente Alves a Piracicaba não é suficiente para que a temperatura das amostras se eleve, expondo-as ao risco de deterioração.

2.3.1.2 Características varietais das canas amostradas em 2004

A variedade RB835089 é originária do cruzamento RB72454 x NA56-79 (ARIZONO, 1994). Eis as características atribuídas aos genitores da RB835089: RB72454, segundo Arizono (2003), apresenta germinação regular, perfilhamento bom, fechamento bom, soca regular, porte ereto, rica, tardia, pouco florescimento, sem chochamento, não exigente em solo, suscetível à estria vermelha e podridão abacaxi e nematóides, intermediária ao carvão e mosaico. NA56-79, segundo Arizono (2003), foi a variedade mais cultivada na década de 80 no estado de São Paulo, atingindo mais de 50% da área cultivada com cana na época. Ocupou toda essa área devido à produtividade em cana ser equivalente à da CB41-76, então a mais cultivada, e ser ainda mais rica, muito mais precoce em maturação e muito melhor em brotação de soqueiras. Segundo Arizono (1994), NA56-79 tornou-se imprópria para o cultivo devido à sua susceptibilidade ao carvão e à ferrugem.

Segundo Hoffmann (1997), a variedade RB835089 apresenta boa brotação de soqueira, bom perfilhamento, alta resistência à ferrugem, elevada altura de colmos, elevada produtividade em toneladas de colmos por ha, elevada riqueza em açúcar. Nas condições do experimento realizado por Hoffmann (1997), RB835089 não floresceu, porém apresentou chochamento em um dos três locais cultivados.

Segundo Arizono (2003), as variedades SP79-1011, SP81-3250, RB835054 e RB855035 apresentam as seguintes características:

- SP79-1011: Germinação excelente, perfilhamento regular, fechamento fraco, porte ereto, dificilmente floresce, excelente soca, suscetível à ferrugem e broca, intermediária ao carvão, tolerante à seca, média exigência em solo, alta longevidade de cortes.
- SP81-3250: Germina muito bem, perfilhamento bom, fechamento bom, porte ereto, maturação média/precocidade, rica, floresce regularmente, chochamento mediano, boa soca, suscetível ao raquitismo e nematóides, exigente em solo.
- RB835054: Germinação boa, perfilhamento bom, porte ereto, fechamento fraco, precocidade, muito rica, boa soca, não floresce, não chocha, pouco exigente em solo.
- RB855035: Germina bem, perfilha pouco, cresce rápido, bom fechamento, porte ereto, precocidade, floresce, chochamento regular, soqueira regular, intermediária à ferrugem e estria vermelha, suscetível à broca, suscetível a pokka boeing, adapta-se bem em solos arenosos de baixa fertilidade. Tolerante à seca.

Segundo Arizono (2003), a variedade IAC87-3396 tem sobressaído em ambientes pobres e sujeitos à seca. Boa em colheita mecanizada. Variedade com perfil semelhante à RB855113 e SP86-42, mas com brotação de soca melhor que RB855113, porém mais pobre. As características dessas 2 variedades que Arizono (2003) compara com a IAC87-3396 são, segundo o mesmo autor, as seguintes:

- RB855113: Germina bem, perfilha muito, crescimento lento, porte ereto, boa soca, maturação média, rica, boa resposta a maturadores, raramente floresce, chocha pouco, suscetível à falsa estria, adapta-se bem em todos os tipos de solos, suscetível a nematóides, adapta-se muito bem a espaçamento reduzido.
- SP86-42: Germinação ótima, perfilhamento excelente, fechamento bom, porte ereto, maturação média/tardia, rica, não floresce, chochamento pouco, excelente soca, intermediário à ferrugem, não exigente em solo (ARIZONO, 2003).

2.3.1.3 Panorama varietal da safra de 2005/06, na Destilaria Guaricanga

A amostragem realizada em 2005 foi aleatória, ou seja, amostraram-se, a cada semana, caminhões que entregaram cana na destilaria na quinta-feira, qualquer que fosse a variedade da cana que estava sendo entregue por cada caminhão, escolhido aleatoriamente para ser amostrado. No entanto, como essa amostragem foi distribuída ao longo da maior parte da

safra, o panorama varietal da safra de 2005/06, na Destilaria Guaricanga, apresentado na Tabela 7, fornece uma idéia aproximada da constituição genética do conjunto das canas analisadas em 2005. Por exemplo, é de se esperar que a variedade RB72454, que responde por 20,079% da cana cultivada na Destilaria Guaricanga, tenha uma participação significativa entre as amostras analisadas; enquanto a variedade RB945961, à qual pertence menos de 1% da cana cultivada na Destilaria, é bem menos provável que tenha sido amostrada, e caso o tenha sido, muitíssimo provavelmente foi amostrada poucas vezes.

Tabela 7 - Variedades de cana colhidas pela Destilaria Guaricanga na safra de 2005/06.

Variedade	Percentual da área de cana da Destilaria
IAC86-2210	2,275
IAC87-3396	8,564
RB72454	20,079
RB825336	1,611
RB835054	1,503
RB835089	7,001
RB835486	6,402
RB855002	10,071
RB855035	9,974
RB855113	5,508
RB867515	7,833
SP79-1011	5,476
SP80-1842	2,421
SP81-3250	6,681
Outras*: RB803280, RB825236, RB845257, RB855046, RB855054, RB865230, RB865513, RB865547, RB885013, RB895043, RB925211, RB925298, RB925345, RB9253452, RB925367, RB935641, RB936099, RB945961	4,601

Fonte: Dados da Destilaria Guaricanga S/A.

Nota: As variedades listadas como “outras” respondem, cada uma isoladamente, por menos de 1% da área colhida pela Destilaria Guaricanga na safra de 2005/06.

2.3.1.4 Condições ambientais nas quais cresceram as canas amostradas

2.3.1.4.1 Condições climáticas

O Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) disponibilizou na Internet uma resenha meteorológica de Bauru - SP, a qual é apresentada na Tabela 8. A Destilaria Guaricanga dista apenas cerca de 30 km do município de Bauru, portanto as condições climáticas de Bauru são praticamente as mesmas nas quais cresceram as canas amostradas. Convém lembrar que as canas amostradas em 2004 foram cultivadas em 2000, e na Destilaria Guaricanga é raríssima a colheita de cana de 6º corte, portanto as canas amostradas em 2004 e 2005 sofrerem influência climática desde 2000.

De acordo com a Carta Aeronáutica Mundial (WAC, 1986), a latitude de Pirajuí - SP é 22°S, e a de Avaí - SP é 22°10'S. Como as terras da Destilaria Guaricanga e de seus fornecedores estendem-se entre ambos os municípios, pode-se considerar a latitude média na qual cresceram as canas amostradas aproximadamente igual a 22°05'S. Sentelhas; Pereira e Angelocci (2000) forneceram a duração do fotoperíodo (em horas), no 15º dia de cada mês, para várias latitudes, entre as quais 22°S; e a irradiância solar no topo da atmosfera (isto é, sem considerar a interferência da atmosfera) (Q_o , em MJ.m⁻².dia⁻¹), no 15º dia de cada mês, para várias latitudes, entre as quais 20°S e 25°S. Considerando desprezível, para efeito dos cálculos de fotoperíodo e Q_o , a diferença de 5' (cinco minutos de grau, o equivalente à distância de 5 milhas náuticas = 9,26 km), pode-se considerar latitude média das terras da Destilaria Guaricanga e de seus fornecedores $\approx$ 22°S. Isto posto, a Tabela 9 apresenta a duração do fotoperíodo, no 15º dia de cada mês, segundo Sentelhas; Pereira e Angelocci (2000), na latitude 22°S; e Q_o calculado para esta latitude por interpolação entre os valores apresentados para as latitudes 20°S e 25°S.

Tabela 8 - Resenha meteorológica de Bauru - SP, no período de 01/01/2000 até 30/09/2005.

(continua)								
Período	Temperatura Máxima Absoluta	Temperatura Mínima Absoluta	Temperatura Máxima Mensal	Temperatura Mínima Mensal	Temperatura Média	ETP(1)	Precipitação	DCCH(2)
	(°C)					(mm)		
2000								
janeiro	36	16	30,5	20,1	25,3	134	277	18
fevereiro	36	16	29,2	20,4	24,8	115	204	13
março	33	17	28,7	19,9	24,3	98	86	12
abril	35	13	30,9	17,6	24,3	80	8	2
maio	32	10	27,6	14,6	21,1	59	11	3
junho	32	8	28	14,1	21	57	20	2
julho	33	0,3	25,6	9,6	17,6	54	58	3
agosto	37	9	28	14,1	21,1	78	54	7
setembro	35	12	27,6	16,3	21,9	92	163	11
outubro	38	16	33	20,3	26,6	116	21	7
novembro	35	16	30,9	19,2	25,1	128	206	17
dezembro	34	15	29,4	20,1	24,8	130	100	13
2001								
janeiro	35	18	31,1	20,1	25,6	135	235	17
fevereiro	36	10	29,3	20,5	24,9	111	142	16
março	37	12	31,7	20,8	26,3	122	138	13
abril	36	17	31	19,4	25,2	91	9	4
maio	34	7	25,8	14,8	20,3	63	88	10
junho	32	6	25,6	14,5	20,1	54	46	6
julho	33	7	26,5	14	20,2	63	40	6
agosto	34	13	29,3	15,2	22,2	76	44	6
setembro	36	10	29	16,6	22,8	96	29	7
outubro	36	15	29,2	17,7	23,4	123	126	9
novembro	36	15	29,7	19,4	24,5	118	184	15
dezembro	33	12	28,9	19,2	24,1	127	287	16
2002								
janeiro	35	14	28,9	19,8	24,4	128	341	14
fevereiro	33	16	29,2	19,4	24,3	109	233	13
março	36	19	32,5	21,5	27	117	47	4
abril	39	19	35,7	20,2	28	101	6	5
maio	36	12	30,3	16,7	23,5	73	90	9
junho	35	13	31,7	16	23,8	56	0	0
julho	34	9	27,5	13,4	20,5	63	26	5
agosto	37	12	32,7	17,1	24,9	93	21	5
setembro	37	6	31,2	15	23,1	97	36	10
outubro	42	17	37,8	21,2	29,5	146	39	6
novembro	39	15	32,7	19,9	26,3	134	202	14
dezembro	38	18	33,7	20,7	27,2	143	195	10
2003								
janeiro	35	16	29	19,7	24,4	121	384	24
fevereiro	39	18,5	34	21,5	27,8	124	170	15
março	41	16	32,5	19,6	26,1	105	135	8
abril	38	13	31,3	18,4	24,9	82	194	8
maio	35	10	29,1	15	22	62	19	3
junho	35	13	31,3	15,3	23,3	63	29	3

Tabela 8 - Resenha meteorológica de Bauru - SP, no período de 01/01/2000 até 30/09/2005.

(conclusão)								
Período (Mês)	Temperatura Máxima Absoluta	Temperatura Mínima Absoluta	Temperatura Máxima Mensal	Temperatura Mínima Mensal	Temperatura Média	ETP(1)	Precipitação	DCCH(2)
	(°C)					(mm)		
2003								
julho	33	9,5	29,1	14,1	21,6	74	8	1
agosto	37	7	29,2	12,1	20,7	73	25	4
setembro	41	13	33,5	16,4	25	113	10,2	5
outubro	39	13	30,8	17,6	24,2	111	90,2	10
novembro	40	13	31,4	18,9	25,2	140	106,4	12
dezembro	36	18	32,7	20,7	26,7	172	192,3	15
2004								
janeiro	35	16	31,1	19,8	25,5	148	173	19
fevereiro	35	17	32,2	20,1	26,1	141	188,2	11
março	37	16	33,2	19,3	26,2	136	82,6	7
abril	36	16	31	19	25	101	86,2	13
maio	36	9	26,3	14,5	20,4	64	138,5	12
junho	30	6	25,9	13,7	19,8	55	39,2	5
julho	32	9	24,6	13	18,8	56	47	6
agosto	35	9	30,4	15,5	22,9	81	21	1
setembro	43	16	35,9	18,6	27,3	134	2,6	1
outubro	35	11	29	17,2	23,1	112	120,2	13
novembro	38	16	31,7	18,8	25,2	140	79,7	11
dezembro	38	16	31,6	18,8	25,2	148	259,4	14
2005								
janeiro	37	17	30	19,6	24,8	145	303,9	24
fevereiro	39	19	33,6	20,7	27,2	148	66,8	5
março	39	17	32,5	20,9	26,7	145	131,4	9
abril	37	16	31,9	19,7	25,8	109	23,2	5
maio	36	13	31	19,3	25,2	88	71,6	5
junho	35	13	28,9	16,8	22,9	63	26,6	6
julho	34	9	27,8	13,5	20,7	62	2,2	2
agosto	37	12	32,9	15,5	24,2	89	12	2
setembro	35	11	30	15,4	22,7	93	42,7	7

Fonte: CIIAGRO.

Notas: 1 ETP = Evapotranspiração potencial

2 DCCH = Dias com chuva

Tabela 9 - Duração do fotoperíodo; e disponibilidade média de energia solar (irradiância solar) em superfícies horizontais, sem interferência da atmosfera (Qo), no 15º dia de cada mês, na latitude 22ºS.

