



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Engenharia

Campus de Bauru

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DO
POTENCIAL DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM USINA DE
AÇÚCAR E ÁLCOOL**

JOÃO ANTONIO PAZIAN

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia da UNESP – Campus de
Bauru, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Industrial.**

**BAURU - SP
Outubro - 2004**

Faculdade de Engenharia

Campus de Bauru

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DO
POTENCIAL DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM USINA DE
AÇÚCAR E ÁLCOOL**

JOÃO ANTONIO PAZIAN

Orientador: Prof. Dr. José Angelo Cagnon

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia da UNESP – Campus de
Bauru, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Industrial.**

**BAURU - SP
Outubro - 2004**

À meus pais João e Maria Aparecida que mostraram o caminho
que me permitiu chegar até aqui

À minha querida esposa
Rosana

As minhas filhas Fernanda e Giovanna

dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me dado saúde e energia para superar os momentos difíceis.

Ao Professor Dr. José Angelo Cagnon, pela orientação e apoio na superação das dificuldades surgidas.

Ao Professor Dr. Alcides Padilha, pela oportunidade de realização deste trabalho, apoio e incentivo.

Aos amigos Walter e Luiz pela contribuição e apoio na realização deste trabalho

A Diretoria da Usina da Barra S.A. – Açúcar e Álcool, Grupo Cosan, pela disponibilidade das informações e apoio.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	VII
Lista de Tabelas	XVIII
Lista de Equações.....	XXI
Abstract	1
Resumo.....	3
Capítulo 1	5
INTRODUÇÃO	5
1.1. Motivação e Relevância	5
1.2. Justificativas e Principais Contribuições.....	9
1.3. Organização da Dissertação	10
1.4. Referências Bibliográficas	11
Capítulo 2.....	13
COGERAÇÃO.....	13
2.1. Introdução	13
2.2. Tipos de Ciclos de Cogeração.....	14
2.2.1. Cogeração tipo Topping.....	15
2.2.2. Cogeração tipo Bottoming	15
2.2.3. Descrição do ciclo de Cogeração em uma Usina de Açúcar e Álcool	16
2.2.3.1. Balanço de massas	19
2.3. Produção de Energia Elétrica através da Cogeração na Indústria da Cana de Açúcar	20
2.3.1 – Referências Mundiais.....	20
2.3.2. – Panorama Brasileiro	21
2.4. Produção de Energia Elétrica através da Cogeração na Indústria da Cana de Açúcar e o Meio Ambiente	29
2.5. Conclusões Parciais.....	30
2.6. Bibliografia	31
Capítulo 3.....	33

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE COGERAÇÃO DE UMA USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL.....	33
3.1. Introdução	33
3.2. Caldeiras.....	33
3.2.1. Histórico	34
3.2.2. Classificação das caldeiras	37
3.2.2.1. Caldeiras Flamotubulares.....	37
3.2.2.2. Caldeiras Aquatubulares	38
3.2.3. Combustão do bagaço de cana em caldeiras	39
3.2.3.1. Queima por deposição.....	40
3.2.3.2. Queima em suspensão	40
3.2.4. Superaquecedores, Economizadores e Pré-aquecedores de ar	41
3.2.4.1. Superaquecedores.....	42
3.2.4.2. Economizadores	43
3.2.4.3. Pré-Aquecedores de Ar	43
3.2.5. Combustível	44
3.3. Turbinas a vapor.....	46
3.3.1. Histórico	46
3.3.2. Classificação Segundo o Modo de Ação do Vapor sobre as Palhetas	47
3.3.2.1. Turbinas de Ação	47
3.3.2.2. Turbinas de Reação	48
3.3.2.3. Turbinas Mistas.....	49
3.3.4. Classificação com Referência ao Vapor de Escape	50
3.3.4.1. Turbinas a Vapor de Contra Pressão.....	50
3.3.4.3. Turbinas a Vapor de Condensação.....	51
3.3.3. Classificação quanto ao Número de Estágios	52
3.3.3.1. Turbinas a Vapor Mono-Estágio.....	52
3.3.3.2. Turbinas a Vapor Multi-Estágios.....	53
3.4. Geradores e motores.....	58
3.6. Conclusões Parciais.....	61
3.7. Bibliografia	61

Capítulo 4.....	63
APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO PROGRAMA PARA ANÁLISE DE COGERAÇÃO EM USINAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL (PAC).	63
4.1. Introdução	63
4.2. Descrição das Instalações da Usina Objeto do Estudo	63
4.2.1. Histórico	63
4.2.1. Caldeiras.....	64
4.2.2. Turbinas a vapor.....	65
4.2.3. Fluxograma do vapor	68
4.3. Arquitetura do Programa (PAC)	74
4.3.1. Módulo Moagem de cana.....	74
4.3.2. Módulo Produção de Vapor	76
4.3.3. Módulo Energia Elétrica	77
4.4. Programa para Simulação	78
4.4.1. Estrutura Básica de um Programa	79
4.4.1.1. Fontes	79
4.4.1.2. Sistema	80
4.4.1.3. Saídas	81
4.4.2. Block Library	81
4.4.3 Subsistemas	82
4.4.4. Masks	83
4.5. Construção do Programa Usando o Programa Simulink.....	84
4.5.1. Entrada de Dados	87
4.5.1.1 Subsistema Entrada de Dados Moendas:	87
4.5.1.2. Subsistema Entrada de Dados Geração de Vapor:.....	88
4.5.1.3. Subsistema Entrada de Dados Energia Elétrica-Geração/Consumo	90
4.5.2. Sistema - Cogeração de Uma Usina de Açúcar e Álcool.....	90
4.5.3. Saída de Dados	96
4.6. Conclusões Parciais.....	98
4.7. Bibliografia	99
Capítulo 5	100

SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	100
5.1. Introdução	100
5.2. Simulações	101
5.2.1. Simulação Configuração 1 (C1) - Elevação da Pressão Primária das Caldeiras.....	102
5.2.2. Simulação Configuração 2 (C2) - Substituição de Turbinas a Vapor por Motores Elétricos Mantendo-se a Pressão de Operação das Caldeiras.....	114
5.2.3. Simulação Configuração 3 (C3) – Elevação da Pressão das Caldeiras e Substituição de Turbinas a vapor por motores elétricos	126
5.3. Discussão dos Resultados e Conclusões Parciais.....	133
Capítulo 6.....	136
ANÁLISE DE RETORNO DE INVESTIMENTO	136
6.1. Introdução	136
6.2. Investimentos Necessários	136
6.3. Análise Financeira.....	137
6.4. Conclusões Parciais.....	140
6.5. Referências Bibliográficas	143
Capítulo 7.....	144
CONCLUSÕES FINAIS E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	144
7.1. Conclusões Finais	144
7.2. Trabalhos Futuros	147
ANEXO A.....	149
ANEXO B	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Potencial de cogeração na área da concessionária CPFL.....	8
Figura 2 - Variação da fibra % cana da safra 02/03	10
Figura 3 - Smokejack - Sistema de elevação a partir de gases quentes	13
Figura 4 - Cogeração tipo topping	15
Figura 5 - Cogeração tipo bottoming	16
Figura 6 - Fluxograma típico do vapor (cogeração) de uma usina de açúcar e álcool.....	18
Figura 7 - Produção de cana de açúcar no Brasil	22
Figura 8 – Evolução da energia cogerada pelo setor sucroalcooleiro de 1982 a 1998	24
Figura 9 - Máquina de Heron	34
Figura 10 - Caldeira tipo concha.....	35
Figura 11 - Caldeira de Newcomen 1711	35
Figura 12 - Caldeira flamotubular ou fogotubular	38
Figura 13 - Caldeira aquatubular.....	39
Figura 14 - Caldeira com queima do combustível por deposição	40
Figura 15 - Caldeira com queima do combustível em suspensão	41
Figura 16 - Caldeira tipo AT 150 - FABRICANTE Dedini.....	42
Figura 17 - Gráfico bagaço gerado em função fibra % cana.....	45
Figura 18 - Princípio de funcionamento da turbina de Laval.....	47
Figura 19 - Tipos de estágios de ação de turbinas a vapor.....	48
Figura 20 - Diagrama funcional - turbina a vapor de reação	48
Figura 21 - Turbina de Parsons	49
Figura 22 - Esquema funcional de turbina a vapor multiestágio (ação e reação) .	50
Figura 23 - Aplicação de turbina de contrapressão	50
Figura 24 - Aplicação de turbina a vapor de condensação.....	51
Figura 25 - Turbina a vapor de simples estágio	52
Figura 26 - Turbina a vapor multi-estágio - vista do rotor.....	53
Figura 27 - Turbina a vapor multi-estágio montada	54

Figura 28 - Aplicação de turbina a vapor de contrapressão com extração controlada.....	56
Figura 29 - Aplicação de turbina a vapor de condensação com extração controlada	57
Figura 30 – Geradores 1500 kVA, 380 V	58
Figura 31 – Gerador 31.250 kVA, 13.800 V, 4 polos, instalado em uma usina de açúcar e álcool em 2002.....	59
Figura 32 – Motores até 3150 kW e tensão de 6600 V	60
Figura 33 – Motores até 2200 kW e tensão de 13800 V	60
Figura 34 - Fluxograma do vapor - página 1.....	70
Figura 35 - Fluxograma do vapor - página 2.....	71
Figura 36 - Fluxograma do vapor – página 3	72
Figura 37 – Unifilar simplificado da geração e distribuição de energia elétrica das instalações atuais da usina.....	73
Figura 38 - Diagrama de blocos do programa PAC.....	75
Figura 39 - Componentes de um programa usando SUMULINK	79
Figura 40 - Biblioteca de fontes (Sources).....	80
Figura 41 - Saída de dados - Biblioteca Sinks	81
Figura 42 - Simulink Block Library.....	82
Figura 43 - Exemplo de Aplicação de Subsistema	83
Figura 44 - Exemplo de aplicação da função Mask	84
Figura 45 - Subsistemas de entradas, sistema de cogeração e saídas do programa	85
Figura 46 – Interface entrada de dados da moagem de cana.....	86
Figura 47 – Interface entrada de dados da geração de vapor	86
Figura 48 – Interface para entrada de dados referentes a energia elétrica	87
Figura 49 - Subsistema entrada de dados das moendas	88
Figura 50 - Subsistema entradas de dados das caldeiras.....	89
Figura 51 - Subsistema entrada de dados de energia elétrica.....	91
Figura 52 - Conteúdo do subsistema Sistema de Cogeração de uma Usina de Açúcar e Álcool.....	92

Figura 53 – Subsistema moendas	93
Figura 54 - Subsistema das caldeiras	94
Figura 55 – Subsistema energia elétrica.....	95
Figura 56 – Subsistema geração de energia elétrica, contido no subsistema energia elétrica.....	95
Figura 57 - Saída de dados moendas.....	96
Figura 58 - Saída de dados geração de vapor.....	97
Figura 59 - Saída de dados energia elétrica	97
Figura 60 - Fluxograma do vapor da configuração C1	104
Figura 61 – Unifilar proposto para a configuração C1	105
Figura 62 – Entrada de dados da configuração C1	107
Figura 63 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C1	108
Figura 64 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C1	108
Figura 65 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C1	109
Figura 66 – Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C1	109
Figura 67 – Gráfico variação do excedente de energia elétrica excedente em função da fibra.....	111
Figura 68 – Gráfico sobra de bagaço em função da fibra da cana	112
Figura 69 – Média das 10 safras semanal do teor de fibra.....	112
Figura 70 - Fluxograma do vapor da configuração C2	115
Figura 71 – Unifilar proposto para a configuração C2	116
Figura 72 - Entrada de dados da configuração 2.....	120
Figura 73– Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C2	121
Figura 74– Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C2	121
Figura 75– Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C2	122

Figura 76– Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C2	122
Figura 77 – Gráfico comparativo do excedente de energia elétrica e o teor de fibra	124
Figura 78 – Fluxograma do vapor da configuração C3.....	127
Figura 79 – Unifilar proposto para a configuração C3	128
Figura 80 - Entrada de dados da configuração C3	129
Figura 81– Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C3	130
Figura 82– Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C3	130
Figura 83– Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C3	131
Figura 84– Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C3	131
Figura 85 - Gráfico comparativo dos excedentes de energia elétrica das tres configurações	134
Figura 86 – Gráfico comparativo da TRI.....	141
Figura 87 – Comparação da TRI considerando para análise a diferença de custos das caldeiras.	142
Figura 88 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C1	176
Figura 89 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C1	176
Figura 90 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C1	176
Figura 91 – Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C1	176
Figura 92 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 2 configuração C1	177
Figura 93 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 2, configuração C1	177
Figura 94 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 2, configuração C1	177

Figura 95 – Fibra da cana safra 94/95 – Simulação 2, configuração C1	177
Figura 96 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 3 configuração C1	178
Figura 97 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 3, configuração C1	178
Figura 98 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 3, configuração C1	178
Figura 99 – Fibra da cana safra 95/96 – Simulação 3, configuração C1	178
Figura 100 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 4 configuração C1	179
Figura 101 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 4, configuração C1	179
Figura 102 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 4, configuração C1	179
Figura 103 – Fibra da cana safra 96/97 – Simulação 4, configuração C1	179
Figura 104 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 5 configuração C1	180
Figura 105 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 5, configuração C1	180
Figura 106 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 5, configuração C1	180
Figura 107 – Fibra da cana safra 97/98 – simulação 5, configuração C1	180
Figura 108 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 6 configuração C1	181
Figura 109 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 6, configuração C1	181
Figura 110 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 6, configuração C1	181
Figura 111 – Fibra da cana safra 98/99 – simulação 6, configuração C1	181
Figura 112 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 7 configuração C1	182

Figura 113 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 7, configuração C1	182
Figura 114 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 7, configuração C1	182
Figura 115 – Fibra da cana safra 99/00 – simulação 7, configuração C1	182
Figura 116 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 8 configuração C1	183
Figura 117 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 8, configuração C1	183
Figura 118 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 8, configuração C1	183
Figura 119 – Fibra da cana safra 00/01 – simulação 8, configuração C1	183
Figura 120 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 9 configuração C1	184
Figura 121 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 9, configuração C1	184
Figura 122 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 9, configuração C1	184
Figura 123 – Fibra da cana safra 01/02 – simulação 9, configuração C1	184
Figura 124 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 10 configuração C1	185
Figura 125 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 10, configuração C1	185
Figura 126 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 10, configuração C1	185
Figura 127 – Fibra da cana safra 02/03 – simulação 10, configuração C1	185
Figura 128 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C2	186
Figura 129 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C2	186

Figura 130 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C2	186
Figura 131 – Fibra da cana safra 93/94 – simulação 1, configuração C2	186
Figura 132 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 2 configuração C2	187
Figura 133 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 2, configuração C2	187
Figura 134 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 2, configuração C2	187
Figura 135 – Fibra da cana safra 94/95 – simulação 2, configuração C2	187
Figura 136 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 3 configuração C2	188
Figura 137 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 3, configuração C2	188
Figura 138 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 3, configuração C2	188
Figura 139 – Fibra da cana safra 95/96 – Simulação 3, configuração C2	188
Figura 140 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 4 configuração C2	189
Figura 141 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 4, configuração C2	189
Figura 142 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 4, configuração C2	189
Figura 143 – Fibra da cana safra 96/97 – Simulação 4, configuração C2	189
Figura 144 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 5 configuração C2	190
Figura 145 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 5, configuração C2	190
Figura 146 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 5, configuração C2	190
Figura 147 – Fibra da cana safra 97/98 – Simulação 5, configuração C2	190

Figura 148 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 6 configuração C2	191
Figura 149 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 6, configuração C2	191
Figura 150 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 6, configuração C2	191
Figura 151 – Fibra da cana safra 98/99 – Simulação 6, configuração C2	191
Figura 152 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 7 configuração C2	192
Figura 153 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 7, configuração C2	192
Figura 154 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 7, configuração C2	192
Figura 155 – Fibra da cana safra 99/00 – Simulação 7, configuração C2	192
Figura 156 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 8 configuração C2	193
Figura 157 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 8, configuração C2	193
Figura 158 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 8, configuração C2	193
Figura 159 – Fibra da cana safra 00/01 – Simulação 8, configuração C2	193
Figura 160 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 9 configuração C2	194
Figura 161 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 9, configuração C2	194
Figura 162 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 9, configuração C2	194
Figura 163 – Fibra da cana safra 01/02 – Simulação 9, configuração C2	194
Figura 164 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 10 configuração C2	195

Figura 165 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 10, configuração C2	195
Figura 166 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 10, configuração C2	195
Figura 167 – Fibra da cana safra 02/03 – Simulação 10, configuração C2	195
Figura 168 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C3	196
Figura 169 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C3	196
Figura 170 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C3	196
Figura 171 – Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C3	196
Figura 172 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 2 configuração C3	197
Figura 173 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 2, configuração C3	197
Figura 174 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 2, configuração C3	197
Figura 175 – Fibra da cana safra 94/95 – Simulação 2, configuração C3	197
Figura 176 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 3 configuração C3	198
Figura 177 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 3, configuração C3	198
Figura 178 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 3, configuração C3	198
Figura 179 – Fibra da cana safra 95/96 – Simulação 3,	198
Figura 180 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 4 configuração C3	199
Figura 181 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 4, configuração C3	199

Figura 182 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 4, configuração C3	199
Figura 183 – Fibra da cana safra 96/97 – Simulação 4, configuração C3	199
Figura 184 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 5 configuração C3	200
Figura 185 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 5, configuração C3	200
Figura 186 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 5, configuração C3	200
Figura 187 – Fibra da cana safra 97/98 – simulação 5, configuração C3	200
Figura 188 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 6 configuração C3	201
Figura 189 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 6, configuração C3	201
Figura 190 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 6, configuração C3	201
Figura 191 – Fibra da cana safra 98/99 – simulação 6, configuração C3	201
Figura 192 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 7 configuração C3	202
Figura 193 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 7, configuração C3	202
Figura 194 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 7, configuração C3	202
Figura 195 – Fibra da cana safra 99/00 – simulação 7, configuração C3	202
Figura 196 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 8 configuração C3	203
Figura 197 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 8, configuração C3	203
Figura 198 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 8, configuração C3	203
Figura 199 – Fibra da cana safra 00/01 – simulação 8, configuração C3	203

Figura 200 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 9 configuração C3	204
Figura 201 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 9, configuração C3	204
Figura 202 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 9, configuração C3	204
Figura 203 – Fibra da cana safra 01/02 – simulação 9, configuração C3	204
Figura 204 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 10 configuração C3	205
Figura 205 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 10, configuração C3	205
Figura 206 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 10, configuração C3	205
Figura 207 – Fibra da cana safra 02/03 – simulação 10, configuração C3	205

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação da cogeração na geração de energia elétrica sobre o total produzido de alguns países.....	14
Tabela 2 - Descrição da função das válvulas da Figura 6	19
Tabela 3 - Produção mundial de cana de açúcar	21
Tabela 4 - Produção de cana de açúcar por Estado da safra 90/91 a 2001/2002 .	23
Tabela 5 - Potencial de cogeração por estado brasileiro	25
Tabela 6 – Síntese e cronologia da legislação importante para a cogeração no setor sucroalcooleiro.	27
Tabela 7 - Empresas estatais do setor de energia elétrica privatizadas de 1995 a Agosto/2000	28
Tabela 8 - Emissão de CO ₂ por tipo de combustível.....	30
Tabela 9 – Composição física do bagaço da cana de açúcar.....	44
Tabela 10 - Poder Calorífico Inferior do Bagaço (PCI).....	45
Tabela 11 – Dados nominais do processo produtivo da usina	64
Tabela 12 - Característica das caldeiras da Usina da Barra	65
Tabela 13 - Relação das turbinas a vapor instaladas nas moendas	66
Tabela 14 – Relação de turbinas a vapor instaladas, exceto moendas	67
Tabela 15 – Resumo das potências das turbinas a vapor instaladas na usina	68
Tabela 16 - Dados de entrada - módulo moagem de cana	74
Tabela 17 - Dados de entrada - módulo produção de vapor.	77
Tabela 18 - Dados de entrada - Módulo energia elétrica	77
Tabela 19 – Sobra de bagaço e excedente de energia calculados com valores típicos do setor sucroalcooleiro para a configuração C1.	106
Tabela 20 - Resultados totalizados de cada simulação da configuração C1	110
Tabela 21 - Comparativo entre métodos para a determinação da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica - Configuração C1.....	113
Tabela 22 - Potência elétrica consumida pelos motores que substituem turbinas a vapor das moendas.	117

Tabela 23 – Potência elétrica consumida pelos demais motores que substituem turbinas a vapor	118
Tabela 24 - Sobra de bagaço e excedente de energia calculados com valores típicos do setor sucroalcooleiro para a configuração C2.	119
Tabela 25 - Resultados totalizados de cada simulação da configuração C2	123
Tabela 26 – Comparativo entre medições de campo e valores determinados através do PAC, valores médios e valores típicos, da sobra de bagaço para condições atuais de caldeiras da usina.	125
Tabela 27- Comparativo entre métodos para a determinação da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica - Configuração C2.....	125
Tabela 28- Sobra de bagaço e excedente de energia calculados com valores típicos do setor sucroalcooleiro e da usina da Barra para a configuração C3.	126
Tabela 29 - Resultados totalizados de cada simulações da configuração C3	132
Tabela 30- Comparativo entre métodos para a determinação da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica - Configuração C3.....	133
Tabela 31 - Investimentos necessários	137
Tabela 32 – Custos da coleta de palha na lavoura para complementação de combustível	138
Tabela 33- Resumo dos resultados das análises financeiras	139
Tabela 34 – Investimentos considerando-se no item caldeiras a diferença de custo entre caldeiras que operam com pressão de 21 kg/cm ² (300 °C) e que operam a 64 kg/cm ² (480 °C).....	140
Tabela 35 – Resultados considerando-se no item caldeiras a diferença de custo entre caldeiras que operam com pressão de 21 kg/cm ² (300 °C) e que operam a 64 kg/cm ² (480 °C).....	140
Tabela 36 – Comparação da sobra de bagaço medida no campo com a calculada pelo: PAC e através de valores médios e típicos de fibra da cana.	147
Tabela 37 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 93/94)	150
Tabela 38 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 94/95)	152

Tabela 39 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 95/96)	154
Tabela 40 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 96/97)	156
Tabela 41 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 97/98)	158
Tabela 42 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 98/99)	160
Tabela 43 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 99/00)	162
Tabela 44 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 00/01)	164
Tabela 45 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 01/02)	166
Tabela 46 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 02/03)	168
Tabela 47 – Consumo diário de vapor para o processo produtivo de açúcar e álcool	170
Tabela 48 – Consumo diário de vapor da refinaria	171
Tabela 49 – Geração diária de energia elétrica das instalações atuais	172
Tabela 50 - Consumo diário de energia elétrica das instalações atuais	173
Tabela 51 - Consumo diário de energia elétrica estimado dos motores que substituem turbinas a vapor, exceto das moendas	174

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Bagaço produzido nas moendas.....	74
Equação 2 – Energia consumida nas moendas.....	74
Equação 3 – Consumo específico de energia consumida nas moendas.....	76
Equação 4 – Consumo de bagaço para produção de vapor.....	77
Equação 5 – Energia elétrica em função do vapor.....	78

ABSTRACT

The sugar and alcohol mills in Brazil own a great potential for generation of exceeding electric energy through co-generation. For this potential to be exploited to its fullest the mills need to implement more efficient technologies for electricity. Such implementations comprise, among others, the replacement of boilers that operate under the pressure of 21 kg/cm² and steam temperature of 300 °C by boilers that operate under pressure of 64 kg/cm² and temperature of 480 °C and replacement of single stage steam turbines by multiple stage or electric motors. Using as tools for the software MATLAB/SIMULINK, the goal of this work is to present a program for the analysis of the co-generation process in a sugar and alcohol mill. The program allows through the inlet data collected in a model plant, in according with the industrial configuration of production. In case of others optimized plants, to analyze each harvest the consumption of fuel (crushed sugar-cane) in the boiler and the exceeding electric energy for commercialization.

To the simulation, was used data collected from 2002/2003 harvest of the Usina da Barra S.A. – Sugar and Alcohol, Cosan Group, increasing the alteration of the tenor of sugarcane fiber with data from 1994 to 2003 harvest. The presented results from simulation show most accurate values and next to the excess power real of electric energy and the necessary amount of fuel to the production of thermal energy in a mill.

RESUMO

As usinas de açúcar e álcool do Brasil, apresentam um grande potencial para geração de energia elétrica excedente através da cogeração. Para que esse potencial seja explorado em sua plenitude é necessário que ocorra nas usinas uma implementação de tecnologias mais eficientes energeticamente. Tais implementações compreendem entre outras, substituição de caldeira que operam a pressão de 21 kg/cm² à temperatura do vapor de 300 °C por caldeiras que operam a pressões e temperaturas mais elevadas, como por exemplo, 64 kg/cm² à temperatura de 480 °C e substituição das turbinas a vapor de simples estágio por de multi-estágio ou motores elétricos. Tomando-se como base o software MATLAB/SIMULINK, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um programa para análise do potencial de excedente de energia elétrica, através da cogeração em usinas de açúcar e álcool. O programa permite através da entrada de dados coletados em uma planta, conforme a sua configuração industrial de produção, ou com várias outras otimizadas, analisar a cada safra, o perfil do

consumo de combustível (bagaço de cana) nas caldeiras e o excedente de energia elétrica para consumo e comercialização. Para as simulações foram utilizados os dados da safra de 2002/2003 da Usina da Barra S.A. – Açúcar e Alcool, Grupo Cosan, incrementando-se as variações do teor de fibra da cana, com dados coletados nas safras de 1994 à 2003. Os resultados apresentados pelas simulações mostram valores mais precisos e próximos do real potencial do excedente de energia elétrica e a quantidade necessária de combustível.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO E RELEVÂNCIA

Energia é nos dias atuais uma preocupação não só do Brasil, pelo momento de crise energética, mas sim mundial pela sua escassez e pela interferência com o meio ambiente que sua produção muitas vezes provoca. O termo “crise energética” ganhou forte significado a partir da década de 70 com a ocorrência de duas crises internacionais de abastecimento de petróleo (1973 e 1979) (Balestieri, 2002). Desde então, uma busca incessante por técnicas de conservação e fontes alternativas para produção de energia principalmente elétrica, tem sido realizada por pesquisadores e técnicos do mundo todo.

Em resposta a crise energética deflagrada na década de 70, o Brasil deu um importante passo com a criação em 1975 do PROALCOOL – Programa Nacional do Alcool, com fortes incentivos para a produção de álcool a partir da cana de açúcar. O início da utilização do álcool como combustível automotivo deu-se como aditivo da gasolina o que ocorre até os dias atuais, em seguida, a partir de 1980 começou-se o desenvolvimento de veículos movidos a álcool. Em função do sucesso da engenharia nacional no desenvolvimento de motores para uso do álcool hidratado como combustível, em 1983, os carros com motores a álcool representava 73,43 % da produção de veículos nacionais. A partir de 1989, quando houve o desabastecimento do álcool hidratado no mercado, esse fato provocou uma rápida queda na produção de veículos movidos a álcool chegando a apenas 0,1% em 1997 e até 2002 (ANFAVEA, 2003) mostra uma modesta recuperação atingindo aproximadamente 1%.

No tocante a produção de energia elétrica o Brasil não foi atingido pela crise mundial do petróleo, por ser predominantemente hidráulica a sua produção de energia elétrica. Na década de 70 havia grande oferta de energia elétrica, permitindo a algumas concessionárias de energia, então estatais, criar programas de incentivo a substituição de equipamentos que utilizavam como combustível os derivados de petróleo por equipamentos elétricos tais como caldeiras, fornos, etc.

Este cenário rapidamente se reverteu em função da falta de investimentos, fazendo com que na década de 90 fosse dado início ao processo de reestruturação do setor elétrico, acelerado a partir de 1995, quando deu-se o início das privatizações, devido a possibilidade de blecautes pelo fato do crescimento da oferta não acompanhar o crescimento da demanda.

Em 2001 as chuvas típicas do início do ano foram abaixo da média esperada levando os níveis dos reservatórios das hidroelétricas das regiões nordeste, centro-oeste e sudeste a valores críticos. Tal situação obrigou a implantação de um programa de racionamento imposto pelo governo federal para se evitar um colapso total no fornecimento de energia elétrica. Neste cenário a cogeração (geração simultânea de energia eletromecânica e calor a partir de uma fonte primária de energia) apareceu como uma forte alternativa para o aumento da oferta e conservação de energia elétrica e o setor sucroalcooleiro ganhou importância pelo potencial que possui.

Há várias décadas no setor sucroalcooleiro, em função de ser um grande consumidor de vapor a baixa temperatura (utilizado no processo produtivo do açúcar e do álcool), a cogeração vem sendo utilizada em larga escala, permitindo através de turbinas a vapor movimentar moendas, bombas de água e gerar energia elétrica para atender suas necessidades internas de consumo.

A partir de 1979 com estudos iniciados pela Companhia Paulista de Força e Luz (Crestani, 1993) a cogeração no setor sucroalcooleiro ganhou importância em função do potencial para geração de energia elétrica excedente para venda as concessionárias. O primeiro contrato para venda de excedente de energia elétrica, foi realizado em 1987 (Souza, 1987) com uma previsão de fornecimento de 6 a 10MWh por dia pela Usina São Francisco de Sertãozinho à Companhia Paulista de Força e Luz.

Estudos realizados em 1993, com investimento para elevação da pressão primária do vapor de 21 Kg/cm² (usada na grande maioria das usinas de açúcar e álcool) para 62 Kg/cm² o excedente no Estado de São Paulo seria de 780 MW e com a evolução da técnica de gaseificação poderia chegar a 3000 MW a partir de 2010 (Crestani, 1993).

Segundo Sil (2001) o potencial de cogeração para o estado de São Paulo seria de 400 a 700 MW até 2002 e para os anos seguintes com introdução de novas tecnologias e caldeiras operando à pressão de 62 kg/cm² poderá chegar a 5000 MW. Estes números poderão ser ainda maiores se levarmos em consideração o potencial de conservação de energia no processo de produção de açúcar e álcool utilizando novas tecnologias e equipamentos com menor consumo de energia.

O potencial brasileiro economicamente viável com as técnicas atuais é de 4.020 MW(Souza, 2000) sendo 777,71 MW (Figura 1) na área de concessão da CPFL(CPFL 2003). Segundo vários autores com a implementação de tecnologias ainda em desenvolvimento como por exemplo à gaseificação do bagaço da cana, o potencial brasileiro pode chegar a 12.000 MW.

A maioria das usinas de açúcar e álcool brasileiras, ainda operam com caldeiras à pressão do vapor de 21 kg/cm² e temperatura de 300 °C.

Esta condição de operação na grande maioria dos casos, permite apenas a auto suficiência de energia (mecânica, elétrica e calor).

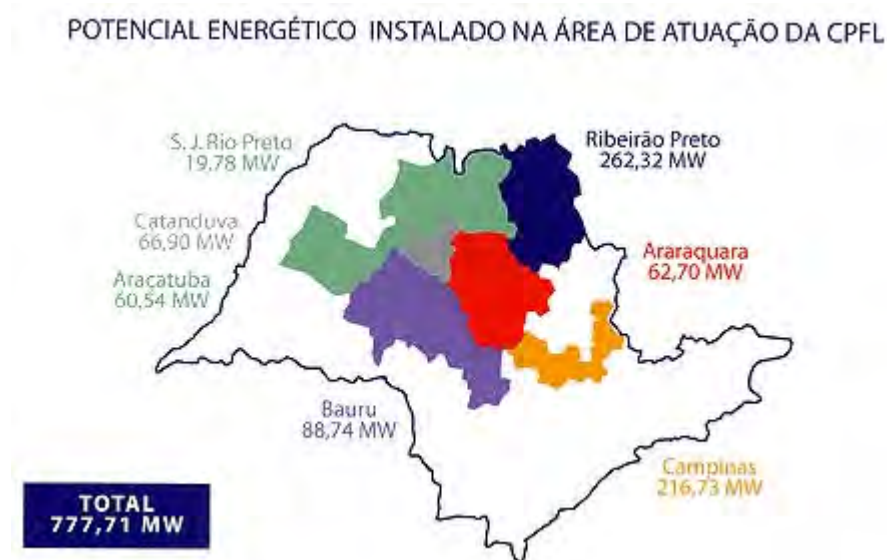


Figura 1 - Potencial de cogeração na área da concessionária CPFL

Para otimização de uma planta industrial de açúcar e álcool com a finalidade de produzir excedente de energia elétrica para comercialização, as principais alternativas são:

- ✓ Elevação da pressão e temperatura de operação das caldeiras
- ✓ Substituição de turbinas a vapor de simples estágio, que apresentam baixo rendimento por motores elétricos ou turbinas multi-estágios de alto rendimento
- ✓ Implementar tecnologias no processo produtivo visando conservação de energia (menor consumo de vapor por tonelada de cana processada).

O objetivo deste trabalho, é o desenvolvimento de um programa para análise do sistema de cogeração de uma usina de açúcar e álcool, usando como ferramenta o programa SIMULINK/MATLAB. Através do programa

denominado PAC (Programa para Análise de Cogeração) pretende-se simular qual o arranjo tecnológico que proporciona maior excedente de energia elétrica para comercialização e a partir dos resultados proceder uma análise de retorno financeiro.

Com dados históricos coletados na planta, através do programa PAC, pretende-se analisar:

- ✓ Qual o melhor arranjo tecnológico e de equipamentos que permitem disponibilizar maior excedente de energia elétrica.
- ✓ O consumo de combustível (bagaço da cana) em função da quantidade e das características da cana disponível para a safra.
- ✓ O comportamento do excedente de energia elétrica em função das oscilações do processo produtivo (consumo de vapor).

1.2. JUSTIFICATIVAS E PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

O aproveitamento de todo o potencial de cogeração visando aumento da oferta de energia elétrica pelo setor sucroalcooleiro consiste basicamente na modernização de seu parque industrial utilizando tecnologias energeticamente mais eficientes.

Além da tecnologia a ser aplicada para cogeração na planta industrial, outro fator extremamente importante é a quantidade de combustível disponível (bagaço e palha da cana). A cana de açúcar é um produto agrícola e como consequência sofre interferências do clima.

A quantidade de bagaço disponível está associada a dois fatores: quantidade de cana propriamente dita e quantidade de bagaço por tonelada de cana. A percentagem de fibra celulósica contida na cana está diretamente relacionado com a quantidade bagaço por unidade de peso, ou seja, uma mesma

quantidade de cana pode produzir mais ou menos bagaço. O teor de fibra da cana varia ao longo da safra (Figura 2) e de safra para safra.

A fibra contida na cana também está relacionada com a energia necessária para o processo de moagem da cana. A potência é expressa em kWh por tonelada de fibra (kWh/t_f) (Hugot, 1969).

Média Semanal Fibra % Cana Safra 02/03

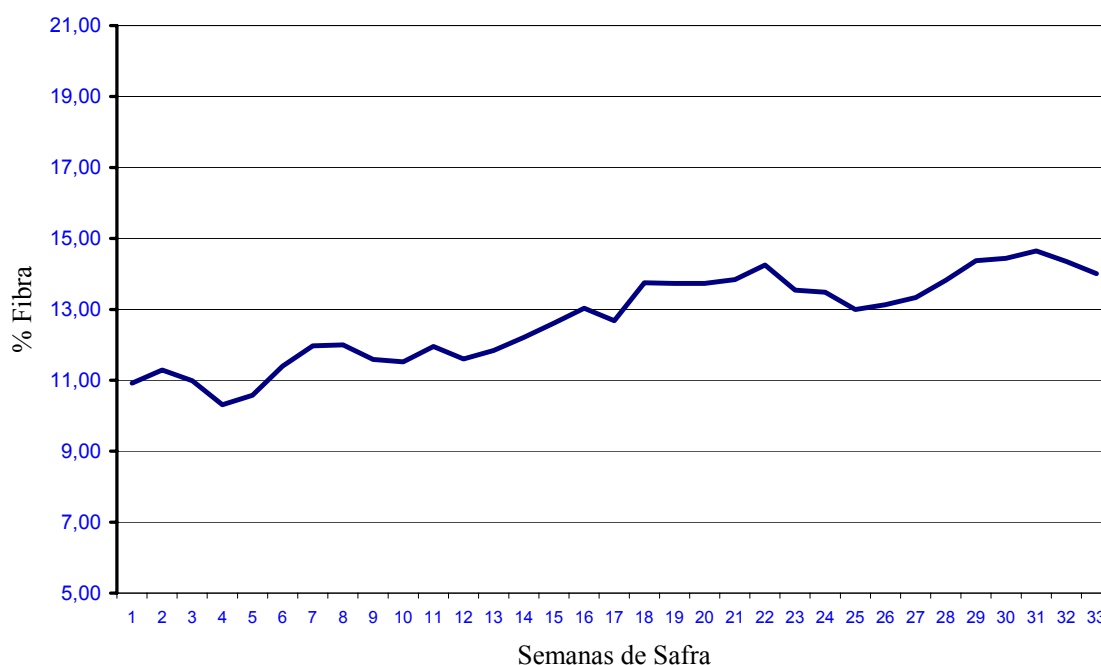


Figura 2 - Variação da fibra % cana da safra 02/03

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está dividido em 7 capítulos sendo:

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre cogeração, apresentando histórico, tipos de cogeração, sua importância para a

produção de energia elétrica e participação do setor sucroalcooleiro a nível de Brasil e no mundo.

O Capítulo 3 apresenta uma revisão bibliográfica sobre turbinas a vapor, caldeiras, geradores e motores elétricos que são os principais equipamentos do processo de cogeração em uma usina de açúcar e álcool. Mostra um histórico, suas principais características e aplicações.

No Capítulo 4 é feita uma breve descrição da usina objeto do estudo, seus principais equipamento e fluxograma do vapor. Apresenta-se também a estrutura e as equações para realização das simulações, características do programa que é utilizado como ferramenta (SIMULINK) e a construção do PAC usando o software SIMULINK.