Mês	Fotoperíodo (horas)	Qo (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)
Janeiro	13,2	42,05
Fevereiro	12,7	39,79
Março	12,1	36,10
Abril	11,5	30,66
Maio	10,9	25,75
Junho	10,7	23,09
Julho	10,8	24,04
Agosto	11,2	28,27
Setembro	11,9	34,16
Outubro	12,5	38,37
Novembro	13,1	41,23
Dezembro	13,3	42,47

2.3.1.4.2 Condições edáficas

Segundo Zanatta¹⁴ (2005), os solos da Destilaria Guaricanga são dos seguintes tipos: Latossolo Vermelho-Amarelo (cerca de 80%); Areia Quartzosa (cerca de 10%); Latossolo Roxo (cerca de 5%) e Podzólico Amarelo (cerca de 5%) (informação verbal).

As canas amostradas em 2004 foram todas cultivadas em solo Podzólico Amarelo.

2.3.1.4.3 Manejo

A cana da variedade RB835089, amostrada em 2004, foi plantada em outubro de 2000. O primeiro corte foi em outubro de 2001, o segundo em outubro de 2002, e o terceiro em outubro de 2003.

As demais canas amostradas em 2004 foram plantadas em abril de 2000. No primeiro corte, realizado em abril de 2001, essas canas foram utilizadas como mudas. O segundo corte foi realizado em outubro de 2002, e o terceiro em agosto de 2003.

Segundo Zanatta¹⁵ (2005), na Destilaria Guaricanga, a grande maior parte do plantio é realizado na época de “cana de ano-e-meio” (informação verbal).

Calagem: 1.500 kg/ha de calcário dolomítico.

¹⁴ ZANATTA, C. A. Gerente Agrícola da Destilaria Guaricanga S/A.

¹⁵ Idem.

Adubação de plantio: cerca de 500 kg/ha de formulação 4-28-20.

Sobre as soqueiras, aplica-se 1.000 kg/ha de gesso. Segundo Zanatta¹⁶ (2005), tem-se observado que essa prática resulta em aumento de produtividade em cerca de 8 t de colmos/ha (informação verbal).

Adubação das soqueiras: cerca de 450 kg/ha de formulação 18-6-24.

Zanatta¹⁷ (2005) afirma que as adubações são feitas, em toda a área própria da Destilaria Guaricanga, com essas formulações (4-28-20 no sulco de plantio e 18-6-24 nas soqueiras), podendo porém a dose variar em função da fertilidade do solo (informação verbal).

2.3.2 Métodos

2.3.2.1 Preparo das amostras e prensagem

As amostras foram preparadas em aparelho desintegrador e homogeneizadas em betoneira (de acordo com as normas do CONSECANA, 2003). A seguir, foram divididas em 3 subamostras.

De cada uma das subamostras, pesou-se uma porção de 500 g, a qual foi colocada no cilindro da prensa hidráulica e prensada a 250 kgf/cm² por 1 minuto. Os resíduos resultantes da prensagem (“bolo úmido”) foram recolhidos e colocados em cestos de tela de peso conhecido e pesados em balança digital. Após a pesagem, os resíduos foram desmanchados e colocados para secar em estufa elétrica com circulação forçada de ar, entre 103 e 106 °C, até peso constante. Pesaram-se, então, os resíduos secos.

Durante cada uma das prensagens, um béquer de 500 mL foi usado para recolher o caldo extraído nos primeiros 15 segundos contados a partir do momento em que é atingida a pressão de 250 kgf/cm². Transcorrido esse tempo, substituiu-se o béquer de 500 mL por um de 100 mL, no qual foi recolhido o caldo extraído nos restantes 45 segundos. Mediu-se o brix refratométrico do caldo extraído nos últimos 45 segundos, sendo depois este caldo misturado com aquele extraído nos primeiros 15 segundos. Esta mistura constitui o caldo extraído de acordo com

¹⁶ Idem.

¹⁷ Idem.

as normas do CONSECANA (2003), o qual foi analisado para brix, pol e AR através das metodologias descritas no item 2.3.2.2.

2.3.2.2 Análises do caldo extraído

2.3.2.2.1 Brix (porcentagem em massa de sólidos solúveis)

Foi determinado através de refratômetro eletrônico com correção automática de temperatura, conforme metodologia descrita por Caldas (1998).

2.3.2.2.2 Pol (porcentagem em massa de sacarose aparente)

Foi determinada, conforme metodologia descrita por Caldas (1998), através de leitura (L) em sacarímetro, usando-se subacetato de chumbo como agente clarificante. O valor da pol foi calculado através da eq. (8).

2.3.2.2.3 Pureza

Foi calculada, de acordo com o que estabelece o CONSECANA (2003), pela eq. (9).

2.3.2.2.4 Açúcares redutores

Foram determinados pelo método de Lane e Eynon¹⁸ (1934), de acordo com metodologia descrita por Gonçalves (2003), a qual é uma adaptação da metodologia descrita por Caldas (1998), diferindo desta pelo uso do Redutec em lugar do Erlenmeyer e bico de Bunsen, facilitando devesas o procedimento de titulação sem nenhum prejuízo à confiabilidade do método.

¹⁸ LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator.** London: Norman Rodge. 1934. 8 p. **indicator.** London: Norman Rodge. 1934. 8 p.

2.3.2.3 Determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica modificado

Este método é uma adaptação do método original da prensa hidráulica descrito por Caldas (1998) e pelo CONSECANA (2003), por nós elaborada com o objetivo de verificar se o uso, na equação do método da prensa hidráulica, do brix do caldo extraído como estimativa do brix do caldo não extraído, determina ou não uma diferença significativa no teor de fibra determinada por este método. O método modificado consiste em calcular o teor de fibra da cana através da eq. (22).

$$F = \frac{100 \times RS - RU \times B}{5 \times (100 - B)} \quad (22)$$

onde:

RU = peso do resíduo úmido; RS = peso do resíduo seco; B = Brix do caldo extraído nos últimos 45 segundos da prensagem.

O fundamento deste método consiste no fato de que tem-se observado que o caldo extraído no final da prensagem sempre apresenta brix menor do que aquele extraído no início, demonstrando que, entre as várias soluções presentes na cana (hialoplasma, conteúdo de vacúolos, líquido presente no espaço intercelular, seivas bruta e elaborada, etc), as mais difíceis de se extrair por prensagem são as que apresentam menor teor de sólidos solúveis. Por esse princípio, é de se esperar que o brix do caldo não extraído seja até um pouco menor do que o do caldo extraído no final da prensagem, e portanto bem mais próximo deste do que daquele caldo extraído no início, ou ao longo de toda a prensagem, cujo valor de brix é sempre maior.

O tempo de 15 segundos foi escolhido para determinar o momento da troca de béquer porque após este tempo a grande maior parte do volume de caldo a ser extraído em 1 minuto já saiu (o caldo começa a sair bem antes de ser atingida a pressão de 250 kgf/cm²), porém o volume que sai nos 45 segundos restantes ainda é suficiente para proceder a medida do brix refratométrico. Quanto à composição química, o ideal seria proceder a troca nos últimos segundos da prensagem, mas isso resultaria em problema técnico para medir o brix de um caldo cujo volume seria demasiadamente pequeno.

Deduzindo-se a equação do método da prensa hidráulica, demonstra-se que o brix do caldo extraído é utilizado com o objetivo de descontar a participação, no peso do resíduo seco,

dos sólidos solúveis do caldo NÃO extraído. O brix do caldo extraído funciona, portanto, como uma estimativa do brix do caldo não extraído. No método modificado, o brix do caldo extraído nos últimos 45 segundos também é uma estimativa do brix do caldo não extraído, porém certamente bem mais próxima do valor real deste.

2.3.2.3.1 Dedução da equação do método da prensa hidráulica

Sejam:

RS = peso (g) do resíduo seco

RU = peso (g) do resíduo úmido = PBU = peso do bolo úmido

SS = peso (g) dos sólidos solúveis presentes no resíduo seco

PCNE = peso (g) do caldo NÃO extraído, que está presente no resíduo úmido

F = fibra (%) da cana

B = brix (percentual em massa de sólidos solúveis) do caldo NÃO extraído

5 x F = peso (g) da fibra contida em 500 g de cana cuja fibra (%) = F

$$RS = 5 \times F + SS \quad (23)$$

$$SS = PCNE \times 0,01 \times B \quad (24)$$

$$PCNE = RU - 5 \times F \quad (25)$$

Substituindo (25) em (24):

$$SS = (RU - 5 \times F) \times 0,01 \times B \quad (26)$$

Substituindo (26) em (23):

$$RS = 5 \times F + (RU - 5 \times F) \times 0,01 \times B$$

$$RS - 0,01 \times B \times (RU - 5 \times F) = 5 \times F$$

$$5 \times F = RS - 0,01 \times B \times RU + 0,05 \times B \times F$$

$$5 \times F - 0,05 \times B \times F = RS - 0,01 \times B \times RU$$

$$F (5 - 0,05 \times B) = RS - 0,01 \times B \times RU$$

$$F = \frac{RS - 0,01 \times B \times RU}{5 - 0,05 \times B} \times \frac{100}{100}$$

$$F = \frac{100 \times RS - RU \times B}{500 - 5 \times B}$$

$$F = \frac{100 \times RS - RU \times B}{5 \times (100 - B)} \quad (22)$$

2.3.2.4 Determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica original (TANIMOTO¹⁹, 1964)

O teor de fibra foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Caldas (1998) e pelo CONSECAN (2003).

O cálculo do teor de fibra foi feito com a mesma equação usada para o método modificado [eq.(22)], e os mesmos valores de RS e RU, porém o valor de brix utilizado é o do caldo extraído em 1 minuto de prensagem a 250 kgf/cm².

2.3.2.5 Determinação analítica do teor de umidade

A determinação foi feita de acordo com a metodologia descrita por COPERSUCAR (1978).

De cada subamostra, pesou-se, em cesto de tela de peso conhecido, uma porção de 100 g de cana desfibrada, a qual foi colocada para secar em estufa elétrica com circulação forçada de ar, entre 103 e 106 °C, até peso constante. O material seco foi então pesado, e a diferença de peso (em g) corresponde à umidade percentual, calculada pela eq. (27).

$$U (\%) = (100 \text{ g} + \text{tara do cesto}) - (\text{peso do material seco} + \text{tara do cesto}) \quad (27)$$

2.3.2.6 Análises estatísticas

Os dados do presente trabalho foram analisados com base em dois métodos estatísticos: regressão linear e teste “t”.

Primeiramente, por regressão linear, testou-se, no conjunto completo constituído pelos dados canas amostradas em 2004 e 2005, analisados conjuntamente, a relação entre os métodos da prensa hidráulica original para determinação do teor de fibra e o método modificado, e a correlação entre os valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (valor empregado no método da prensa modificado) e o brix do caldo extraído em toda a prensagem (valor empregado no método original). Testou-se também a correlação entre o teor de fibra da cana e os

¹⁹ TANIMOTO, T. **The press method of cane analysis**. Honolulu: Hawaiians Planter's Record. 1964. p. 133-150.

parâmetros PBU, pol, brix, pureza e AR; e entre o teor de AR no caldo e os parâmetros pureza, pol, brix e brix - pol. Com base nos resultados desses testes de correlação realizados no conjunto completo dos dados, decidiu-se quais correlações seriam testadas também dentro dos subconjuntos constituídos pelos dados específicos de cada uma das variedades amostradas em 2004, e pelos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Realizada uma regressão linear entre dois parâmetros, o critério para se avaliar a correlação entre ambos é o coeficiente de correlação de Pearson (r), ou mesmo o coeficiente de determinação da equação de regressão, já que este mais não é do que aquele elevado ao quadrado (R^2), podendo ser expresso em valor absoluto ou percentual. O ajuste entre os parâmetros, em cada teste de correlação, foi classificado de acordo com o critério apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação utilizada para o ajustamento, em função do coeficiente de determinação da equação de regressão linear.

Valor de R^2 (%)	Ajuste
$R^2 < 15$	Ausente
$15 \leq R^2 < 30$	Muito fraco
$30 \leq R^2 < 45$	Fraco
$45 \leq R^2 < 70$	Razoável
$70 \leq R^2 < 80$	Bom
$80 \leq R^2 < 90$	Muito bom
$R^2 \geq 90$	Excelente

Os resultados dos testes de correlações conduziram a escolha de quais entre as equações desenvolvidas com os dados do próprio trabalho viriam a ser utilizadas como métodos estimativos dos teores de fibra da cana e de AR no caldo, a serem testados, juntamente com as equações atuais e antigas do CONSECANA, por comparação com os métodos analíticos tomados como padrão (Lane e Eynon para AR; método da prensa modificado para fibra).

As comparações de métodos foram feitas através de regressões, através do seguinte critério: seja a eq. (28) a equação de regressão linear dos valores obtidos por determinado método a ser testado, em função dos valores obtidos pelo método padrão.

$$(\text{Método testado}) = f(\text{Método padrão}) = \alpha + \beta \times (\text{Método padrão}) \quad (28)$$

Percebe-se facilmente que, se $\alpha = 0$ e $\beta = 1$, isso significa que o método testado iguala-se ao padrão.

Em cada conjunto de dados, as médias dos métodos foram comparadas através do teste “t” para amostras pareadas, e a similaridade dos métodos em todo o domínio de respostas foi analisada por regressão. Se o intervalo de confiança para a diferença entre as médias dos dados obtidos por dois métodos inclui o valor zero, isso significa que as médias não diferem significativamente. Se dois métodos apresentam médias, de acordo com o teste “t”, estatisticamente iguais, e se o intervalo de confiança para o coeficiente α incluir o valor zero, e o intervalo de confiança para o coeficiente β incluir o valor um, conclui-se que os métodos são equivalentes em todo o domínio de respostas.

2.4 Resultados e discussão

2.4.1 Fibra da cana

2.4.1.1 Comparação entre o método da prensa original e o modificado

Em primeiro lugar, compararam-se, por regressão linear, os dados de fibra obtidos pelo método da prensa original (FT) e pelo método modificado (Fmod), no conjunto completo dos dados levantados em 2004 e 2005. O resultado desta comparação é apresentado no Quadro 1 e no Gráfico 1, de acordo com os quais percebemos que é significativa a diferença entre os dados obtidos por ambos os métodos (intervalo de confiança para coeficiente α não inclui o valor zero, e intervalo de confiança para coeficiente β não inclui o valor um). A correlação entre ambos os métodos, não obstante, é excelente ($r = 0,9990$).

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,3014	-0,3703	-0,2326
Beta	1,0493	1,0439	1,0548
Fmod = -0,3014 + 1,0493 FT			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9990$		$R^2 = 99,80\%$	

Quadro 1 - Regressão linear dos valores de fibra obtidos pelo método da prensa modificado (padrão) em função dos valores obtidos pelo método original [Fmod = f(FT)]

Gráfico 1 - Regressão linear dos valores de fibra obtidos pelo método da prensa modificado (Fibra), em função dos obtidos pelo método original (Tanimoto).

Como a diferença entre o método original e o modificado consiste no valor de brix utilizado na fórmula como estimativa do brix do caldo não extraído, verificou-se, por regressão, a correlação existente entre o brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE, valor utilizado no método original) e o brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP, valor utilizado no método modificado). O Quadro 2 e o Gráfico 2 apresentam o resultado dessa regressão realizada no conjunto completo dos dados; os Quadros 3 a 8 e os Gráficos 3 a 8 apresentam o resultado dessa comparação realizada nos subconjuntos constituídos pelos dados de cada uma das variedades amostradas em 2004; o Quadro 9 e o Gráfico 9 apresentam o resultado dessa comparação realizada no subconjunto constituído pelos dados das canas queimadas amostradas em 2005. Em todos os casos, a correlação foi excelente: o menor valor de coeficiente de correlação obtido foi o da regressão realizada no subconjunto dos dados das canas queimadas, o qual não obstante foi altíssimo: $r = 0,9843$.

Estes resultados demonstram que, embora sendo significativa a diferença entre os métodos da prensa original e modificado, eles sempre mantêm entre si uma forte correlação, uma vez que foi observada, para as várias variedades de cana, e tanto para canas cruas como para queimadas, forte correlação entre o brix do caldo extraído no final da prensagem e o brix do caldo extraído em toda a prensagem.

Isso possibilitou o desenvolvimento de dois métodos possíveis de serem utilizados, quando não se faz a separação do caldo extraído no início e no final da prensagem, para correção do erro decorrente do uso, no método original, do brix do caldo extraído como estimativa do brix do caldo não extraído:

- Equação de regressão $F_{mod} = f(FT)$. Determina-se, pelo método da prensa original, o valor da fibra (FT), e utiliza-se então, como correção, a eq. (29), obtida através dos dados do presente trabalho (cf. Quadro 1).

$$F = 1,0493 \times FT - 0,3014 \quad (29)$$

- Método ajustado. Tendo medido o brix do caldo extraído em toda a prensagem, pode-se estimar qual seria o brix do caldo extraído no final da prensagem, caso este tivesse sido medido, através da equação de regressão $BCEFP = f(BCE)$. Com os dados do presente trabalho, obteve-se a eq. (30) (cf. Quadro 2). Na equação do método da prensa [eq. (22)], utilizar este valor estimado do BCEFP.

$$BCEFP = 0,9293 \times BCE - 0,0788 \quad (30)$$

Esses métodos foram ambos testados por comparação, por regressão, com o método padrão (método da prensa modificado), e o resultado desse teste é apresentado no item 2.4.1.3.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,0788	0,5435	-0,3338
Beta	0,9293	0,0000	0,9166
$BCEFP = -0,0788 + 0,9293 \text{ BCE}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9929$		$R^2 = 98,58\%$	

Quadro 2 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [$BCEFP = f(BCE)$], no conjunto completo dos dados.

Gráfico 2 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,7203	-1,6245	0,1840
Beta	0,9591	0,9129	1,0053
$BCEFP = -0,7203 + 0,9591 BCE$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9932$		$R^2 = 98,65\%$	

Quadro 3 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [$BCEFP = f(BCE)$], no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Gráfico 3 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,3034	-0,9159	0,3091
Beta	0,9413	0,9090	0,9736
BCEFP = -0,3034 + 0,9413 BCE			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9965		R ² = 99,31%	

Quadro 4 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Gráfico 4 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,3829	-0,7738	0,0080
Beta	0,9554	0,9350	0,9758
BCEFP = -0,3829 + 0,9554 BCE			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9985		R ² = 99,70%	

Quadro 5 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Gráfico 5 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,6480	-1,2920	-0,0041
Beta	0,9609	0,9283	0,9935
$BCEFP = -0,6480 + 0,9609 BCE$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9962$		$R^2 = 99,24\%$	

Quadro 6 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [$BCEFP = f(BCE)$], no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Gráfico 6 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,0866	-0,5206	0,3475
Beta	0,9481	0,9248	0,9715
$BCEFP = -0,0866 + 0,9481 BCE$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9980$		$R^2 = 99,60\%$	

Quadro 7 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [$BCEFP = f(BCE)$], no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Gráfico 7 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-1,0576	-1,7818	-0,3335
Beta	0,9831	0,9457	1,0205
$BCEFP = -1,0576 + 0,9831 BCE$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9952$		$R^2 = 99,04\%$	

Quadro 8 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [$BCEFP = f(BCE)$], no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Gráfico 8 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,6223	-1,2629	0,0184
Beta	0,9486	0,9184	0,9788
BCEFP = - 0,6223 + 0,9486 BCE			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9843		R ² = 96,89%	

Quadro 9 - Regressão linear do valor do brix do caldo extraído no final da prensagem em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem [BCEFP = f(BCE)], no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Gráfico 9 - Regressão linear dos valores de brix do caldo extraído no final da prensagem (BCEFP) em função do brix do caldo extraído em toda a prensagem (BCE), no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

2.4.1.2 Testes de correlações

Foram testadas, através de regressão linear, as correlações do teor de fibra da cana (determinada pelo método da prensa modificado) com o PBU e com os parâmetros ligados à maturação (brix, pol, pureza e AR), dentro do conjunto completo dos dados. Os resultados dessas regressões são apresentados nos Quadros 10 a 14 e nos Gráficos 10 a 14.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	7,1831	5,9828	8,3834
Beta	0,0379	0,0300	0,0458
$F = 7,1831 + 0,0379 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,4835$		$R^2 = 23,38\%$	

Quadro 10 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto completo de dados.

Gráfico 10 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8,0299	7,4258	8,6341
Beta	0,2810	0,2468	0,3152
$F = 8,0299 + 0,2810 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,6869$		$R^2 = 47,18\%$	

Quadro 11 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 11 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	6,1915	5,3732	7,0099
Beta	0,3369	0,2962	0,3776
$F = 6,1915 + 0,3369 \text{ Brix}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,6901$		$R^2 = 47,62\%$	

Quadro 12 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 12 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	2,6209	0,9795	4,2624
Beta	0,1190	0,1001	0,1380
$F = 2,6209 + 0,1190 \text{ Pureza}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,5862$		$R^2 = 34,37\%$	

Quadro 13 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 13 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	13,9305	13,7013	14,1596
Beta	-1,0787	-1,2782	-0,8792
F = 13,9305 – 1,0787 AR			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,5286		R ² = 27,95%	

Quadro 14 - Correlação entre os teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 14 - Correlação entre os teores de fibra da cana e de açúcares redutores no caldo, no conjunto completo dos dados.

De acordo com o critério exposto na Tabela 10, no conjunto completo dos dados, as correlações do teor de fibra com PBU e com AR apresentam ajuste muito fraco ($R^2 = 23,38\%$ para PBU e $R^2 = 27,95\%$ para AR); as correlações do teor de fibra com pol e com brix apresentam ajuste razoável ($R^2 = 47,18\%$ para pol e $R^2 = 47,62\%$ para brix); e a correlação do teor de fibra com pureza apresenta ajuste fraco ($R^2 = 34,37\%$).

Pelo fato dos mais elevados coeficientes de correlação e de determinação terem sido encontrados nas regressões do teor de fibra em função do brix e da pol, estas correlações foram escolhidas para serem testadas também dentro dos subconjuntos. Já a correlação do teor de fibra com PBU, apesar de ser tão fraca no conjunto completo, foi testada dentro dos subconjuntos, por ser a correlação na qual baseiam-se as equações do CONSECANA, tanto a antiga quanto a atualmente em uso.

As equações resultantes das regressões apresentadas nos Quadros 11 e 12 [eq. (31) e eq. (32), respectivamente], pelo fato de pol e brix serem os parâmetros que melhor se correlacionam com fibra, serão testadas, no item seguinte, como métodos de estimativa do teor de fibra.

$$F = 8,0299 + 0,2810 \times \text{Pol} \quad (31)$$

$$F = 6,1915 + 0,3369 \times \text{Brix} \quad (32)$$

Os Quadros 15 a 20 e os Gráficos 15 a 20 apresentam os resultados das regressões $F = f(\text{PBU})$, realizadas com os dados de cada uma das variedades amostradas em 2004; o Quadro 21 e o Gráfico 21 apresentam o resultado da regressão $F = f(\text{PBU})$ realizada com os dados das canas queimadas amostradas em 2005; os Quadros 22 a 33 apresentam os resultados das regressões $F = f(\text{Pol})$ e $F = f(\text{Brix})$, realizadas com os dados de cada uma das variedades amostradas em 2004; os Quadros 34 e 35 e os Gráficos 34 e 35 apresentam os resultados das regressões $F = f(\text{Pol})$ e $F = f(\text{Brix})$, realizadas com os dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8,4173	6,1215	10,7131
Beta	0,0286	0,0145	0,0426
$F = 8,4173 + 0,0286 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,6413$		$R^2 = 41,12\%$	

Quadro 15 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Gráfico 15 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	3,2782	2,0000	4,5564
Beta	0,0627	0,0535	0,0720
$F = 3,2782 + 0,0627 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9415$		$R^2 = 88,64\%$	

Quadro 16 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Gráfico 16 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	5,4420	3,8503	7,0336
Beta	0,0454	0,0343	0,0566
$F = 5,4420 + 0,0454 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,8439$		$R^2 = 71,22\%$	

Quadro 17 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Gráfico 17 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	5,5036	3,9530	7,0542
Beta	0,0445	0,0343	0,0547
$F = 5,5036 + 0,0445 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,8596$		$R^2 = 73,89\%$	

Quadro 18 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Gráfico 18 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	4,8346	1,8851	7,7842
Beta	0,0403	0,0225	0,0580
$F = 4,8346 + 0,0403 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,6600$		$R^2 = 43,57\%$	

Quadro 19 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Gráfico 19 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	12,5875	10,2654	14,9096
Beta	0,0039	-0,0114	0,0192
$F = 12,5875 + 0,0039 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,0993$		$R^2 = 0,98\%$	

Quadro 20 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Gráfico 20 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	4,9140	3,3506	6,4774
Beta	0,0593	0,0489	0,0697
$F = 4,9140 + 0,0593 \text{ PBU}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,7217$		$R^2 = 52,09\%$	

Quadro 21 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Gráfico 21 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o peso do bolo úmido, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	9.8552	9.0196	10.6907
Beta	0.1873	0.1394	0.2353
$F = 9,8552 + 0,1873 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,8494$		$R^2 = 72,15\%$	

Quadro 22 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Gráfico 22 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8.6546	7.5201	9.7892
Beta	0.2271	0.1691	0.2851
$F = 8,6546 + 0,2271 \text{ Brix}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,8500$		$R^2 = 72,26\%$	

Quadro 23 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Gráfico 23 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	7,2249	6,5774	7,8725
Beta	0,2956	0,2558	0,3354
$F = 7,2249 + 0,2956 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9505$		$R^2 = 90,34\%$	

Quadro 24 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Gráfico 24 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	4.7213	3.7504	5.6923
Beta	0.3825	0.3313	0.4338
$F = 4,7213 + 0,3825 \text{ Brix}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9510$		$R^2 = 90,43\%$	

Quadro 25 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Gráfico 25 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8.9765	8.3715	9.5816
Beta	0.1852	0.1475	0.2228
$F = 8,9765 + 0,1852 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,8855$		$R^2 = 78,40\%$	