O Capítulo 5 apresenta as simulações, análise dos resultados e conclusões.

No Capítulo 6 é apresentada uma análise de viabilidade financeira para implementação das alternativas simuladas.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões finais deste trabalho e sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros.

Com o objetivo de facilitar a consulta as referências bibliográficas são apresentadas no final de cada capítulo.

1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA, Anuário Estatístico da Indústria Automotiva Brasileira, disponível em <www.anfavea.com.br> Acesso em 02/05/03.

BALESTIERI, José Antonio Perrela. *Cogeração: Geração Combinada de Eletricidade e Calor*. Florianópolis: UFSC, 2002. p. 17-32.

CPFL, Companhia Paulista de Força e Luz – Potencial de Cogeração na Área de Concessão da CPFL, disponível em http://www.cpfl.com.br/new/business/prog_cogeracao2.asp Acesso em 03/06/03.

CRESTANI, S. C.. Em São Paulo, 3000 MW de co-geração no setor sucroalcooleiro até o ano 2010. *Eletricidade Moderna*, São Paulo, v. 233, p.48-54. ago. 1993.

HUGOT, E.. *Manual da Engenharia Açucareira*. São Paulo: Mestre Jou, 1969. cap.14, p.18.

SIL, A. C.. Co-geração: no máximo, 700 MW até 2002. *Brasil Energia*, Rio de Janeiro, v.247, p.82, jun.2001.

SOUZA, J. R. A.. O que as indústrias querem saber sobre co-geração. *Eletricidade Moderna*, São Paulo, v.163, p.30. ago.1987.

CAPÍTULO 2

COGERAÇÃO

2.1. INTRODUÇÃO

A cogeração é definida como sendo a produção simultânea de energia elétrica ou mecânica e energia térmica a partir de uma fonte primária de energia tal como bagaço de cana, cavaco de madeira, óleo combustível, gás, palha de arroz, etc. É uma técnica que permite uma maior utilização da disponibilidade termodinâmica dos combustíveis.

Segundo Balestiri (2002) os primeiros relatos de aplicação da cogeração aparecem na Europa no século 14 em ilustrações alemãs de 1350 em sistemas de trabalho mecânico de elevação denominados *smokejacks* (Figura 3). O sistema tem o princípio básico de uma turbina movida pelo ar quente que sobe por uma chaminé.

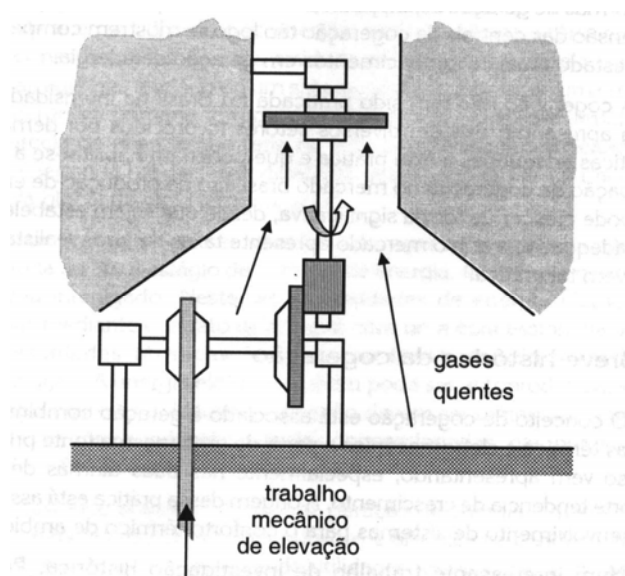


Figura 3 - Smokejack - Sistema de elevação a partir de gases quentes

As primeiras aplicações da cogeração para geração de energia elétrica aparecem em meados de 1870 (Balestiri, 2002) através de máquinas a vapor de eixo alternativo acopladas a um gerador, em áreas de grande concentração urbana. A aplicação da época estava relacionada com a geração de calor para aquecimento de ambientes.

Muitos são os países no mundo que usam a técnica de cogeração para geração de eletricidade, como parte de suas matrizes energéticas. A Tabela 1 apresenta alguns desses países e porcentagem de energia elétrica cogerada em relação ao total produzido, incluindo o Brasil.

Tabela 1 - Participação da cogeração na geração de energia elétrica sobre o total produzido de alguns países.

País	%
Holanda	38
Dinamarca	36
Finlândia	34
Alemanha	12
Polônia	11
Reino Unido	5,5
França	3
União Européia (Média)	10
China	12
Estados Unidos da América	6
Austrália	4
Japão	4
Índia	1
*Brasil	2

Fonte: Souza (2000) *Clementino (2001)

2.2. TIPOS DE CICLOS DE COGERAÇÃO

Cogeração é dividida basicamente em dois grandes grupos, segundo o tipo de ciclo empregado, que podem ser: ciclo topping e ciclo bottoming.

2.2.1. COGERAÇÃO TIPO TOPPING

Este tipo de cogeração consiste na utilização do combustível para produção de energia elétrica e ou mecânica, por exemplo, usando-se turbinas a vapor de contrapressão. O vapor que sai da turbina (vapor de escape) possui calor residual para ser utilizado em um processo produtivo (Figura 4). Este tipo de cogeração é típico das usinas de açúcar e álcool.

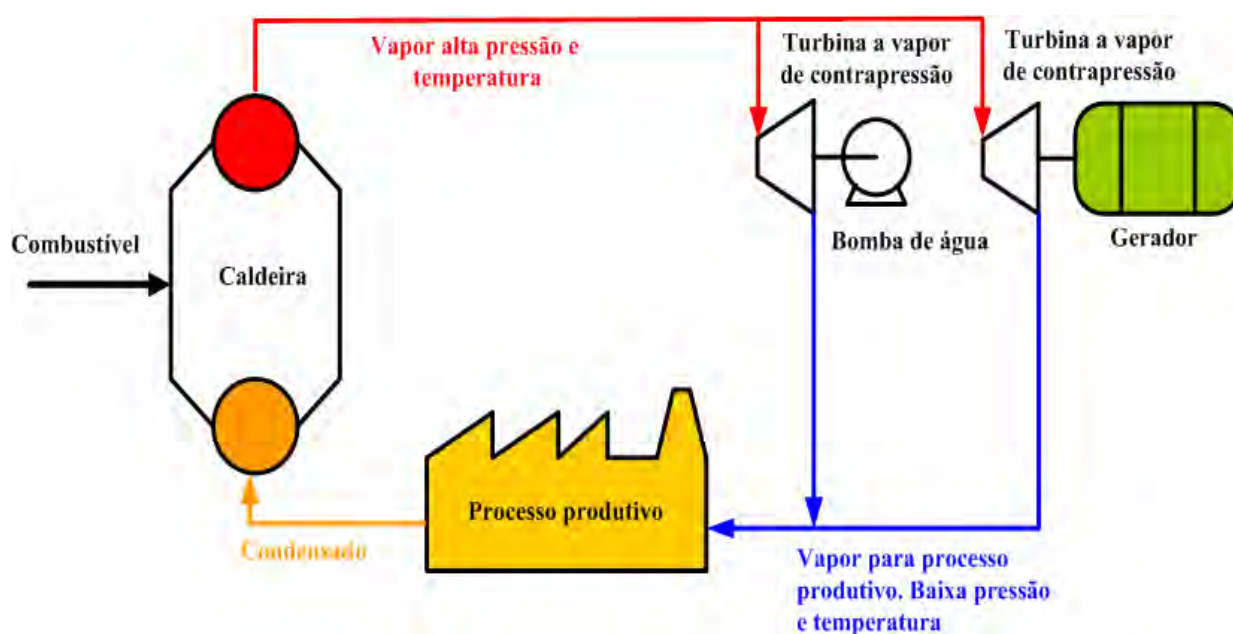


Figura 4 - Cogeração tipo topping

2.2.2. COGERAÇÃO TIPO BOTTOMING

Neste caso a energia do combustível é utilizada diretamente no processo produtivo (Siderúrgicas, produção de vidro, refratário). O calor residual do processo produtivo possui alta temperatura, permitindo por exemplo, através de uma caldeira de recuperação, produzir vapor e usando-se turbinas a vapor de condensação produzir energia elétrica e ou mecânica (Figura 5).

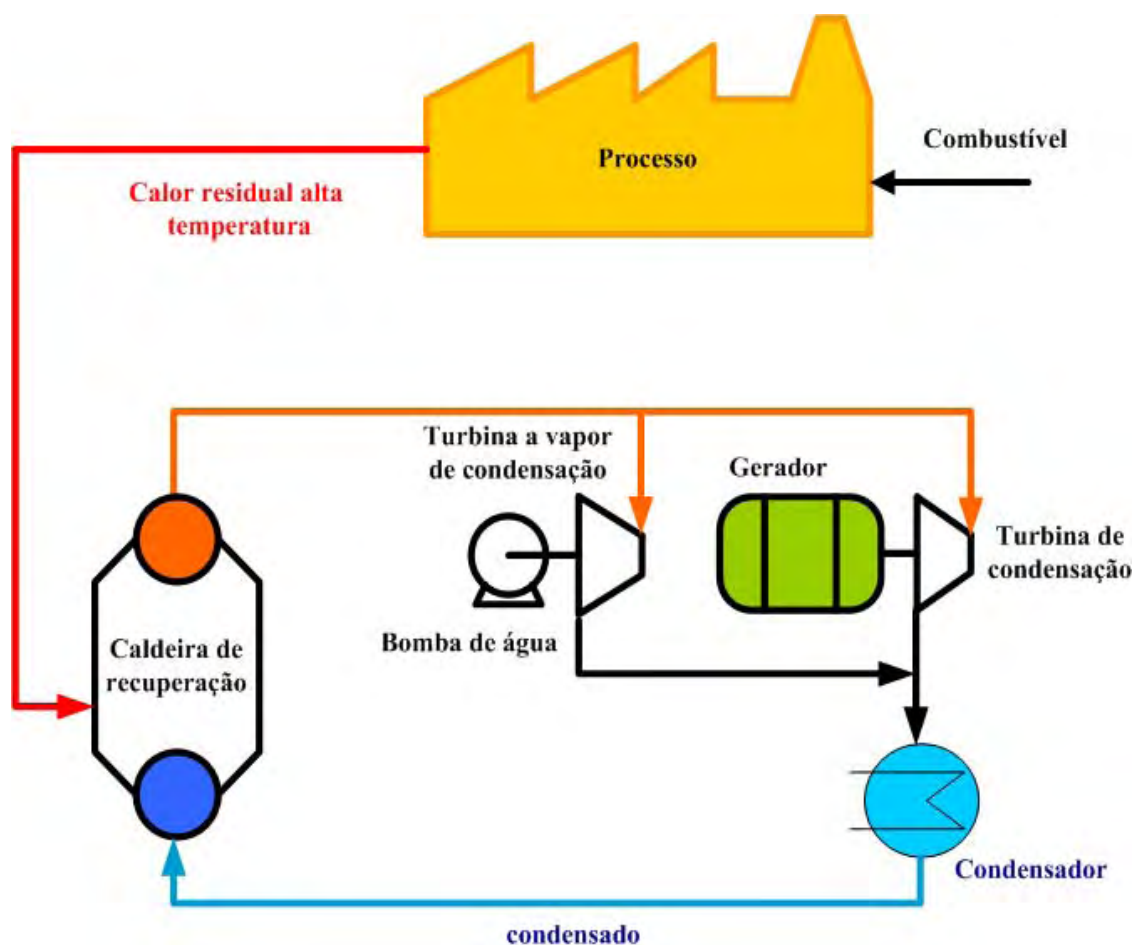


Figura 5 - Cogeração tipo bottoming

2.2.3. DESCRIÇÃO DO CICLO DE COGERAÇÃO EM UMA USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

O ciclo de cogeração em uma usina de açúcar e álcool é do tipo topping e possui como combustível os resíduos da cana de açúcar, ou seja, bagaço e palha. A palha ainda é pouco utilizada mas já faz parte dos estudos de novos projetos de cogeração, permitindo maior oferta de energia elétrica, inclusive durante o período de entressafra quando as usinas param para manutenção.

A Figura 6 representa esquematicamente e de forma simplificada, o ciclo do vapor de uma usina açúcar e álcool. A cana de açúcar depois de esmagada na moenda onde é extraído o caldo para a produção de açúcar

e álcool, tem como resíduo o bagaço que é enviado para a caldeira e queimado para a produção de vapor. Havendo excedente de bagaço, o mesmo é armazenado, retornando para a caldeira quando necessário.

O vapor gerado a uma pressão de 21 Kg/cm² e temperatura de 300 °C (vapor superaquecido) produz energia mecânica e elétrica através de turbinas a vapor de contrapressão, das quais o vapor sai a uma pressão de 1,5 Kg/cm² e temperatura de 130 °C. O vapor da saída das turbinas, chamado de vapor de escape, fornece a energia necessária (calor) para o processo produtivo de açúcar e álcool. Este vapor, como mostra o diagrama, é utilizado para aquecimento do caldo extraído da cana, para evaporação da água do caldo aumentando sua concentração de açúcar, nos cozedores onde caldo concentrado (xarope) forma os cristais e na destilaria onde é fabricado o álcool. No final de cada processo o vapor é condensado e retorna para as caldeiras.

O ciclo de operação de uma usina de açúcar e álcool é composto de safra e entressafra. Na região sudeste o ciclo ocorre tipicamente de maio a abril do ano seguinte. De maio a dezembro ocorre o período de safra (produção) e de janeiro a abril do ano seguinte a entressafra (ocorre a parada da produção para manutenção da planta). Usa-se para identificação da safra o ano da safra e entressafra (Exemplo: Safra 02/03, refere-se ao período de safra e entressafra realizados de maio de 2002 a abril de 2003).

O ciclo de operação de uma usina de açúcar e álcool é composto de safra e entressafra. Na região sudeste o ciclo ocorre tipicamente de maio a abril do ano seguinte. De maio a dezembro ocorre o período de safra (produção) e de janeiro a abril do ano seguinte a entressafra (ocorre a parada da produção para manutenção da planta). Usa-se para identificação da safra o ano da safra e entressafra (Exemplo: Safra 02/03, refere-se ao período de safra e entressafra realizados de maio de 2002 a abril de 2003).

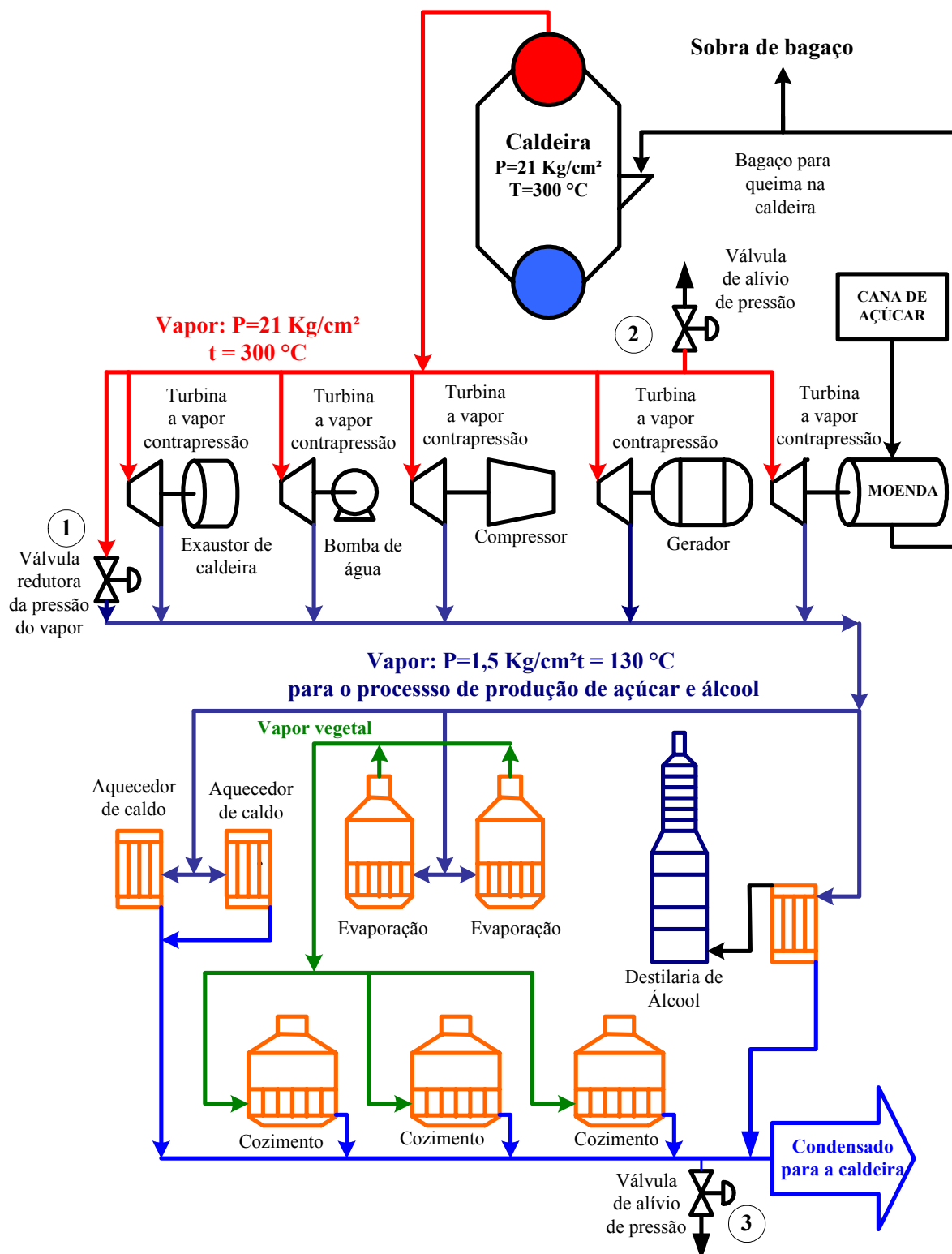


Figura 6 - Fluxograma típico do vapor (cogeração) de uma usina de açúcar e álcool

2.2.3.1. BALANÇO DE MASSAS

O balanço de massas representa o equilíbrio entre a vazão do vapor utilizado para geração de energia motriz e o vapor necessário para o processo produtivo. Em uma planta de cogeração, caso das usinas de açúcar e álcool este é um fator de extrema importância. Um desequilíbrio no balanço de massa representa perda de eficiência ou seja, de energia.

No diagrama da Figura 6 as válvulas 1, 2 e 3, cuja função é descrita na Tabela 2, são necessárias por questões de segurança e para absorver oscilações do processo produtivo, como por exemplo, a parada de uma moenda. Do ponto de vista energético, o ideal é que elas permaneçam fechadas, o que significa um equilíbrio entre o vapor utilizado para força motriz e o consumido no processo. Nesta condição todo o vapor destinado ao processo produtivo está passando por uma turbina a vapor, ou seja, realizando trabalho (cogeração).

A atuação de qualquer uma das válvulas significa desperdício de energia. As válvulas de alívio de pressão, quando ocorrem aberturas (2 e 3), há um grande desperdício de energia por lançar vapor direto para a atmosfera sem nenhum aproveitamento. A válvula redutora de pressão do vapor (1), embora não jogue o vapor para a atmosfera, supre as necessidades de vapor do processo rebaixando a pressão e temperatura do vapor sem realizar trabalho, ou seja sem realizar cogeração.

Tabela 2 - Descrição da função das válvulas da Figura 6

Válvula	Descrição
01	Válvula redutora de pressão ou suplementação: quando a vazão de vapor necessária para o processo produtivo é maior que a vazão através das turbinas a vapor, a mesma realiza a suplementação da vazão.
02 e 03	Válvulas de alívio de pressão: são válvulas de segurança, ajustadas de acordo com a pressão de operação da rede de vapor, evitando que a pressão ultrapasse limites de segurança.

2.3. PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA COGERAÇÃO NA INDÚSTRIA DA CANA DE AÇÚCAR

2.3.1 – REFERÊNCIAS MUNDIAIS

No mundo existem 70 países produtores de cana de açúcar (Carpio et al, 1999) sendo que os principais produtores são apresentados na Tabela 3. Com tecnologias modernas e um índice de eletricidade excedente de 50 kWh por tonelada de cana permitiria na América Latina e Caribe uma produção de 20.700 GWh. Porém de acordo com estudos mais recentes e de acordo com a tecnologia disponível, utilizando caldeiras de alta pressão de vapor (80 Kg/cm² e 450 °C), turbinas de condensação e extração de alto rendimento e no processo produtivo um consumo específico de 340 Kg de vapor por tonelada de cana, o índice de eletricidade excedente pode chegar de 80 a 100 kWh por tonelada de cana.

Em vários países vem ocorrendo trabalhos de pesquisa visando o máximo aproveitamento do potencial de produção de energia elétrica excedente nas usinas de cana de açúcar. Pode-se citar como exemplo a Índia, Tailândia e Ilhas Maurício, merecendo destaque a Índia que possui 394 usinas e um potencial de 3.500 MW (Saha, 1998). Nesses países a comercialização de excedentes de energia vem ocorrendo há vários anos.

Além dos trabalhos visando implementações tecnológicas a nível de equipamentos (caldeiras, turbinas, etc.), outros estão sendo realizados visando alternativas de combustíveis para complementação do bagaço buscando um melhor aproveitamento das instalações da planta de cogeração durante o período de entressafra. O maior potencial encontra-se em outro resíduo da cana de açúcar que é a palha resultante da colheita da mesma na lavoura, porém, outras alternativas tem sido utilizadas como por exemplo o carvão na Ilhas Maurício

(Nöel, 1994) e madeira de eucalipto na Nicarágua (Broek, 2000). A melhor alternativa depende de condições particulares de cada país ou região.

Tabela 3 - Produção mundial de cana de açúcar

Países	Produção de Cana de Açúcar (mil t)
Brasil	317.601
Índia	282.250
China	89.388
Paquistão	53.104
Tailândia	52.839
México	46.000
Austrália	36.922
Colômbia	36.900
Cuba	35.000
EUA	32.406
Filipinas	26.287
Indonésia	26.000
África do Sul	21.248
Argentina	19.400
Vietinã	17.840
MUNDO	1.275.000

Fonte FAO IBGE

2.3.2. – PANORAMA BRASILEIRO

O Brasil é o maior produtor de cana de açúcar do mundo, possui 307 usinas concentradas nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, sendo 128 no Estado de São Paulo (Unica, 2003) o que representa 41,7% das unidades instaladas, porém, em produção responde por 60% da produção nacional. A Figura 7 apresenta o gráfico com o perfil da produção nacional e regional da cana de açúcar para as safras de 90/91 à 01/02 e a Tabela 4 a produção por Estado para o mesmo período.

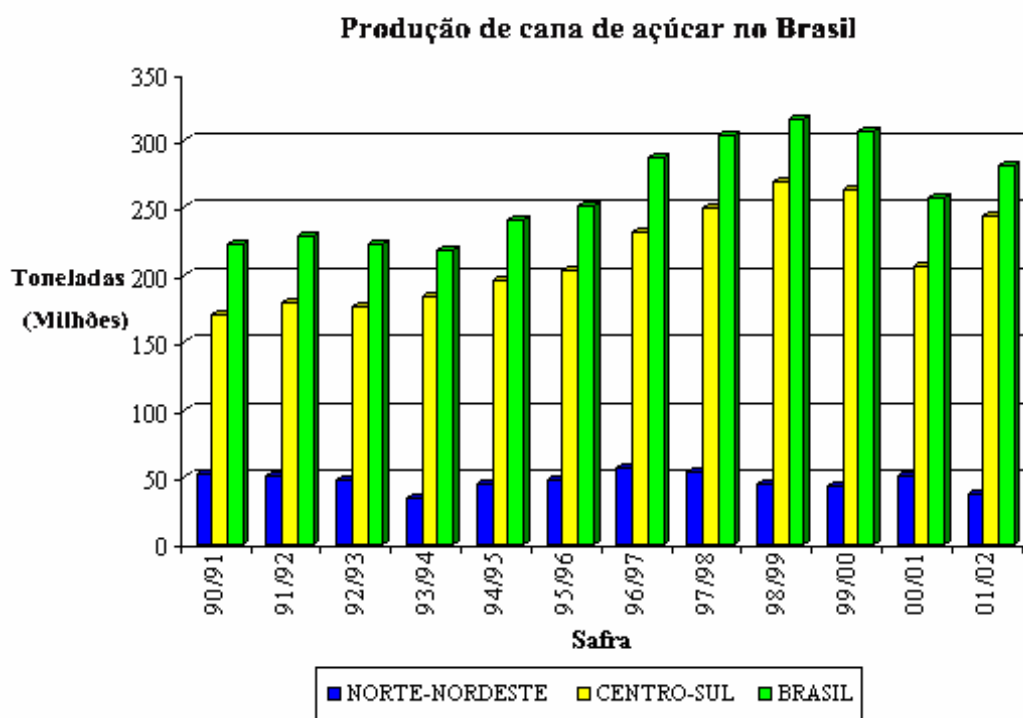


Figura 7 - Produção de cana de açúcar no Brasil

O bagaço da cana de açúcar é a principal fonte energética das usinas, permitindo que a maioria das unidades sejam auto-suficientes durante o período de safra produzindo energia mecânica, elétrica e calor para o processo produtivo, ou seja, fazendo uso da cogeração.

Com a queima do bagaço em caldeiras produz-se vapor a alta pressão que através de turbinas a vapor de contrapressão produz energia mecânica para acionamento de moendas, bombas de água e exaustores de caldeiras e acopladas a geradores produz energia elétrica. O vapor de saída das turbinas a vapor (vapor de escape) possui calor residual que é utilizado no processo produtivo de açúcar e álcool.

Tabela 4 - Produção de cana de açúcar por Estado da safra 90/91 a 2001/2002

ESTADOS/SAFRA	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02
Acre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rondônia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amazônia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201
Para	184	169	127	168	75	238	243	247	308	521	527	283
Tocantins	0	110	85	138	180	221	127	185	21	0	0	0
Maranhão	595	540	299	130	260	568	725	899	1.118	938	799	1.094
Piauí	464	384	306	243	328	414	340	337	313	218	248	274
Ceara	506	420	286	184	160	467	405	326	368	131	66	74
R. G. do Norte	2.169	1.908	2.100	1.503	2.064	2.414	2.558	2.645	2.808	1.893	2.388	1.841
Paratiba	4.570	4.416	3.891	1.965	3.240	3.584	4.743	5.330	3.888	3.418	3.594	3.231
Pernambuco	18.679	18.328	17.279	12.052	16.478	17.077	20.157	16.971	15.588	13.320	14.367	11.535
Alagoas	22.617	21.483	21.048	15.827	20.067	19.706	23.542	23.698	17.345	19.315	25.198	15.607
Sergipe	1.395	948	671	590	620	617	1.044	1.063	1.038	1.163	1.414	807
Bahia	1.053	1.487	1.073	1.622	1.156	2.107	2.322	2.581	2.347	2.098	1.921	1.876
NORTE-NORDESTE	52.235	50.191	47.164	34.422	44.629	47.413	56.206	54.282	45.141	43.017	50.523	36.823
Minas Gerais	9.850	10.434	8.707	8.421	9.485	8.987	9.906	11.971	13.484	13.599	10.635	12.206
Espírito Santo	1.194	1.750	1.678	1.290	1.913	1.777	1.829	2.466	1.942	2.127	2.554	2.011
Rio de Janeiro	4.522	6.564	5.163	4.862	5.480	5.228	5.437	4.926	5.191	4.953	3.935	3.073
São Paulo	131.815	137.281	136.592	143.995	149.113	151.717	170.424	181.511	199.521	194.234	148.226	176.574
Paraná	10.751	11.182	11.989	12.480	15.531	18.462	22.259	24.875	24.225	24.351	19.321	23.076
Santa Catarina	463	322	350	343	235	0	0	0	0	0	0	0
R. G. do Sul	38	39	53	57	46	31	44	45	32	0	0	80
Mato Grosso	3.325	2.851	3.153	3.834	4.907	6.739	8.085	9.788	10.306	10.111	8.670	10.673
Mato Grosso do Sul	3.978	3.935	3.706	3.719	3.770	4.675	5.405	5.916	6.590	7.410	6.521	7.744
Goiás	4.258	4.672	4.904	5.089	5.834	6.330	8.216	8.193	8.536	7.163	7.208	8.782
CENTRO-SUL	170.195	179.031	176.295	184.088	196.315	203.944	231.604	249.692	269.828	263.949	207.069	244.220
BRASIL	222.429	229.222	223.460	218.510	240.944	251.358	287.810	303.974	314.969	306.966	257.592	281.042

No tocante a produção de energia elétrica segundo Souza (2000) a potência de cogeração instalada no setor sucroalcooleiro seria de 995 MW mas, apenas 700 MW estariam sendo produzidos sendo aproximadamente 660 MW para consumo próprio e 40 MW sendo comercializados junto as concessionárias de energia. Em 1987 (Souza,) 1987 foi realizado o primeiro contrato de venda de energia elétrica gerada pelo setor sucroalcooleiro entre a Usina São Francisco e Companhia Paulista de Força e Luz.

No Brasil de 1987 a 1998 a energia elétrica cogerada pelas usinas cresceu 106,38%, somando-se a energia para consumo próprio e comercializada com as concessionárias. O gráfico da Figura 8 mostra a evolução da geração de energia elétrica do setor de 1982 a 1998.

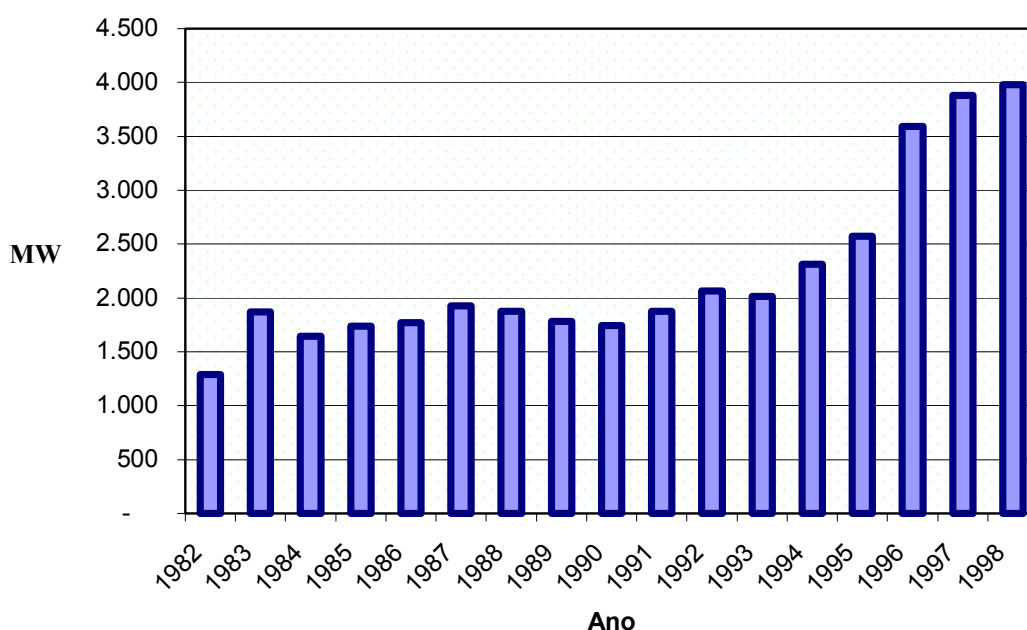


Figura 8 – Evolução da energia cogerada pelo setor sucroalcooleiro de 1982 a 1998

Segundo o livro Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2002 (ANEEL, 2002) o potencial de cogeração de excedentes de energia elétrica no setor sucroalcooleiro é de 3.851 MW considerando tecnologias eficientes e disponíveis comercialmente no Brasil. Até setembro de 2001 apenas 3,4% (133 MW) do

referido potencial brasileiro estava sendo comercializado. Dados apontam perspectivas de 1.578 MW em novos projetos sendo 348 MW em curto prazo (2002), 772 MW em médio prazo (2003-2004) e 458 MW à prazo (à partir de 2005). A Tabela 5 apresenta potencial de geração distribuído por estado brasileiro.

Tabela 5 - Potencial de cogeração por estado brasileiro

Unidade da Federação	Potencial de Geração (MW)
São Paulo	2.244
Alagoas	369
Pernambuco	203
Paraná	283
Mato Grosso	125
Goiás	109
Minas Gerais	162
Mato Grosso do Sul	95
Rio de Janeiro	60
Paraíba	52
Rio Grande do Norte	29
Espírito Santo	39
Bahia	33
Sergipe	21
Piauí	3
Maranhão	12
Pará	7
Amazonas	3
Ceará	2
Total	3.851

Fonte: ANEEL 2002

Para que a comercialização de energia elétrica cogerada acontecesse, foram necessárias mudanças na legislação e uma reestruturação do setor elétrico nacional que vem ocorrendo desde 1981 (Clementino 2001). O primeiro passo foi o Decreto-Lei nº 1.872 de 21 de maio de 1.981, posteriormente regulamentado pela portaria do DNAEE 084 de 22 de outubro de 1.981 (Silva, 1987), que criava a oportunidade de comercialização de energia elétrica excedente de autoprodutor.

A criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) através da Lei nº 10.438 de 2002 do MME (MME, 2002) é a mais recente e importante medida visando implementar a geração de energia elétrica através de biomassa, eólica e PCH. Em sua primeira etapa o programa prevê a implantação de 3.300 MW de capacidade sendo 1.100 MW para biomassa, 1.100 MW para eólica e 1.100 MW para PCH, para instalações com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2006. O programa também assegura a compra da energia produzida no prazo de quinze anos a partir da entrada em operação da central energética.

Em sua segunda etapa, atingida a meta de 3.300 MW o PROINFA será desenvolvido de forma que as fontes biomassa, eólica e pequenas centrais hidroelétricas tenham uma participação de 10% do consumo anual de energia elétrica do país, através de contratos celebrados pela Eletrobrás, com prazo de duração de 15 anos.

A Tabela 6 apresenta uma cronologia e síntese das principais mudanças na legislação do setor elétrico brasileiro, importantes para a cogeração no setor sucroalcooleiro.

Segundo Souza (2.000), a reestruturação do setor elétrico brasileiro teve início em 1.990 com o Plano Nacional de Desestatização, porém, somente em 1.995, ocorreu o início da reestruturação do setor elétrico nacional com o começo das privatizações das empresas ligadas ao setor (Tabela 7).

Tabela 6 – Síntese e cronologia da legislação importante para a cogeração no setor sucroalcooleiro.

Documento	Ementa
Decreto 1872 do MME de 21/05/1981	Dispõe sobre a aquisição, pelas concessionárias de energia elétrica, de excedente de energia elétrica gerada por auto produtor.
Portaria do DNAEE nº 246 de 26/12/1988. Alterada pela Portaria do DNAEE 094 de 13.06.1989	Autoriza os concessionários de Serviço Público de Energia Elétrica, integrantes dos sistemas elétricos interligados, a adquirir energia elétrica excedente de autoprodutores.
Decreto Estadual nº 37.234 (SP)	Cria o Comitê Executivo, junto ao Gabinete do Secretário de Energia, do Programa de Produção de Energia Elétrica do Setor Sucroalcooleiro de São Paulo.
Lei do /12 MME nº 9.427 de 26/1.996.	Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica.
Decreto do MME nº 2.003 de 10/09/1.996.	Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor
Resolução da ANEEL nº 264 de 13/08/1.998.	Estabelece as condições relativas à contratação de energia elétrica pelos consumidores livres.
Portaria do MME nº 227 de 02/07/1.999.	Determina que a Centrais Elétricas Brasileiras S/A - ELETROBRÁS promova chamada pública para identificação dos excedentes de energia elétrica provenientes de co-geração, com o objetivo de sua comercialização a curto prazo.
Lei do MME nº 10.438 de 26/04/2002.	Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica

Tabela 7 - Empresas estatais do setor de energia elétrica privatizadas de 1995 a Agosto/2000

Empresa	Data da privatização
Escelsa	11/07/1.995
Light	21/05/1.996
CERJ	20/11/1.996
Coelba	31/07/1.997
Cachoeira Dourada	05/09/1.997
AES Sul	21/10/1.997
RGE	21/10/1.997
CPFL	05/11/1.997
Enersul	19/11/1.997
Cemat	27/11/1.997
Energipe	03/12/1997
Cosern	12/12/1.997
Celce	02/04/1.998
Eletropaulo/Metropolitana	15/04/1.998
Celipa	09/07/1998
Elektro	16/07/1998
Gerasul	15/09/1998
EBE – Bandeirantes	17/09/1998
CESP Paranapanema	28/07/1.999
CESP Tietê	27/10/1.999
Celpe	17/02/2.000
Cia Energética Maranhão	15/06/2.000

Para o Ministério de Minas e Energia, os resultados da reestruturação brasileira podem ser resumidos em quatro frentes de trabalho:

- i. Criação de um órgão regulador independente e autônomo: criou-se a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- ii. Expansão do sistema e da oferta de eletricidade: retomaram-se as obras paralisadas, ocorreu a licitação de novas hidrelétricas e autorizou-se a interligação para a compra e venda de energia de países vizinhos;
- iii. Privatização da área de distribuição de eletricidade: o processo de privatização foi iniciado com a privatização

da Escelsa do Estado de Espírito Santo, em julho de 1.995;

- iv. Detalhamento do modelo de mercado: contratou-se a empresa Coopers & Lybrand para apresentar uma proposta da nova estrutura do setor elétrico.

2.4. PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA COGERAÇÃO NA INDÚSTRIA DA CANA DE AÇÚCAR E O MEIO AMBIENTE

Segundo trabalho realizado pela FIESP/CIESP (2.001) a produção de energia a partir do bagaço de cana, quando gerenciada com cuidados ambientais, tende a ser melhor aceita por ser renovável, de caráter sustentável, com resíduos reaproveitáveis, e de inserção adequada na questão de emissões de gases do efeito estufa. Ambientalistas representantes das organizações não governamentais (ONGs) SOS Mata Atlântica (Mário Mantovani) e Greenpeace, aprovaram a produção de energia pelo bagaço de cana, considerando-a ambientalmente adequada, por possibilitar a captura do dióxido de carbono (CO_2) emitido no processo de geração de energia com o próprio cultivo da cana de açúcar, através da fotossíntese. As alterações ambientais e os impactos (alterações significativas) desencadeados nas diferentes etapas do sistema de geração de energia do bagaço, desde o cultivo da cana até a colocação da energia na subestação da distribuidora, são diversificados e necessitam ser previstos e amenizados. A cana de açúcar é uma das plantas mais eficientes na realização da fotossíntese, ou seja, possui uma grande capacidade de fixar e capturar CO_2 .