Quadro 26 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Gráfico 26 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	7.9520	6.9891	8.9149
Beta	0.2076	0.1573	0.2578
F = 7,9520 + 0,2076 Brix			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,8479		R ² = 71,90%	

Quadro 27 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Gráfico 27 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	7.7798	6.4725	9.0870
Beta	0.2598	0.1839	0.3357
$F = 7,7798 + 0,2598 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,7982$		$R^2 = 63,72\%$	

Quadro 28 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Gráfico 28 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	6.8065	5.1171	8.4958
Beta	0.2755	0.1899	0.3611
$F = 6,8065 + 0,2755 \text{ Brix}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,7798$		$R^2 = 60,81\%$	

Quadro 29 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Gráfico 29 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	9.0267	7.7039	10.3496
Beta	0.1604	0.0770	0.2438
$F = 9,0267 + 0,1604 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,5973$		$R^2 = 35,68\%$	

Quadro 30 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011

Gráfico 30 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	7.4715	5.5965	9.3464
Beta	0.2195	0.1186	0.3204
$F = 7,4715 + 0,2195 \text{ Brix}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,6441$		$R^2 = 41,49\%$	

Quadro 31 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Gráfico 31 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	13.8499	12.8586	14.8411
Beta	-0.0397	-0.0981	0.0187
F = 13,8499 - 0,0397 Pol			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,2544		R ² = 6,47%	

Quadro 32 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Gráfico 32 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	13.9785	12.6085	15.3485
Beta	-0.0413	-0.1120	0.0295
F = 13,9785 – 0,0413 Brix			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,2203		R ² = 4,85%	

Quadro 33 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Gráfico 33 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8.4937	6.3028	10.6846
Beta	0.2815	0.1662	0.3968
$F = 8,4937 + 0,2815 \text{ Pol}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,4066$		$R^2 = 16,53\%$	

Quadro 34 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Gráfico 34 - Correlação entre o teor de fibra da cana e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	6.6484	4.3960	8.9009
Beta	0.3376	0.2319	0.4433
$F = 6,6484 + 0,3376 \text{ Brix}$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,5033$		$R^2 = 25,33\%$	

Quadro 35 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Gráfico 35 - Correlação entre o teor de fibra da cana e o brix do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Na Tabela 11, é apresentado um resumo geral das correlações do teor de fibra com outros parâmetros.

Tabela 11 - Correlações do teor de fibra com PBU, brix, pol, pureza e AR.

Parâmetro	Conjunto de dados	coeficiente de correlação (r)	coeficiente de determinação (R^2)	Ajuste
PBU	Completo	0,4835	23,37723	Muito fraco
PBU	RB835089	0,6413	41,12657	Fraco
PBU	SP81-3250	0,9415	88,64223	Muito bom
PBU	RB855035	0,8439	71,21672	Bom
PBU	RB835054	0,8596	73,89122	Bom
PBU	SP79-1011	0,6600	43,56	Fraco
PBU	IAC87-3396	0,0993	0,986049	Ausente
PBU	Canas queimadas	0,7217	52,08509	Razoável
Brix	Completo	0,6901	47,6238	Razoável
Brix	RB835089	0,8500	72,25	Bom
Brix	SP81-3250	0,9510	90,4401	Excelente
Brix	RB855035	0,8479	71,89344	Bom
Brix	RB835054	0,7798	60,8088	Razoável
Brix	SP79-1011	0,6441	41,48648	Fraco
Brix	IAC87-3396	0,2203	4,853209	Ausente
Brix	Canas queimadas	0,5033	25,3311	Muito fraco
Pol	Completo	0,6869	47,18316	Razoável
Pol	RB835089	0,8494	72,14804	Bom
Pol	SP81-3250	0,9505	90,34503	Excelente
Pol	RB855035	0,8855	78,41103	Bom
Pol	RB835054	0,7982	63,71232	Razoável
Pol	SP79-1011	0,5973	35,67673	Fraco
Pol	IAC87-3396	0,2544	6,471936	Ausente
Pol	Canas queimadas	0,4066	16,5324	Muito fraco
Pureza	Completo	0,5862	34,36304	Fraco
AR	Completo	0,5286	27,9418	Muito fraco

Em resumo, no conjunto completo dos dados, os parâmetros que melhor se correlacionaram com fibra foram brix e pol, e os mais fracos foram PBU e AR. Não obstante, no conjunto das canas queimadas, a correlação da fibra PBU apresentou coeficientes de correlação e determinação até superiores àqueles apresentados pelas correlações com pol e brix.

No que tange aos dados específicos de cada variedade, a variedade IAC87-3396 caracterizou-se por apresentar teores de fibra que simplesmente não se correlacionam com nenhum outro parâmetro, ao contrário da variedade SP81-3250, cujo teor de fibra apresenta ajuste muito bom quando correlacionado com PBU e excelente quando correlacionado com pol e com

brix. Já a variedade SP79-1011 apresentou teores de fibra que, correlacionados com PBU, pol e brix, resultou sempre em ajuste fraco. É interessante notar, portanto, como se correlaciona o teor de fibra das outras 3 variedades com os parâmetros PBU, brix e pol:

RB835089: ajuste fraco para PBU e bom para brix e pol.

RB855035: ajuste bom para os 3 parâmetros.

RB835054: ajuste bom para PBU e razoável para brix e pol.

Portanto, de um modo geral, no que tange à correlação com o teor de fibra da cana, PBU supera brix e pol no conjunto das canas queimadas e em uma variedade (RB835054); os 3 parâmetros se igualam em uma variedade (RB855035); e brix e pol superam PBU no conjunto completo e em duas variedades (RB835089 e SP81-3250). Deste modo, ainda que fosse atribuída igual importância ao conjunto completo e ao conjunto das canas queimadas, o “desempate” entre os parâmetros seria determinado pelo fato de brix e pol ter superado PBU em duas variedades, enquanto PBU superou brix e pol em apenas uma.

Distinguir, entre os parâmetros brix e pol, qual dos dois correlaciona-se melhor com o teor de fibra da cana, não é possível através somente da classificação do ajuste, posto que esta resultou igual para ambos no conjunto completo e em todos os subconjuntos. No entanto, a correlação da fibra com brix resultou em coeficientes ligeiramente superiores do que sua correlação com pol, no conjunto dos dados das canas queimadas. No conjunto completo e nos conjuntos dos dados específicos de cada variedade (exceção feita a IAC87-3396 e SP79-1011, nas quais, por ter a fibra se correlacionado muito mal com todos os parâmetros, não constituem bons indicativos), as correlações de fibra com brix e com pol resultaram em coeficientes praticamente iguais. Assim, o único “critério de desempate” possível é o resultado das correlações no conjunto das canas queimadas, onde o brix superou a pol, ainda que ligeiramente.

2.4.1.3 Comparações de métodos através de regressões

Como os parâmetros que melhor se correlacionaram com fibra da cana foram brix e pol, foram testados, no conjunto completo dos dados e nos subconjuntos, por comparação com o método padrão (método da prensa modificado), os seguintes métodos para estimativa do teor de fibra: $F_{\text{mod}} = f(\text{FT})$; método ajustado; $F = f(\text{PBU})$; $F = f(\text{Brix})$; $F = f(\text{Pol})$; equação antiga do CONSECANA; e equação atual do CONSECANA. Os resultados dessas comparações são apresentados nos Quadros 36 a 44.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
$F_{\text{mod}} = f(\text{FT})$	$F(\text{método}) = 0,03 + 1,00 F(\text{padrão})$			100,00
$m_1 - m_3 = 0,00$	0,03	1,00	1,00	
$-0,21 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,21$	$-0,0410 \leq \alpha \leq 0,0934$	$0,9928 \leq \beta \leq 1,0031$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	$F(\text{método}) = 0,25 + 0,98 F(\text{padrão})$			100,00
$m_1 - m_4 = 0,00$	0,25	0,98	1,00	
$-0,22 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,21$	$0,18 \leq \alpha \leq 0,32$	$0,98 \leq \beta \leq 0,99$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
$F = f(\text{PBU})$	$F(\text{método}) = 9,89 + 0,23 F(\text{padrão})$			23,38
$m_1 - m_5 = 0,00$	9,89	0,23	0,48	
$-0,17 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq 0,17$	$9,25 \leq \alpha \leq 10,52$	$0,19 \leq \beta \leq 0,28$	$0,39 \leq \rho \leq 0,57$	
$F = f(\text{Brix})$	$F(\text{método}) = 6,76 + 0,48 F(\text{padrão})$			47,62
$m_1 - m_6 = 0,00$	6,76	0,48	0,69	
$-0,18 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq 0,18$	$6,01 \leq \alpha \leq 7,51$	$0,42 \leq \beta \leq 0,53$	$0,63 \leq \rho \leq 0,75$	
$F = f(\text{Pol})$	$F(\text{método}) = 6,82 + 0,47 F(\text{padrão})$			47,18
$m_1 - m_7 = 0,00$	6,82	0,47	0,69	
$-0,18 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,18$	$6,07 \leq \alpha \leq 7,56$	$0,41 \leq \beta \leq 0,53$	$0,62 \leq \rho \leq 0,74$	
Eq. antiga do CONSECANA	$F(\text{método}) = 2,47 + 0,94 F(\text{padrão})$			23,38
$m_1 - m_8 = -1,67$	2,47	0,94	0,48	
$-2,00 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -1,34$	$-0,06 \leq \alpha \leq 5,01$	$0,74 \leq \beta \leq 1,13$	$0,39 \leq \rho \leq 0,57$	
Eq. atual do CONSECANA	$F(\text{método}) = 6,58 + 0,49 F(\text{padrão})$			23,38
$m_1 - m_9 = -0,04$	6,58	0,49	0,48	
$-2,00 \leq \mu_1 - \mu_9 \leq 0,17$	$5,25 \leq \alpha \leq 7,92$	$0,39 \leq \beta \leq 0,60$	$0,39 \leq \rho \leq 0,57$	

Quadro 36 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto completo dos dados.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = 0,17 + 0,99 F(padrão)			100,00
$m_1 - m_3 = 0,01$	0,17	0,99	1,00	
$-0,23 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,24$	$0,07 \leq \alpha \leq 0,27$	$0,98 \leq \beta \leq 0,99$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = 0,15 + 0,99 F(padrão)			100,00
$m_1 - m_4 = -0,03$	0,15	0,99	1,00	
$-0,26 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,21$	$0,03 \leq \alpha \leq 0,26$	$0,98 \leq \beta \leq 1,00$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 8,21 + 0,38 F(padrão)			34,36
$m_1 - m_5 = -0,65$	8,21	0,38	0,59	
$-0,85 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq -0,45$	$7,22 \leq \alpha \leq 9,17$	$0,30 \leq \beta \leq 0,46$	$0,48 \leq \rho \leq 0,68$	
F = f(Brix)	F(método) = 5,38 + 0,59 F(padrão)			43,99
$m_1 - m_6 = -0,33$	5,38	0,59	0,66	
$-0,55 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq -0,10$	$4,15 \leq \alpha \leq 6,61$	$0,49 \leq \beta \leq 0,69$	$0,57 \leq \rho \leq 0,74$	
F = f(Pol)	F(método) = 4,91 + 0,63 F(padrão)			47,62
$m_1 - m_7 = -0,33$	4,91	0,63	0,69	
$-0,54 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,11$	$3,69 \leq \alpha \leq 6,13$	$0,53 \leq \beta \leq 0,73$	$0,62 \leq \rho \leq 0,74$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -4,26 + 1,54 F(padrão)			34,36
$m_1 - m_8 = -2,36$	-4,26	1,54	0,59	
$-2,83 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -1,89$	$-8,21 \leq \alpha \leq -0,32$	$1,22 \leq \beta \leq 1,86$	$0,49 \leq \rho \leq 0,69$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = 3,04 + 0,81 F(padrão)			34,36
$m_1 - m_9 = -0,72$	3,04	0,81	0,59	
$-1,00 \leq \mu_1 - \mu_9 \leq -0,43$	$0,96 \leq \alpha \leq 5,11$	$0,64 \leq \beta \leq 0,98$	$0,48 \leq \rho \leq 0,68$	