A queima de resíduos da cana-de-açúcar produzem substancial liberação de carbono na forma de CO_2 . Entretanto no balanço do caso de biomassa, o resultado é praticamente nulo, pois através da fotossíntese, a biomassa queimada é repostada no ciclo seguinte da cultura. A Tabela 8 faz uma

comparação das emissões de CO₂ na geração de energia elétrica entre biomassa e combustíveis fósseis.

Tabela 8 - Emissão de CO₂ por tipo de combustível

Tipo de combustível	Emissões (kg CO₂/kWh)	Condições
Cana de Açúcar	0,057 – 0,11	Ciclo completo incluindo energia indireta dos equipamentos e insumos
Madeira	0,0465	Ciclo completo incluindo energia indireta dos equipamentos e insumos
Óleo Combustível	0,85	Somente queima de combustível
Gás Natural	0,38	Somente queima de combustível

2.5. CONCLUSÕES PARCIAIS

A energia elétrica produzida através da cogeração tem importante participação na matriz energética de vários países, tais como Holanda, Dinamarca e Finlândia, onde a cogeração representa respectivamente 38%, 36% e 34% da potência instalada.

No Brasil, apesar do grande potencial existente, principalmente através de biomassa, a participação da energia elétrica produzida a partir de instalações de cogeração ainda é modesta. Como por exemplo, no setor sucroalcooleiro, do potencial técnico e comercialmente existente, apenas 3,4% em 2.001 estava sendo comercializado.

Com o risco eminente de déficit de energia elétrica, o racionamento de energia ocorrido no ano de 2.001 e a perspectiva de crescimento econômico, tem impulsionado a busca de fontes alternativas para produção de energia elétrica. A criação do Programa de Incentivo a Fontes Alternativas (PROINFA) é uma das medidas que busca incentivar e desenvolver fontes que

não ofereçam risco de danos ao meio ambiente e que possuem um grande potencial a ser explorado.

2.6. BIBLIOGRAFIA

BALESTIERI, José Antonio Perrela. *Cogeração: Geração Combinada de Eletricidade e Calor*. Florianópolis: UFSC, 2002. p. 17-32.

BROEK, R.. Electricity generation from eucalyptus and bagasse by sugar mills in Nicarágua, *Biomass and Bioenergy* 19, p. 311-335, 2000.

CLEMENTINO, Luiz Donizete. *A Conservação de Energia por meio da Co-Geração de Energia Elétrica*. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2001. p. 33-40.

CARPIO, R. C. et al, Criterios de Avaliação Termodinâmica para Sistemas de Cogeração em Usinas de Açúcar e Álcool. Cobem99 – Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 1999.

MME Ministério das Minas e Energia, Proinfa – disponível no site www.inee.org.br/download/forum/Parecer%20INEE%20Proinfra.pdf Acesso em 08/12/2003.

NÖEL, E. L. R., Conegeration and the Optimal Steam/energy balance, Int. Sugar JNL, Vol. 96, n. 1146, p. 205-209, 1994.

NATURAL RESOURCES FORUM, 4., 1998, SAHA, Anindita R. Cogeneration potencial in Indian sugar mills: a case study – Natural Resources Forum, Vol. 22, n. 4, p.245-251, 1998.

SOUZA, J. R. A, O que as indústrias querem saber sobre co-geração. *Eletricidade Moderna*, v.163, p.30. ago.1987.

SOUZA, Z. J.; BURNQUIST, H. L.. *A Comercialização da Energia Elétrica Co-gerada pelo Setor Sucroalcooleiro*. São Paulo: Plêiade Ltda, 2000. p. 35-39.

UNICA, União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, Potencial de cogeração Brasileiro – disponível no site <www.unica.com.br> Acesso em 23/04/2004.

CAPÍTULO 3

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE COGERAÇÃO DE UMA USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL.

3.1. INTRODUÇÃO

Os principais equipamentos que compõe o processo de cogeração em uma usina de açúcar e álcool são caldeiras, turbinas a vapor, geradores. Nas caldeiras o bagaço da cana de açúcar é queimado para a produção de vapor a alta pressão e temperatura (21 kg/cm² a 300 °C, 42 kg/cm² a 400 °C, 64 kg/cm² a 450 °C, por exemplo) para acionamento das turbinas a vapor, produzindo energia mecânica ou elétrica e o calor residual do vapor (1,5 kg/cm² e 130 °C) na saída das mesma, utilizado no processo produtivo de açúcar e álcool.

Em função das várias possibilidades de otimização de uma planta de cogeração, de forma indireta, motores elétricos ganham importância pela possibilidade de substituírem turbinas a vapor de baixo rendimento, aplicadas no acionamento de moendas, exaustores, bombas, etc.

3.2. CALDEIRAS

Segundo (Macintyre, 1997) caldeiras ou geradores de vapor d'água são equipamentos destinados a mudar o estado da água, do líquido para o de vapor, a fim de ser usado em aquecimento, em processos industriais, no acionamento de máquinas motrizes (turbinas a vapor para acionamento de geradores, bombas de água, etc), etc. Podem ser elétricas ou a combustíveis (gás, óleo combustível, bagaço e palha da cana, madeiras, etc).

3.2.1. HISTÓRICO

Segundo Babcock&Wilcox Company (1978), a primeira descrição de uso de vapor de água é descrita por Heron de Alexandria, provavelmente no 1º século D.C.. Ele apresenta um equipamento que ficou conhecido como A Máquina de Heron (Figura 9), composta de uma caldeira e uma esfera oca apoiada em dois mancais sendo um deles para conduzir o vapor da caldeira para o interior da esfera que sai da mesma através de dois tubos diametralmente opostos provocando seu movimento giratório. Heron, na descrição de seu invento não apresentou uma sugestão para aplicação do mesmo. A Máquina de Heron é também uma antecessora da turbina a vapor.

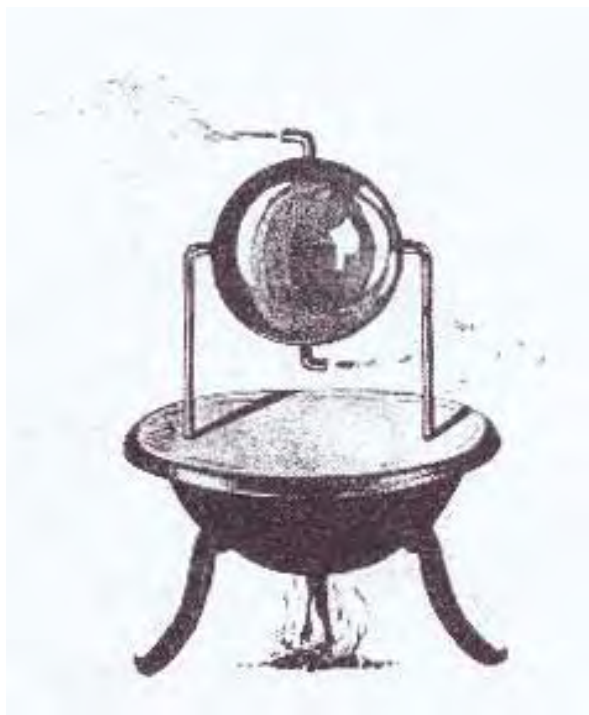


Figura 9 - Máquina de Heron

Segundo Babcock&Wilcox, não existem relatos de uso prático de caldeiras a vapor antes do século XVII, embora existam trabalhos publicados sobre geração de vapor no final do século XVI.

A fonte mais comum de vapor no início do século XVIII era uma caldeira tipo “concha”, verdadeiras chaleiras cheias de água aquecidas por baixo, Figura 10.

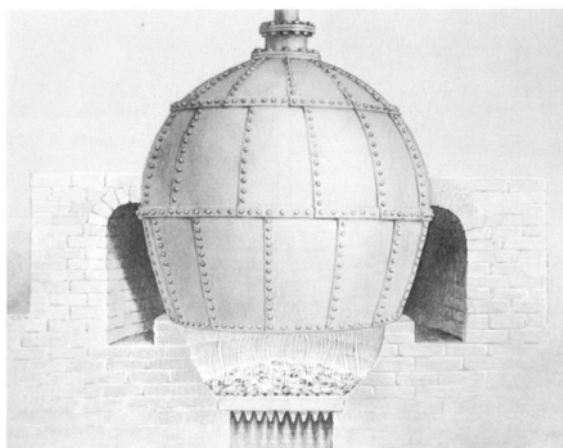


Figura 10 - Caldeira tipo concha

A primeira máquina a vapor comercializada com sucesso foi patenteada em 1.698 por Thomas Savery que embora muito primitiva foi usada para bombear água em minas de carvão. Também com a finalidade de bombear água em minas de carvão, em 1.711 Newcomen apresentou sua máquina a vapor (Figura 11), uma versão mais otimizada que operava automaticamente.

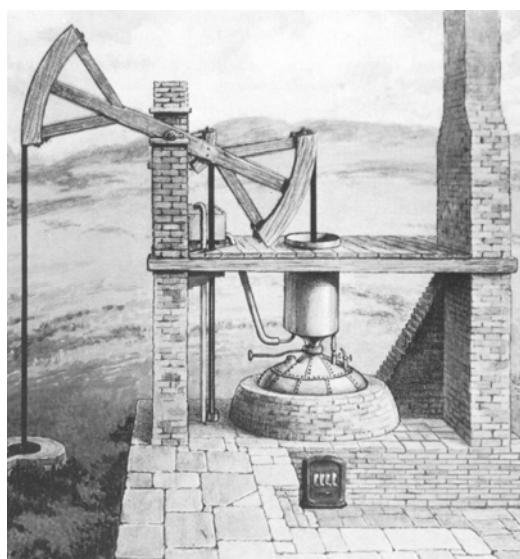


Figura 11 - Caldeira de Newcomen 1711

Um dos grandes nomes envolvidos com o uso do vapor d'água foi, indubitavelmente, o de James Watt, grande engenheiro e fabricante de instrumentos da cidade de Glasgow, o qual começou a atuar nesse ramo através de aperfeiçoamentos que introduziu nos então recentes inventos de caldeiras e máquinas a vapor. Em 1769, ele patenteou vários desses aperfeiçoamentos. Seu nome se encontra diretamente ligado à Revolução Industrial do século XVIII. Podemos considerar que, depois que James Watt plantou as bases do desenvolvimento do uso do vapor, durante a segunda metade do século XVIII, o século XIX foi o período da grande arrancada, para que o vapor d'água ocupasse lugar de destaque, como elemento importante dentro do cenário industrial.

Logo de início, por volta de 1800, surgiram dois nomes: Richard Trevithick, na Inglaterra, e Oliver Evans, na América. Ambos introduziram máquinas a vapor de alta pressão, não condensantes. Evans logo se distinguiu por se envolver com locomotivas e navegação a vapor.

A consolidação do uso do vapor atingiu o seu auge no século XX. Desde 1900 até o período da I Guerra Mundial, as pressões de vapor utilizadas nas centrais termelétricas maiores foram gradualmente sendo aumentadas. Por volta de 1914, era comum encontrar turbinas operando com pressões entre 18 kg/cm² e 19,5 kg/cm² e temperaturas de 295 °C.

Um grande salto foi dado nos anos de 1924 e 1925, nos Estados Unidos, com o projeto e a colocação em operação de uma caldeira para 1200 psi (84,5 Kgf/cm²), na Estação Edgar da Boston Edison Company. Essa caldeira foi construída para acionar uma turbina de 3.150 KW a 3600 RPM, fornecendo aproximadamente 72 toneladas de vapor por hora a uma temperatura de 371° C.

Conforme (Mataruna, 2003), no início do século XIX, todas as máquinas a vapor, caldeiras e afins em uso no Brasil e no resto do mundo eram importadas da Inglaterra, único fabricante até então. A indústria que começou a

usá-las foi a de produção de açúcar, tanto no Brasil como nas Antilhas, principalmente em Cuba. Têm-se notícia que em 1819, chegou em Havana a primeira máquina a vapor fabricada nos Estados Unidos da América. A partir da década de 1820, Cuba só obtinha suas máquinas nos Estados Unidos, e por isso, suas indústrias se instalaram na costa ocidental daquela ilha. Cuba se tornou grande fornecedor de açúcar para os Estados Unidos.

Em 1957 (Peres, 1982) foi instalada a primeira caldeira construída no Brasil, na Usina Santa Tereza, no Estado de Pernambuco, fabricada pela Companhia Brasileira de Caldeiras sob licença da Combustion Engineering Inc. – USA.

3.2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS CALDEIRAS

As caldeiras a combustíveis podem ser classificadas em dois grandes grupos conforme o modo de transferência de calor para vaporizar a água, ou seja, flamatubulares e aquatubulares.

3.2.2.1. CALDEIRAS FLAMOTUBULARES

Nas caldeiras flamatubulares ou fogotubulares (Figura 12) os gases quentes da combustão circulam no interior de tubos que atravessam o reservatório de água a ser aquecida para produzir vapor. Esse tipo de caldeira, geralmente de pequeno porte, é utilizada apenas para pressões e vazões de vapor reduzidas. Segundo Pera (1990) sua aplicação está limitada à pressão de 16 kg/cm² e vazão de 15 t/h. Ainda é muito utilizada em instalações de pequeno porte (vazões de até 7 t/h) em razão do seu baixo valor de investimento comparado com as caldeiras aquatubulares, e da facilidade de manutenção. Utiliza qualquer tipo de combustível, líquido, sólido ou gasoso. É muito comum o seu uso com óleo e gás.

Segundo Peres (1982), nas usinas de açúcar brasileiras, na década de 30 a 40, as caldeiras fogotubulares foram substituídas por caldeiras aquatubulares.

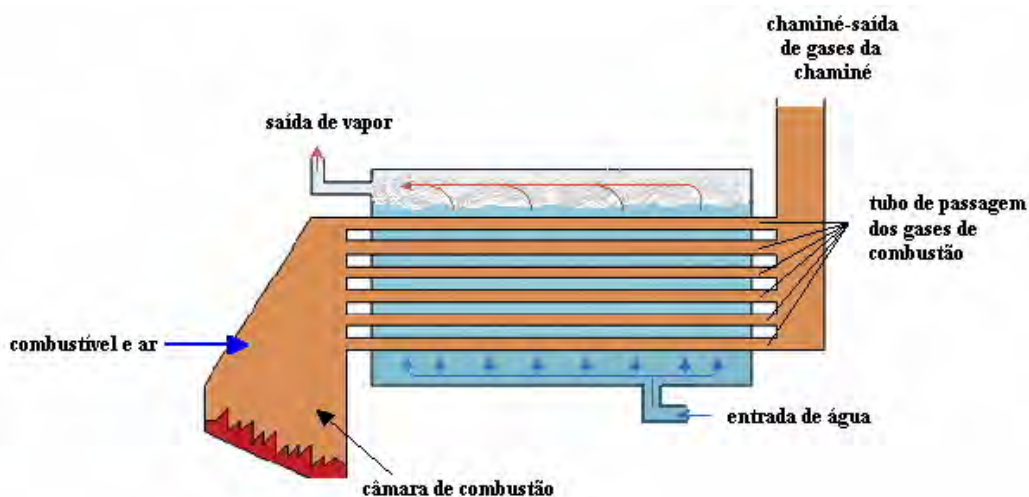


Figura 12 - Caldeira flamotubular ou fogotubular

3.2.2.2. CALDEIRAS AQUATUBULARES

Nas caldeiras aquatubulares (Figura 13) a água a ser aquecida passa no interior de tubos que por sua vez são envolvidos pelos gases de combustão. Os tubos podem estar organizados em feixes como nos trocadores de calor e as caldeiras que os contêm apresentam a forma de um corpo cilíndrico ou em paredes de água como nas caldeiras maiores.

Segundo Pera (1990) somente foi possível a obtenção de maiores produções de vapor, a pressões elevadas e altas temperaturas com o advento das caldeiras aquatubulares. Encontra-se caldeiras de grande porte com capacidade de 750 tv/hora, pressão de 200 kg/cm² e temperatura do vapor de 500 °C.

No Brasil as caldeiras aquatubulares utilizadas no setor sucroalcooleiro, na sua grande maioria, operam com vapor à pressão de 21 kg/cm²

e 300 °C de temperatura e rendimento que podem variar de 80% a 85%. Com a possibilidade da comercialização de energia elétrica, as usinas de açúcar vêm substituindo suas caldeiras por de maior eficiência e capacidade de produção. Com tecnologia nacional, atualmente são fabricadas caldeiras com rendimento de 87,5% e capacidade de produção de 100 à 300 t/h, pressão de 21 a 80 kg/cm² e temperatura de 300 °C a 510 °C.

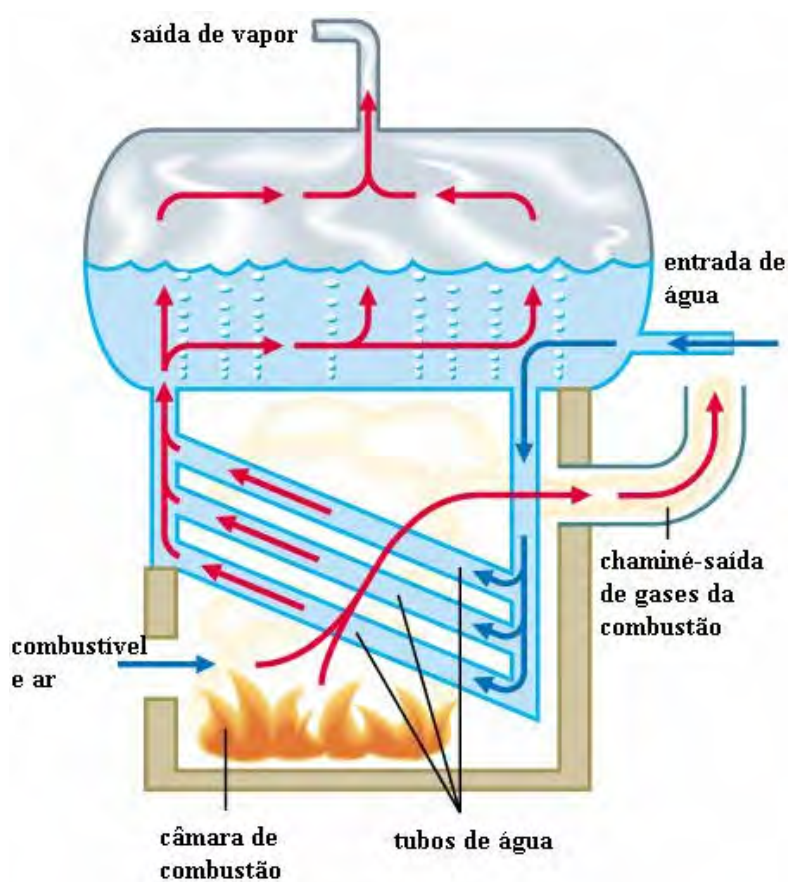


Figura 13 - Caldeira aquatubular

3.2.3. COMBUSTÃO DO BAGAÇO DE CANA EM CALDEIRAS

A combustão do bagaço de cana pode ser feita basicamente de duas maneiras sendo: por deposição ou em suspensão.

3.2.3.1. QUEIMA POR DEPOSIÇÃO

Neste tipo de caldeira (Figura 14) o bagaço é depositado em fornalha, amontoado de forma cônica ou em camada regular sobre um grelhado tipo basculante ou rotativo onde recebe injeção de ar e ocorre sua queima. Este tipo de caldeira apresenta baixo rendimento e segundo Campanari (2002) esta desaparecendo das usinas de açúcar e álcool.

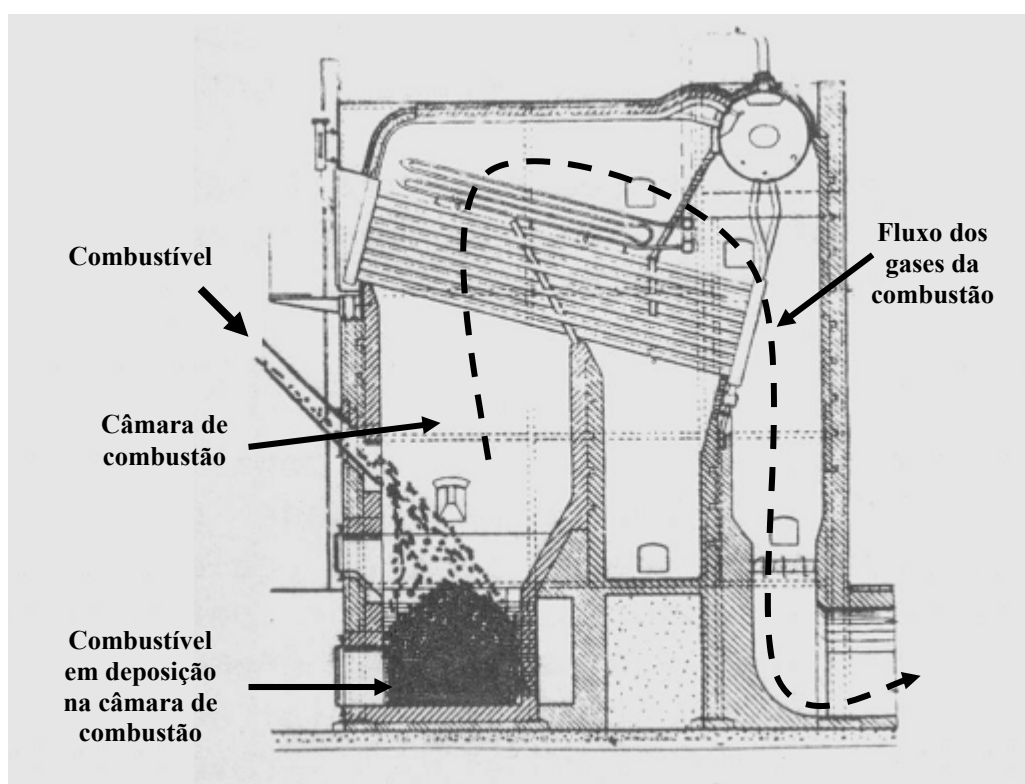


Figura 14 - Caldeira com queima do combustível por deposição

3.2.3.2. QUEIMA EM SUSPENSÃO

Neste tipo de caldeira o bagaço é introduzido na fornalha através de injetores pneumáticos. Segundo Campanari (2002) os injetores são geralmente instalados nos cantos da fornalha, o que possibilita a formação de um vértice de bagaço durante a queima. A queima do bagaço em suspensão permite alto rendimento térmico (85% a 87%) e vem sendo aplicado em caldeiras de grande

porte (vazões de vapor acima de 100 tv/h). A Figura 15 apresenta esquematicamente este tipo de caldeira.

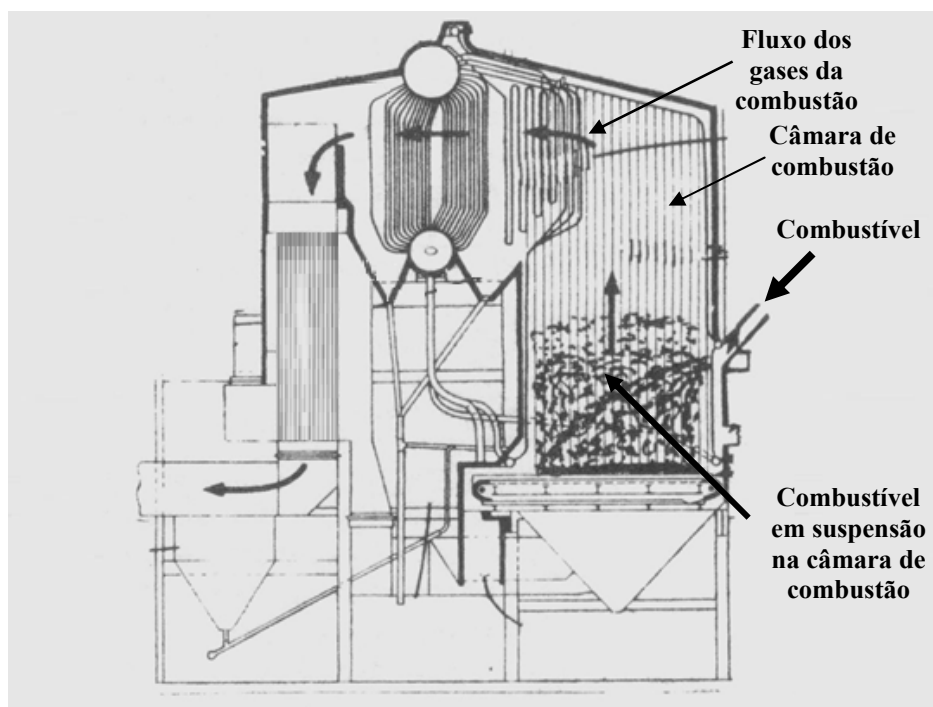


Figura 15 - Caldeira com queima do combustível em suspensão

3.2.4. SUPERAQUECEDORES, ECONOMIZADORES E PRÉ-AQUECEDORES DE AR

Segundo Torreira(1995) na área de geração de vapor o crescimento foi praticamente paralelo ao desenvolvimento da turbina e da exigência de vapor superaquecido e reaquecido.

A evolução tecnológica das caldeiras buscando maior rendimento e eficiência está associada à elevação das pressões e temperatura de operação através de superaquecedores e instalação de equipamentos para recuperação da energia calorífica dos gases da combustão tais como economizadores e aquecedores de ar.

A Figura 16 apresenta uma caldeira tipo AT 150, fabricação DEDIDI que ilustra a instalação de superaquecedores, economizadores e aquecedores de ar.

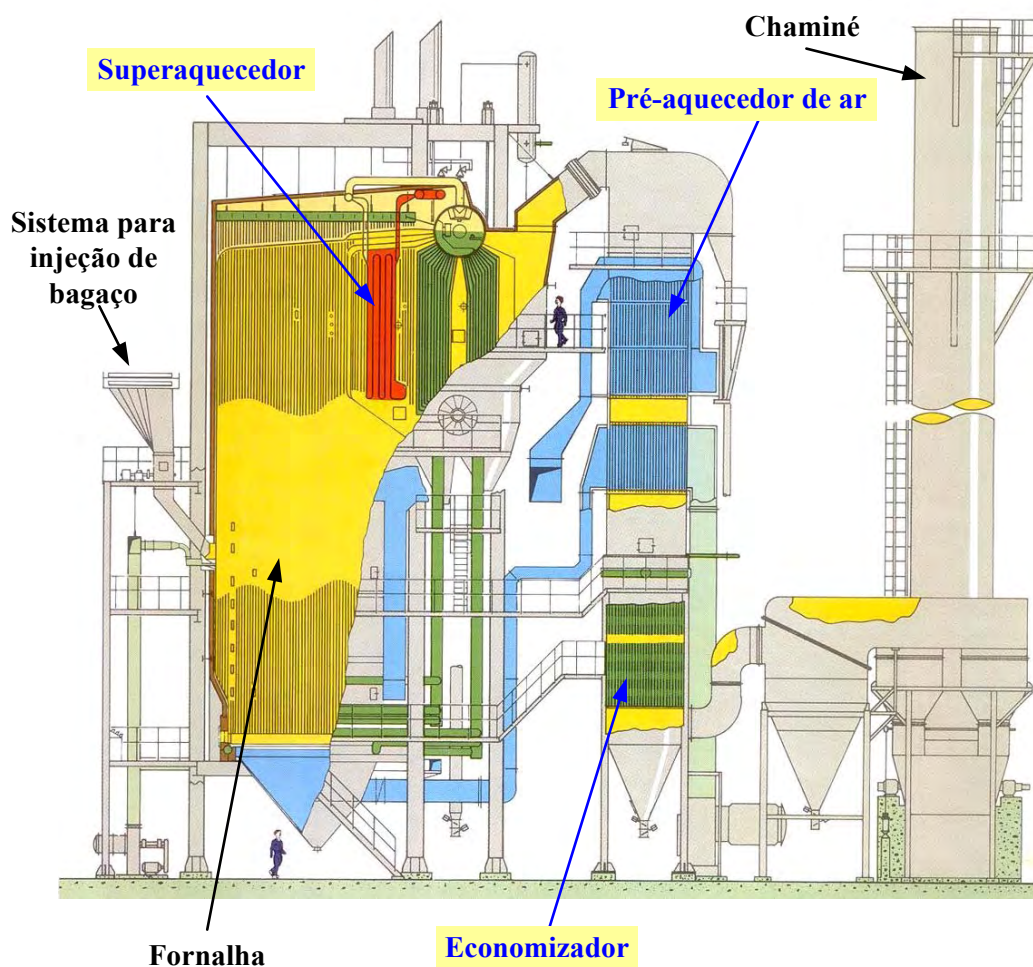


Figura 16 - Caldeira tipo AT 150 - FABRICANTE Dedini

3.2.4.1. SUPERAQUECEDORES

Os superaquecedores são trocadores de calor instalados no circuito dos gases quentes da caldeira. No interior do tambor das caldeiras o vapor formado permanece em equilíbrio com a fase líquida à temperatura de vaporização, constituindo o chamado vapor saturado. O vapor saturado ao passar pelo superaquecedor eleva sua temperatura acima da temperatura de vaporização,

tornando-se superaquecido. Segundo Pera (1990), pode-se considerar um aumento de 3% no rendimento da caldeira para cada 37% de superaquecimento.

Conforme Macintyre, as vantagens da utilização do vapor superaquecido são duas: a primeira uma maior disponibilidade de energia e a segunda, um maior rendimento nas turbinas a vapor. O vapor superaquecido por ser isento de umidade evita golpes de água no rotor das turbinas, o que provocaria erosão ou quebra das palhetas, além de perdas de rendimento.

3.2.4.2. ECONOMIZADORES

Economizadores são trocadores de calor destinados a elevar a temperatura da água de alimentação, antes de introduzi-la no interior da caldeira, aproveitando o calor sensível ainda disponível nos gases de combustão que saem da caldeira. Para cada aumento de 10 °C na temperatura da água de alimentação das caldeiras há uma economia de 1,4% de combustível (Peres, 1982).

3.2.4.3. PRÉ-AQUECEDORES DE AR

Além do economizador ainda existe um outro equipamento, o pré-aquecedor de ar, que permite recuperar uma parte do calor sensível dos gases de combustão que se encaminham para a chaminé. São trocadores de calor que elevam a temperatura do ar de combustão antes de serem projetados na fornalha.

Segundo Peres (1982), a cada aumento de 38 °C na temperatura do ar de combustão, há um correspondente aumento de aproximadamente 2% na eficiência da caldeira. Dependendo do dimensionamento do pré-aquecedor de ar a economia de combustível pode variar de 5% a 10%.

3.2.5. COMBUSTÍVEL

O combustível das usinas de açúcar e álcool é o bagaço da cana e a palha da cana, ainda pouco utilizada. Segundo Peres (1982), a composição física do bagaço nas usinas de açúcar e álcool no Brasil variam muito pouco de uma região para outra. Os valores médios são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Composição física do bagaço da cana de açúcar.

Composição Física do Bagaço da Cana de Açúcar	
Umidade	48% a 50%
Materiais Solúveis (açúcar e impurezas)	2% a 4 %
Carbono Fixo:	7%
Materiais Voláteis	41,5%
Cinzas	1,5%

A quantidade de bagaço contido na cana está diretamente relacionado com o teor de fibra celulósica da mesma podendo variar de 25% à 29%. Na Figura 17, mostra-se graficamente a influência da fibra da cana na quantidade de bagaço gerado. Considera-se a cana moída (5.617.520 t) na safra 2002/2003 em função do teor de fibra médio das safras de 1990/1991 a 2002/2003.

O poder calorífico do bagaço varia em função da umidade contida no mesmo. Em função desta umidade considera-se, o poder calorífico inferior (PCI) que decresce em função da umidade conforme a Tabela 10.

A palha da cana também consiste em uma importante fonte de combustível, permitindo suplementar o déficit de bagaço e abrindo a possibilidade de geração de energia elétrica para venda durante o período de entressafra.

Em trabalho experimental realizado na Usina da Barra na safra 2001/2002, com uso de máquinas forrageiras foram feitas coletas de palha na lavoura e transportada para indústria para queima nas caldeiras. A palha coletada apresentou uma umidade média de 15%. Nessa condição o poder calorífico da palha é de 3043 kcal/kg e equivale a 1,7 vezes o poder calorífico do bagaço com 50% de umidade. Portanto nesta condição 1 t de palha é equivalente a 1,7 t de bagaço.

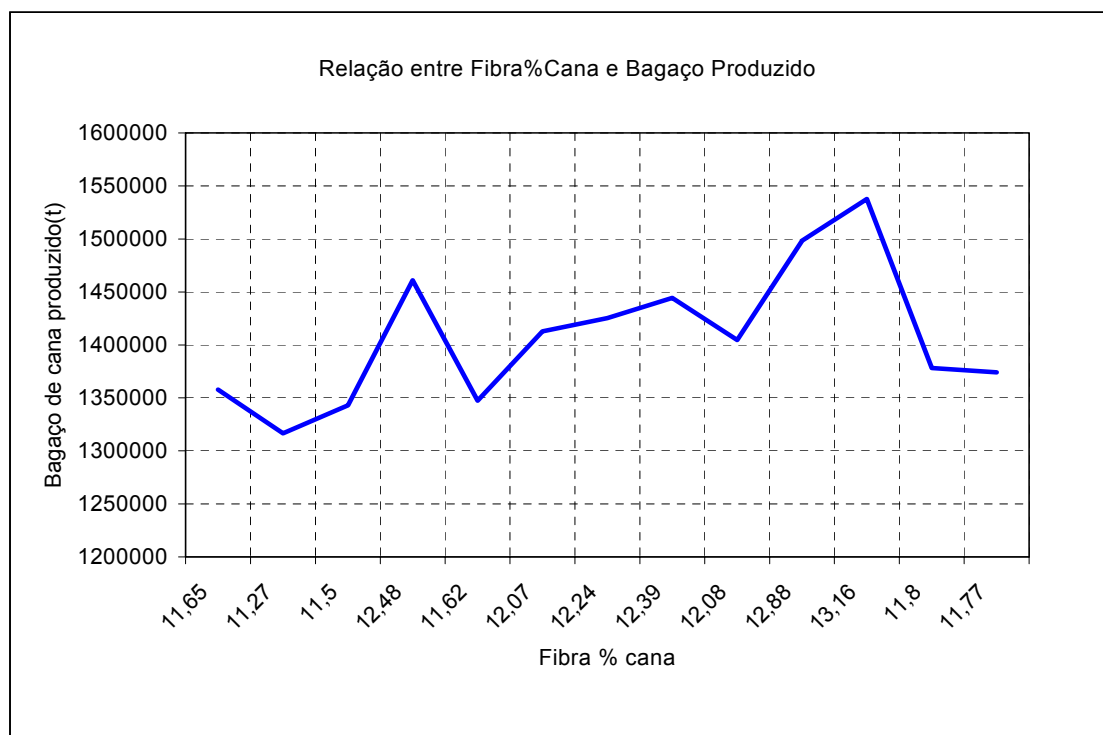


Figura 17 - Gráfico bagaço gerado em função fibra % cana

Tabela 10 - Poder Calorífico Inferior do Bagaço (PCI)

Poder Calorífico em Função da Umidade										
Umidade %	10	20	25	30	35	40	46	48	50	52
PCI-Kcal/kg	3730	3250	3000	2760	2520	2270	1990	1890	1790	1690

3.3. TURBINAS A VAPOR

Conforme definido por Macintyre (1997), turbina a vapor é uma máquina motriz que utiliza a elevada energia cinética da massa de vapor expandido, fazendo com que forças consideráveis, devidas à variação de velocidade, atuem sobre palhetas fixadas em um rotor. As forças aplicadas às palhetas, determinam um momento motor resultante que faz girar o rotor. São usadas para acionamento de geradores, turbobombas, moendas, exaustores, etc.

3.3.1. HISTÓRICO

A primeira turbina a vapor que se tem conhecimento na história, operava pelo princípio da reação pura. Consistia basicamente de uma esfera oca, que girava em torno de um eixo horizontal, impelida por jatos de vapor que provinham de dois tubos fixados na própria esfera. A invenção dessa máquina, ocorrida provavelmente por volta do ano 50 da nossa era, é atribuída a Heron, da cidade de Alexandria, também precursor da caldeira como já mencionado.

Um outro tipo de turbina, que opera pelo princípio de ação, também chamado de impulso, foi descrito pela primeira vez em 1629 por Giovanni Branca. Essa máquina utilizava um jato de vapor dirigido para as palhetas de uma roda, promovendo a sua rotação.

Durante os anos de 1884 a 1889, o engenheiro sueco Gustav de Laval projetou e fabricou pequenas turbinas a vapor, de 1 CV (com 100.000 rpm de velocidade) a 140 CV (com 6.000 rpm). Porém a concepção moderna da turbina a vapor é atribuída a Sir Charles Parsons da Inglaterra, que em 1884, utilizando o princípio da reação, construiu uma turbina de múltiplo estágio de 10 CV de potência, que operava com velocidade de 17.000 rpm. Outros pioneiros que contribuíram para o desenvolvimento da turbina a vapor foram o francês C. E. Rateau e o norte americano C. G. Curtis.

No início do século XX os motores a vapor, que dominavam os equipamentos de acionamento mecânico da época, começaram a ser substituídos pelas turbinas a vapor, principalmente na geração de energia elétrica, as quais passaram a ter um rápido desenvolvimento, sob o comando de grandes empresas que então se estabeleciam.