Quadro 37 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados das canas cruas amostradas em 2004.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = - 0,03 + 1,00 F(padrão)			100,00
$m_1 - m_3 = - 0,01$	- 0,03	1,00	1,00	
$- 0,26 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,25$	$-0,16 \leq \alpha \leq 0,09$	$0,99 \leq \beta \leq 1,01$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = 0,16 + 0,99 F(padrão)			100,00
$m_1 - m_4 = 0,03$	0,16	0,99	1,00	
$- 0,23 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,28$	$0,03 \leq \alpha \leq 0,29$	$0,98 \leq \beta \leq 1,00$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 8,28 + 0,33 F(padrão)			52,09
$m_1 - m_5 = 0,95$	8,28	0,33	0,72	
$0,75 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq 1,14$	$7,47 \leq \alpha \leq 9,08$	$0,27 \leq \beta \leq 0,39$	$0,62 \leq \rho \leq 0,80$	
F = f(Brix)	F(método) = 9,86 + 0,25 F(padrão)			25,33
$m_1 - m_6 = 0,47$	9,86	0,25	0,50	
$2,07 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq 0,67$	$8,76 \leq \alpha \leq 10,96$	$0,17 \leq \beta \leq 0,33$	$0,36 \leq \rho \leq 0,63$	
F = f(Pol)	F(método) = 11,07 + 0,16 F(padrão)			16,53
$m_1 - m_7 = 0,47$	11,07	0,16	0,41	
$0,28 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,67$	$10,14 \leq \alpha \leq 12,01$	$0,10 \leq \beta \leq 0,23$	$0,25 \leq \rho \leq 0,56$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -3,98 + 1,33 F(padrão)			52,09
$m_1 - m_8 = - 0,65$	- 3,98	1,33	0,72	
$- 1,03 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -0,28$	$- 7,22 \leq \alpha \leq - 0,74$	$1,10 \leq \beta \leq 1,57$	$0,62 \leq \rho \leq 0,80$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = 3,18 + 0,70 F(padrão)			52,09
$m_1 - m_9 = 0,93$	3,18	0,70	0,72	
$0,68 \leq \mu_1 - \mu_9 \leq 1,18$	$1,48 \leq \alpha \leq 4,89$	$0,58 \leq \beta \leq 0,83$	$0,62 \leq \rho \leq 0,80$	

Quadro 38 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
F _{mod} = F(FT)	F(método) = 0,86 + 0,93 F(padrão)			100,00
m ₁ – m ₃ = 0,04	0,86	0,93	1,00	
- 0,40 ≤ μ ₁ – μ ₃ ≤ 0,47	0,55 ≤ α ≤ 1,17	0,91 ≤ β ≤ 0,96	0,99 ≤ ρ ≤ 1,00	
Método ajustado	F(método) = 0,14 + 0,99 F(padrão)			98,70
m ₁ – m ₄ = 0,00	0,14	0,99	0,99	
- 0,44 ≤ μ ₁ – μ ₄ ≤ 0,46	-0,47 ≤ α ≤ 0,75	0,94 ≤ β ≤ 1,04	0,98 ≤ ρ ≤ 1,00	
F = f(PBU)	F(método) = 6,21 + 0,55 F(padrão)			41,12
m ₁ – m ₅ = - 0,28	6,21	0,55	0,64	
-0,70 ≤ μ ₁ – μ ₅ ≤ 0,14	2,70 ≤ α ≤ 9,72	0,28 ≤ β ≤ 0,81	0,35 ≤ ρ ≤ 0,82	
F = f(Brix)	F(método) = - 1,28 + 1,07 F(padrão)			72,26
m ₁ – m ₆ = 0,34	- 1,28	1,07	0,85	
-0,17 ≤ μ ₁ – μ ₆ ≤ 0,85	-4,85 ≤ α ≤ 2,30	0,80 ≤ β ≤ 1,35	0,69 ≤ ρ ≤ 0,93	
F = f(Pol)	F(método) = -1,30 + 1,08 F(padrão)			72,26
m ₁ – m ₇ = 0,23	- 1,30	1,08	0,85	
-0,29 ≤ μ ₁ – μ ₇ ≤ 0,75	-4,92 ≤ α ≤ 2,32	0,81 ≤ β ≤ 1,36	0,69 ≤ ρ ≤ 0,93	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -12,28 + 2,19 F(padrão)			41,12
m ₁ – m ₈ = - 3,22	-12,28	2,19	0,64	
- 4,35 ≤ μ ₁ – μ ₈ ≤ -2,08	- 26,38 ≤ α ≤ 1,81	1,11 ≤ β ≤ 3,27	0,35 ≤ ρ ≤ 0,82	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = -1,19 + 1,15 F(padrão)			41,12
m ₁ – m ₉ = - 0,80	- 1,19	1,15	0,64	
-1,45 ≤ μ ₁ – μ ₉ ≤ -0,14	-8,61 ≤ α ≤ 6,23	0,78 ≤ β ≤ 1,52	0,35 ≤ ρ ≤ 0,82	

Quadro 39 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coefficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = 0,20 + 0,98 F(padrão)			99,90
$m_1 - m_3 = 0,00$	0,20	0,98	1,00	
$-0,77 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,77$	$0,05 \leq \alpha \leq 0,35$	$0,97 \leq \beta \leq 1,00$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = -0,09 + 1,08 F(padrão)			99,83
$m_1 - m_4 = -0,01$	-0,09	1,08	1,00	
$-0,79 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,78$	$-0,29 \leq \alpha \leq 0,12$	$0,99 \leq \beta \leq 1,02$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 6,02 + 0,54 F(padrão)			88,64
$m_1 - m_5 = -0,51$	6,02	0,54	0,94	
$-1,15 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq 0,12$	$5,07 \leq \alpha \leq 6,96$	$0,46 \leq \beta \leq 0,61$	$0,87 \leq \rho \leq 0,97$	
F = f(Brix)	F(método) = 3,03 + 0,80 F(padrão)			90,42
$m_1 - m_6 = -0,62$	3,03	0,80	0,95	
$-1,34 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq 0,10$	$1,76 \leq \alpha \leq 4,30$	$0,69 \leq \beta \leq 0,90$	$0,89 \leq \rho \leq 0,98$	
F = f(Pol)	F(método) = 2,25 + 0,88 F(padrão)			90,34
$m_1 - m_7 = -0,58$	2,25	0,88	0,95	
$-1,32 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,16$	$0,87 \leq \alpha \leq 3,63$	$0,74 \leq \beta \leq 0,97$	$0,89 \leq \rho \leq 0,98$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -13,05 + 2,15 F(padrão)			88,64
$m_1 - m_8 = -0,54$	-13,05	2,15	0,94	
$-1,91 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq 0,83$	$-16,83 \leq \alpha \leq -9,27$	$1,83 \leq \beta \leq 2,46$	$0,87 \leq \rho \leq 0,97$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = -0,83 + 1,13 F(padrão)			41
$\bar{x}_1 - \bar{x}_7 = -0,79$	-0,83	1,13	0,64	
$-1,25 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,34$	$-8,83 \leq \alpha \leq 7,16$	$0,52 \leq \beta \leq 1,34$	$0,35 \leq \rho \leq 0,82$	

Quadro 40 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coefficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = 0,49 + 0,96 F(padrão)			99,83
$m_1 - m_3 = 0,02$	0,49	0,96	1,00	
$-0,40 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,37$	$0,30 \leq \alpha \leq 0,67$	$0,94 \leq \beta \leq 0,98$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = -0,12 + 1,01 F(padrão)			99,76
$m_1 - m_4 = -0,04$	-0,12	1,01	1,00	
$-0,44 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,36$	$-0,35 \leq \alpha \leq 0,12$	$0,99 \leq \beta \leq 1,03$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 5,49 + 0,59 F(padrão)			71,22
$m_1 - m_5 = -0,67$	5,49	0,59	0,84	
$-1,01 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq -0,33$	$3,76 \leq \alpha \leq 7,24$	$0,45 \leq \beta \leq 0,74$	$0,70 \leq \rho \leq 0,92$	
F = f(Brix)	F(método) = -1,30 + 1,17 F(padrão)			71,90
$m_1 - m_6 = -0,69$	-1,30	1,17	0,85	
$-1,16 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq -0,21$	$-4,67 \leq \alpha \leq 2,06$	$0,88 \leq \beta \leq 1,45$	$0,70 \leq \rho \leq 0,93$	
F = f(Pol)	F(método) = -1,70 + 1,19 F(padrão)			78,40
$m_1 - m_7 = -0,56$	-1,70	1,19	0,89	
$-1,02 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq -0,09$	$-4,58 \leq \alpha \leq 1,18$	$0,95 \leq \beta \leq 1,43$	$0,77 \leq \rho \leq 0,94$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -15,14 + 2,38 F(padrão)			71,22
$m_1 - m_8 = -1,29$	-15,14	2,38	0,84	
$-2,12 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -0,45$	$-22,11 \leq \alpha \leq -8,16$	$1,80 \leq \beta \leq 2,97$	$0,70 \leq \rho \leq 0,92$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = -2,69 + 1,25 F(padrão)			71
$\bar{x}_1 - \bar{x}_7 = -0,33$	-2,69	1,25	0,84	
$-0,57 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq -0,09$	$-6,36 \leq \alpha \leq 0,99$	$0,95 \leq \beta \leq 1,56$	$0,69 \leq \rho \leq 0,92$	

Quadro 41 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = 0,42 + 0,97 F(padrão)			99,64
$m_1 - m_3 = 0,04$	0,42	0,97	1,00	
$-0,42 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,49$	$0,14 \leq \alpha \leq 0,69$	$0,94 \leq \beta \leq 1,00$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = -0,04 + 1,00 F(padrão)			99,67
$m_1 - m_4 = -0,01$	-0,04	1,00	1,00	
$-0,48 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,45$	$-0,32 \leq \alpha \leq 0,23$	$0,98 \leq \beta \leq 1,03$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 5,21 + 0,63 F(padrão)			73,89
$m_1 - m_5 = -0,69$	5,21	0,63	0,86	
$-1,09 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq -0,28$	$3,44 \leq \alpha \leq 6,98$	$0,48 \leq \beta \leq 0,77$	$0,72 \leq \rho \leq 0,93$	
F = f(Brix)	F(método) = 3,71 + 0,74 F(padrão)			60,81
$m_1 - m_6 = -0,69$	3,71	0,74	0,78	
$-1,03 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq -0,14$	$0,89 \leq \alpha \leq 6,54$	$0,51 \leq \beta \leq 0,97$	$0,58 \leq \rho \leq 0,89$	
f = f(Pol)	F(método) = 4,40 + 0,69 F(padrão)			63,72
$m_1 - m_7 = -0,61$	4,40	0,69	0,80	
$-1,04 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq -0,18$	$1,94 \leq \alpha \leq 6,87$	$0,49 \leq \beta \leq 0,89$	$0,61 \leq \rho \leq 0,90$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -16,29 + 2,52 F(padrão)			73,89
$m_1 - m_8 = -2,31$	-16,29	2,52	0,86	
$-3,32 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -1,30$	$-23,39 \leq \alpha \leq -9,18$	$1,94 \leq \beta \leq 3,11$	$0,72 \leq \rho \leq 0,93$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = -3,29 + 1,33 F(padrão)			74
$\bar{x}_1 - \bar{x}_7 = -0,72$	-3,29	1,33	0,86	
$-1,00 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq -0,43$	$-7,03 \leq \alpha \leq 0,45$	$1,02 \leq \beta \leq 1,63$	$0,72 \leq \rho \leq 0,93$	

Quadro 42 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = 0,22 + 0,98 F(padrão)			99,75
$m_1 - m_3 = 0,03$	0,22	0,98	1,00	
$-0,52 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,57$	$-0,01 \leq \alpha \leq 0,45$	$0,96 \leq \beta \leq 1,01$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = 0,16 + 0,99 F(padrão)			99,66
$m_1 - m_4 = 0,09$	0,16	0,99	1,00	
$-0,64 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,46$	$-0,10 \leq \alpha \leq 0,42$	$0,97 \leq \beta \leq 1,02$	$0,99 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 8,74 + 0,41 F(padrão)			43,57
$m_1 - m_5 = -1,95$	8,74	0,41	0,66	
$-2,41 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq -1,49$	$6,65 \leq \alpha \leq 10,82$	$0,23 \leq \beta \leq 0,59$	$0,39 \leq \rho \leq 0,82$	
F = f(Brix)	F(método) = 5,05 + 0,64 F(padrão)			41,49
$m_1 - m_6 = -0,87$	5,05	0,64	0,64	
$-1,42 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq -0,32$	$1,67 \leq \alpha \leq 8,42$	$0,34 \leq \beta \leq 0,93$	$0,37 \leq \rho \leq 0,82$	
F = f(Pol)	F(método) = 5,17 + 0,62 F(padrão)			35,98
$m_1 - m_7 = -0,86$	5,17	0,62	0,60	
$-1,42 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq -0,29$	$1,42 \leq \alpha \leq 8,92$	$0,30 \leq \beta \leq 0,95$	$0,30 \leq \rho \leq 0,79$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = -2,14 + 1,64 F(padrão)			43,57
$m_1 - m_8 = -5,26$	-2,14	1,64	0,66	
$-6,31 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -4,21$	$-10,49 \leq \alpha \leq 6,22$	$0,92 \leq \beta \leq 2,37$	$0,39 \leq \rho \leq 0,82$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = 4,15 + 0,87 F(padrão)			44
$\bar{x}_1 - \bar{x}_7 = -2,60$	4,15	0,87	0,63	
$-3,00 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq -2,21$	$-0,24 \leq \alpha \leq 8,55$	$0,48 \leq \beta \leq 1,24$	$0,39 \leq \rho \leq 0,82$	