No ano de 1930, tanto a GE como a Westinghouse, fabricaram turbinas a vapor com potências de 50 MW - um avanço considerado expressivo para a época. Hoje essas companhias, mais a ABB, Toshiba, Siemens, KWU e outras, constroem máquinas que chegam a produzir 1.200 MW num só eixo.

3.3.2. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O MODO DE AÇÃO DO VAPOR SOBRE AS PALHETAS

3.3.2.1. TURBINAS DE AÇÃO

Neste tipo de turbina, o vapor é completamente expandido em uma ou mais boquilhas fixas, antes de atingir as pás do rotor. O modelo clássico é a turbina de Laval (Figura 18). Nas turbinas a vapor de ação, a velocidade de escoamento do vapor que sai das boquilhas são muito elevadas.

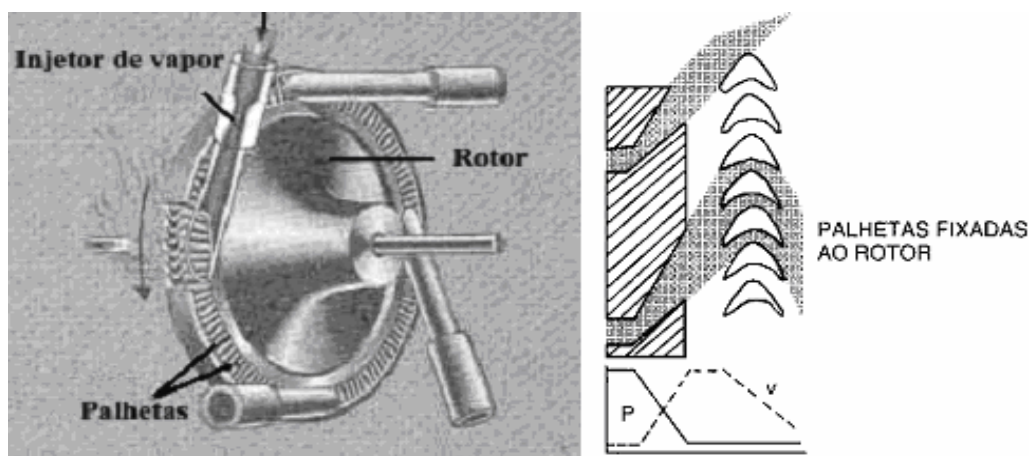


Figura 18 - Princípio de funcionamento da turbina de Laval

Segundo Martinelli (2000), os estágios de ação podem ser de dois tipos (Figura 19): estágios de pressão, também conhecidos como estágios Rateau, e estágio de velocidade, conhecidos como estágios Curtis.

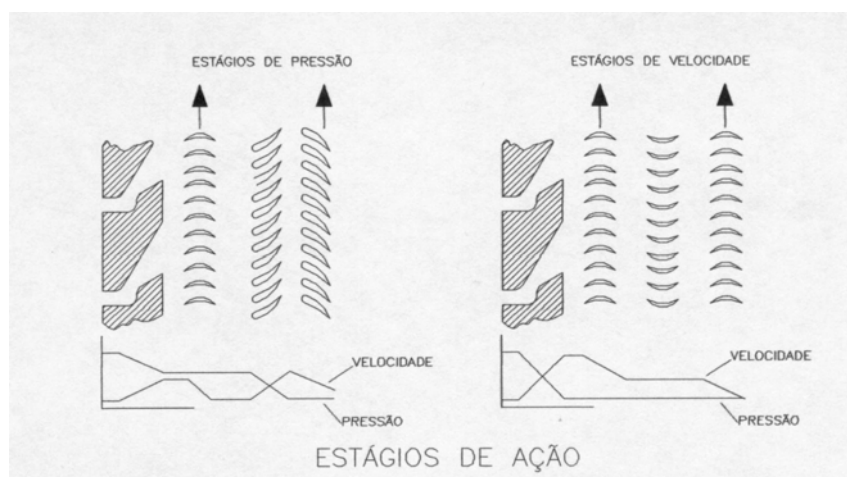


Figura 19 - Tipos de estágios de ação de turbinas a vapor

3.3.2.2. TURBINAS DE REAÇÃO

Nas turbinas de reação (Figura 20), a pressão do vapor na entrada dos canais formados pelas palhetas é maior que a pressão à saída, de modo que o vapor realiza um trabalho de distensão durante sua ação sobre as palhetas. O modelo clássico é a de Parsons (Figura 21).

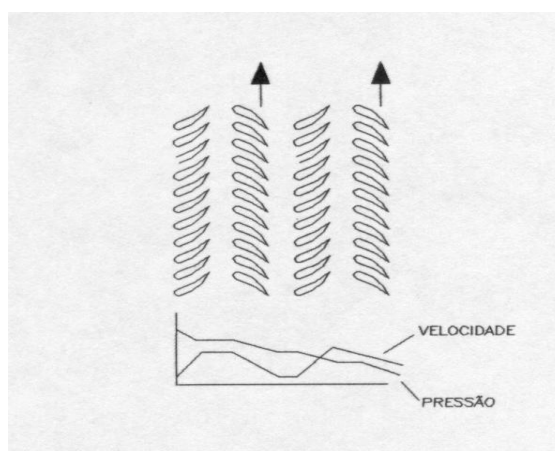


Figura 20 - Diagrama funcional - turbina a vapor de reação

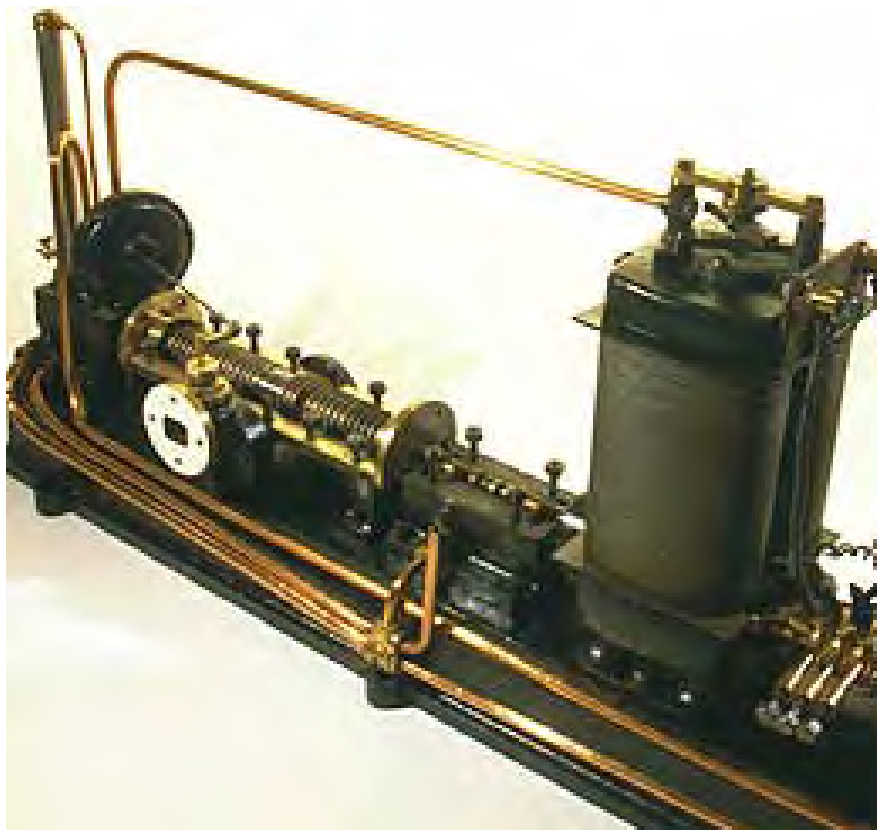


Figura 21 - Turbina de Parsons

Conforme Martinelli (2000), como as turbinas de estágio único são sempre de ação, o uso de estágios de reação restringe-se aos estágios intermediários e finais das turbinas de reação de estágios múltiplos, pois mesmo nestas o primeiro estágio é usualmente um estágio de ação.

3.3.2.3. TURBINAS MISTAS

São turbinas que apresentam vários rotores em um mesmo eixo (multi-estágios), e podem fazer uma combinação de estágio de ação e reação. Este tipo de turbina normalmente apresenta o primeiro estágio de reação e os demais de reação (Figura 22).

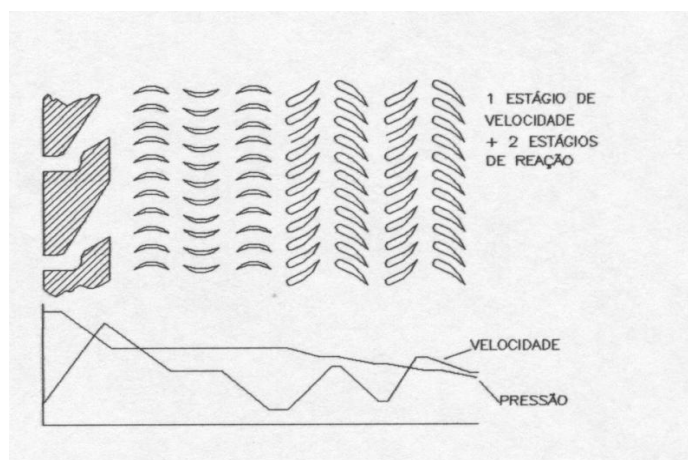


Figura 22 - Esquema funcional de turbina a vapor multiestágio (ação e reação)

3.3.4. CLASSIFICAÇÃO COM REFERÊNCIA AO VAPOR DE ESCAPE

3.3.4.1. TURBINAS A VAPOR DE CONTRA PRESSÃO

Neste tipo de turbina a pressão de escape é superior a pressão atmosférica. O vapor que sai da turbina é utilizado como fonte de calor para uso em um processo produtivo, caso típico das usinas de açúcar e álcool (Figura 23).

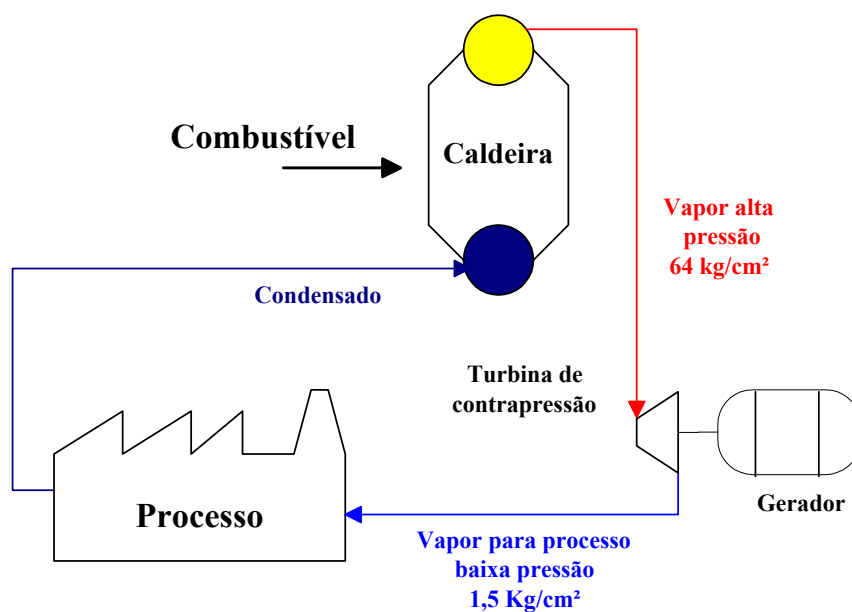


Figura 23 - Aplicação de turbina de contrapressão

3.3.4.3. TURBINAS A VAPOR DE CONDENSAÇÃO

São turbinas que operam com pressões de escape abaixo da pressão atmosférica através do uso de um condensador de vapor, permitindo um maior aproveitamento da energia térmica contida no vapor.

Conforme ilustra a Figura 24 este tipo de turbina aplica-se, por exemplo, para geração de energia elétrica em indústrias que tenham disponibilidade de combustível, mas não necessitem de calor para o processo produtivo (madeireiras, beneficiamento do arroz, etc). Nas usinas de açúcar e álcool é aplicável quando há excedente de bagaço para geração de energia elétrica no período de entressafra, quando a produção esta parada.

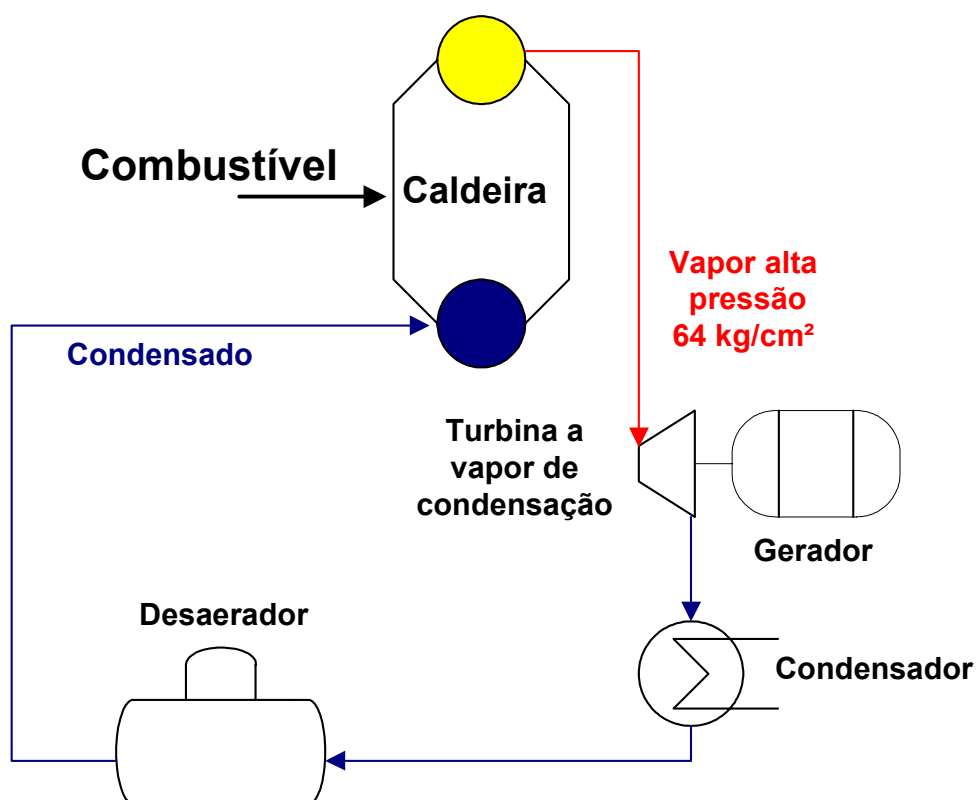


Figura 24 - Aplicação de turbina a vapor de condensação

3.3.3. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO NÚMERO DE ESTÁGIOS

3.3.3.1. TURBINAS A VAPOR MONO-ESTÁGIO

A turbina a vapor de simples estágio é uma máquina que já tem o seu uso difundido nos mais diversos setores de atividade para a transformação da energia térmica armazenada no vapor em trabalho. Este trabalho pode ser utilizado diretamente no acionamento de equipamentos relacionados ao processo produtivo ou para a geração de energia elétrica.

Esta máquina consiste essencialmente de um rotor apoiado em mancais e de uma carcaça cilíndrica externa. O rotor é impelido a girar por jatos de vapor que saem dos bocais localizados na periferia do cilindro externo e são dirigidos às palhetas fixadas no rotor.

Estas turbinas representam quase a totalidade das turbinas utilizadas em usinas de cana de açúcar e álcool, apresentam baixo rendimento (inferior a 50 %) constituindo um grande potencial de conservação de energia através da substituição das mesmas, por turbinas de multi-estágios de maior rendimento ou motores elétricos (Figura 25). Possuem rotor tipo Curtis ou Roteau.

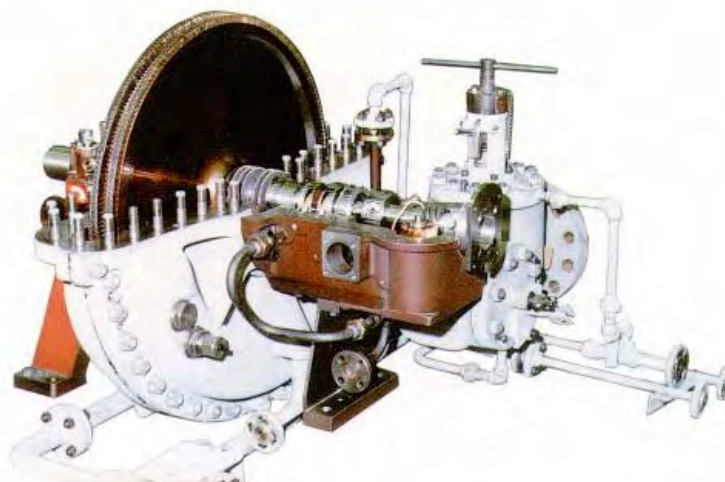


Figura 25 - Turbina a vapor de simples estágio

3.3.3.2. TURBINAS A VAPOR MULTI-ESTÁGIOS

São turbinas de tecnologia mais elaborada, com maior rendimento, que podem chegar a 85 % e trabalham com altas pressões de vapor que podem ultrapassar 100 kg/cm². Sua grande aplicação está destinada à geração de energia elétrica acoplada a geradores com potências de até 100 MW (Figura 26 e Figura 27).

O número de estágios pode variar de 4 à 40 sendo normalmente os dois primeiros de ação. Os estágios seguintes podem ser de ação ou de reação sendo na maioria dos casos de reação.

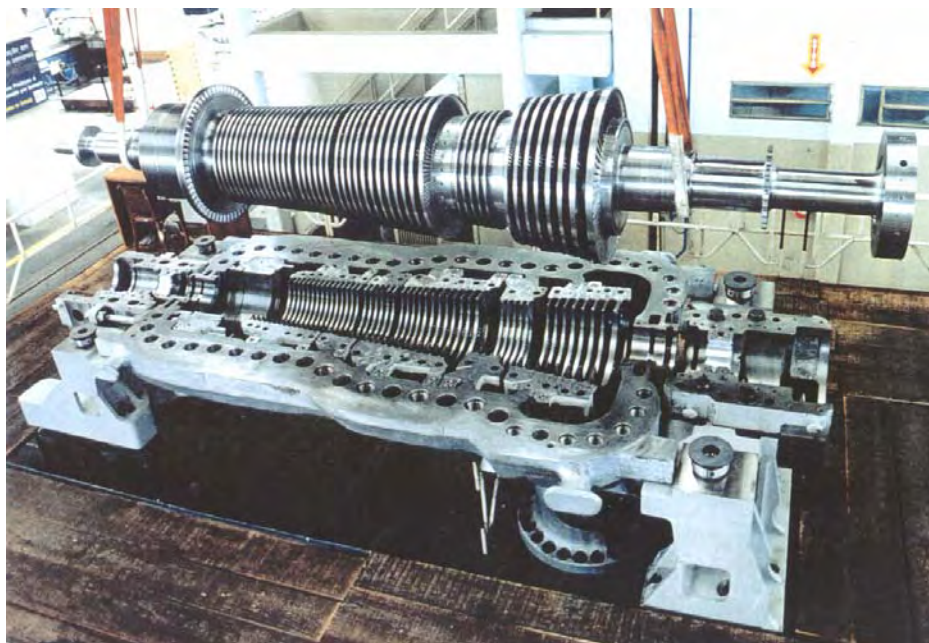


Figura 26 - Turbina a vapor multi-estágio - vista do rotor



Figura 27 - Turbina a vapor multi-estágio montada

As turbinas a vapor multi-estágios podem possuir em aplicações especiais, *extração* de vapor a uma pressão intermediária entre a pressão de entrada e saída da turbina. São utilizadas em instalações onde sejam necessários dois ou mais níveis de pressão de vapor. A extração pode ocorrer em turbinas a vapor de contrapressão ou condensação.

As extrações podem ser automáticas (controladas) ou não automáticas (não controladas, também chama de sangria).

- ✓ Turbinas a vapor com extração automática: Há em um, dois ou três estágios intermediários, uma retirada parcial de vapor, para fins de aquecimento ou uso no processo industrial. A pressão do vapor extraído é mantida constante por meio das válvulas de controle de extração. O sistema de controle de uma turbina com extração automática atua simultaneamente sobre as válvulas de controle de admissão e sobre as válvulas de controle de extração, para manter constantes a velocidade da turbina e a pressão do vapor extraído, quaisquer que sejam as flutuações da

carga e da demanda de vapor extraído, desde é claro que não seja excedida a capacidade máxima da máquina.

- ✓ Turbinas a vapor com extração não-automática: Pode haver até nove pontos de retirada de vapor, em diferentes estágios e pressões. A pressão do vapor extraído, em cada ponto de extração, de uma turbina com extrações não-automáticas, varia com as flutuações da carga da turbina. Estas variações de pressão, embora inadmissíveis se o vapor estiver sendo extraído para uso em um processo industrial, podem perfeitamente ser aceitas se o vapor extraído for usado apenas para aquecimento regenerativo como por exemplo, da água de alimentação de caldeira.

As turbinas multi-estágios são indicadas para aplicações especiais podendo ter vários tipos de configuração de acordo com sua aplicação e necessidades do processo produtivo. Além das de contrapressão e condensação podemos ter as seguintes combinações:

TURBINAS A VAPOR DE CONTRAPRESSÃO COM EXTRAÇÃO CONTROLADA:

São turbinas que permitem a alimentação de uma segunda rede de consumidores com vapor a uma pressão superior à de contrapressão da turbina. São utilizadas quando a demanda de vapor de média pressão (extração) é relativamente alta e possuem variações consideráveis de vazão.

Neste tipo de turbina tanto a pressão do vapor de extração como o de contrapressão permanecem constantes para variações de vazão seja da extração ou do escape.

Em usinas de açúcar e álcool este tipo de turbina aplica-se em situações onde a pressão da caldeira é elevada para acionar turbinas de geradores e

as turbinas existentes de outros acionamentos operam em pressões menores (Figura 28).

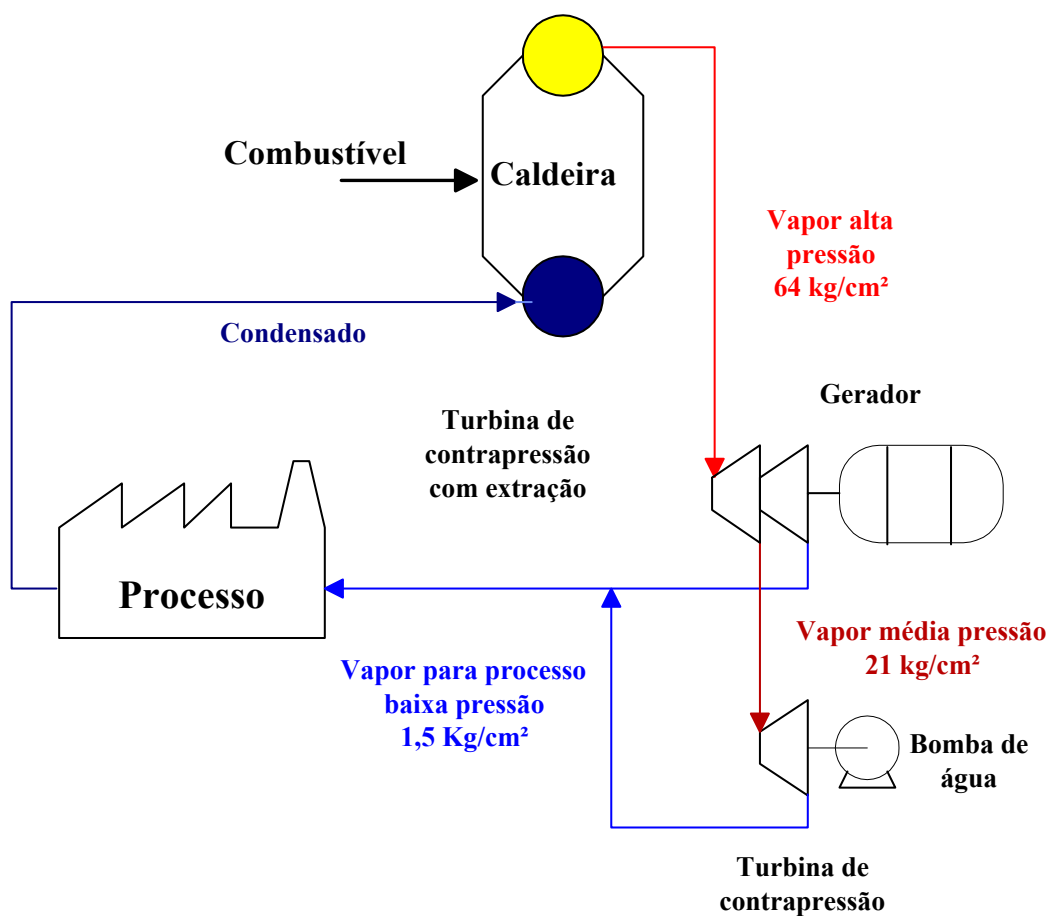


Figura 28 - Aplicação de turbina a vapor de contrapressão com extração controlada

TURBINAS A VAPOR DE CONTRAPRESSÃO COM EXTRAÇÃO NÃO CONTROLADA:

São turbinas adequadas nos casos em que duas redes de vapor devem ser alimentadas com pressões diferentes, e a vazão da extração é menor que a de escape. Neste tipo de turbina a pressão da extração varia em função da carga da turbina.

TURBINAS A VAPOR DE CONDENSAÇÃO COM EXTRAÇÃO CONTROLADA:

Para casos onde há excesso de combustível este tipo de turbina permite gerar energia elétrica independente das variações de vazão do processo produtivo. Este tipo de turbina possui uma flexibilidade que permite produzir exclusivamente energia elétrica caso não haja consumo de vapor na extração, ou maior consumo de vapor (extração) e menor geração de energia elétrica.

Sua aplicação nas usinas de açúcar e álcool destina-se a situações onde o excedente de combustível (bagaço e palha), permita geração de energia elétrica durante o período de entressafra, quando a produção permanece parada. A Figura 29 ilustra uma aplicação de turbina de condensação com extração.

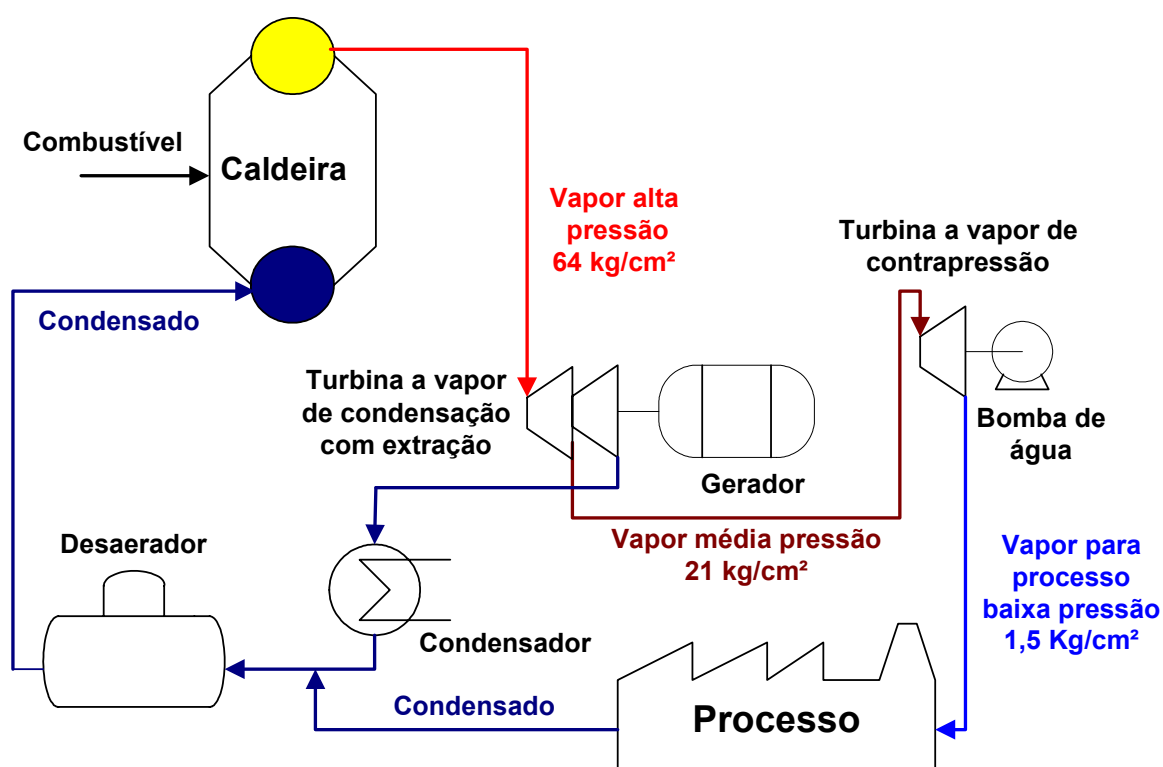


Figura 29 - Aplicação de turbina a vapor de condensação com extração controlada

3.4. GERADORES E MOTORES

GERADORES:

A geração de energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool, para atender suas necessidades internas de consumo, vem ocorrendo a várias décadas. É realizada através de turbinas a vapor que acionam os geradores. O conjunto formado pela turbina a vapor e o gerador é normalmente denominado turbogerador. Os primeiros geradores (Figura 30) geravam em baixa tensão (220 à 440 V) e potências variando de 300 à 2000 kW (Hugot, 1969).



Figura 30 – Geradores 1500 kVA, 380 V

Com a evolução dos geradores e crescimento das usinas, necessitando de equipamentos de maior porte, a tensão de geração evoluiu para 13.800 V. Até as mudanças na legislação do setor de energia elétrica, permitindo comercialização de excedentes de energia elétrica através da cogeração, a potências na grande maioria dos casos era de 2000 à 10.000 kW. Atualmente os novos projetos de cogeração visando disponibilizar excedente de energia tem solicitado equipamentos acima de 20.000 kW (Figura 31). No mercado brasileiro para este tipo de aplicação são fabricados equipamentos de até 60.000 MVA.



Figura 31 – Gerador 31.250 kVA, 13.800 V, 4 polos, instalado em uma usina de açúcar e álcool em 2002.

MOTORES ELÉTRICOS:

As usinas de açúcar e álcool, na grande maioria, acionam moendas, exaustores e bombas de água, através de turbinas a vapor. São turbinas de simples estágio e de baixo rendimento. A substituição destas turbinas por motores elétricos, consiste em um grande potencial de conservação de energia em função do maior rendimento dos motores elétricos e disponibilizar o vapor antes utilizado nestas turbinas, para geração de energia elétrica através de turbinas a vapor de multi-estágios, que possuem maior rendimento.

Os motores para este tipo de aplicação, na grande maioria dos casos (principalmente nas moendas), envolvem potências acima de 1000 CV, podendo chegar a 3000 CV, por exemplo, para acionamento de desfibradores de cana. Estes motores são projetados para serem acionados em média tensão que podem variar de 2300 à 6600 V e potências de até 3150 kW (4280 CV). Em aplicações especiais podem ser fabricados para operar em 13800 V e potências de até 22000 kW (29890 CV). Os motores industriais comerciais em baixa tensão (por exemplo, 440 V) são fabricados até 800 CV. As Figuras 32 e 33 apresentam

características gerais de motores elétricos especiais disponíveis no mercado nacional.



- Carcaças: 315 a 630 (IEC)
- Potências: até 3.150 kW
- Tensão: 220 a 6.600 V
- Rotor: gaiola
- Invólucro: fechado
- Polaridade: 2 a 24 pólos
- Frequência: 60 ou 50 Hz

Figura 32 – Motores até 3150 kW e tensão de 6600 V



- Carcaças: 280 a 1400 (IEC)
- Potências: até 22.000 kW
- Tensão: 220 a 13.800 V
- Rotor: gaiola ou anéis
- Invólucro: abertos ou fechados
- Polaridade: 2 a 24 pólos
- Frequência: 60 ou 50 Hz

Figura 33 – Motores até 2200 kW e tensão de 13800 V

3.6. CONCLUSÕES PARCIAIS

O aproveitamento do potencial de excedente de energia elétrica, através da cogeração em usinas de açúcar e álcool, está centralizado na modernização de suas instalações e otimizações no processo produtivo, portanto, é imperativo a implementação de equipamentos energeticamente mais eficientes.

Na maioria das usinas brasileiras, as caldeiras ainda operam à pressão de 21 kg/cm² e as turbinas a vapor são de simples estágio. A substituição das caldeira, elevando-se a pressão de operação e aplicação de turbinas a vapor de multi-estágios, são alternativas que permitem grandes excedente de energia elétrica.

A substituição de turbinas a vapor por motores elétricos vem ganhando destaque em função do potencial de conservação de energia, por apresentar maior rendimento e disponibilizar maior quantidade de vapor para geração de energia elétrica. Pelas altas potências envolvidas, principalmente nas moendas (1000 á 3000 CV), os motores para esta aplicações são acionados em média tensão (2300 à 6600) e em aplicações especiais em alta tensão (13800 V).

3.7. BIBLIOGRAFIA

BABCOCK & WILCOX. *Steam its generation and use*. 39^a ed. New York: The Babcock & Wilcox Company, 1978. p. 1-5.

CAMPANARI. Curso de Caldeiras a Vapor, Ribeirão Preto, Agosto/2002

MACINTYRE, A. J.. *Equipamentos Industriais e de Processo*. Rio de Janeiro: LT – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1997. cap. 11, 15.

MATARUNA, A. C. G., Vapor D'Água Geração, Aplicação e cuidados no seu uso – disponível no site <www.geocities.com/acgmataruna/> Acesso em 14/10/2003.

PERA, H.. *Geradores de Vapor*. São Paulo: Fama, 1990. cap. 13-15.

PERES, N. P.. *Eficiência em Caldeira na Agroindústria Canavieira*. Piracicaba: STAB Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1982. 73 p..

TORREIRA, R. P.. *Geradores de Vapor*. São Paulo: Libris, 1995. cap. V, IX

WEG MÁQUINAS. Catálogo Técnico de Turbogeneradores – disponível no site <<http://catalogo.weg.com.br/files/artigos/4-15.pdf>> Acesso em 14/11/2004.

WEG MÁQUINAS. Catálogo Técnico de Motores de Alta Tensão – disponível no site <<http://catalogo.weg.com.br/files/artigos/24-91.pdf>> Acesso em 14/11/2004.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO PROGRAMA PARA ANÁLISE DE COGERAÇÃO EM USINAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL (PAC).

4.1. INTRODUÇÃO

A determinação do potencial de excedente de energia elétrica através da cogeração em uma usina de açúcar e álcool requer a análise simultânea de um conjunto de variáveis para que se obtenha uma planta energeticamente otimizada. Pode-se citar entre elas a qualidade e quantidade de combustível (bagaço e palha da cana de açúcar) disponível, pressão e temperatura do vapor e as possibilidades de arranjo da planta.

Uma vez que os contratos de fornecimento de energia elétrica são de longo prazo (mínimo de 10 anos), um levantamento de dados históricos e a utilização de uma ferramenta computacional, se faz necessário.

Neste capítulo apresenta-se uma descrição das instalações da Usina da Barra – Grupo Cosan, no tocante a caldeiras, turbinas a vapor e ao fluxograma do vapor. Apresenta-se também a estrutura do programa e as equações necessárias para o desenvolvimento do mesmo.

4.2. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES DA USINA OBJETO DO ESTUDO

4.2.1. HISTÓRICO

Em meados de 1943, o usineiro Pedro Ometto adquiriu duas propriedades na cidade de Barra Bonita, as fazendas Pau D’Alho e Aliança. Em

1945, juntamente com a família, desenvolveu a indústria de produção de açúcar e a destilaria, a Usina da Barra S.A. – Açúcar e Álcool.

Com seu crescimento, a Usina que antes só processava cana própria, passou a comprar cana de outros fornecedores, seguindo um longo caminho de ampliação e de aumento de produtividade

O complexo industrial da Usina da Barra está localizado no município de Barra Bonita, região central do Estado de São Paulo, a 310 Km da capital e a margem direita da hidrovia Tietê-Paraná (ligação direta com os países do Mercosul).

Na configuração atual a usina não possui excedente de energia elétrica para ser comercializada. A central de geração de energia elétrica existente, atende somente as necessidades internas para a produção de açúcar e álcool no período de safra. Na Tabela 11 apresenta-se algumas características atuais da usina.

Tabela 11 – Dados nominais do processo produtivo da usina

Descrição	Valor
Moagem de cana diária (t)	37.000
Produção diária de açúcar (sacas de 50 kg)	55.000
Produção diária de álcool (m ³)	1.800
Consumo de vapor por tonelada de cana (kg/t)	560
Geração de energia elétrica por tonelada de cana (kWh/t)	11,73
Consumo total de energia elétrica por tonelada de cana processada (kWh/t)	12,63

4.2.1. CALDEIRAS

A indústria possui em suas instalações oito caldeiras, sendo cinco com capacidade de geração de vapor de 70 t/h e três com capacidade de 150 t/h, totalizando 800 t/h. Todas geram vapor superaquecido a uma temperatura de

300 °C e pressão de operação de 21 kg/cm². Todas estão equipadas com superaquecedores, economizadores e pré-aquecedores de ar. As principais características são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Característica das caldeiras da Usina da Barra

Caldeira	Tipo	Vapor			Rendimento
		Vazão t/h	Temp. °C	Pressão kg/cm ²	
Caldeira 1	Aquatubular	70	300	21	0,85
Caldeira 2	Aquatubular	70	300	21	0,85
Caldeira 3	Aquatubular	70	300	21	0,85
Caldeira 4	Aquatubular	70	300	21	0,85
Caldeira 5	Aquatubular	70	300	21	0,85
Caldeira 6	Aquatubular	150	300	21	0,85
Caldeira 7	Aquatubular	150	300	21	0,85
Caldeira 8	Aquatubular	150	300	21	0,85

4.2.2. TURBINAS A VAPOR

A usina possui em suas instalações 47 turbinas a vapor, todas de contrapressão com potências que variam de 74 a 5.000 kW. A pressão de admissão do vapor é de 21 kg/cm² à temperatura de 300 °C e a pressão do vapor de escape é de 1,5 kg/cm² à temperatura de 130 °C, utilizado no processo de produção do açúcar e do álcool.