Quadro 43 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Método comparado:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Fmod = f(FT)	F(método) = -0,76 + 1,06 F(padrão)			98,61
$m_1 - m_3 = -0,04$	-0,76	1,06	0,99	
$-0,27 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,18$	$-1,40 \leq \alpha \leq -0,11$	$1,00 \leq \beta \leq 1,11$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	
Método ajustado	F(método) = 0,29 + 0,98 F(padrão)			98,24
$m_1 - m_4 = -0,02$	0,29	0,98	0,99	
$-0,24 \leq \mu_1 - \mu_4 \leq 0,20$	$-0,38 \leq \alpha \leq 0,96$	$0,93 \leq \beta \leq 1,03$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	
F = f(PBU)	F(método) = 11,67 + 0,09 F(padrão)			1,00
$m_1 - m_5 = 0,26$	11,67	0,09	0,10	
$0,05 \leq \mu_1 - \mu_5 \leq 0,48$	$6,82 \leq \alpha \leq 16,53$	$-0,27 \leq \beta \leq 0,46$	$-0,27 \leq \rho \leq 0,44$	
F = f(Brix)	F(método) = 17,90 - 0,40 F(padrão)			4,85
$m_1 - m_6 = 0,51$	17,90	-0,40	0,22	
$0,19 \leq \mu_1 - \mu_6 \leq 0,83$	$8,94 \leq \alpha \leq 16,85$	$-1,08 \leq \beta \leq 0,28$	$-0,54 \leq \rho \leq 0,15$	
F = f(Pol)	F(método) = 17,89 - 0,46 F(padrão)			6,47
$m_1 - m_7 = 0,44$	17,87	-0,46	0,25	
$0,12 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,76$	$9,90 \leq \alpha \leq 27,67$	$-1,13 \leq \beta \leq 0,22$	$-0,56 \leq \rho \leq 0,12$	
Eq. antiga do CONSECANA	F(método) = 9,65 + 0,38 F(padrão)			1,00
$m_1 - m_8 = -1,47$	9,65	0,38	0,10	
$-2,09 \leq \mu_1 - \mu_8 \leq -0,86$	$-9,81 \leq \alpha \leq 29,10$	$-1,09 \leq \beta \leq 1,86$	$-0,27 \leq \rho \leq 0,44$	
Eq. atual do CONSECANA	F(método) = 10,36 + 0,20 F(padrão)			1
$\bar{x}_1 - \bar{x}_7 = 0,19$	10,36	0,20	0,10	
$-0,15 \leq \mu_1 - \mu_7 \leq 0,53$	$0,12 \leq \alpha \leq 20,59$	$-0,58 \leq \beta \leq 0,98$	$-0,27 \leq \rho \leq 0,44$	

Quadro 44 - Comparações dos métodos de estimativa dos teores de fibra da cana, com o método da prensa modificado (padrão), no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Na Tabela 12 é apresentado um resumo geral das comparações dos métodos para estimativa de fibra com o método padrão.

Tabela 12 - Resultados das comparações dos métodos para estimativa do teor de fibra com o método padrão (método da prensa modificado).

Método	Conjuntos de dados nos quais apresentou média equivalente à do método padrão	Conjuntos de dados nos quais foi equivalente ao padrão em todo o domínio de respostas
Regressão $F_{mod} = f(FT)$	Todos	Completo, canas queimadas, SP79-1011
Método ajustado	Todos	RB835089, SP81-3250, RB855035, RB835054, SP79-1011, IAC87-3396
$F = f(PBU)$	Completo, RB835089, SP81-32-50	Nenhum
$F = f(Brix)$	Completo, RB835089, SP81-3250	RB835089
$F = f(Pol)$	Completo, canas cruas, RB835089, SP81-3250	RB835089
Equação antiga do CONSECANA	SP81-3250	Nenhum
Equação atual do CONSECANA	Completo, SP81-3250, IAC87-3396	SP81-3250

Nas comparações de métodos para estimativa de fibra, é interessante notar, entre os métodos de correção do erro decorrente de, no método da prensa original, usar o brix do caldo extraído como estimativa do valor do brix do caldo não extraído, ambos resultam, em todos os conjuntos de dados, em médias iguais à do método padrão. Para estimativa do teor de fibra, a regressão $F_{mod} = f(FT)$ parece ser o melhor método, já que é equivalente ao método padrão em todo o domínio de respostas dos conjuntos de dados completos e canas queimadas. Quanto ao fato de todas as variedades terem apresentado equivalência entre o método ajustado e o padrão, isso demonstra que a forte correlação existente entre o brix do caldo extraído no final da prensagem e o brix do caldo extraído no início da prensagem não é influenciada por características varietais.

Em relação aos métodos de estimativa de fibra em função do PBU, a melhor equação é a atual do CONSECANA, corroborando com os resultados observados por Leme Filho et al. (2003)²⁰ Quanto às estimativas de fibra em função da pol e do brix, $F = f(\text{Pol})$ superou $F = f(\text{Brix})$ somente por apresentar média estatisticamente igual à do método padrão no conjunto das canas cruas amostradas em 2004.

2.4.2 Açúcares redutores no caldo

2.4.2.1 Testes de correlações

Foram testados, através de regressão linear, as correlações do teor de açúcares redutores no caldo (determinado pelo método de Lane e Eynon) com os demais parâmetros ligados ao estágio de maturação da cana (pureza, pol e brix do caldo), e com a diferença entre brix e pol, dentro do conjunto completo dos dados. Os resultados dessas regressões são apresentados nos Quadros 45 a 48 e nos Gráficos 36 a 39.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	9,1331	8,8194	9,4468
Beta	-0,0948	-0,0984	-0,0912
AR = 9,1331 - 0,0948 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9482		R ² = 90%	

Quadro 45 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.

²⁰ Cf. páginas 53 e 54 do presente trabalho.

Gráfico 36 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	3,7464	3,5043	3,9885
Beta	-0,1618	-0,1755	-0,1481
AR = 3,7464 - 0,1618 Pol			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,8022		R ² = 64,35%	

Quadro 46 - Correlação entre o teor de AR e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 37 - Correlação entre o teor de AR e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	4,2225	3,8216	4,6234
Beta	-0,1649	-0,1848	-0,1449
AR = 4,2225 - 0,1649 Brix			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,6855		R ² = 46,99%	

Quadro 47 - Correlação entre o teor de AR e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 38 - Correlação entre o teor de AR e o brix do caldo, no conjunto completo dos dados.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,9886	-1,0866	-0,8906
Beta	0,7515	0,7150	0,7880
$AR = - 0,9886 + 0,7515 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9200$		$R^2 = 84,63\%$	

Quadro 48 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.

Gráfico 39 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto completo dos dados.

Como os parâmetros pureza e brix - pol foram os que melhor se correlacionaram com o teor de AR, essas correlações foram também testadas dentro dos subconjuntos. Como os coeficientes de correlação e determinação obtidos para as regressões $AR = f(Pol)$ e $AR = f(Brix)$ são bem inferiores àqueles obtidos para as regressões $AR = f(Pureza)$ e $AR = f(Brix - Pol)$, enquanto pequena é a diferença entre os coeficientes obtidos para estas duas últimas, as regressões no conjunto completo são suficientes para concluir que pol e brix são parâmetros inferiores à pureza e à diferença entre brix e pol; porém, para se saber ao certo, entre pureza e brix - pol, qual destes se correlaciona melhor com o teor de AR, convém avaliar as correlações dentro dos subconjuntos.

Pelo fato de pureza e brix - pol serem os parâmetros que melhor se correlacionam com o teor de AR no caldo, as equações (33) e (34), resultantes respectivamente das regressões lineares apresentadas nos Quadros 45 e 48, serão testadas, no item seguinte, como métodos estimativos do teor de AR.

$$AR = 9,1331 - 0,0948 \times \text{Pureza} \quad (33)$$

$$AR = 0,7515 \times (Brix - Pol) - 0,9886 \quad (34)$$

Os Quadros 49 a 62, e os Gráficos 40 a 53 apresentam os resultados das regressões entre AR e pureza, e entre AR e brix - pol, realizadas nos conjuntos de dados de cada uma das variedades amostradas em 2004, e no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	9,3048	8,6520	9,9577
Beta	-0,0961	-0,1036	-0,0887
AR = 9,3048 - 0,0961 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9827		R ² = 96,57%	

Quadro 49 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Gráfico 40 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8,4640	7,9969	8,9312
Beta	-0,0859	-0,0915	-0,0802
AR = 8,4640 - 0,0859 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9875		R ² = 97,52%	

Quadro 50 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Gráfico 41 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	9,2081	7,6988	10,7174
Beta	-0,0964	-0,1147	-0,0780
AR = 9,2081 - 0,0964 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,8972		R ² = 80,50%	

Quadro 51 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Gráfico 42 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	9,9042	8,1983	11,6101
Beta	-0,1055	-0,1252	-0,0859
AR = 9,9042 - 0,1055 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9009		R ² = 81,16%	

Quadro 52 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Gráfico 43 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	8,6147	8,1412	9,0883
Beta	-0,0864	-0,0921	-0,0807
AR = 8,6147 - 0,0864 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9858		R ² = 97,18%	

Quadro 53 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Gráfico 44 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	11,4341	10,8196	12,0487
Beta	-0,1207	-0,1278	-0,1136
AR = 11,4341 - 0,1207 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,9887		R ² = 97,76%	

Quadro 54 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Gráfico 45 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	7,8902	6,6436	9,1367
Beta	-0,0811	-0,0951	-0,0671
AR = 7,8902 - 0,0811 Pureza			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
r = 0,7178		R ² = 51,52%	

Quadro 55 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Gráfico 46 - Correlação entre o teor de AR e a pureza do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,9335	-1,1060	-0,7610
Beta	0,8058	0,7349	0,8768
$AR = - 0,9335 + 0,8058 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9779$		$R^2 = 95,63\%$	

Quadro 56 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Gráfico 47 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835089.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,9484	-1,0924	-0,8044
Beta	0,7880	0,7432	0,8328
$AR = -0,9484 + 0,7880 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9906$		$R^2 = 98,13\%$	

Quadro 57 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Gráfico 48 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP81-3250.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-1,5891	-2,0535	-1,1247
Beta	0,8951	0,7560	1,0342
$AR = - 1,5891 + 0,8951 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9280$		$R^2 = 86,12\%$	

Quadro 58 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Gráfico 49 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB855035.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,7267	-1,3041	-0,1493
Beta	0,5826	0,3622	0,8030
$AR = -0,7267 + 0,5826 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,7151$		$R^2 = 51,14\%$	

Quadro 59 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Gráfico 50 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade RB835054.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,7478	-0,8870	-0,6086
Beta	0,7534	0,7089	0,7978
$AR = - 0,7478 + 0,7534 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9886$		$R^2 = 97,73\%$	

Quadro 60 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Gráfico 51 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade SP79-1011.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-1,2121	-1,4378	-0,9864
Beta	0,8817	0,7936	0,9699
$AR = - 1,2121 + 0,8817 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,9682$		$R^2 = 93,74\%$	

Quadro 61 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Gráfico 52 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados da variedade IAC87-3396.

Parâmetros	Coeficientes da regressão	Estimativas por Intervalo (95%)	
		Limite Inferior	Limite Superior
Alfa	-0,2975	-0,4234	-0,1715
Beta	0,4168	0,3630	0,4705
$AR = - 0,2975 + 0,4168 (Brix - Pol)$			
Coeficiente de correlação de Pearson		Coeficiente de determinação	
$r = 0,8095$		$R^2 = 65,53\%$	

Quadro 62 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Gráfico 53 - Correlação entre o teor de AR e a diferença entre o brix e a pol do caldo, no conjunto dos dados das canas queimadas amostradas em 2005.

Na Tabela 13, é apresentado um resumo geral das correlações do teor de açúcares redutores no caldo com outros parâmetros.

Tabela 13 - Correlações do teor de AR no caldo com pureza, brix - pol, pol e brix.

Parâmetro	Conjunto de dados	coeficiente de correlação (r)	coeficiente de determinação (R^2)	Ajuste
Pureza	Completo	0,9482	89,90832 $\approx$ 90	Excelente
Pureza	RB835089	0,9827	96,56993	Excelente
Pureza	SP81-3250	0,9875	97,51563	Excelente
Pureza	RB855035	0,8972	80,49678	Muito bom
Pureza	RB835054	0,9009	81,16208	Muito bom
Pureza	SP79-1011	0,9858	97,18016	Excelente
Pureza	IAC87-3396	0,9887	97,75277	Excelente
Pureza	Canas queimadas	0,7178	51,52368	Razoável
Brix - pol	Completo	0,9200	84,64	Muito bom
Brix - pol	RB835089	0,9779	95,62884	Excelente
Brix - pol	SP81-3250	0,9906	98,12884	Excelente
Brix - pol	RB855035	0,9280	86,1184	Muito bom
Brix - pol	RB835054	0,7151	51,1368	Razoável
Brix - pol	SP79-1011	0,9886	97,733	Excelente
Brix - pol	IAC87-3396	0,9682	93,74112	Excelente
Brix - pol	Canas queimadas	0,8095	65,52903	Razoável
Pol	Completo	0,8022	64,35248	Razoável
Brix	Completo	0,6855	46,99103	Razoável

Conforme demonstram os dados apresentados na Tabela 13, os testes de correlações dentro dos subconjuntos de fato permitiu distinguir, entre os parâmetros pureza e brix - pol, qual melhor se correlaciona com o teor de AR do caldo de cana: a pureza, parâmetro que, desde que arredondado o valor do R^2 , correlaciona-se com AR, no conjunto completo dos dados, resultando em ajuste excelente, enquanto o ajuste da diferença brix - pol é muito bom. Quanto ao conjunto das canas queimadas tanto a pureza quanto a diferença entre brix e pol resultaram em ajuste razoável, embora os coeficientes de correlação e determinação sejam ligeiramente superiores para brix - pol. Quanto aos conjuntos específicos de cada uma das variedades, a pureza resultou em ajuste excelente para quatro variedades, para as quais brix - pol também resultou em ajuste excelente; porém a pureza resultou em ajuste muito bom para ambas as demais variedades, para as quais brix - pol resultou em ajuste muito bom para RB855035, e razoável para RB835054.