Com exceção das turbinas dos geradores de energia elétrica 1, 2 e 3, que são multi-estágio, todas as demais são de simples estágio. A Tabela 13 apresenta a relação das turbinas a vapor das moendas. A Tabela 14 mostra os demais equipamentos acionados por turbinas a vapor e na Tabela 15 apresenta-se um resumo de todas as turbinas. As informações destas tabelas servirão de base para o desenvolvimento do trabalho. A potência mecânica útil das tabelas foram determinados pela empresa NG Mercialúrgica.

Tabela 13 - Relação das turbinas a vapor instaladas nas moendas

Local Instalado	Equipamento Acionado	Turbinas		
		Potência mecânica útil kW	Consumo específico de vapor Kg/kW	Vazão de vapor t/h
MOENDA 1	Nivelador	909	17,90	16,27
	Picador facas oscilantes	1.163	17,80	20,70
	Picador facas fixas	810	18,10	14,66
	Desfibrador	1.869	14,12	26,39
	1º Terno	648	19,35	12,54
	2º Terno	637	19,34	12,32
	3º Terno	626	19,34	12,11
	4º Terno	615	19,35	11,90
	5º Terno	604	19,34	11,68
	6º Terno	604	19,34	11,68
Total da Moenda 1		8.485	17,71	150,25
MOENDA 2	Nivelador	743	18,20	13,52
	Picador facas oscilantes	957	17,93	17,16
	Picador facas fixas	662	18,34	12,14
	Desfibrador	1.524	17,39	26,50
	1º e 2º Terno	1.038	17,93	18,61
	3º e 4º Terno	1.038	17,93	18,61
	5º e 6º Terno	1.038	17,93	18,61
Total da Moenda 2		7.000	17,88	125,16
MOENDA 3	Nivelador	979	17,98	17,60
	Picador facas oscilantes	1.362	20,11	27,39
	Picador facas fixas	891	17,97	16,01
	Desfibrador	2.009	14,13	28,39
	1º Terno	703	19,24	13,53
	2º Terno	688	18,80	12,93
	3º Terno	673	19,23	12,94
	4º Terno	659	19,23	12,67
	5º Terno	644	19,22	12,38
	6º Terno	644	19,22	12,38
Total da Moenda 3		9.252	17,97	166,22
Total Geral das Moendas		24.737	17,85	441,63

Tabela 14 – Relação de turbinas a vapor instaladas, exceto moendas

Local Instalado	Equipamento Acionado	Turbina		
		Potência mecânica útil kW	Consumo específico de vapor Kg/kW	Vazão de vapor t/h
Caldeiras AT 150	Exaustor Cald. 08	810	21,10	17,09
	Exaustor Cald. 09	810	21,10	17,09
	Exaustor Cald. 10	810	21,10	17,09
Total Exaustores das Caldeiras AT 150		2.430	21,10	51,27
Bombas de água das Caldeiras AT 150	Bomba de água 1	243	25,53	6,20
	Bomba de água 2	179	22,60	4,05
	Bomba de água 3	179	22,60	4,05
	Bomba de água 4	179	22,60	4,05
Bombas de água das Caldeiras GB 2400	Bomba de água 1	146	27,20	4,50
	Bomba de água 2	146	22,60	4,50
	Bomba de água 3	146	22,60	3,30
Casa de Bombas da lavagem de cana	Bomba de água 1	475	20,30	9,64
	Bomba de água 2	475	20,30	9,64
Casa de Bombas da torre de resfriamento da fabricação de açúcar	Bomba de água 1	758	18,30	13,87
	Bomba de água 2	600	18,30	10,98
	Bomba de água 3	600	17,10	10,26
Central de ar comprimido	Compressor	52	28,50	1,48
Total Bombas de Água e Compressores		4.178	20,71	86,52
GERADORES	Gerador 1	4.700	12,00	56,40
	Gerador 2	4.700	12,00	56,40
	Gerador 3	4.700	12,00	56,40
	Gerador 4	680	17,22	11,71
	Gerador 5	1.080	17,22	18,60
Total dos Geradores		15.860	12,58	199,51
TOTAL GERAL		22.468	18,13	337,30

Tabela 15 – Resumo das potencias das turbinas a vapor instaladas na usina

Local Instalado	Turbina		
	Potência mecânica útil kW	Consumo específico de vapor Kg/kW	Vazão de vapor t/h
Moendas	24.737	17,85	441,63
Exaustores das Caldeiras AT 150	2.430	21,10	51,27
Bombas de Água e Compressores	4.178	20,71	86,52
Geradores de energia elétrica	15.860	12,58	199,51
TOTAL GERAL	47.205	16,50	778,93

4.2.3. FLUXOGRAMA DO VAPOR

Conforme mostra o fluxograma (Figuras 34, 35 e 36), o vapor é gerado à pressão de 21 kg/cm² e temperatura de 300 °C, que destina-se a produção de energia mecânica (moendas, bombas de água, exaustores e compressores) e geração de energia elétrica, através de turbinas a vapor (de contrapressão) cujo vapor na saída, à pressão de 1,5 kg/cm² e temperatura de 130 °C é destinado ao processo de produção de açúcar e álcool. Os valores apresentados no fluxograma são para a capacidade nominal de moagem da usina, ou seja, 1500 t de cana por hora.

O fluxograma do vapor da usina possui uma característica atípica em relação a grande maioria das usinas. Em suas instalações, existe uma planta para produção de açúcar refinado que trabalha com vapor a pressão de 13 kg/cm² e temperatura de 200 °C. Para atender esta condição, o vapor gerado pela caldeira tem a pressão rebaixada de 21 kg/cm² para 13 kg/cm² através de uma válvula redutora de pressão. A planta para produção de açúcar refinado opera o ano todo não possuindo período de entressafra.

Durante a safra, a geração de energia elétrica, através de sua central, atende 94% das necessidades de consumo, sendo o restante suprido pela concessionária. Portanto para a configuração atual não existe excedente para comercialização.

Durante a entressafra apenas uma caldeira opera para atender as necessidades de vapor da refinaria e a energia elétrica necessária para as necessidades da usina é fornecida pela concessionária (CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz).

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA:

A usina possui uma central de geração e distribuição de energia elétrica (Casa de Força) composta de 5 geradores que operam em paralelo e 27 cubículos de distribuição (Figura 37, página 73). A distribuição é realizada na tensão de 13.800 V, através de 2 barramentos sendo, um alimentado pelos geradores e o outro pela concessionária. O geração própria da usina não opera em paralelo com a concessionária. As cargas podem ser alimentadas pela geração própria ou pela concessionária, sendo a opção feita através de seccionadoras (1 e 2 do unifilar da Figura 37) intertravadas mecanicamente e manobradas manualmente.

Esta configuração é típica das usinas de álcool, que não comercializam excedentes de energia elétricas. Em usinas de pequeno porte a geração e distribuição pode ser feita em baixa tensão.

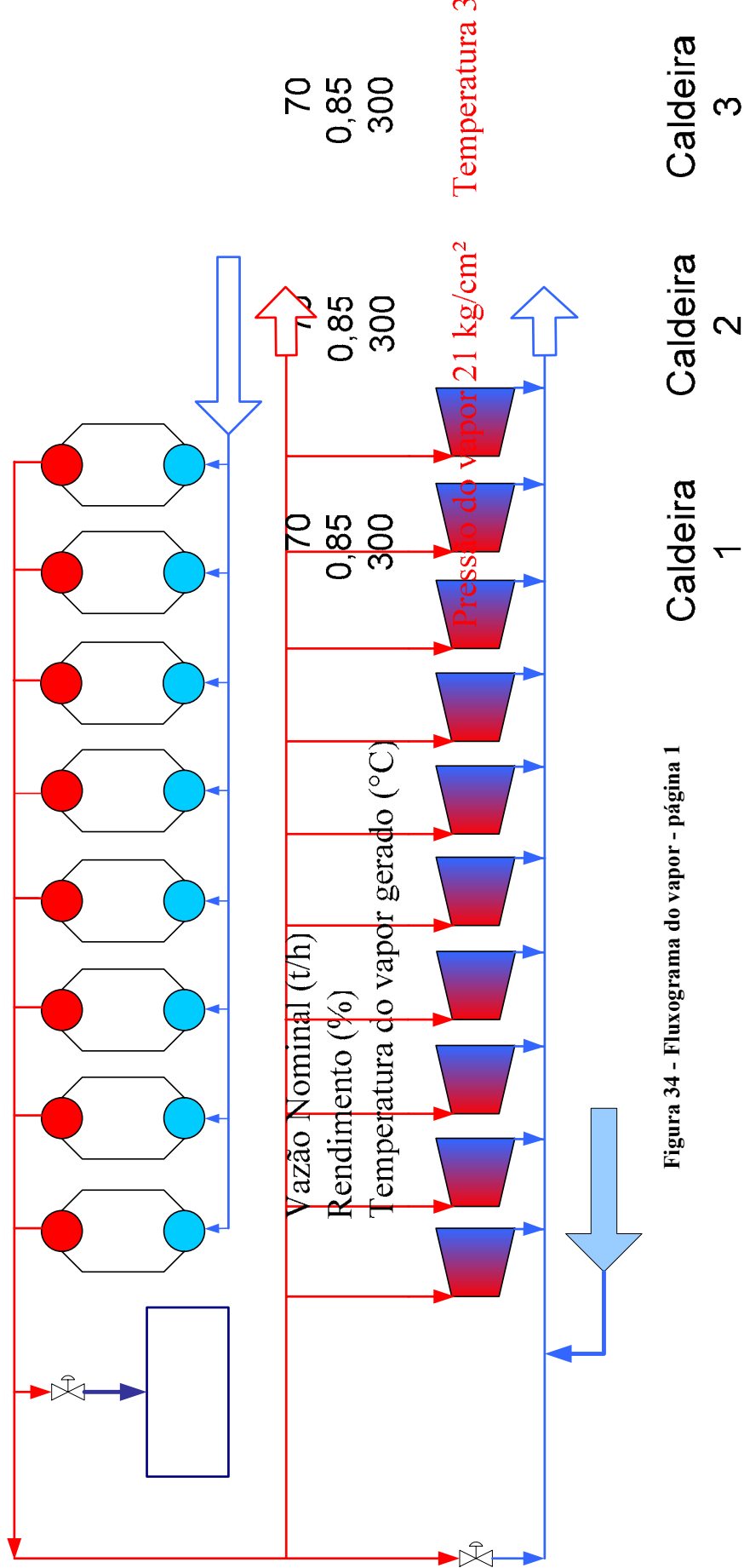


Figura 34 - Fluxograma do vapor - página 1

Refinaria de
açúcar
Vapor: P = 13 kg/cm²

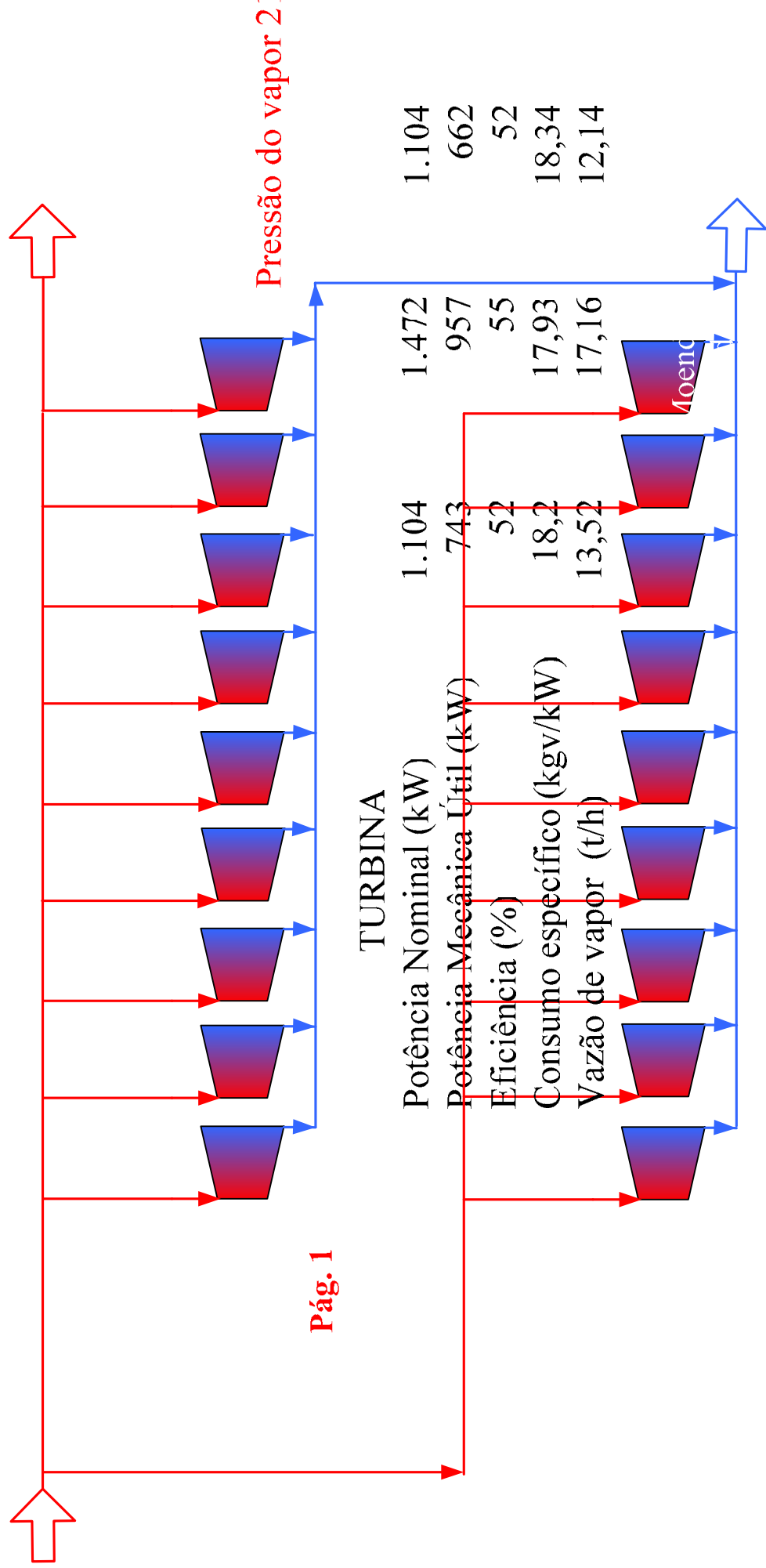


Figura 35 - Fluxograma do vapor - página 2

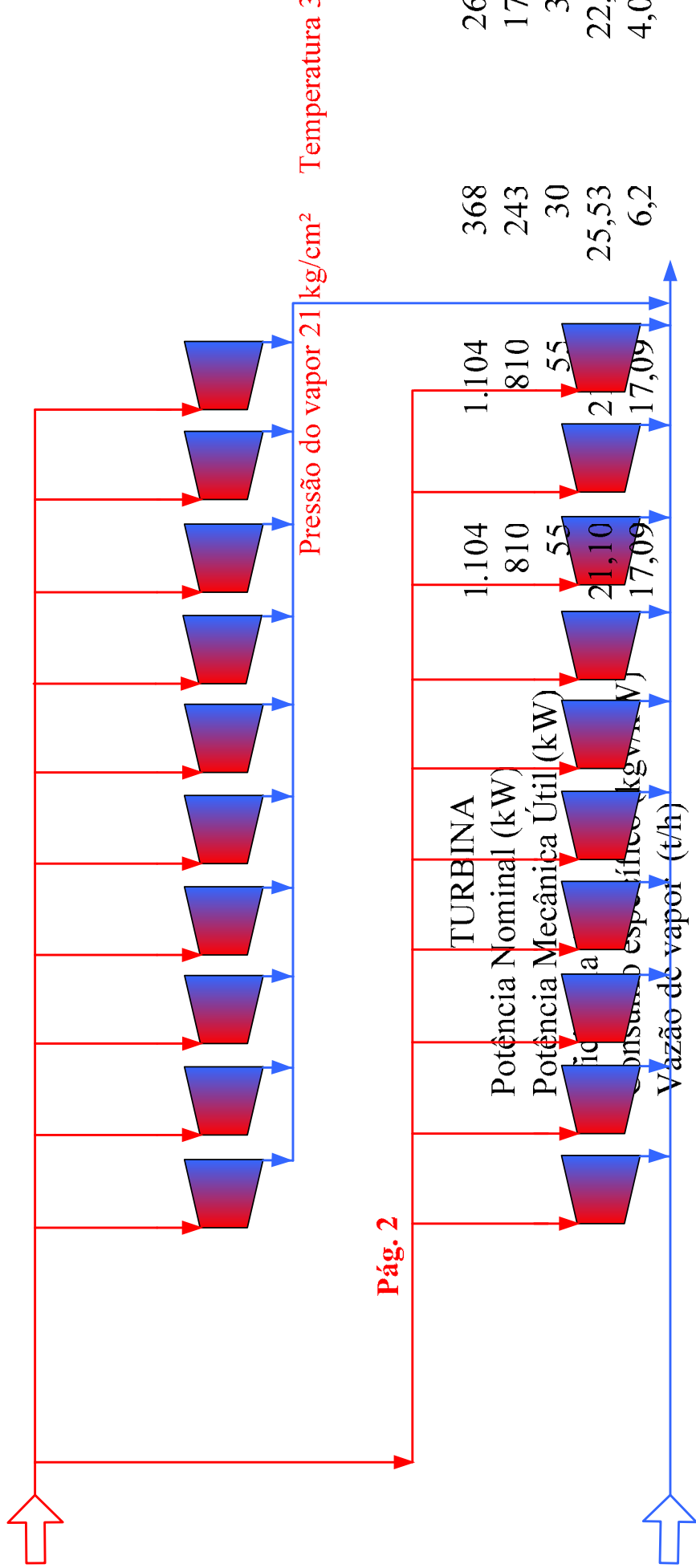


Figura 36 - Fluxograma do vapor – página 3

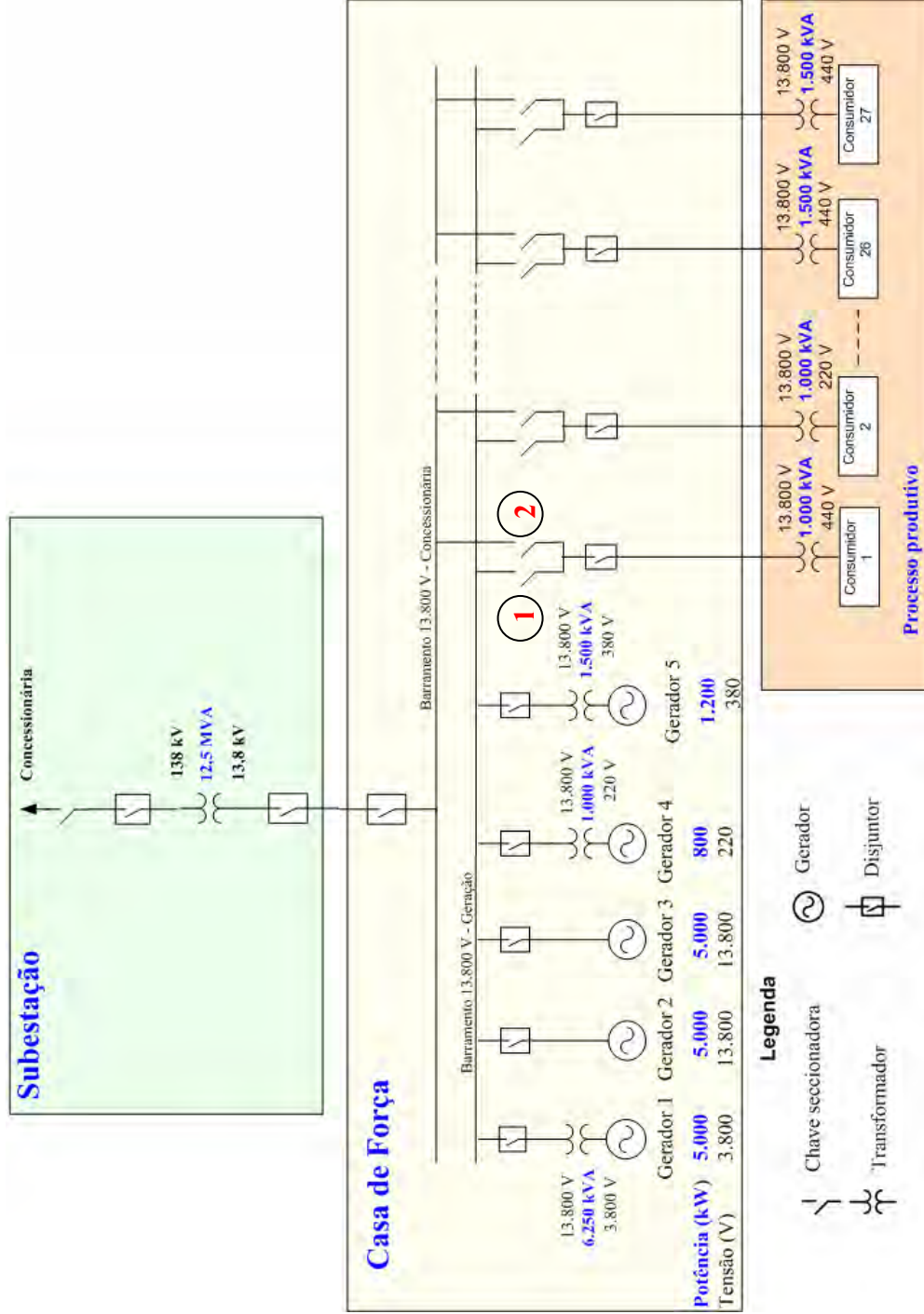


Figura 37 – Unifilar simplificado da geração e distribuição de energia elétrica das instalações atuais da usina.

4.3. ARQUITETURA DO PROGRAMA (PAC)

O programa é subdividido em 03 módulos sendo o primeiro da moagem de cana, o segundo da produção de vapor e o terceiro, da energia elétrica (geração e consumo). A partir de dados relativos ao volume, características da cana disponível para uma safra e características técnicas dos equipamentos propostos para otimização do processo produtivo, o programa apresenta o comportamento das variáveis do processo. Na Figura 38 (Página 75), a arquitetura do PAC é apresentada em diagrama de blocos.

4.3.1. MÓDULO MOAGEM DE CANA

A Tabela 16 apresenta os dados de entrada deste módulo que permitem através das equações 1 e 2 determinar a quantidade de bagaço gerada e energia elétrica consumida nas moendas respectivamente.

Tabela 16 - Dados de entrada - módulo moagem de cana

Descrição	Unidade	Símbolo
Cana de açúcar para moagem	t	C
Fibra contida na cana	%	F
Umidade do bagaço da cana	%	H
Brix do bagaço da cana (sólidos dissolvidos no bagaço)	%	B
Consumo específico de potência das moendas em kWh por tonelada de fibra da cana	kWh/t _f	C _e

$$\text{Bagaço Produzido (t)} = \frac{C \times F}{(100 - H - B)} \quad (1)$$

$$\text{Energia Consumida nas moendas (kWh)} = C \times \left(\frac{F}{100} \right) \times C_e \quad (2)$$

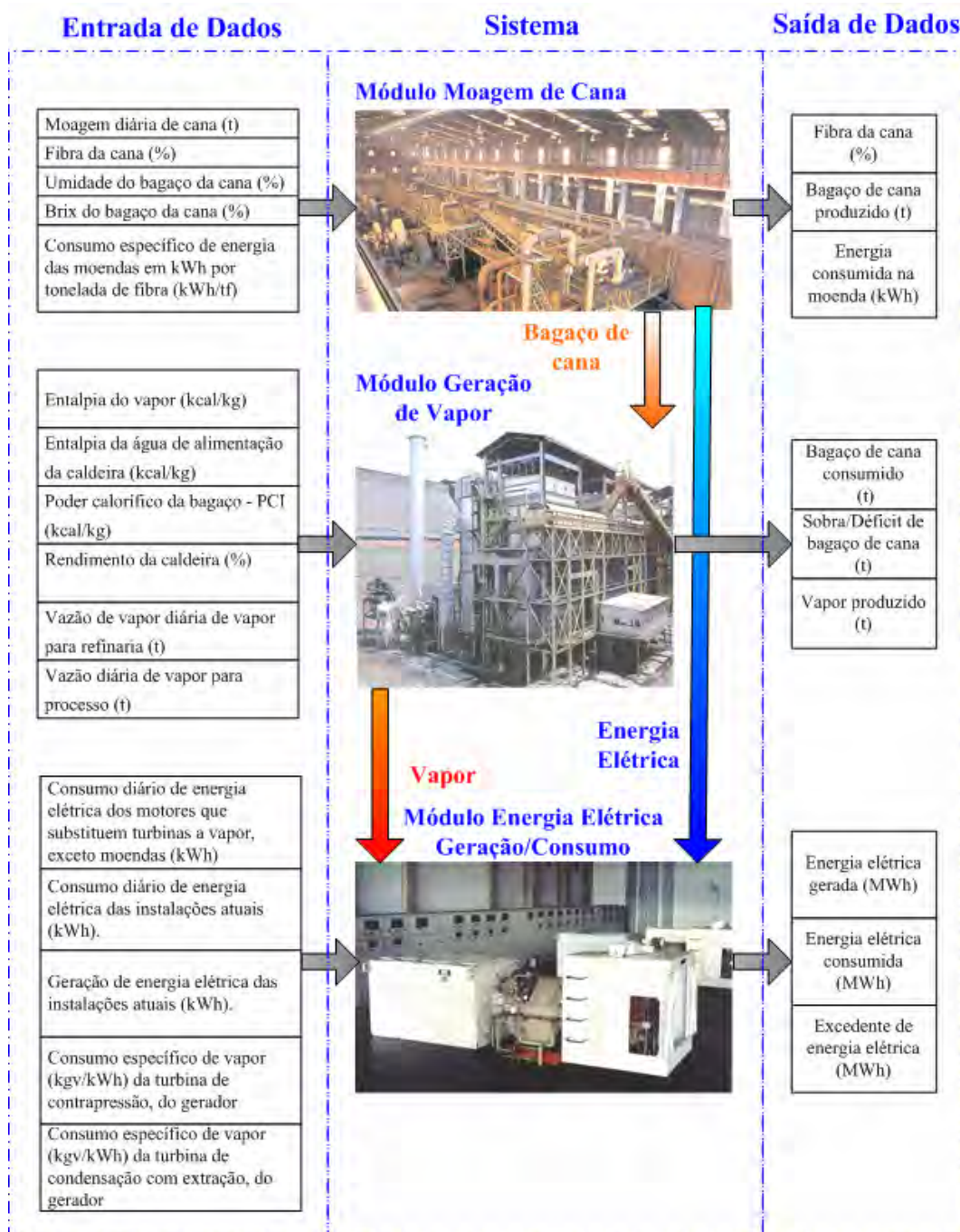


Figura 38 - Diagrama de blocos do programa PAC

A quantidade de fibra celulósica contida na cana é proporcional a potência consumida, ou seja, quanto maior o teor de fibra maior a potência necessária para a extração do caldo da cana de açúcar. Portanto usa-se para determinação da energia consumida nas moendas o consumo específico de energia por tonelada de fibra (kWh/tf) (Hugot 1969). Este valor pode ser obtido através de medições na planta analisada ou usa-se valores típicos disponíveis em literaturas.

O consumo específico de potência nas moendas C_e obtém-se através da Equação 3:

$$C_e(kWh/t_f) = \frac{\sum P}{M \times \left(\frac{F}{100}\right)} \quad (3)$$

onde:

P = Potência efetiva consumida nas moendas (kW)

M = Capacidade de moagem de cana das moendas (t/h)

F = Teor de fibra da cana (%)

4.3.2. MÓDULO PRODUÇÃO DE VAPOR

Neste módulo através dos dados de entrada (Tabela 17) calcula-se o bagaço consumido para a produção do vapor em função das características das caldeiras. A diferença entre o bagaço gerado nas moendas e o bagaço consumido nas caldeiras determina a sobra ou falta de bagaço para a condição simulada. A quantidade de bagaço consumida determina-se através da Equação 4. As saídas do módulo são o bagaço consumido para a produção de vapor, a sobra/déficit de bagaço e o vapor destinado a geração de energia elétrica.

Tabela 17 - Dados de entrada - módulo produção de vapor.

Descrição	Unidade	Símbolo
Vapor consumido	t/h	Gv
Entalpia do vapor em função pressão e temperatura de operação da caldeira.	kcal/kg	hv
Entalpia da água de alimentação da caldeira.	kcal/kg	hl
Poder calorífico inferior do bagaço	kcal/kg	PCI
Rendimento da caldeira	%	N

$$Bagaço Consumido (t) = \frac{Gv \times (hv - hl)}{PCI \times N} \quad (4)$$

4.3.3. MÓDULO ENERGIA ELÉTRICA

Neste módulo determina-se o excedente de energia elétrica através da determinação do consumo total de energia elétrica da planta e o total possível de ser gerado. A energia gerada é determinada em função do vapor disponível para esta finalidade. Para um determinado volume de vapor disponível, a energia elétrica gerada determina-se em função do consumo específico de vapor da turbina a vapor que aciona o gerador (Equação 5), dado em kgv/kWh (quilos de vapor/kWh). Na Tabela 18 tem-se os dados de entrada do módulo. Os dados de saída são: energia gerada, consumida no processo produtivo e o excedente para comercialização.

Tabela 18 - Dados de entrada - Módulo energia elétrica

Descrição	Unidade	Símbolo
Energia elétrica consumida das instalações atuais e previstas nas simulações	kWh	-
Energia elétrica produzida das instalações atuais	kWh	-
Consumo específico de vapor da turbina do gerador dado em kg de vapor por kWh	kg/kWh	K
Vapor disponível para geração de energia elétrica	t	V

$$\text{Energia Elétrica Produzida (MWh)} = \frac{V}{K} \quad (5)$$

4.4. PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO

Como ferramenta computacional para análise, usa-se o programa SIMULINK.

O SIMULINK é um programa integrado ao MATLAB, e utilizado para modelagem, simulação e análise de sistemas dinâmicos, lineares e não lineares. Utiliza uma interface gráfica com o usuário para construção dos modelos a partir de diagramas em blocos, através de operações de clique-e-arraste do mouse. Com esta interface pode-se criar modelos da mesma forma que se faz com papel e caneta. SIMULINK é o resultado de uma longa evolução de pacotes de simulação anteriores que necessitavam a formulação de equações diferenciais ou de equações de diferenças em linguagens de programação. Inclui bibliotecas de blocos contendo fontes, visualizadores, componentes lineares, não lineares e conectores, com a opção de criação ou personalização de blocos.

Após a definição do modelo, a simulação pode ser feita com diferentes algoritmos de resolução, escolhidos a partir dos menus do SIMULINK ou da linha de comando do MATLAB. Os menus são particularmente convenientes para o trabalho interativo, enquanto a linha de comando tem sua utilidade na simulação repetitiva a qual se deseja somente mudar parâmetros. Usando osciloscópios (scopes) ou outros visualizadores, tem-se o resultado gráfico da simulação enquanto está sendo executada. Os resultados da simulação podem ser exportados para o MATLAB para o futuro processamento ou visualização.

As ferramentas de análise de modelos incluem ferramentas de linearização e ajuste que podem ser acessadas a partir da linha de comando do

MATLAB, assim como várias ferramentas do MATLAB e suas TOOLBOXES específicas. Sendo o MATLAB e o SIMULINK integrados, pode-se simular, analisar e revisar os modelos em qualquer dos dois ambientes.

4.4.1. ESTRUTURA BÁSICA DE UM PROGRAMA

Um programa consiste de 3 tipos de componentes (Figura 39): fontes, o sistema onde são processadas as informações fornecidas pelas fontes e dispositivo de saída.

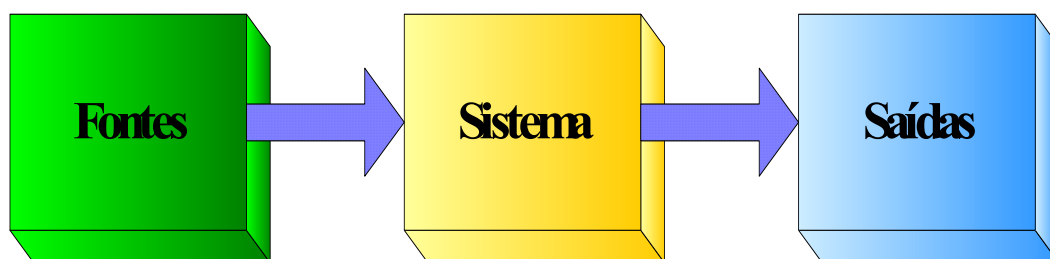


Figura 39 - Componentes de um programa usando SUMULINK

4.4.1.1. FONTES

As fontes são as entradas aplicadas ao sistema do programa. Podem incluir constantes, geradores de funções como senóides ou degrau, ou ainda sinais personalizados pelo usuário criados no MATLAB, através dos blocos **From Workspace** que permite acessar dados do workspace e **From File**, que permite ler dados de arquivos gerados no MATLAB, disponíveis na biblioteca **Sources** (Figura 40).

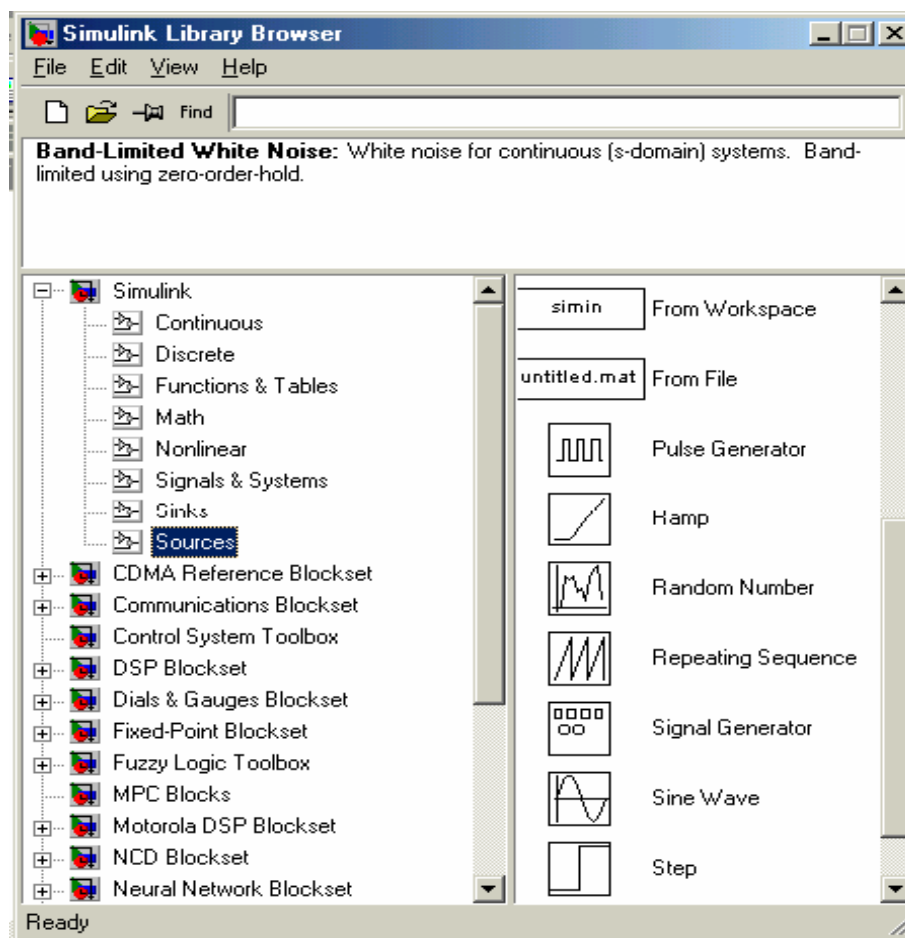


Figura 40 - Biblioteca de fontes (Sources)

4.4.1.2. SISTEMA

Consiste no diagrama de bloco que tem a finalidade de processar os dados enviados pelas fontes e gerar as saídas com dados resultantes da simulação. No bloco sistema monta-se todo o equacionamento para análise da entrada de dados (Fontes). Para a construção do programa proposto pelo trabalho, o sistema será composto pelo módulo Moagem de Cana, Geração de Vapor e Energia Elétrica, com os respectivos equacionamentos para processamento dados de entrada (Fontes) e fornecer as saídas solicitadas.

4.4.1.3. SAÍDAS

São blocos dedicados disponíveis na biblioteca **Sinks** do SIMULINK (Figura 41), que permite a visualização e armazenamento dos dados resultantes da simulação para análise e conclusões.

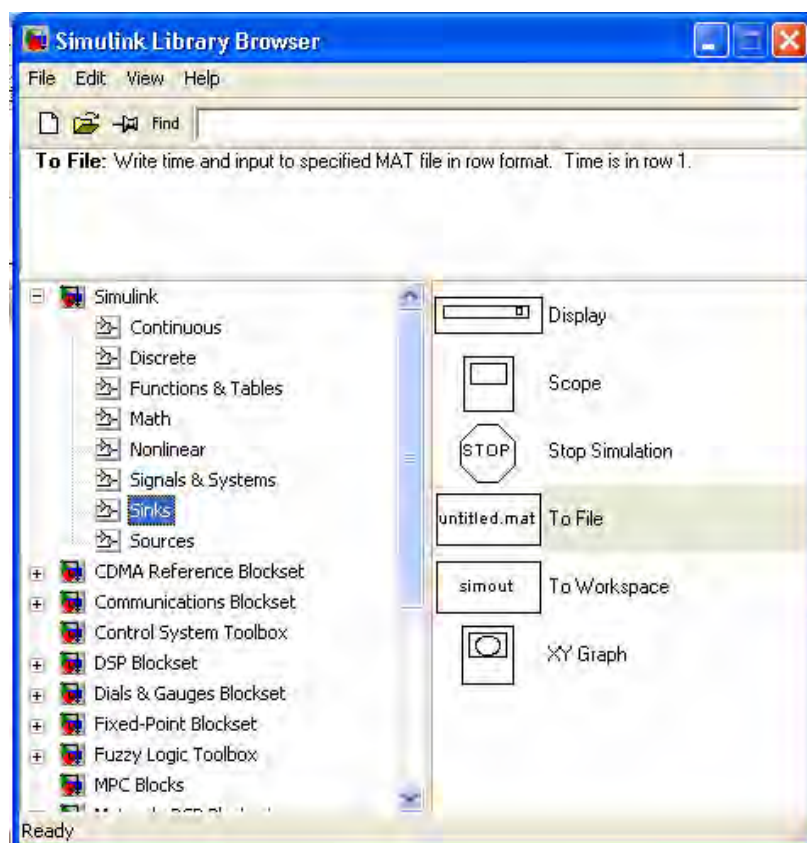


Figura 41 - Saída de dados - Biblioteca Sinks

Os resultados das simulações podem ser apresentados de forma gráfica (**XY Graph** e **Scope**) para visualização instantânea da simulação, em forma de arquivos gerados para posterior edição (**To Workspace** e **To File**) e também o bloco **Display** para leituras instantânea de grandezas.

4.4.2. BLOCK LIBRARY

SIMULINK apresenta um grande número de blocos que representam os mais comumente requeridos para modelagem de funções. Os

blocos são agrupados de acordo com suas aplicações: Sources, Sinks, Discrete, Continuous, Nonlinear, Math, Functions & Tables, e Signal & Systems (Figura 42).

O SIMULINK permite ainda ao usuário a criação de novos blocos e bibliotecas de blocos. É possível configurar não apenas a funcionalidade do bloco, mas também a interface do usuário usando ícones e caixas de diálogo. Os blocos criados podem ser gravados em bibliotecas próprias que poderão ser usados em outras funções ou modelos.

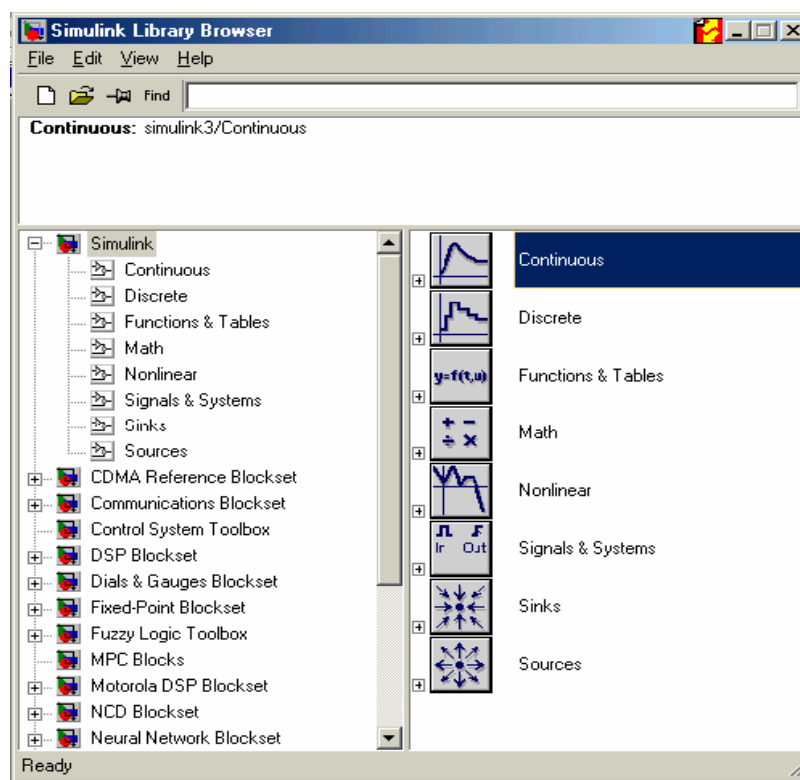


Figura 42 - Simulink Block Library

4.4.3 SUBSISTEMAS

A maioria das linguagens de programação utilizada em engenharia inclui a capacidade de se utilizar subprogramas. Em FORTRAN existem sub-rotinas e subprogramas funções. Em C os subprogramas são

chamados funções e subprogramas, no MATLAB são funções em arquivo M. O SIMULINK possui uma utilidade semelhante chamado *subsistemas* (**SubSystem**). Duas grandes razões para se utilizar subprogramas são a abstração dos detalhes e a reutilização do software. À medida que os modelos crescem e ficam complexos, tendem a ficar difíceis de se entender e executar manutenção. Subsistemas resolvem este problema fazendo que um modelo complexo e grande possa ser dividido em grupos hierárquicos de modelos menores (Figura 43).

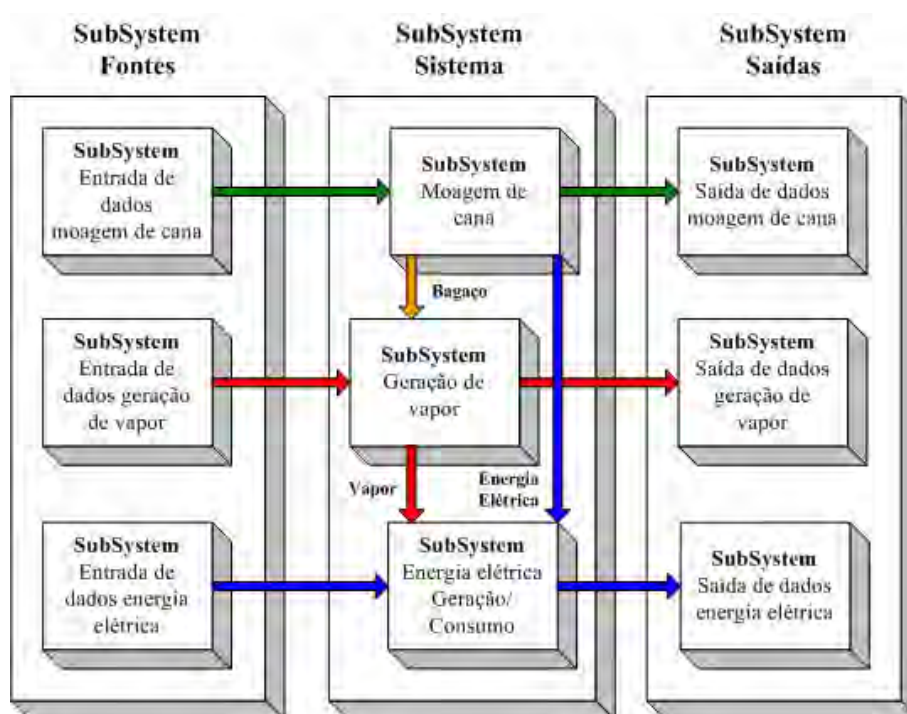


Figura 43 - Exemplo de Aplicação de Subsistema

4.4.4. MASKS

Permite que o usuário crie sua própria interface para qualquer subsistema ou bloco de **S-function**. Pode-se incluir um ícone, diálogo de parâmetros, ajuda on-line, ou roteiro de inicialização. A **Mask** criada pelo usuário pode ser um ícone com uma figura, (aparência) de acordo com sua aplicação, facilitando a identificação. A Figura 44 apresenta um exemplo de utilização de **Mask** como uma interface para entrada de dados de um programa.

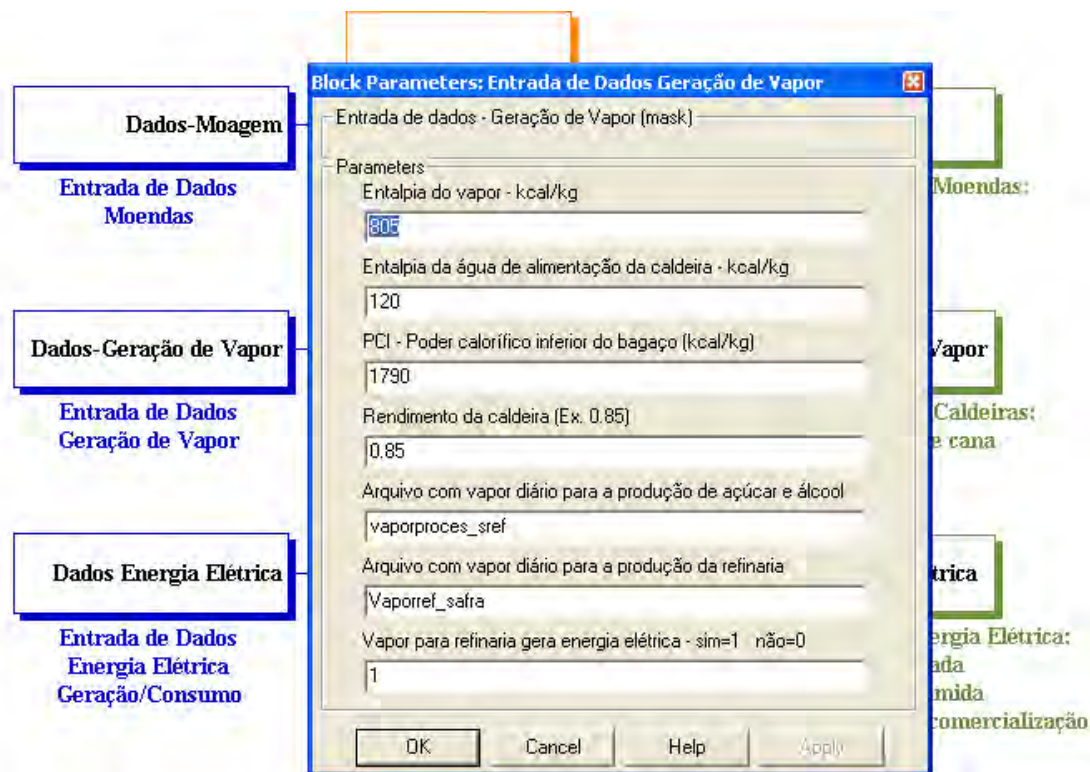


Figura 44 - Exemplo de aplicação da função Mask

4.5. CONSTRUÇÃO DO PROGRAMA USANDO O PROGRAMA SIMULINK

O programa é constituído de um conjunto de subsistemas (Figura 45). É dividido em três grupos principais sendo: entrada de dados, sistema de equações e saída dos resultados. A entrada de dados e saída de resultados são subdivididas em 03 subsistemas (moendas, geração de vapor e energia elétrica) para melhor organização e interpretação das simulações. As Figuras 46, 47 e 48 apresenta a interface (**Mask**) para os blocos de entrada de dados

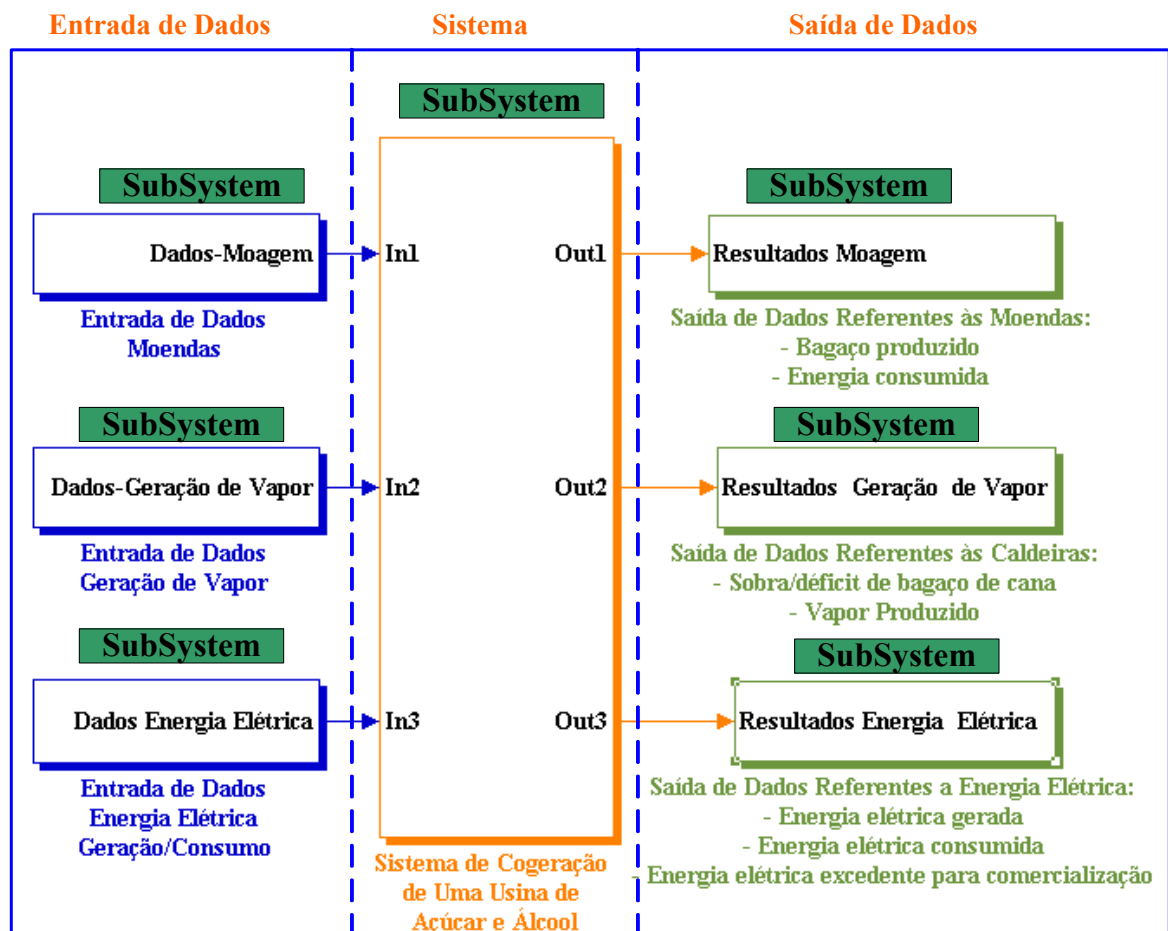


Figura 45 - Subsistemas de entradas, sistema de cogeração e saídas do programa

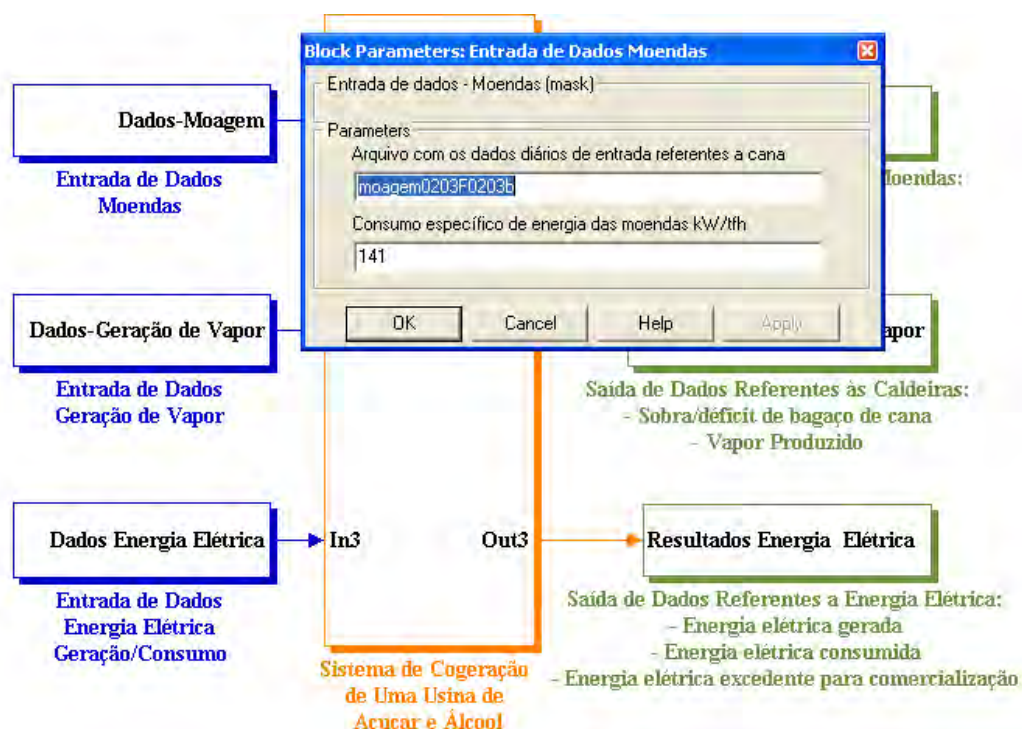


Figura 46 – Interface entrada de dados da moagem de cana

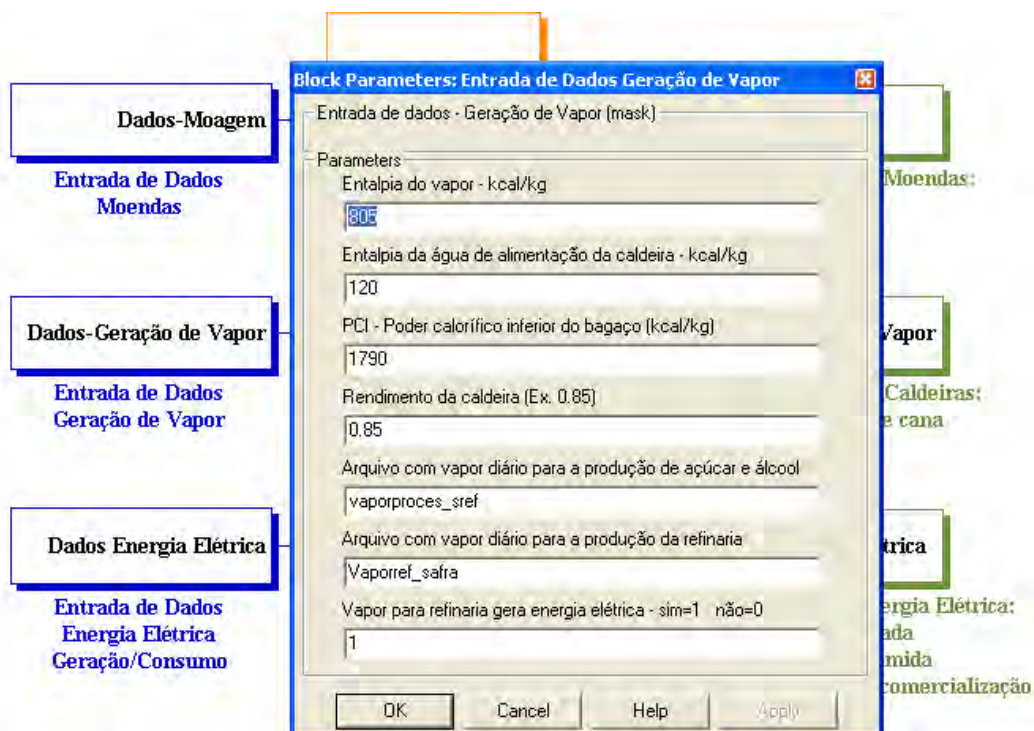


Figura 47 – Interface entrada de dados da geração de vapor

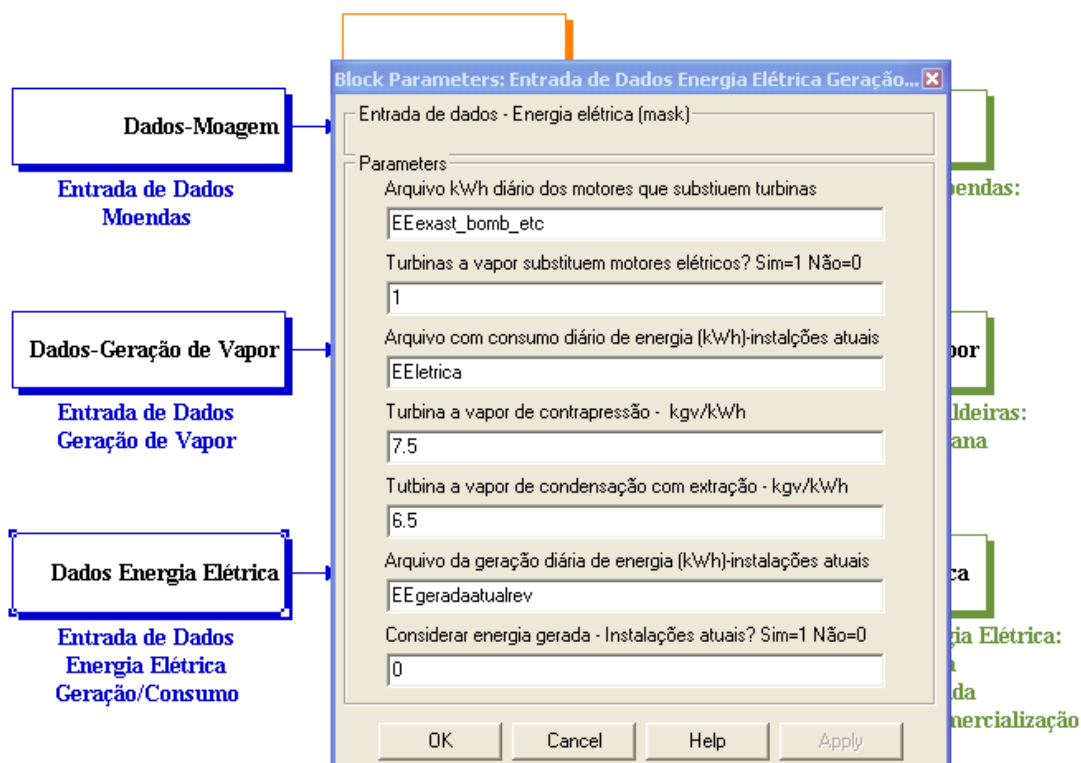


Figura 48 – Interface para entrada de dados referentes a energia elétrica

4.5.1. ENTRADA DE DADOS

A entrada de dados é dividida em 03 subsistemas que permitem através de digitação e importação de informações de arquivos previamente criados, fornecer os parâmetros necessário para as simulações.

4.5.1.1 SUBSISTEMA ENTRADA DE DADOS MOENDAS:

Conforme a Figura 49 este subsistemas utiliza os seguintes blocos do Simulink sendo:

- ✓ **from workspace** (cana para processamento) - digita-se o nome do arquivo que contém, em forma de planilha, as informações relativas a cana de açúcar. O arquivo deve estar alocado na área de trabalho do Matlab (**workspace**).

- ✓ **Constant** – digitado-se o consumo específico de energia na moenda em kWh/t_f (t_f – tonelada de fibra)

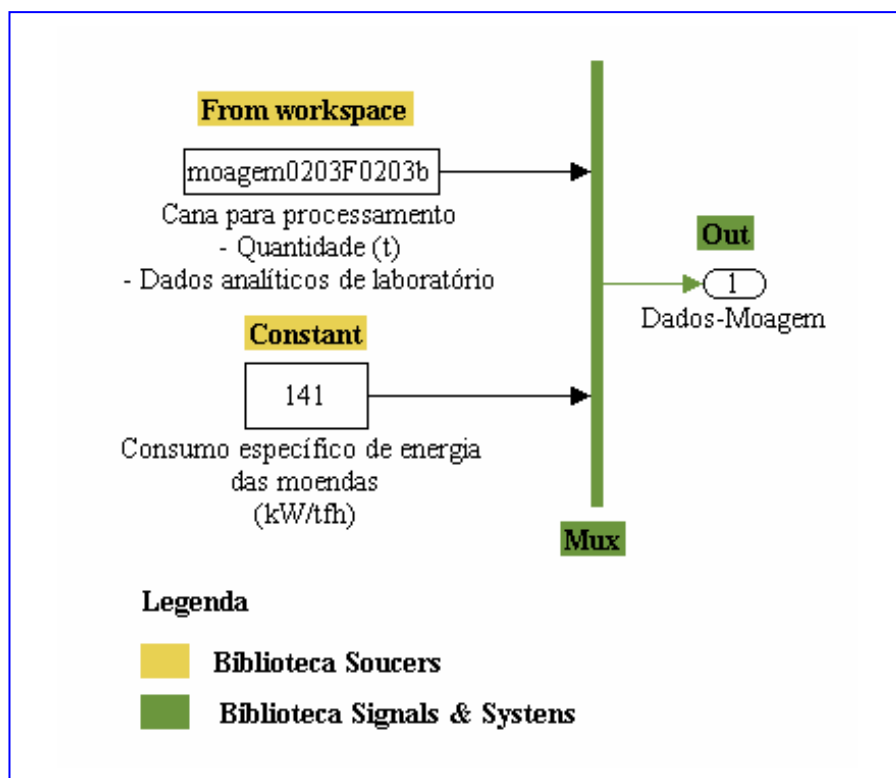


Figura 49 - Subsistema entrada de dados das moendas

4.5.1.2. SUBSISTEMA ENTRADA DE DADOS GERAÇÃO DE VAPOR:

Neste subsistema (Figura 50) são digitados os dados referentes a geração de vapor (caldeiras). Utiliza-se os blocos **constant** e **from workspace**.

- ✓ **Constant** – digita-se a entalpia do vapor (h_v) e da água (h_a) em kcal/kg, poder calorífico inferior do bagaço (PCI) em kcal/kg e o rendimento da caldeira em %.
- ✓ **From workspace** – digita-se o nome dos arquivos alocados no **workspace** do Matlab que contém as vazões diárias de vapor (t/h) para o processo produtivo de

açúcar cristal e álcool e para o processo produtivo da refinaria.

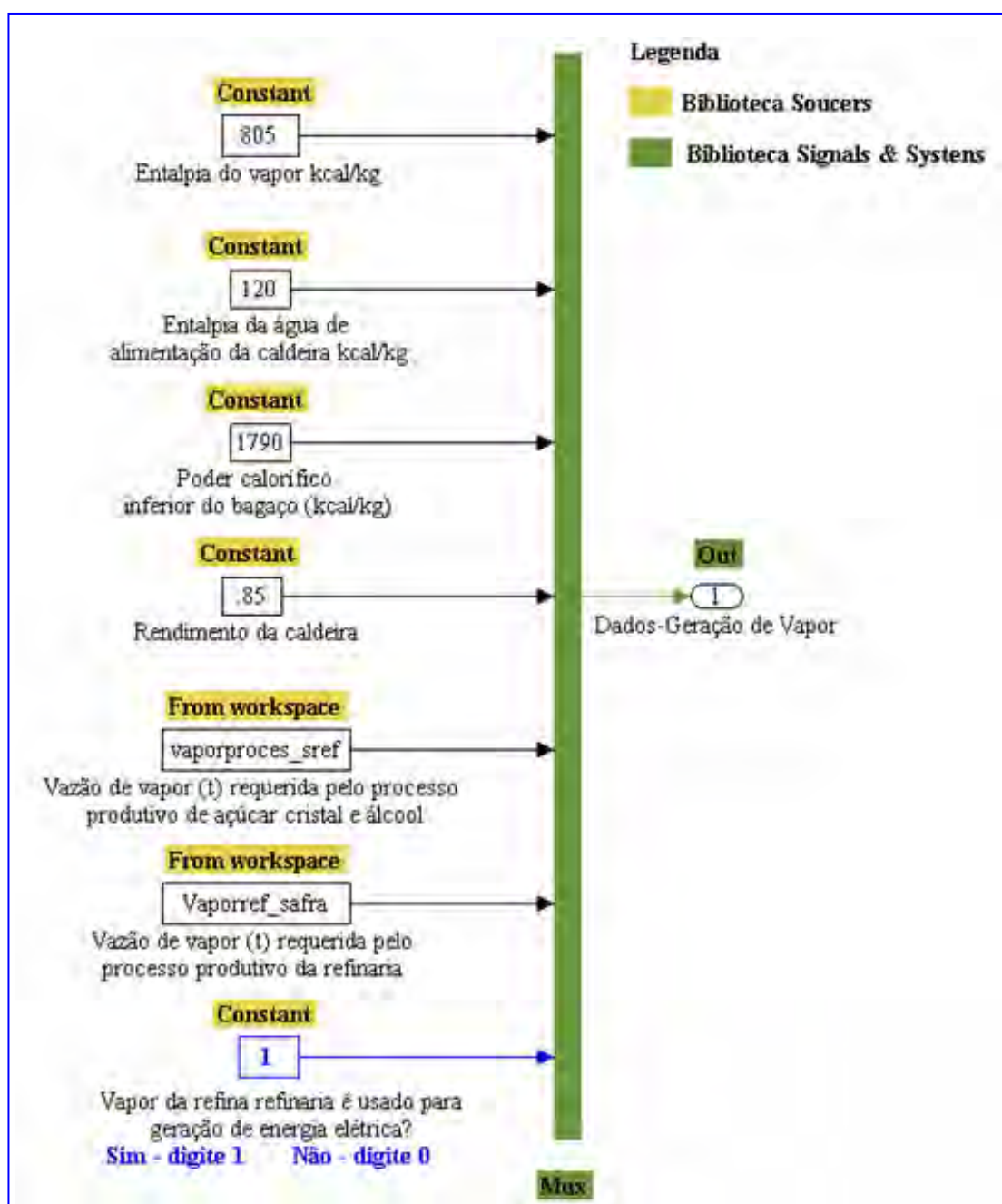


Figura 50 - Subsistema entradas de dados das caldeiras

4.5.1.3. SUBSISTEMA ENTRADA DE DADOS ENERGIA ELÉTRICA-GERAÇÃO/CONSUMO

No subsistema referente a energia elétrica (Figura 51) são apresentadas as informações relativas ao consumo atual e estimado para motores que possam substituir turbinas a vapor, exceto das moendas. Usa-se os blocos do Simulink, **Constant**, **from workspace**, **sum** e **switch**.

- ✓ **Constant** – digita-se o consumo específico de vapor (kgv/kWh) para cada tipo de turbina utilizada para acionamento dos geradores e consumo de energia elétrica estimada para os motores que substituem turbinas a vapor, exceto das moendas.
- ✓ **From workspace** – digita-se o nome do arquivo que contém o consumo de energia elétrica para o período a ser simulado.
- ✓ **Sum** – utilizado para totalizar o consumo de energia elétrica.
- ✓ **Switch** – utilizado como recurso para decisão entre duas alternativas

4.5.2. SISTEMA - COGERAÇÃO DE UMA USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Neste bloco é formulado todo o equacionamento para processar as informações fornecidas pela entrada de dados e fornecer as saída dos resultados. A Figura 52 a estrutura do equacionamento divida em três subsistemas.

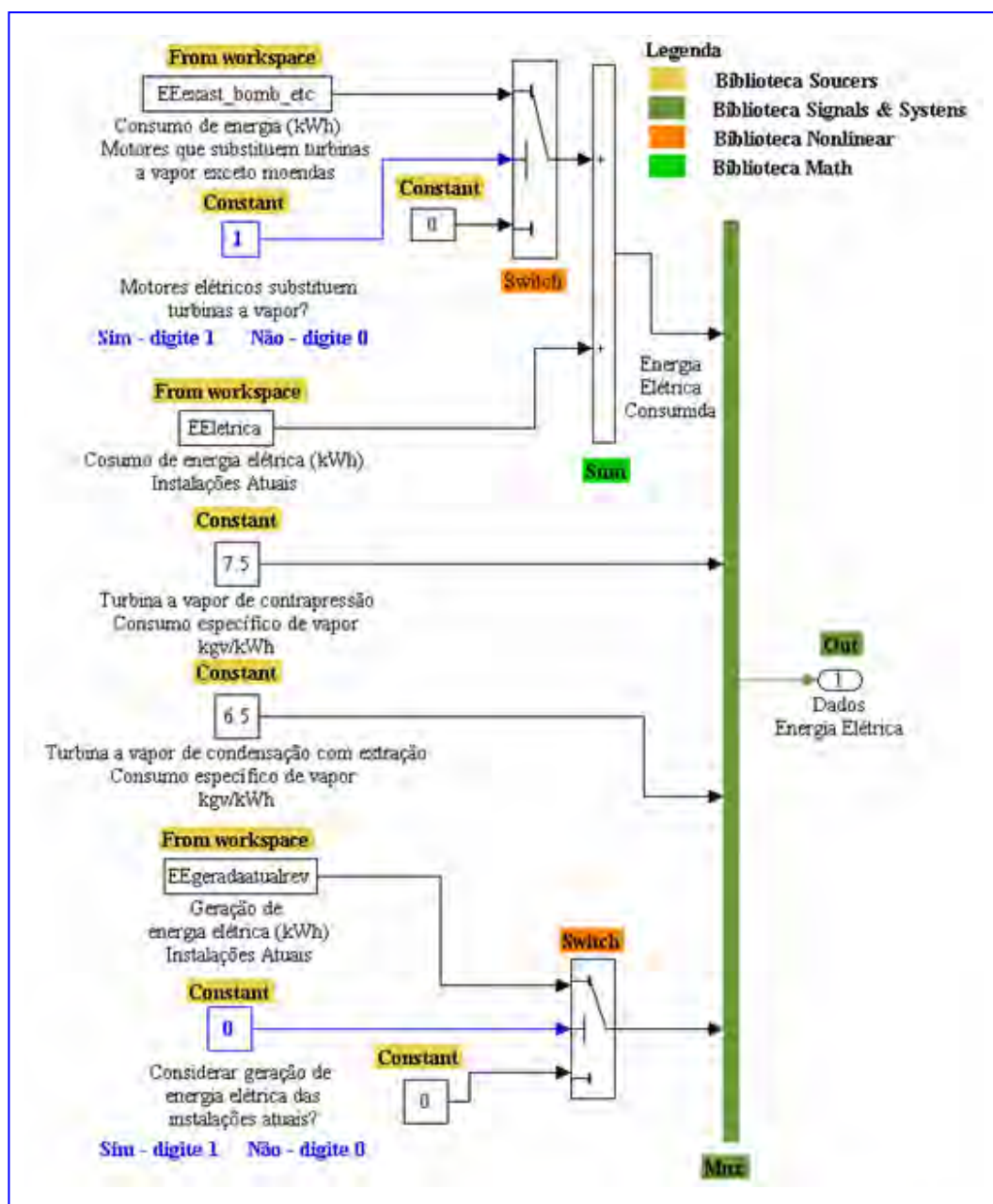


Figura 51 - Subsistema entrada de dados de energia elétrica

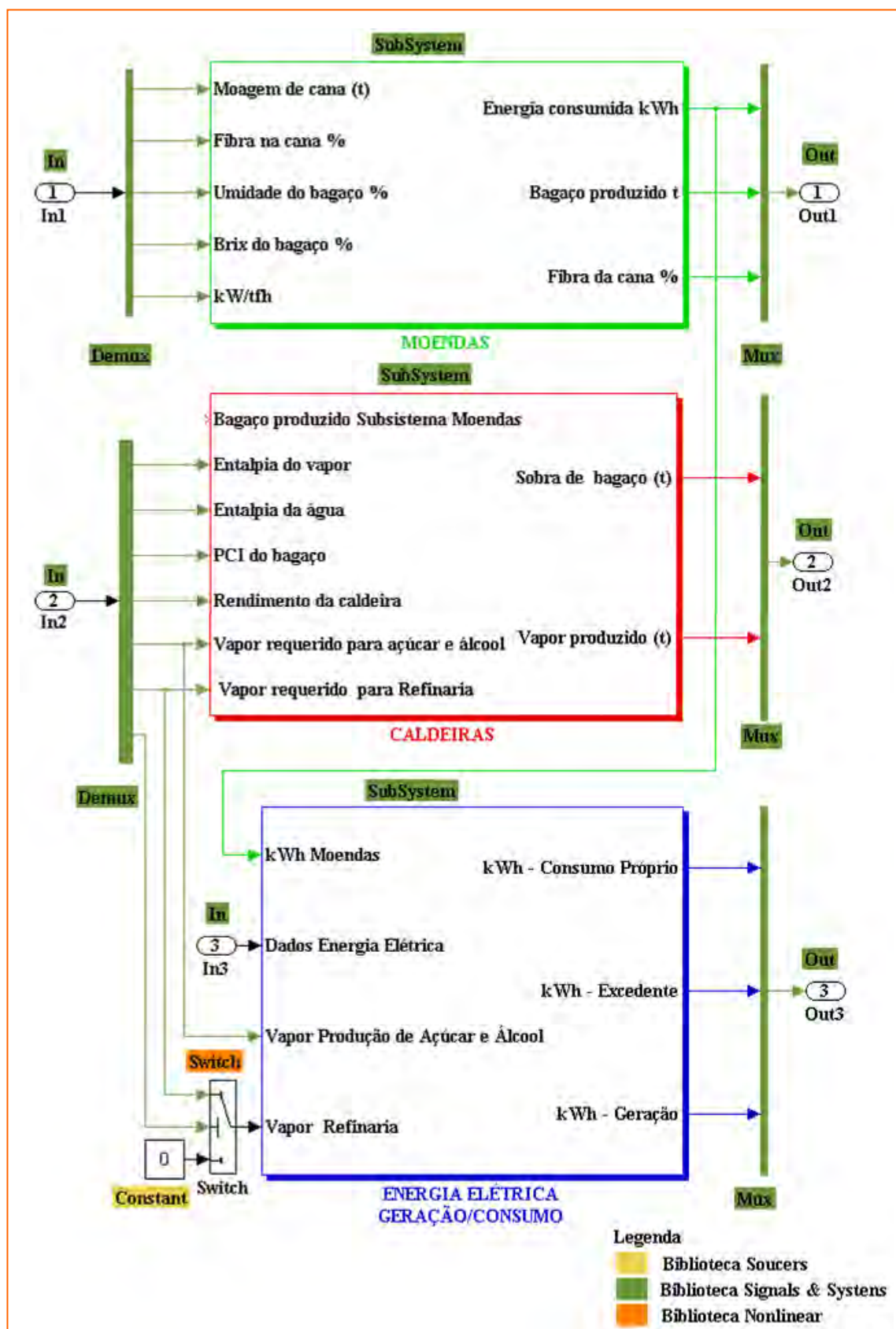


Figura 52 - Conteúdo do subsistema Sistema de Cogeração de uma Usina de Açúcar e Álcool

SUBSISTEMA MOENDA:

Calcula-se a quantidade de bagaço de cana produzido (Equação 1) em função da quantidade e características da cana e a energia elétrica consumida pelos motores elétricos para acionamento das moendas (Equação 2), quando simula-se a substituição de turbinas a vapor por motores elétricos. A Figura 53 apresenta o subsistema.