2.4.2.2 Comparações de métodos através de regressões

Como os parâmetros que melhor se correlacionaram com o teor de AR no caldo foram pureza e brix - pol, foram testados, no conjunto completo dos dados e nos subconjuntos, por comparação com o método padrão (Lane e Eynon), os seguintes métodos para estimativa do teor de açúcares redutores no caldo: $AR = f(\text{Pureza})$; $AR = f(\text{Brix} - \text{Pol})$; equação antiga do CONSECANA e equação atual do CONSECANA. Os resultados dessas comparações são apresentados nos Quadros 63 a 66.

Conjunto de dados:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Completo	AR(estimado) = 0,09 + 0,90 AR(padrão)			94,82
$m_1 - m_2 = 0,00$	0,09	0,90	0,95	
$-0,10 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,10$	$0,05 \leq \alpha \leq 0,13$	$0,87 \leq \beta \leq 0,93$	$0,94 \leq \rho \leq 0,96$	
Canas cruas	AR(estimado) = 0,07 + 0,92 AR(padrão)			90,94
$m_1 - m_2 = -0,02$	0,07	0,92	0,95	
$-0,14 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,18$	$0,01 \leq \alpha \leq 0,13$	$0,87 \leq \beta \leq 0,96$	$0,94 \leq \rho \leq 0,97$	
Canas queimadas	AR(estimado) = 0,29 + 0,60 AR(padrão)			51,52
$m_1 - m_2 = -0,02$	0,29	0,60	0,72	
$-0,08 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,03$	$0,22 \leq \alpha \leq 0,36$	$0,50 \leq \beta \leq 0,71$	$0,62 \leq \rho \leq 0,79$	
RB835089	AR(estimado) = -0,10 + 0,95 AR(padrão)			96,57
$m_1 - m_2 = 0,06$	-0,10	0,95	0,98	
$-0,30 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,41$	$-0,09 \leq \alpha \leq 0,07$	$0,88 \leq \beta \leq 1,03$	$0,96 \leq \rho \leq 0,99$	
SP81-3250	AR(estimado) = -0,17 + 1,08 AR(padrão)			97,52
$m_1 - m_2 = 0,06$	-0,17	1,08	0,99	
$-0,48 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,61$	$-0,29 \leq \alpha \leq 0,05$	$1,00 \leq \beta \leq 1,15$	$0,97 \leq \rho \leq 0,99$	
RB855035	AR(estimado) = 0,33 + 0,79 AR(padrão)			80,50
$m_1 - m_2 = -0,05$	0,33	0,79	0,90	
$-0,43 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,32$	$0,10 \leq \alpha \leq 0,55$	$0,64 \leq \beta \leq 0,94$	$0,79 \leq \rho \leq 0,95$	
RB835054	AR(estimado) = 0,37 + 0,73 AR(padrão)			81,16
$m_1 - m_2 = -0,16$	0,37	0,73	0,90	
$-0,37 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,05$	$0,25 \leq \alpha \leq 0,49$	$0,59 \leq \beta \leq 0,87$	$0,80 \leq \rho \leq 0,95$	
SP79-1011	AR(estimado) = -0,27 + 1,07 AR(padrão)			97,18
$m_1 - m_2 = 0,17$	-0,27	1,07	0,99	
$-0,27 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,61$	$-0,39 \leq \alpha \leq -0,15$	$0,98 \leq \beta \leq 1,15$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	
IAC87-3396	AR(estimado) = 0,17 + 0,77 AR(padrão)			97,76
$m_1 - m_2 = 0,06$	0,17	0,77	0,99	
$-0,23 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,34$	$0,12 \leq \alpha \leq 0,22$	$0,72 \leq \beta \leq 0,81$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	

Quadro 63 - Comparações do método de estimativa do teor de AR no caldo de cana através de equação de regressão $AR = f(\text{Pureza})$ [eq. (33)], com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.

Conjunto de dados:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coeficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Completo	AR(estimado) = 0,14 + 0,85 AR(padrão)			84,63
$m_1 - m_3 = 0,00$	0,14	0,85	0,92	
$-0,09 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,09$	$0,10 \leq \alpha \leq 0,19$	$0,81 \leq \beta \leq 0,88$	$0,90 \leq \rho \leq 0,94$	
Canas cruas	AR(estimado) = 0,12 + 0,85 AR(padrão)			87,46
$m_1 - m_3 = 0,06$	0,12	0,85	0,94	
$-0,10 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,21$	$0,05 \leq \alpha \leq 0,18$	$0,80 \leq \beta \leq 0,90$	$0,91 \leq \rho \leq 0,95$	
Canas queimadas	AR(estimado) = 0,29 + 0,60 AR(padrão)			51,52
$m_1 - m_3 = -0,02$				
$-0,08 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,03$	$0,22 \leq \alpha \leq 0,36$	$0,50 \leq \beta \leq 0,71$	$0,62 \leq \rho \leq 0,79$	
RB835089	AR(estimado) = -0,08 + 0,89 AR(padrão)			96,53
$m_1 - m_3 = 0,18$	-0,08	0,89	0,98	
$-0,16 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,2$	$-0,17 \leq \alpha \leq 0,01$	$0,81 \leq \beta \leq 1,00$	$0,96 \leq \rho \leq 1,00$	
SP81-3250	AR(estimado) = -0,06 + 0,94 AR(padrão)			98,13
$m_1 - m_3 = 0,15$	-0,06	0,94	0,99	
$-0,36 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,65$	$-0,15 \leq \alpha \leq 0,03$	$0,88 \leq \beta \leq 1,00$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	
RB855035	AR(estimado) = 0,50 + 0,72 AR(padrão)			86,12
$m_1 - m_3 = -0,13$	0,50	0,72	0,93	
$-0,49 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,22$	$0,33 \leq \alpha \leq 0,67$	$0,61 \leq \beta \leq 0,84$	$0,85 \leq \rho \leq 0,97$	
RB835054	AR(estimado) = 0,43 + 0,66 AR(padrão)			51,14
$m_1 - m_3 = -0,17$	0,43	0,66	0,72	
$-0,39 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,05$	$0,21 \leq \alpha \leq 0,65$	$0,41 \leq \beta \leq 0,91$	$0,48 \leq \rho \leq 0,86$	
SP79-1011	AR(estimado) = -0,21 + 0,97 AR(padrão)			97,93
$m_1 - m_3 = 0,25$	-0,21	0,97	0,99	
$-0,17 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,66$	$-0,31 \leq \alpha \leq -0,11$	$0,92 \leq \beta \leq 1,03$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	
IAC87-3396	AR(estimado) = 0,10 + 0,80 AR(padrão)			93,74
$m_1 - m_3 = 0,10$	0,10	0,80	0,97	
$-0,19 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,39$	$0,00 \leq \alpha \leq 0,19$	$0,72 \leq \beta \leq 0,88$	$0,95 \leq \rho \leq 0,99$	

Quadro 64 - Comparações do método de estimativa do teor de AR no caldo de cana através de equação de regressão $AR = f(\text{Brix} - \text{Pol})$ [eq. (34)], com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.

Conjunto de dados:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coefficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Completo	AR(estimado) = -0,06 + 1,00 AR(padrão)			90
$m_1 - m_3 = 0,07$	-0,06	1,00	0,95	
$-0,04 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,17$	$-0,13 \leq \alpha \leq 0,01$	$0,96 \leq \beta \leq 1,03$	$0,94 \leq \rho \leq 0,96$	
Canas cruas	AR(estimado) = 0,07 + 1,02 AR(padrão)			91
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = 0,07$	0,07	1,02	0,95	
$-0,05 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,18$	$-0,03 \leq \alpha \leq 0,17$	$0,97 \leq \beta \leq 1,06$	$0,94 \leq \rho \leq 0,97$	
Canas queimadas	AR(estimado) = 0,15 + 0,67 AR(padrão)			52
$m_1 - m_3 = 0,07$	0,15	0,67	0,72	
$0,00 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,12$	$0,07 \leq \alpha \leq 0,23$	$0,55 \leq \beta \leq 0,78$	$0,62 \leq \rho \leq 0,79$	
RB835089	AR(estimado) = -0,18 + 1,05 AR(padrão)			97
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = 0,13$	-0,18	1,05	0,98	
$0,07 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,18$	$-0,27 \leq \alpha \leq -0,09$	$0,97 \leq \beta \leq 1,14$	$0,96 \leq \rho \leq 0,99$	
SP81-3250	AR(estimado) = -0,36 + 1,19 AR(padrão)			98
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = 0,09$	-0,36	1,19	0,99	
$-0,01 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,19$	$-0,49 \leq \alpha \leq -0,22$	$1,11 \leq \beta \leq 1,27$	$0,97 \leq \rho \leq 0,99$	
RB855035	AR(estimado) = 0,20 + 0,88 AR(padrão)			81
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = -0,03$	0,20	0,88	0,90	
$-0,16 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,09$	$-0,06 \leq \alpha \leq 0,45$	$0,71 \leq \beta \leq 1,04$	$0,79 \leq \rho \leq 0,95$	
RB835054	AR(estimado) = 0,24 + 0,81 AR(padrão)			81
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = -0,09$	0,24	0,81	0,90	
$-0,18 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,02$	$0,11 \leq \alpha \leq 0,37$	$0,64 \leq \beta \leq 1,00$	$0,82 \leq \rho \leq 0,95$	
SP79-1011	AR(estimado) = -0,46 + 1,18 AR(padrão)			97
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = 0,19$	-0,46	1,18	0,98	
$0,12 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,28$	$-0,60 \leq \alpha \leq -0,33$	$1,10 \leq \beta \leq 1,26$	$0,97 \leq \rho \leq 0,99$	
IAC87-3396	AR(estimado) = 0,02 + 0,85 AR(padrão)			98
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3 = 0,12$	0,02	0,85	0,99	
$0,08 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,17$	$-0,04 \leq \alpha \leq 0,08$	$0,80 \leq \beta \leq 0,90$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	

Quadro 65 - Comparações da equação antiga do CONSECANA para estimativa do teor de AR no caldo de cana, com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.

Conjunto de dados:	Constante (α)	Inclinação (β)	Coefficiente de Correlação (ρ)	R ² %
Completo	AR(estimado) = 0,37 + 0,33 AR(padrão)			90
$m_1 - m_3 = 0,26$	0,37	0,33	0,95	
$0,19 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,34$	$0,36 \leq \alpha \leq 0,38$	$0,31 \leq \beta \leq 0,34$	$0,94 \leq \rho \leq 0,96$	
Canas cruas	AR(estimado) = 0,36 + 0,33 AR(padrão)			91
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,40$	0,36	0,33	0,95	
$0,32 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,48$	$0,34 \leq \alpha \leq 0,38$	$0,32 \leq \beta \leq 0,35$	$0,94 \leq \rho \leq 0,97$	
Canas queimadas	AR(estimado) = 0,44 + 0,22 AR(padrão)			52
$m_1 - m_3 = 0,08$	0,44	0,22	0,72	
$0,04 \leq \mu_1 - \mu_3 \leq 0,12$	$0,41 \leq \alpha \leq 0,47$	$0,18 \leq \beta \leq 0,26$	$0,62 \leq \rho \leq 0,79$	
RB835089	AR(estimado) = 0,33 + 0,34 AR(padrão)			96
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,27$	0,33	0,34	0,98	
$0,10 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,44$	$0,30 \leq \alpha \leq 0,36$	$0,32 \leq \beta \leq 0,37$	$0,96 \leq \rho \leq 0,99$	
SP81-3250	AR(estimado) = 0,27 + 0,39 AR(padrão)			98
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,59$	0,27	0,39	0,99	
$0,36 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,82$	$0,23 \leq \alpha \leq 0,32$	$0,36 \leq \beta \leq 0,42$	$0,97 \leq \rho \leq 0,99$	
RB855035	AR(estimado) = 0,45 + 0,29 AR(padrão)			81
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,48$	0,45	0,29	0,90	
$0,27 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,69$	$0,37 \leq \alpha \leq 0,54$	$0,23 \leq \beta \leq 0,34$	$0,79 \leq \rho \leq 0,95$	
RB835054	AR(estimado) = 0,47 + 0,26 AR(padrão)			81
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,09$	0,47	0,26	0,90	
$-0,03 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,22$	$0,43 \leq \alpha \leq 0,51$	$0,21 \leq \beta \leq 0,32$	$0,82 \leq \rho \leq 0,95$	
SP79-1011	AR(estimado) = 0,24 + 0,39 AR(padrão)			97
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,67$	0,24	0,39	0,98	
$0,48 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,85$	$0,20 \leq \alpha \leq 0,28$	$0,36 \leq \beta \leq 0,41$	$0,97 \leq \rho \leq 0,99$	
IAC87-3396	AR(estimado) = 0,40 + 0,28 AR(padrão)			98
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,30$	0,40	0,28	0,99	
$0,13 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,47$	$0,38 \leq \alpha \leq 0,42$	$0,26 \leq \beta \leq 0,29$	$0,98 \leq \rho \leq 1,00$	

Quadro 66 - Comparações da equação do CONSECANA atualmente empregada para estimativa do teor de AR no caldo de cana, com o método padrão (Lane e Eynon), no conjunto completo e nos vários subconjuntos dos dados.