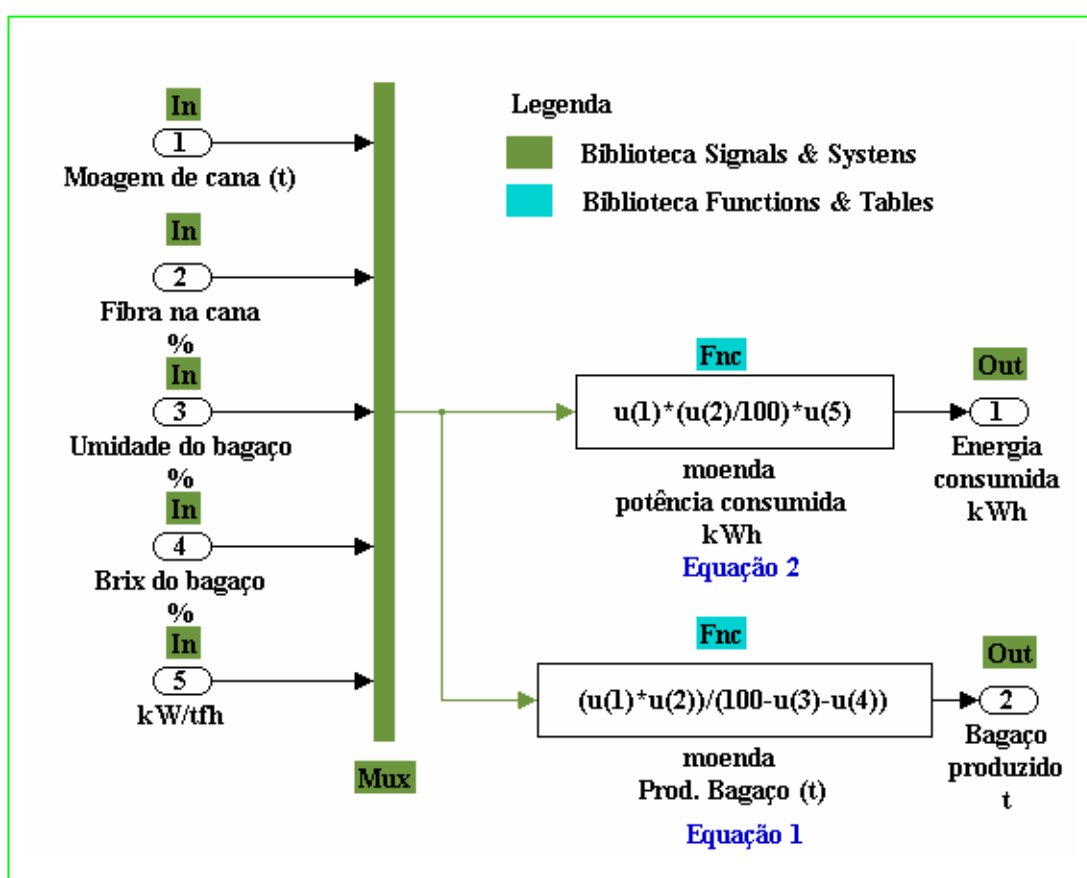


Figura 53 – Subsistema moendas

SUBSISTEMA CALDEIRAS:

Neste subsistema (Figura 54), em função da vazão de vapor necessária para o processo produtivo, determina-se a o bagaço consumido

(Equação 4). Determina-se também a sobra ou o déficit de bagaço através da diferença entre o bagaço produzido, determinado no subsistema moendas e o bagaço consumido.

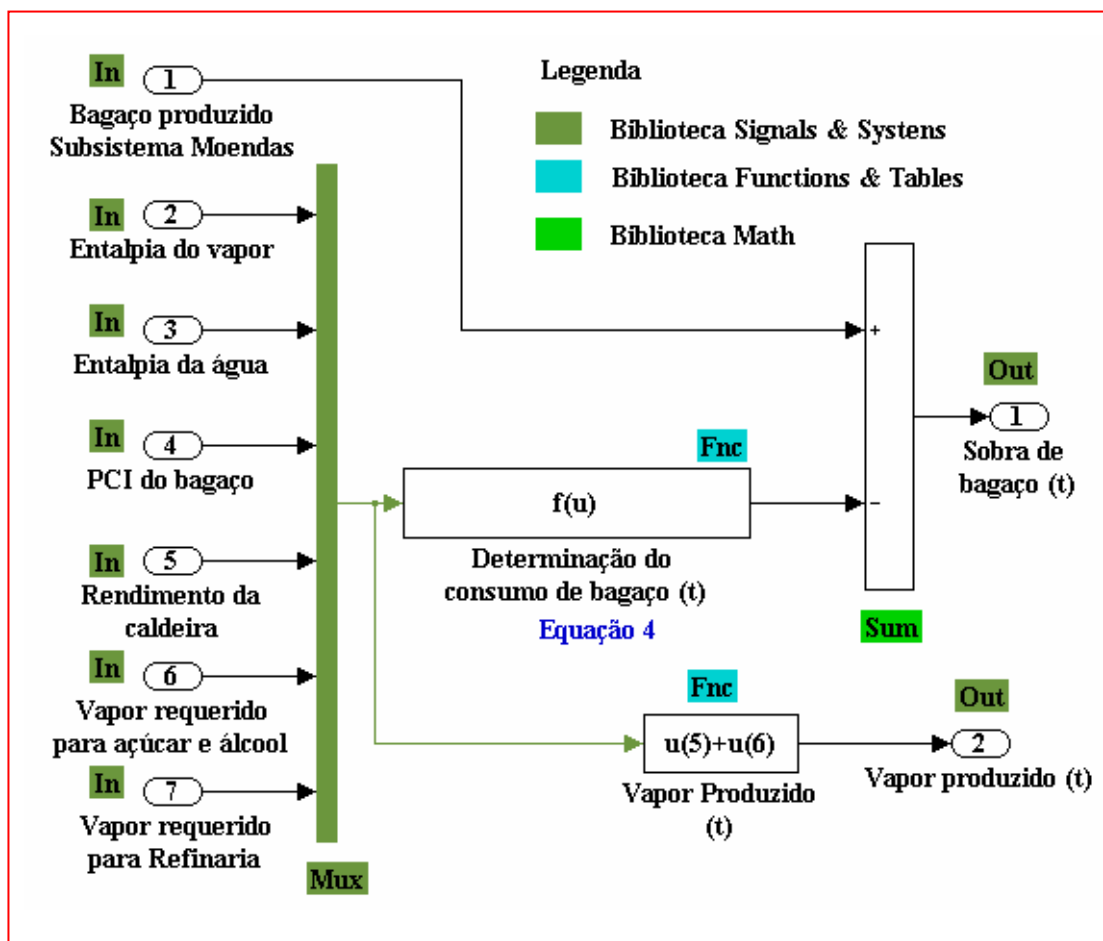


Figura 54 - Subsistema das caldeiras

SUBSISTEMA ENERGIA ELÉTRICA:

Através deste subsistema, é feita a totalização da energia elétrica consumida e gerada na planta, para a determinação do excedente de energia elétrica disponível para comercialização. A energia gerada é determinada em função do vapor disponibilizado pelo subsistema caldeiras e do consumo específico de vapor das turbinas dos geradores (Equação 5). As Figuras 55 e 56 apresentam o subsistema energia elétrica.

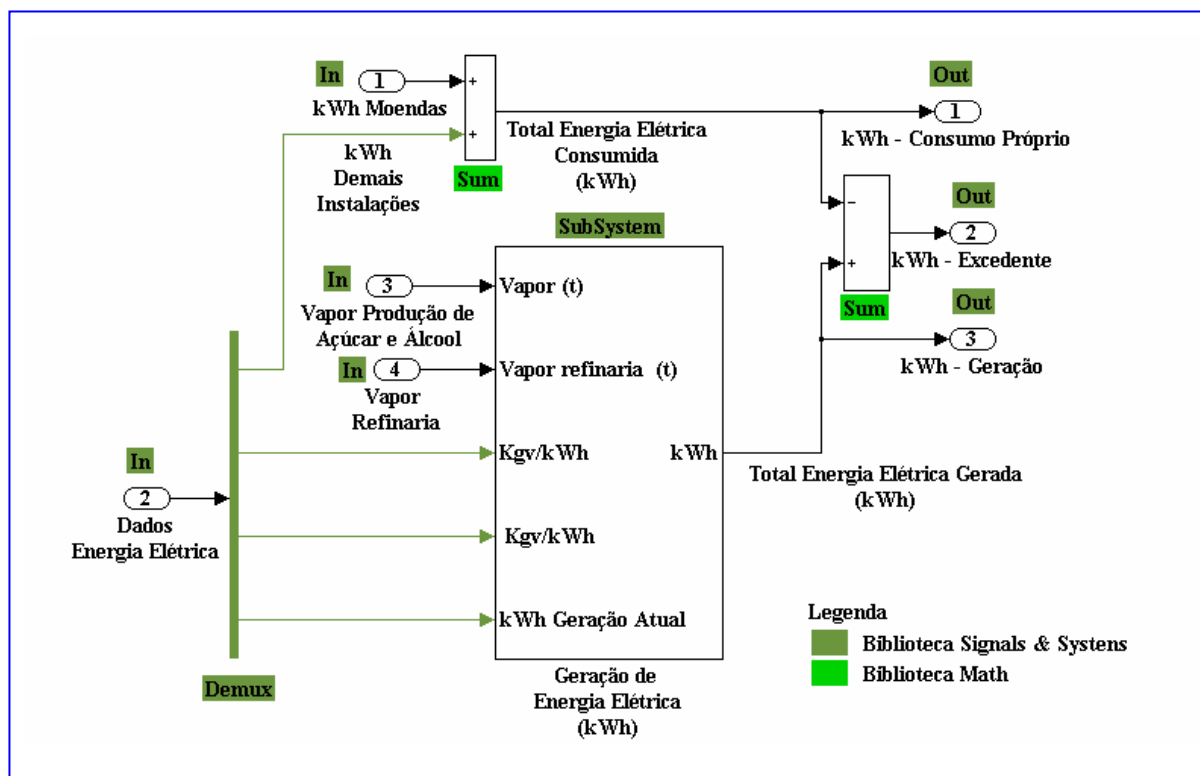


Figura 55 – Subsistema energia elétrica

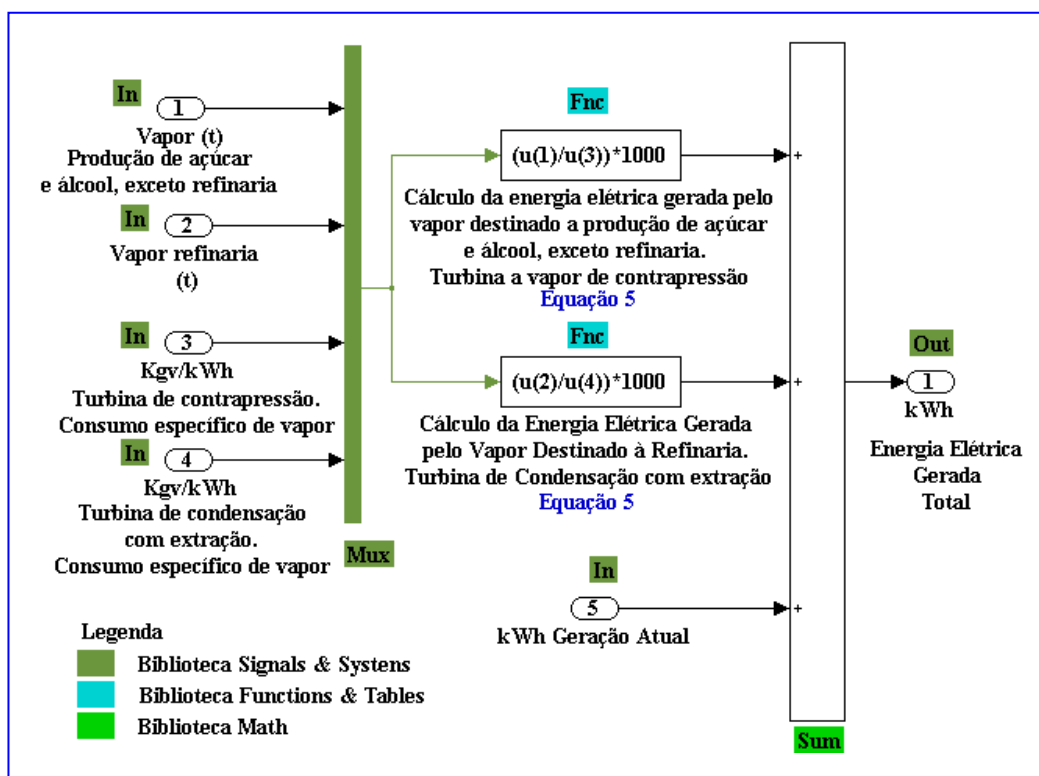


Figura 56 – Subsistema geração de energia elétrica, contido no subsistema energia elétrica

4.5.3. SAÍDA DE DADOS

As saídas de dados, como nas entradas, estão divididas em três subsistemas. Em todas as saídas os resultados da simulação são visualizados de três formas, conforme mostra as Figuras 57, 58 e 59. Na primeira através de um bloco integrador ligado a um bloco **display** apresenta-se a totalização da variável de saída para o período de simulação. Na segunda através de um bloco **Scope** visualiza-se graficamente o resultado durante a simulação e a terceira através do bloco **to workspace** é gerado um arquivo no **workspace** do Matlab para edição posterior de gráficos ou tabelas.

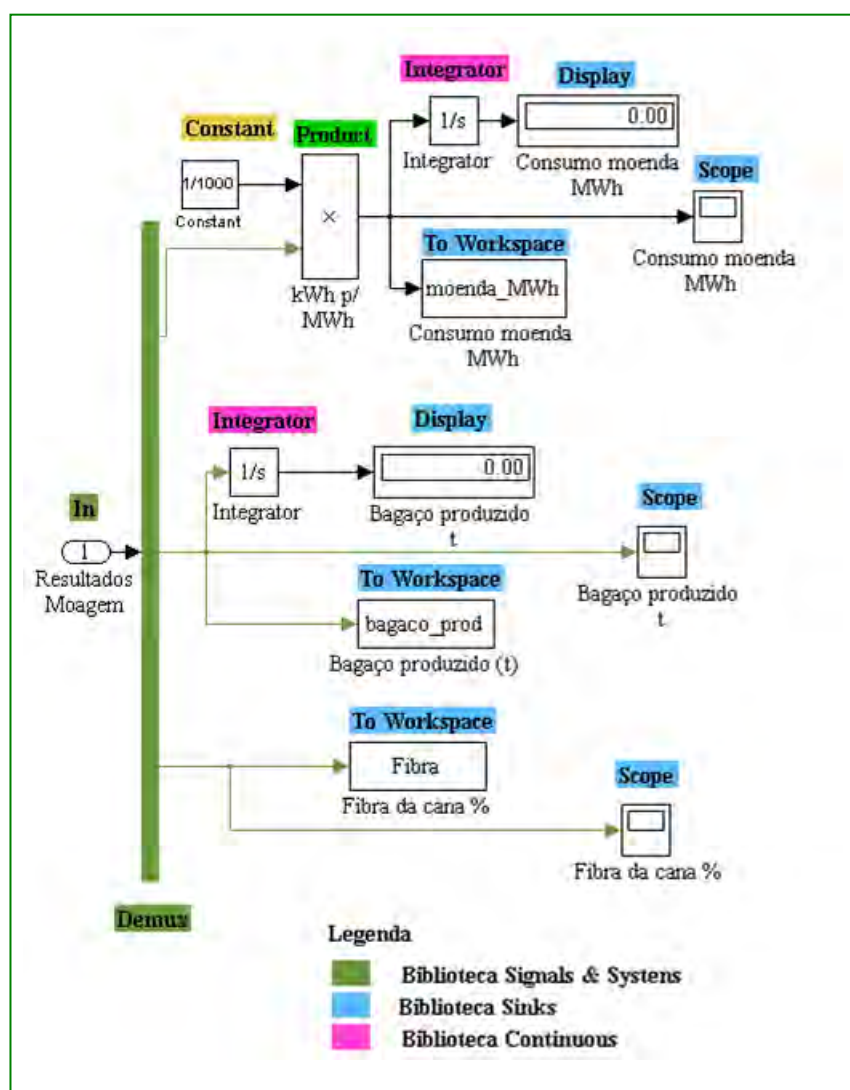


Figura 57 - Saída de dados moendas

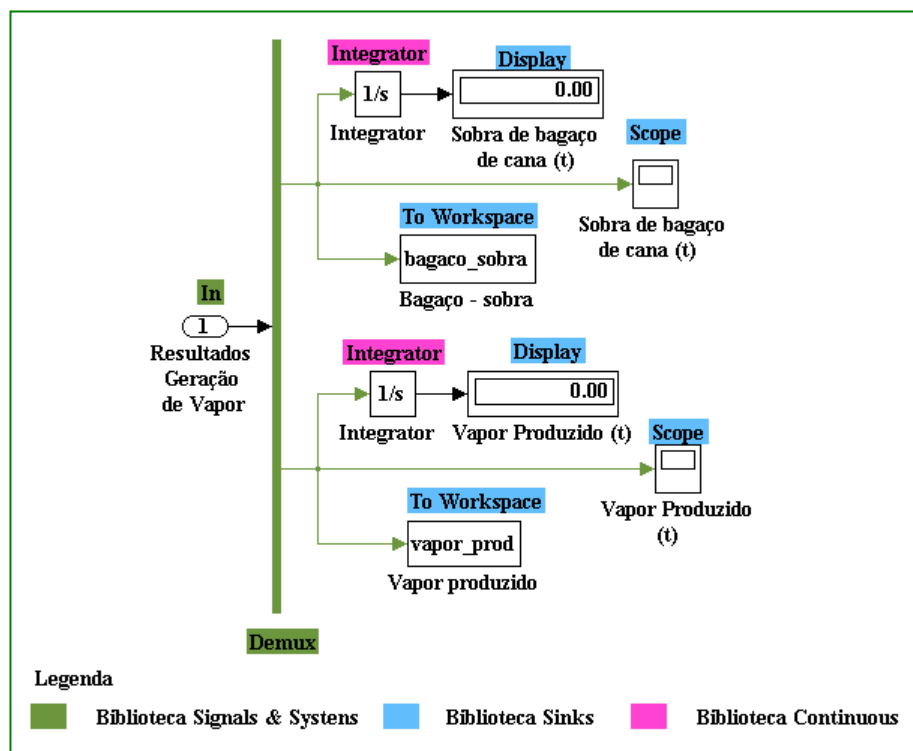


Figura 58 - Saída de dados geração de vapor

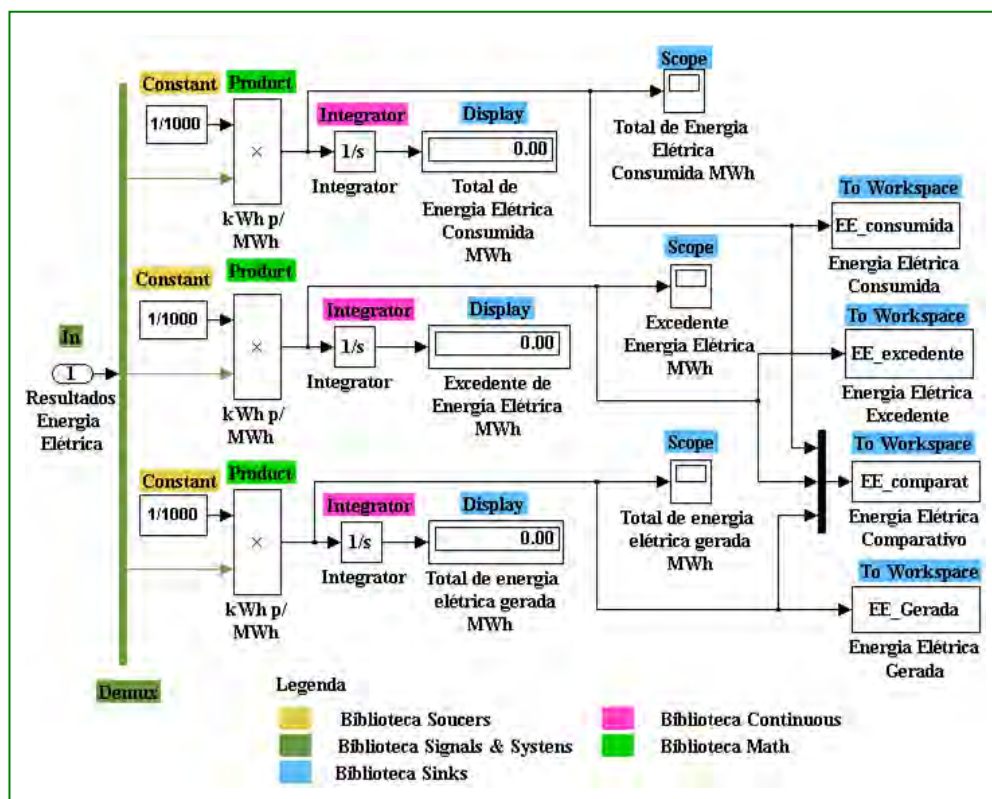


Figura 59 - Saída de dados energia elétrica

4.6. CONCLUSÕES PARCIAIS

A simulação é uma das mais poderosas ferramentas de análise disponível para projeto e operação de processos ou sistemas. O processo de simulação antes da implantação do sistema real é muito importante porque permite, a aceleração do funcionamento do sistema no tempo, possibilita prever os quase inevitáveis acidentes que ocorrem quando da implantação de um sistema real e permite poupar recursos econômicos, pois dispensa a construção de protótipos para testes.

A simulação permite ainda, durante o desenvolvimento do projeto de uma nova planta, evitar gargalos, definir o melhor arranjo físico e até determinar o melhor índice de produtividade dos funcionários. A simulação pode ser útil em qualquer uma das fases do ciclo de vida de um sistema de manufatura, desde a fase de análise do problema e definição de requisitos, até as fases de projeto, justificção, implementação e operação.

O SIMULINK constitui-se em uma ferramenta muito útil para simulação de sistemas que envolvem cálculos matemáticos complexos principalmente de engenharia, permitindo criar modelos que representam o mundo real com alta precisão que por sua vez, possibilitam uma análise para possíveis melhorias e detecção de falhas ou erros de projetos em sistemas.

O SIMULINK é de fácil utilização porém, a fidelidade do modelo depende do conhecimento prévio do sistema, ser matematicamente bem equacionado e da precisão dos dados de entrada. A escolha do SIMULINK para realização de simulações, pela disponibilidade do software no departamento de engenharia elétrica e pela experiência adquirida, quando na utilização do referido programa em outros trabalhos de pesquisa.

4.7. BIBLIOGRAFIA

ADADE, A.. *Simulação de Sistemas Dinâmicos – Simulink*. S. José dos Campos: CTA-ITA-IEMP, 1997. p. 79-87

GUDWIN, R.R. Linguagens de Programação. Disponível no site <www.dca.fee.unicamp.br/courses/EA877/1s1997/lingprog.html> acesso em 17/05/2002

HUGOT, E.. *Manual da Engenharia Açucareira*. São Paulo: Mestre Jou, 1969. cap. 14, p. 18.

PAYNE, J. H.. *Cogeneration in the cane sugar industry*. New York: Elsevier Science Publishers, 1991. cap. 5-6.

SILVA FILHO, B.S. Curso de Introdução ao SIMULINK. Disponível no site <<http://152.92.155.55/download.htm>> acesso em 03/06/2002.

MATSUMOTO, E.Y.. *Simulink 5*. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2003.

CAPÍTULO 5

SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

5.1. INTRODUÇÃO

Os dados de entrada para as simulações das 03 configurações propostas para a planta industrial, são realizadas tomando-se como base os boletins de controles do processo produtivo de açúcar e álcool da Usina da Barra S.A., Grupo Cosan, referentes a safra 2002/2003. A safra foi realizada em 197 dias com moagem de 5.617.520 t de cana.

Em face da importância do combustível disponível para o processo de cogeração e destacando-se a necessidade de uma análise o mais precisa possível, baseada em dados históricos, serão incrementadas nas simulações, o teor de fibra das safras 93/94 à 02/03 para análise da influência do mesmo no volume de combustível disponível (bagaço da cana) e no excedente de energia elétrica, considerando-se uma mesma quantidade de cana.

Os dados coletados na planta, para realização das simulações são:

- ✓ Moagem diária de cana em toneladas (t)
- ✓ Teor de fibra da cana (f) em % - média semanal: série de 10 anos, da safra 93/94 à 02/03, para análise da influência da fibra no volume de bagaço gerado e excedente de energia elétrica.
- ✓ Umidade do bagaço em % - média semanal
- ✓ Brix do bagaço em % - média semanal
- ✓ Produção diária de vapor para o processo de produção de açúcar cristal e álcool

- ✓ Consumo diário de energia elétrica das instalações existentes
- ✓ Geração diária de energia elétrica das instalações existentes.

Os dados são organizados em tabelas geradas no programa Excel, de forma a atender as entradas de dados de cada bloco do programa montado com o SIMULINK. As tabelas estão disponíveis no Anexo A. Para as simulações importa-se as mesmas para o **workspace** do MATLAB/SIMULINK.

Para análise do comportamento do processo de cogeração em função das várias alternativa para tornar a planta energeticamente mais eficiente, simula-se as seguintes propostas de configuração:

- i. Configuração 1 (C1): Elevação da pressão primária e temperatura do vapor das caldeiras
- ii. Configuração 2 (C2): Substituição de turbinas a vapor por motores elétricos para acionamento de moendas, exaustores, etc., mantendo-se a pressão atual das caldeiras
- iii. Configuração 3 (C3): Substituição de turbinas a vapor por motores elétricos para acionamento de moendas, exaustores, etc., e elevação da pressão primária e temperatura do vapor das caldeiras.

5.2. SIMULAÇÕES

Para a realização das simulações das 03 configurações propostas, foram utilizados os parâmetros coletados na safra 02/03, sendo estes, a

base de entrada de dados do programa de análise do potencial do processo de cogeração em uma usina de açúcar e álcool (PAC). Para tanto, são realizadas 10 simulações variando-se o item fibra da cana, referente às safras de 93/94 a 02/03.

Com os resultados serão possíveis as análises dos excedentes de energia elétrica e a quantidade de combustível, equivalente a 10 anos de safra, considerando o período ideal para amortização dos investimentos necessários e o mínimo para celebração de contratos de venda de energia junto às concessionárias.

Para todas as configurações, será acrescentado ao resultado final de cada simulação, no item sobra de bagaço de cada simulação, a quantidade de 60000 t de bagaço para a operação da refinaria no período de entressafra e início da safra seguinte.

5.2.1. SIMULAÇÃO CONFIGURAÇÃO 1 (C1) - ELEVAÇÃO DA PRESSÃO PRIMÁRIA DAS CALDEIRAS.

A elevação da pressão e temperatura do vapor da caldeira, permite gerar excedente de energia elétrica, em função do ganho energético proporcionado pela elevação da entalpia do vapor.

Segundo Silva (1995) entalpia h é definida como a soma da energia interna u e o termo pv onde p é a pressão e v o volume específico. Sempre que um fluido entre ou saia de uma máquina é requerida uma quantidade de energia igual a pv para forçar o fluido a entrar ou a sair. Portanto, a energia levada para dentro de uma máquina por um fluido, no caso o vapor, é $h = u + pv$.

Para análise considera-se elevação da pressão de 21 kg/cm² a temperatura de 300 °C para 64 kg/cm² a temperatura de 480 °C. Para o vapor à pressão de 21 kg/cm² e temperatura de 300 °C a entalpia é de 721 kcal/kg e para o vapor à pressão de 64 kg/cm² e temperatura de 480 °C é 805 kcal/kg.

Na configuração C1 (Figura 60), as turbinas a vapor existentes são mantidas. Todo o vapor produzido passa através das turbinas a vapor multi-estágio dos geradores, sendo, de contrapressão (1) com vapor de escape a pressão 21 kg/cm² e de condensação com extração (2).

A turbina de contrapressão (1) tem pressão de escape de 21 kg/cm², para atender as necessidades de vapor das turbinas que são mantidas na planta.

A turbina a vapor de condensação com extração (2) é utilizada, para adequar a pressão do vapor às necessidades da refinaria e gerar mais um adicional de energia elétrica. Havendo combustível disponível, a utilização de turbina a vapor de condensação com extração, permite a geração de energia elétrica durante a entressafra.

Para turbinas multi-estágio com o vapor de admissão a 64 kg/cm² e escape com 21 kg/cm² o consumo específico de vapor é da ordem de 17 kg/kWh e a de condensação com extração de 6,5 kg/kWh.

Para esta configuração as atuais instalações de geração e distribuição de energia elétrica são mantidas, muda-se apenas a configuração de dois barramentos (Geração e concessionária) para barramento único (Figura 61), operando em paralelo com a concessionária para exportação do excedente de energia elétrica.

Propõe-se a construção de uma nova central de geração (casa de força) cujos geradores serão acionados pelas novas turbinas de contrapressão, que operam com vapor na temperatura e pressão proposta para a configuração C1.

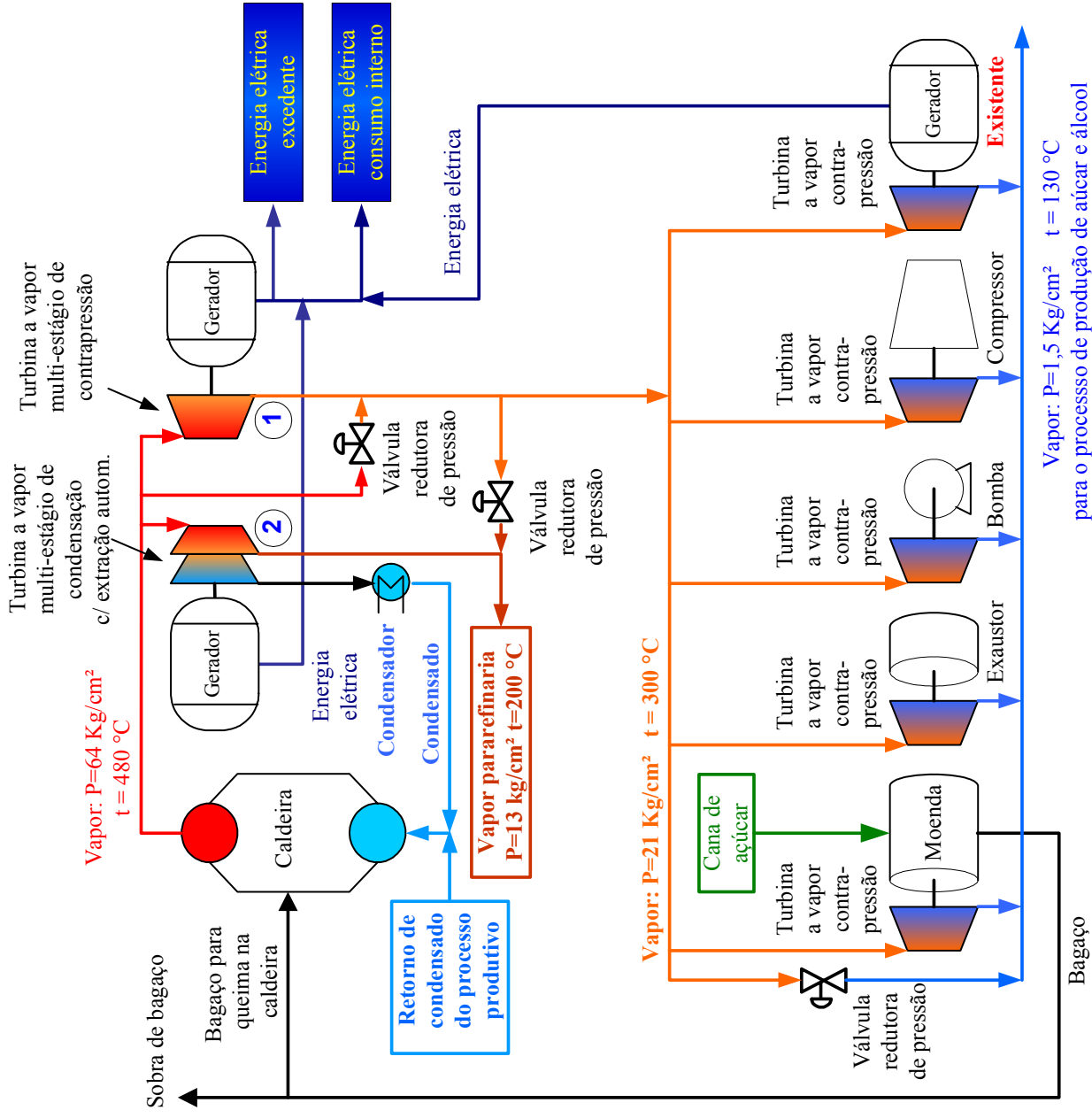


Figura 60 - Fluxograma do vapor da configuração C1 para o processo de produção de açúcar e álcool

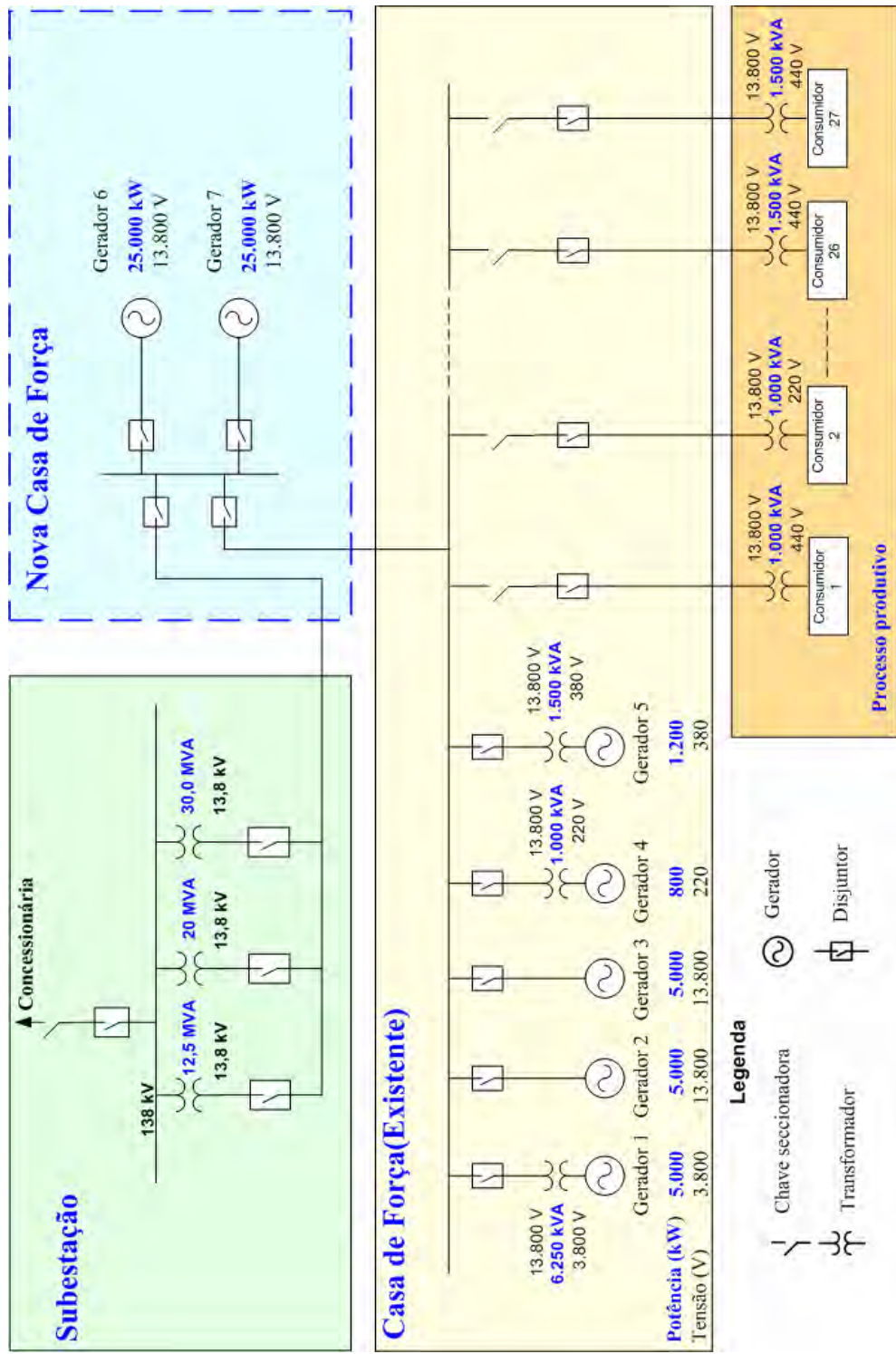


Figura 61 – Unifilar proposto para a configuração C1

Na Tabela 19 com valores típicos do processo produtivo, utilizando-se as Equações 1, 2, 4 e 5, é determinada a sobra de bagaço e o potencial de excedente de energia elétrica, para a capacidade da planta, que pode processar até 7.000.000 t de cana e para a safra 02/03 cuja moagem é de 5.617.520 t.

Tabela 19 – Sobra de bagaço e excedente de energia calculados com valores típicos do setor sucroalcooleiro para a configuração C1.