Na Tabela 14 é apresentado um resumo geral das comparações dos métodos para estimativa de AR com o método padrão.

Tabela 14 - Resultados das comparações dos métodos para estimativa do teor de AR no caldo com o método padrão (Lane e Eynon).

Método	Conjuntos de dados nos quais apresentou média equivalente à do método padrão	Conjuntos de dados nos quais foi equivalente ao padrão em todo o domínio de respostas
AR = f(Pureza)	Todos	RB835089, SP81-3250
AR = f(Brix - Pol)	Todos	RB835089, SP81-3250
Equação antiga do CONSECANA	Completo, canas cruas, canas queimadas, SP81-3250, RB855035, RB835054	Completo, canas cruas, RB855035
Equação atual do CONSECANA	RB835054	Nenhum

Nas comparações de métodos para estimativa do teor de açúcares redutores no caldo, cumpre observar que, conforme foi demonstrado no item 2.4.2.1, a pureza é o parâmetro que melhor se correlaciona com o teor de açúcares redutores. Entre as equações que correlacionam AR com pureza, as mais confiáveis são as do CONSECANA, pois estas foram desenvolvidas com milhares de pares de dados (OLIVEIRA²¹, 2005, informação verbal) provenientes de 14 unidades industriais e 3 Associações de Fornecedores de Cana (CONSECANA, 2002), portanto representativos de um universo mais amplo do que as condições nas quais cresceram as canas da Destilaria Guaricanga, amostradas em 2004 e 2005. No entanto, entre as equações do CONSECANA, para os dados levantados neste trabalho, a equação antiga mostrou-se uma estimativa do teor de AR muito mais adequada do que a atual.

Cumpram também observar que a diferença entre a média dos valores de AR determinados pelo método padrão e a média dos valores estimados pela equação atual, conforme os dados apresentados no Quadro 66, resultou sempre positiva (exceção feita somente à variedade RB835054, para a qual o intervalo de confiança para essa diferença inclui o valor zero). Isso significa que a equação do CONSECANA atualmente empregada para estimar o teor de AR, nas condições das canas amostradas, subestima esse teor.

²¹ OLIVEIRA, E. R. Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA).

3 CONCLUSÕES

O emprego, no método da prensa hidráulica original, do brix do caldo extraído como estimativa do teor de sólidos solúveis do caldo não extraído, induz a um erro estatisticamente significativo. No entanto, o teor de fibra determinado pelo método da prensa original e pelo modificado correlacionam-se fortemente, de modo que, mesmo quando não é feita a separação do caldo extraído no final da prensagem, existem duas formas eficazes de se corrigir esse erro: calculando-se o teor de fibra pelo método original, e aplicando uma equação de regressão linear [eq. (29)] para estimar o valor que teria sido obtido pelo método modificado; ou, a partir do brix do caldo extraído, estimar, através de equação de regressão linear [eq. (30)], o valor do brix do caldo extraído no final da prensagem, empregando este valor na fórmula do método da prensa hidráulica.

A correlação do teor de fibra da cana é mais forte com brix e com pol do caldo, parâmetros ligados à maturação, do que com PBU. Isso significa que, quando se estima o teor de fibra a partir de correlação com algum parâmetro ligado à maturação, essa estimativa apresenta erro em função da variedade de cana ser mais ou menos fibrosa, ou das condições ambientais nas quais cresceu a cana favorecerem maior ou menor teor de fibra. No entanto, esse erro, de acordo com os dados deste trabalho, ainda é menor do que aquele próprio da estimativa do teor de fibra por correlação com PBU. Ora, se o teor de fibra fosse estimado, com fins de pagamento de cana, a partir da pol ou do brix do caldo, seria possível, já que o teor de AR é estimado a partir da pureza, tabelar o teor de ATR em função da pol e do brix, em tabela semelhante (porém mais detalhada, apresentando valores de brix e pol a cada 0,1 unidade) ao exemplo apresentado no Apêndice A, satisfazendo assim a grande demanda dos fornecedores por um sistema de pagamento de cana simples e de fácil compreensão. Entre as equações de estimativa de fibra a partir de PBU, a equação do CONSECANA atualmente em uso é a que melhor estima esse teor.

Quanto ao teor de açúcares redutores no caldo, o parâmetro que melhor se correlaciona com os AR é a pureza, cuja correlação com teor de AR chega a resultar em $R^2 = 90\%$, em valor arredondado, o que significa ajuste excelente. Entre as equações do CONSECANA que estimam o teor de AR por correlação com a pureza, para os dados deste trabalho, a equação antiga estimou este teor com mais exatidão do que a atual, sendo que esta última subestimou a grande maioria dos valores de AR.

REFERÊNCIAS

- ARIZONO, H. **Métodos e critérios de seleção adotados na obtenção das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) RB835089 e RB835486**. 1994. 106 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- ARIZONO, H. **Bula 2003**. São Carlos: UFSCar, Depto. de Biotecnologia Vegetal, 2003. 1 disquete, 3 ½ pol. Microsoft Internet Explorer.
- BAYMA, C. **Tecnologia do açúcar: da matéria-prima à evaporação**. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1974. 292 p. (Coleção Canavieira, nº 13).
- BERNARDES, M. S.; CÂMARA, G. M. S. **Cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Produção Vegetal, 2001. 20 p.
- CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas, 1998. 423 p.
- CARTA AERONÁUTICA MUNDIAL. **WAC 3262**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Cartografia Aeronáutica. 1986. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000.
- CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Resenha meteorológica de Bauru no período de 01/01/2000 a 01/10/2005**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Ciiagro/>>. Acesso em: 14 nov. 2005.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Circular nº 03/01**. 29 maio 2001a.
- _____. **Circular nº 07/01**. 21 ago. 2001b.
- _____. **Circular nº 07/05**. 31 out. 2005.
- _____. **Manual de instruções**. 3. ed. Piracicaba - SP. 2002. 117 p.
- _____. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba - SP. 2003. 115 p.
- COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Controle químico da fabricação do açúcar**. Piracicaba, 1978. 127 p.
- DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Tecnologia Rural, 1977. 364 p.
- DUARTE, T. **Métodos de análises para a uniformização do controle químico na fabricação do açúcar no Estado de Alagoas**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar no Estado de Alagoas, 1981. 119 p.

EMBAIXADOR diz que Japão tem R\$ 40 bilhões para proálcool: O comércio de equipamentos e consultoria deve ser fomentado e Piracicaba terá incremento na atividade econômica. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 12 nov. 2005. Caderno B, p. 1.

GONÇALVES, R. H. **Determinação de açúcares redutores pela técnica de Lane & Eynon**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 2003. 16 p.

HOFFMANN, H., P. **Evolução do potencial produtivo das principais variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Estado de São Paulo nos últimos cinquenta anos**. 1997. 97 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

HORII, J. **A cana-de-açúcar como matéria-prima**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 2004. 27 p.

LEME FILHO, J. R. A.; ALCARDE, A. R.; HORII, J.; IEMMA, A. F. **Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 2003, 30 p. Relatório final do Estágio Profissionalizante em Engenharia Agrônoma.

MAIA, J. M. Articulação Instituto do Açúcar e do Alcool - Universidade. In: VALSECHI, O.; OLIVEIRA, E. R. de; STUPIELLO, J. P.; DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A.; OLIVEIRA, A. J. de; NOVAES, F. V. **Análise em cana-de-açúcar para efeito de pagamento**. Piracicaba: ESALQ/IAA, 1968. p. III-IV.

MINISTRO diz que falta transparência no Consecana. **Idea News - Atualizando Executivos**. Ribeirão Preto, n. 48, p. 78-80, set. 2004.

O FLEX ganhou o mercado. **Idea News - Atualizando Executivos**. Ribeirão Preto, n. 45, p. 4-8, jun. 2004.

PAIVA, L. R. O que deve mudar no CONSECANA? **Idea News - Atualizando Executivos**. Ribeirão Preto, n. 50, p. 30-36, nov. 2004.

REABERTA a temporada de novas usinas. **Idea News - Atualizando Executivos**. Ribeirão Preto, n. 48, p. 6-22, set. 2004.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. 3. ed. - Revista e Ampliada. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Ciências Exatas, 2000. 172 p.

SETTO, M. M. Piracicaba é alvo de negócio com o Japão. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba: 7 set. 2003. Caderno B, p. 1.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/referencia/estatisticas.jsp>>. Acesso em: 14 nov. 2005.

VALSECHI, O. Considerações gerais relativas ao pagamento da cana-de-açúcar, face à Lei 4870, de 1/12/1965. In: VALSECHI, O.; OLIVEIRA, E. R. de; STUPIELLO, J. P.; DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A.; OLIVEIRA, A. J. de; NOVAES, F. V. **Análise em cana-de-açúcar para efeito de pagamento**. Piracicaba: ESALQ/IAA, 1968. p. 3-13.

VALSECHI, O. A.; PARAZZI, C.; ANTONIO, A.; DANIEL, M. L. **Pagamento de cana pelo teor de sacarose no Estado de São Paulo**. Araras: IAA/PLANALSUCAR. 1983. 20 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Exemplo de tabela, possível de ser elaborada, do ATR em função da Pol e do Brix, com ATR calculado pela eq. (11) (isto é, considerando-se PI = 12%), a fibra da cana pela eq. (32) [F = f(Brix)], e os AR pela eq. (17) (equação atual do CONSECANA).

	Pol																		
	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0
Brix	ATR (kg/t)																		
15,0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
15,5	121,3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
16,0	121,7	124,9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
16,5	122,1	125,2	128,4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
17,0	122,4	125,6	128,8	131,9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
17,5	122,7	125,9	129,1	132,3	135,4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
18,0	122,9	126,1	129,3	132,5	135,7	138,9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
18,5	123,2	126,4	129,6	132,8	136,0	139,2	142,4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
19,0	123,3	126,6	129,8	133,0	136,2	139,4	142,6	145,8	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
19,5	123,5	126,7	129,9	133,2	136,4	139,6	142,8	146,1	149,3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
20,0	123,6	126,8	130,1	133,3	136,5	139,8	143,0	146,2	149,4	152,7	..	..	..	..	..	..	..	..	..
20,5	123,7	126,9	130,2	133,4	136,6	139,9	143,1	146,4	149,6	152,8	156,1	..	..	..	..	..	..	..	..
21,0	123,8	127,0	130,3	133,5	136,7	140,0	143,2	146,5	149,7	152,9	156,2	159,4	..	..	..	..	..	..	..
21,5	123,8	127,1	130,3	133,6	136,8	140,0	143,3	146,5	149,8	153,0	156,3	159,5	162,8	..	..	..	..	..	..
22,0	123,8	127,1	130,3	133,6	136,8	140,1	143,3	146,6	149,8	153,1	156,3	159,6	162,8	166,1	..	..	..	..	..
22,5	123,9	127,1	130,4	133,6	136,9	140,1	143,4	146,6	149,9	153,1	156,4	159,6	162,9	166,1	169,4	..	..	..	..
23,0	123,8	127,1	130,4	133,6	136,9	140,1	143,4	146,6	149,9	153,1	156,4	159,6	162,9	166,1	169,4	172,7	..	..	..
23,5	123,8	127,1	130,3	133,6	136,8	140,1	143,4	146,6	149,9	153,1	156,4	159,6	162,9	166,1	169,4	172,7	175,9	..	..
24,0	123,8	127,0	130,3	133,5	136,8	140,1	143,3	146,6	149,8	153,1	156,3	159,6	162,9	166,1	169,4	172,6	175,9	179,1	..
24,5	123,7	127,0	130,2	133,5	136,8	140,0	143,3	146,5	149,8	153,0	156,3	159,6	162,8	166,1	169,3	172,6	175,8	179,1	182,4
25,0	123,6	126,9	130,2	133,4	136,7	139,9	143,2	146,5	149,7	153,0	156,2	159,5	162,7	166,0	169,3	172,5	175,8	179,0	182,3
25,5	123,6	126,8	130,1	133,3	136,6	139,9	143,1	146,4	149,6	152,9	156,1	159,4	162,7	165,9	169,2	172,4	175,7	178,9	182,2
26,0	123,5	126,7	130,0	133,2	136,5	139,8	143,0	146,3	149,5	152,8	156,0	159,3	162,6	165,8	169,1	172,3	175,6	178,8	182,1

Nota: Valores de pol $\geq$ brix, o que resultaria em pureza $\geq$ 100%, não existem na realidade.