Descrição	Safr	
	Nominal	02/03
Cana para safra (t)	7.000.000	5.617.520
Fibra da Cana %	12,50	12,50
Umidade do bagaço %	50	50
Brix do bagaço	2,19	2,19
Consumo de vapor por tonelada de cana kg/t	560	560
Vapor para produção de açúcar e álcool (t)	3.824.000	3.049.811
Vapor para refinaria no período de safra (t)	96.000	96.000
Vapor total necessário para safra (t)	3.920.000	3.145.811
Bagaço produzido (t)	1.830.161	1.468.709
Bagaço consumido (t)	1.764.837	1.416.287
Sobra de bagaço safra (t)	65.324	52.422
Bagaço para entressafra	-60.000	-60.000
Total sobra de bagaço (t)	5.324	-7.578
Energia elétrica gerada (MWh)	321.820	260.063
Energia elétrica consumida (MWh)	88.410	70.949
Energia elétrica excedente (MWh)	233.410	189.114

A Figura 62 apresenta os dados de entrada para as simulações e as Figuras 63 a 66, os gráficos gerados pela saída de dados do PAC, da Simulação 1. Os gráficos das demais simulações desta configuração são apresentados no Anexo B.

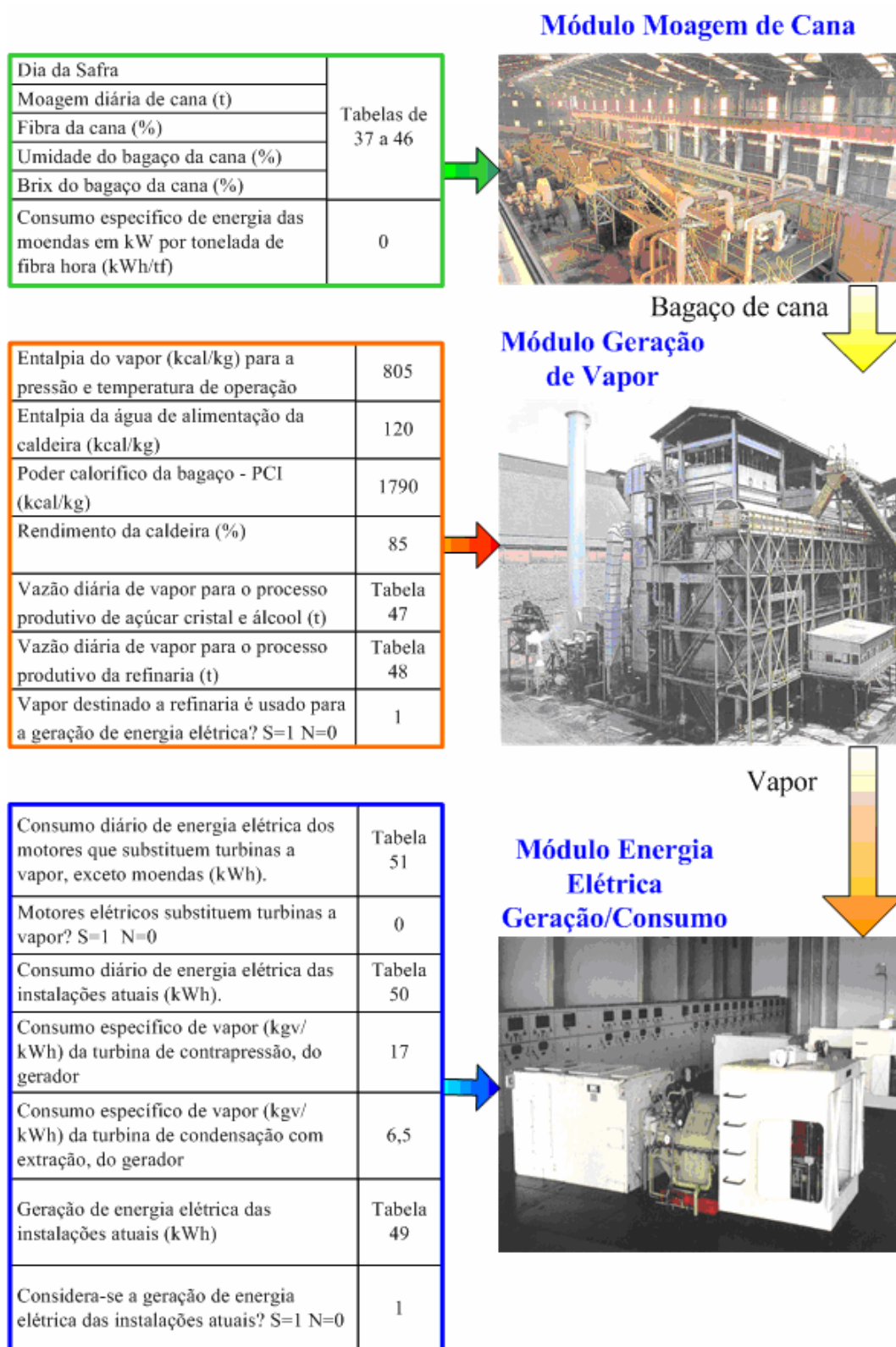


Figura 62 – Entrada de dados da configuração C1

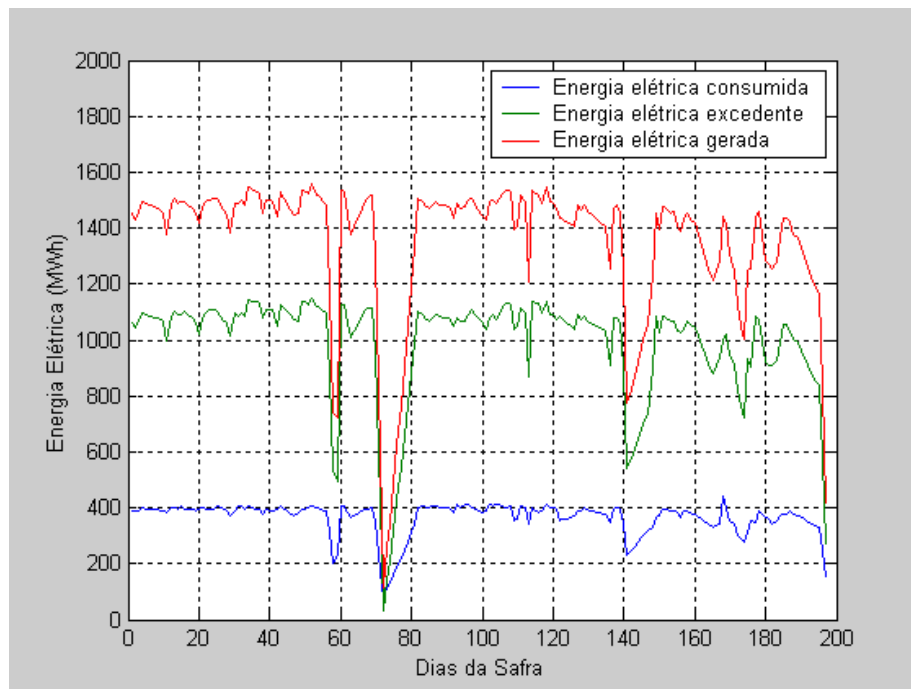


Figura 63 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C1

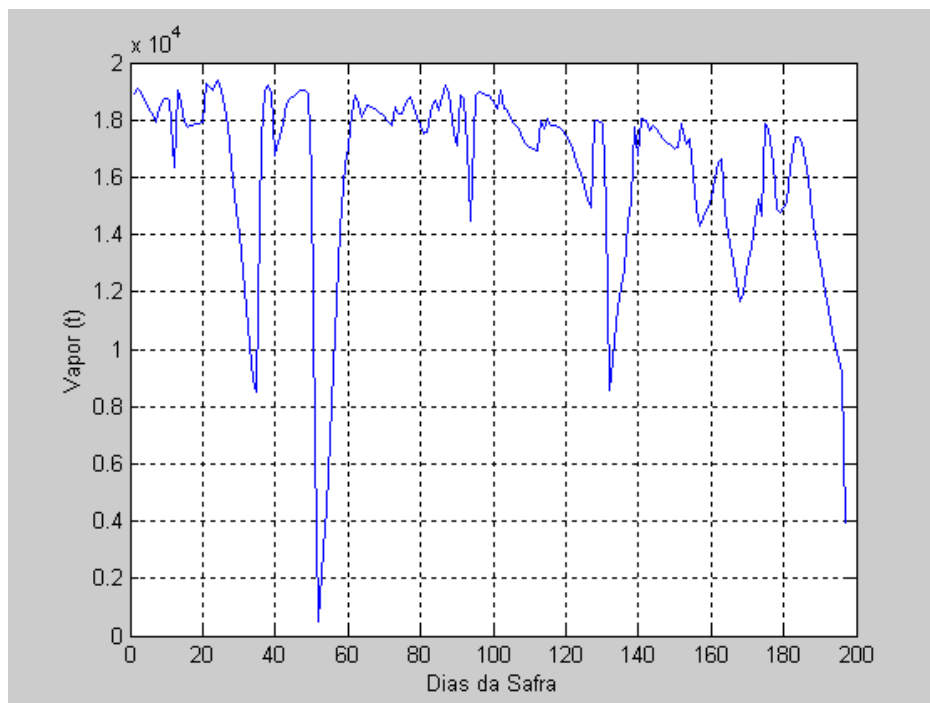


Figura 64 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C1

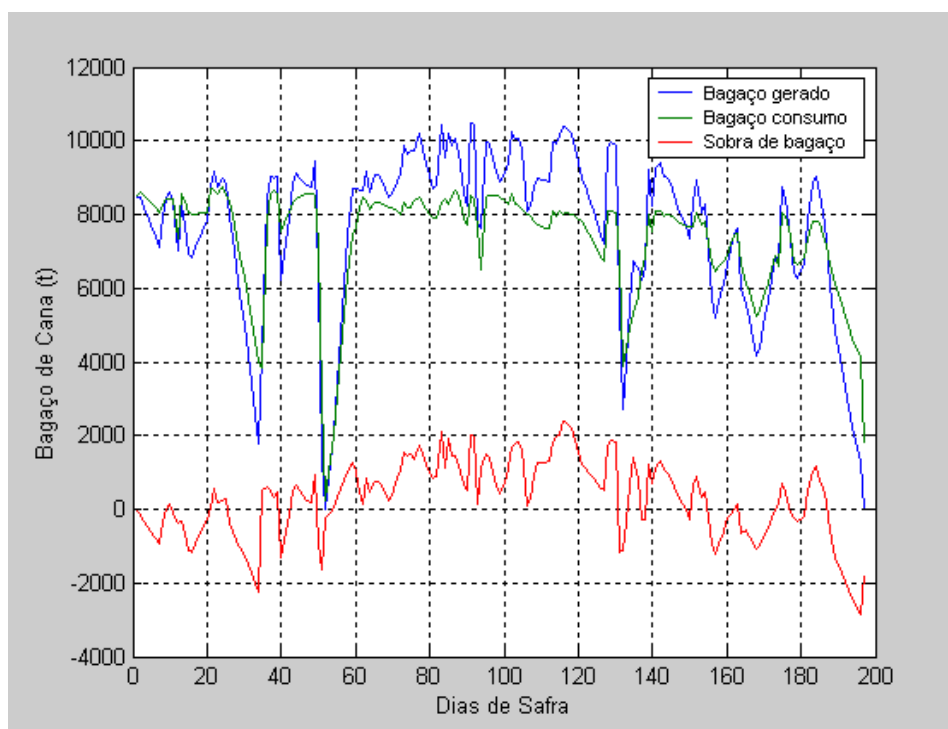


Figura 65 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C1

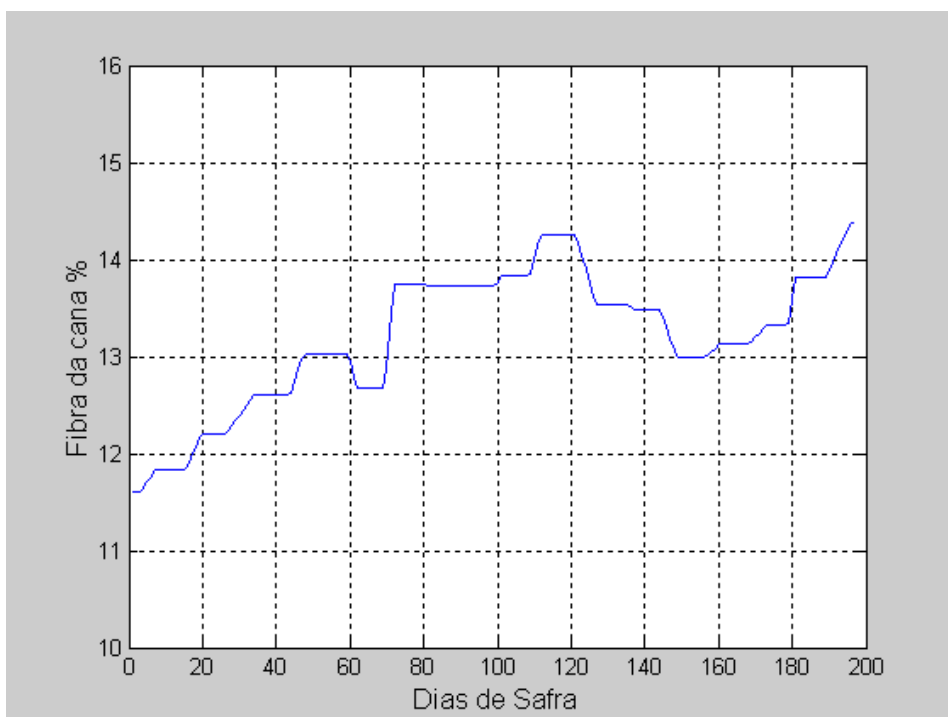


Figura 66 – Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C1

Na Tabela 20 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos, através do programa PAC das simulações da configuração C1.

Tabela 20 - Resultados totalizados de cada simulação da configuração C1

Simulação	Safr	Bagaço de cana (t)			Energia Elétrica MWh		
		Sobra/ Déficit Safr	Necessidade para Entressafr	TOTAL Sobra/ Déficit	Gerada	Consumida	Excedente
01	93/94	20880	-60000	-39120	262549	70642	191877
02	94/95	-92660	-60000	-152660	262549	70642	191877
03	95/96	-27116	-60000	-87116	262549	70642	191877
04	96/97	-14577	-60000	-74577	262549	70642	191877
05	97/98	4416	-60000	-55584	262549	70642	191877
06	98/99	-35315	-60000	-95315	262549	70642	191877
07	99/00	58460	-60000	-1540	262549	70642	191877
08	00/01	97604	-60000	37604	262549	70642	191877
09	01/02	-61666	-60000	-121666	262549	70642	191877
10	02/03	-65788	-60000	-125788	262549	70642	191877
Total		-115762	-600000	-715762	2625490	706420	1918770

Na configuração C1, conforme observa-se na Tabela 20 e na Figura 67, a geração de excedente de energia elétrica não sofre influência do teor de fibra da cana. No processo de cogeração de uma usina de açúcar e álcool, a produção de vapor é determinada pelas necessidades do processo produtivo para processamento da cana disponível. Nesta configuração todo o vapor produzido passa pelas turbinas dos geradores, portanto, a geração de energia elétrica está vinculada ao vapor destinado ao processo produtivo.

Para a configuração C1 o item combustível (bagaço da cana) apresenta um balanço negativo, demonstrando a necessidade de prever alternativas para eliminar o déficit do mesmo. A utilização da palha da cana tem se mostrado uma alternativa viável e é utilizada como base para análise do trabalho.

Para as 10 safras analisadas, temos que o déficit total de bagaço é de 715.762 t (Tabela 20), ou seja, uma média de 71.576 por safra. Conforme a Figura 68 o valor médio isoladamente, não representa uma referência segura para

implementação de um projeto do ponto de vista prático. É necessário avaliar as variações reais que ocorrem, por serem em alguns casos muito grandes, de safra para safra. A não observância destes fatores pode levar a paralisação de uma planta por falta de combustível.

Além da variação de safra para safra, o teor de fibra varia ao longo da safra, sendo nos primeiros meses, os valores mais baixos e aumentando ao longo da safra. Na Figura 69 (Página 112) apresenta-se a curva da variação do teor de fibra ao longo da safra com a média das 10 safras utilizadas nas simulações.

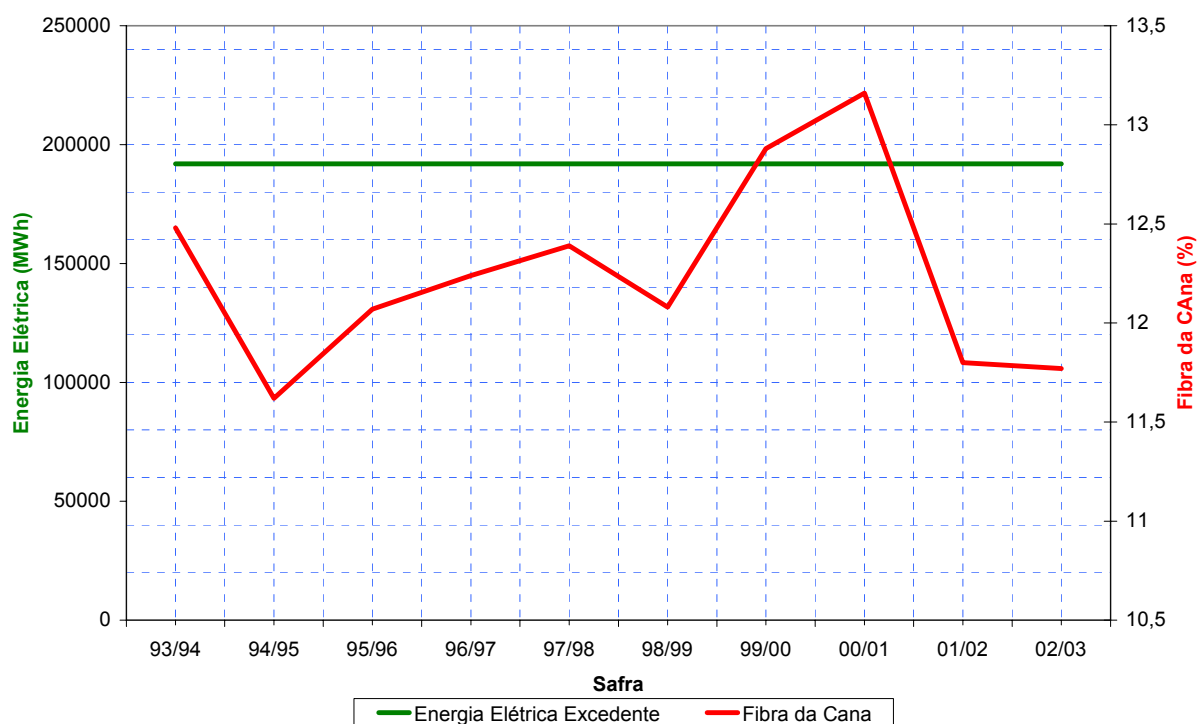


Figura 67 – Gráfico variação do excedente de energia elétrica excedente em função da fibra

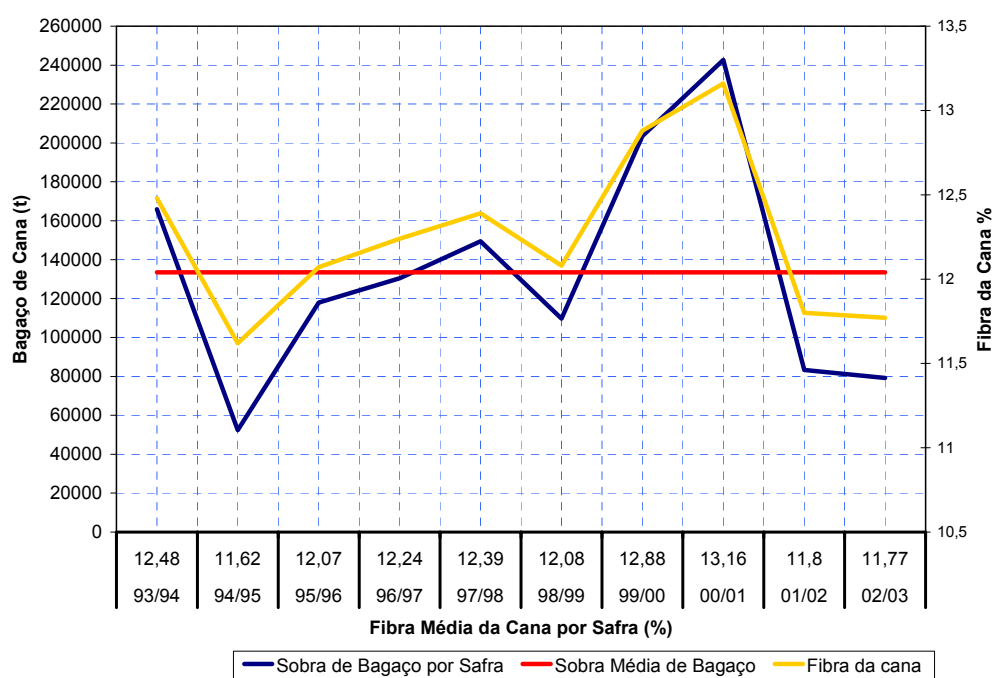


Figura 68 – Gráfico sobra de bagaço em função da fibra da cana

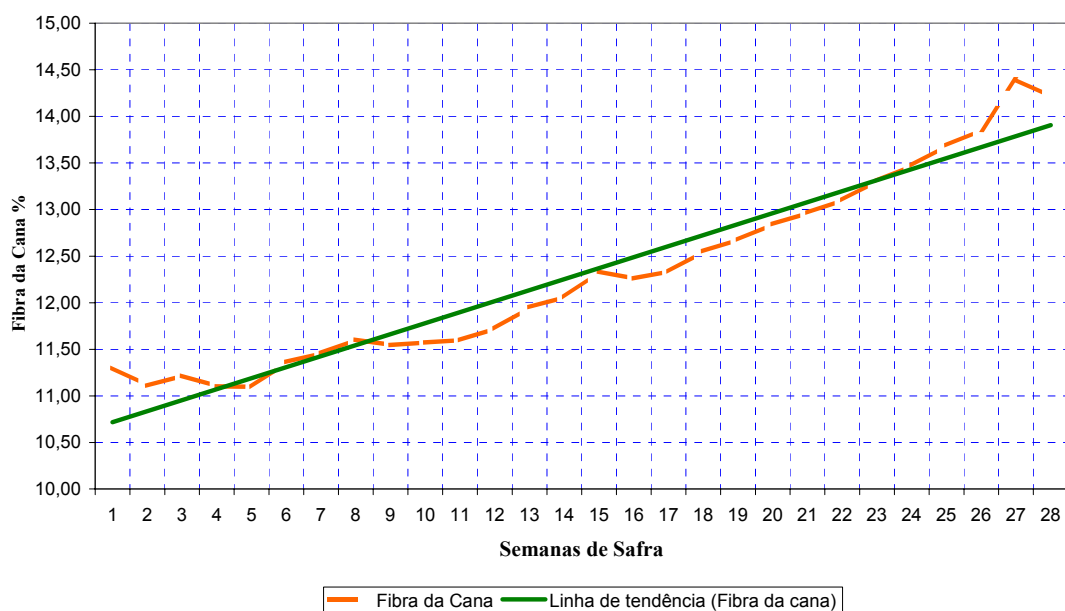


Figura 69 – Média das 10 safras semanal do teor de fibra

Na Tabela 21 apresenta-se a comparação entre três formas de cálculo para determinação por safra, da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica. A primeira utilizando valores médios de cada safra, a segunda através do PAC com os valores reais coletados e a terceira através de valores típicos.

Tabela 21 - Comparativo entre métodos para a determinação da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica - Configuração C1.

Simulação	Fibra da Safra	Fibra Média da safra %	Sobra/Déficit de Bagaço (t)			Excedente de Energia Elétrica MWh		
			Calculada pela fibra média da safra	Calculada pelo programa PAC	Calculada através de valores típicos	Calculado pela fibra média da safra	Calculado pelo programa PAC	Calculado através de valores típicos
1	93/94	12,48	-39106	-39120	-7578	191877	191877	189114
2	94/95	11,62	-139775	-152660	-7578	191877	191877	189114
3	95/96	12,07	-87099	-87116	-7578	191877	191877	189114
4	96/97	12,24	-67200	-74577	-7578	191877	191877	189114
5	97/98	12,39	-49641	-55584	-7578	191877	191877	189114
6	98/99	12,08	-85929	-95315	-7578	191877	191877	189114
7	99/00	12,88	7716	-1540	-7578	191877	191877	189114
8	00/01	13,16	40492	37604	-7578	191877	191877	189114
9	01/02	11,80	-118705	-121666	-7578	191877	191877	189114
10	02/03	11,77	-122216	-125788	-7578	191877	191877	189114
Total		12,25	-661464	-715762	-75780	1918770	1918770	1891140

Com relação ao excedente de energia, as variações são praticamente inexistentes. Como já mencionado, isso ocorre em função da quantidade de energia gerada estar relacionada com a quantidade de vapor necessário para o processo produtivo.

No que diz respeito a sobra de bagaço, as diferenças entre os resultados são representativas. Isto demonstra a necessidade de uma análise mais detalhada, utilizando dados históricos das safras, coletados com maior número de eventos possíveis (por hora, dia, semana), para dar maior confiabilidade as análises. Neste panorama, o uso de um programa computacional se faz necessário em função do grande volume de dados a serem processados e analisados. O teor

de fibra da cana está diretamente relacionado com a quantia de bagaço de cana disponível para queima nas caldeiras. Para uma mesma quantidade de cana, maior será a quantidade de bagaço produzido, quanto maior for o teor de fibra.

5.2.2. SIMULAÇÃO CONFIGURAÇÃO 2 (C2) - SUBSTITUIÇÃO DE TURBINAS A VAPOR POR MOTORES ELÉTRICOS MANTENDO-SE A PRESSÃO DE OPERAÇÃO DAS CALDEIRAS

Nesta configuração o ganho energético é proporcionado pela diferença de rendimento das turbinas a vapor de multi-estágios (80 a 85%) utilizadas para a geração de energia elétrica e as de simples estágio (40 a 55%) que acionam moendas, bombas de água, exaustores e compressores. O vapor antes utilizado nestas turbinas é direcionado para turbinas a vapor de multi-estágios para geração de energia elétrica (Figura 70).

Com exceção do vapor destinado a refinaria, todo o vapor necessário para o processo produtivo de açúcar e álcool passa pela turbina multi-estágio de contrapressão (1) do gerador.

A energia elétrica gerada, é suficiente para atender o aumento de consumo proporcionado pelos motores elétricos que substituem as turbinas a vapor com excedente de energia elétrica para comercialização.

Nas turbinas a vapor de simples estágio, para a pressão do vapor de 21 kg/cm² e temperatura de 300 °C, o consumo específico de vapor é de 17 kgv/kWh e nas de multi-estágio 10kgv/kWh, ou seja, na turbina a vapor de simples estágio 17 kg de vapor gera 1,0 kWh e na turbina a vapor de multi-estágio, 17 kg de vapor permite gerar 1,7 kWh.

A proposta para geração e distribuição da energia elétrica (Figura 71) consiste no aproveitamento das instalações para distribuição em 13.800 V atuais, acrescentando-se o aumento de carga proporcionado pelos

motores elétricos que substituem as turbinas a vapor. Para geração de energia considera-se uma nova casa de força em paralelo com a concessionária, de onde destina-se a energia necessária ao consumo interno e exporta-se o excedente.

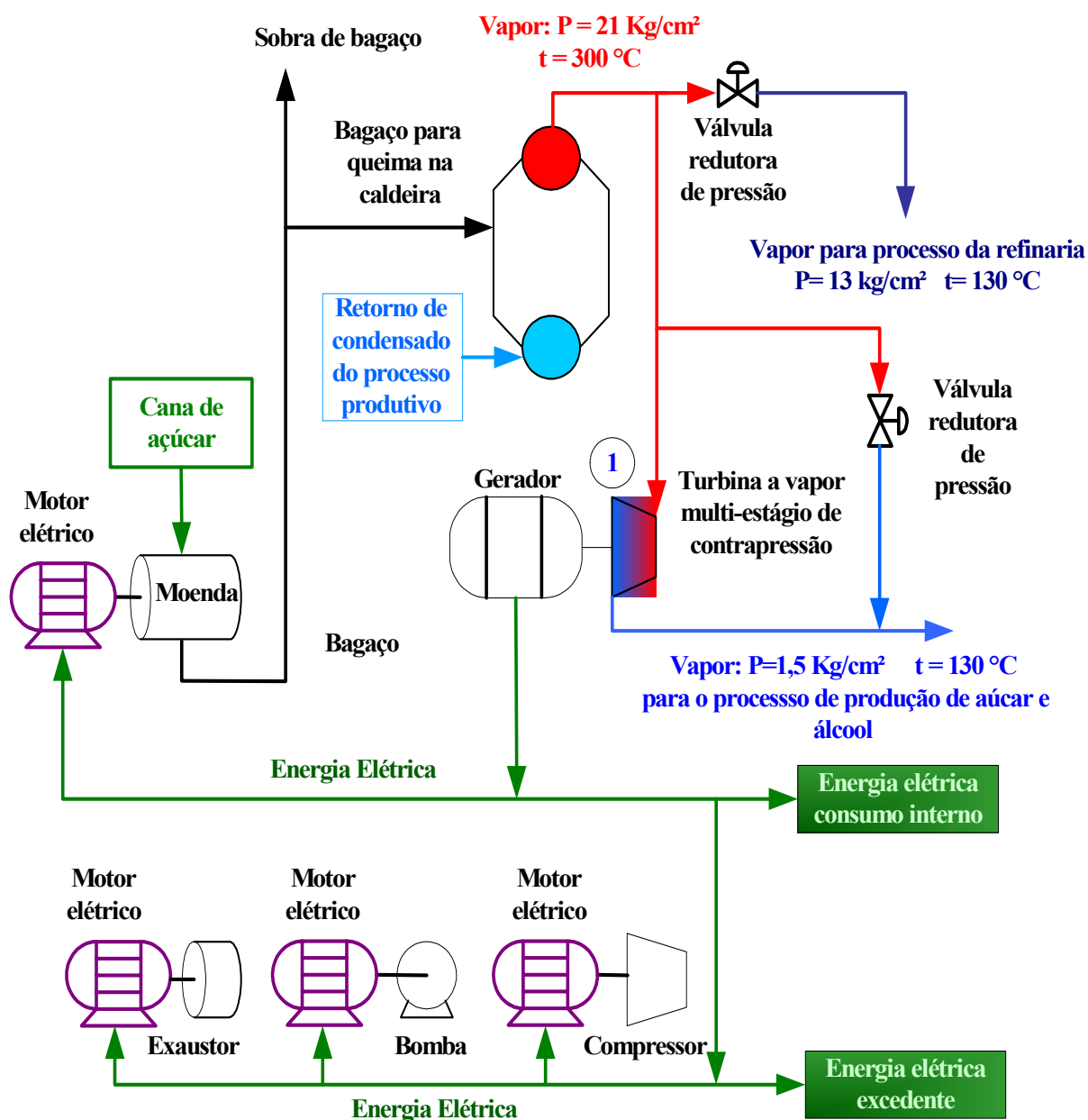


Figura 70 - Fluxograma do vapor da configuração C2

Através da potência mecânica efetiva das turbinas a vapor das Tabelas 13 (turbinas das moendas) e 14 (turbinas das demais instalações), obtida a partir de medições realizadas pela empresa NG Metalúrgica nos dias 1, 2 e 3 de agosto de 2000, determina-se a potência elétrica consumida das Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Potência elétrica consumida pelos motores que substituem turbinas a vapor das moendas.

Local Instalado	Equipamento Acionado	Turbina	Motores Elétricos				
		Potência Mecânica efetiva CV	Potência Nominal CV	Tensão 60 Hz V	Rendimento %		*Potência Elétrica consumida CV
					Carga		
					75%	100%	
MOENDA 1	Nivelador	1.235	1.350	4.160	95,3	96,3	1.296
	Picador facas oscilantes	1.580	1.750	4.160	95,5	96,5	1.654
	Picador facas fixas	1.101	1.250	4.160	95,2	96,2	1.157
	Desfibador	2.539	3.000	4.160	96,3	96,6	2.637
	1º Terno	880	1.000	4.160	95,1	96,1	925
	2º Terno	865	1.000	4.160	95,1	96,1	910
	3º Terno	851	1.000	4.160	95,1	96,1	895
	4º Terno	836	1.000	4.160	95,1	96,1	879
	5º Terno	821	1.000	4.160	95,1	96,1	863
	6º Terno	821	1.000	4.160	95,1	96,1	863
Total da Moenda 1		11.529	13.350				12.079
MOENDA 2	Nivelador	1.010	1.250	4.160	95,2	96,2	1.063
	Picador facas oscilantes	1.300	1.500	4.160	95,4	96,4	1.368
	Picador facas fixas	899	1.000	4.160	95,1	96,1	946
	Desfibador	2.071	2.250	4.160	95,5	96,5	2.180
	1º e 2º Terno	1.410	1.750	4.160	95,5	96,5	1.484
	3º e 4º Terno	1.410	1.750	4.160	95,5	96,5	1.484
	5º e 6º Terno	1.410	1.750	4.160	95,5	96,5	1.484
Total da Moenda 2		9.510	11.250				10.009
MOENDA 3	Nivelador	1.330	1.500	4.160	95,4	96,4	1.400
	Picador facas oscilantes	1.851	2.250	4.160	95,5	96,5	1.948
	Picador facas fixas	1.211	1.500	4.160	95,4	96,4	1.275
	Desfibrador	2.730	3.000	4.160	96,3	96,6	2.874
	1º Terno	955	1.250	4.160	95,2	96,2	1.005
	2º Terno	935	1.250	4.160	95,2	96,2	984
	3º Terno	914	1.250	4.160	95,2	96,2	962
	4º Terno	895	1.250	4.160	95,2	96,2	942
	5º Terno	875	1.250	4.160	95,2	96,2	921
	6º Terno	875	1.250	4.160	95,2	96,2	921
Total da Moenda 3		12.571	15.750				13.232
Total Geral das Moendas		33.610	40.350				35.320

*Considera-se o rendimento para um carregamento do motor de 75%

No PAC a determinação da energia elétrica consumida nas moendas, em função da cana moída, é feita usando-se o consumo de energia específico (C_e) dado em kWh por tonelada de fibra (kWh/tf). Para as instalações da usina da Barra o consumo específico de energia das moendas é de 148 kWh/tf, determinado através da Equação 3, onde $M=1377$ t/h, $F=12,8\%$ e da Tabela 22 $\sum P = 25996$ kW (**35320 CV**).

Tabela 23 – Potência elétrica consumida pelos demais motores que substituem turbinas a vapor

Local Instalado	Equipamento Acionado	Turbina a vapor	Motores Elétricos				*Potência Elétrica consumida CV
		Potência Mecânica efetiva CV	Potência Nominal CV	Tensão 60 Hz V	Rendimento %		
					Carga		
					75%	100%	
Caldeiras AT 150	Exaustor Cald. 08	1.101	1.250	4.160	95,2	96,2	1.157
	Exaustor Cald. 09	1.101	1.250	4.160	95,2	96,2	1.157
	Exaustor Cald. 10	1.101	1.250	4.160	95,2	96,2	1.157
Total		3.303	3.750				3.471
Caldeiras AT 150	Bomba de água 1	330	350	440	94,3	94,6	350
	Bomba de água 2	243	350	440	94,3	94,6	258
	Bomba de água 3	243	350	440	94,3	94,6	258
	Bomba de água 4	243	350	440	94,3	94,6	258
Total		1.059	1.400				1.124
Caldeiras GB 2400	Bomba de água 1	198	250	440	93,6	94,1	212
	Bomba de água 2	198	250	440	93,6	94,1	212
	Bomba de água 3	198	250	440	93,6	94,1	212
Total		594	750				636
Casa de bombas Lavagem de cana	Bomba de água 1	645	800	4160	94,9	95,8	680
	Bomba de água 2	645	800	4160	94,9	95,8	680
Total		1.290	1600				1360
Casa de bombas torre de resfriamento	Bomba de água 1	1.030	1.250	4160	95,2	96,2	1.082
	Bomba de água 2	815	1.000	4160	95,1	96,1	857
	Bomba de água 3	815	1.000	4160	95,1	96,1	857
Total		2.660	3250				2.796
Central de ar comprimido	Compressor	71	100	440	93,3	93,9	76
Total		71	100				76
TOTAL GERAL		8.977	10.850				9.458

*Considera-se o rendimento para um carregamento do motor de 75%

Para a determinação através do PAC da energia elétrica consumida pelos demais motores que substituem turbinas a vapor, estima-se o consumo diário adotando um fator de utilização de 40% para os bombas de lavagem de cana e 85% para os demais equipamentos. A partir dos valores de energia elétrica consumida da Tabela 23, determina-se o consumo diário de energia elétrica que é de 131.270 kWh. Este consumo diário usa-se na Tabela 51 para realização das simulação.

Na Tabela 24 apresenta-se a sobra de bagaço e o potencial de excedente de energia elétrica, para a configuração C2, calculados a partir de valores típicos.

Tabela 24 - Sobra de bagaço e excedente de energia calculados com valores típicos do setor sucroalcooleiro para a configuração C2.

Descrição	Safr	
	Nominal	02/03
Cana para safra (t)	7.000.000	5.617.520
Fibra da Cana %	12,50	12,50
Umidade do bagaço %	50	50
Brix do bagaço	2,19	2,19
Consumo de vapor por tonelada de cana kg/t	560	560
Vapor para produção de açúcar e álcool (t)	3.824.000	3.049.811
Vapor para refinaria safra (t)	96.000	96.000
Vapor total necessário para safra (t)	3.920.000	3.145.811
Bagaço produzido (t)	1.830.161	1.468.709
Bagaço consumido (t)	1.587.065	1.273.625
Sobra de bagaço safra (t)	243.096	195.085
Bagaço para entressafra	-60.000	-60.000
Total sobra de bagaço (t)	183.096	135.085
Energia elétrica gerada (MWh)	382.400	304.981
Energia elétrica consumida (MWh)	217.952	192.472
Energia elétrica excedente (MWh)	164.448	112.509

Os dados de entrada para as simulações são apresentados na Figura 72 e nas Figuras de 73 a 76 os gráficos gerados pelo PAC com os dados de

saída, da configuração C2. Para as demais simulações os gráficos são apresentados no Anexo B.

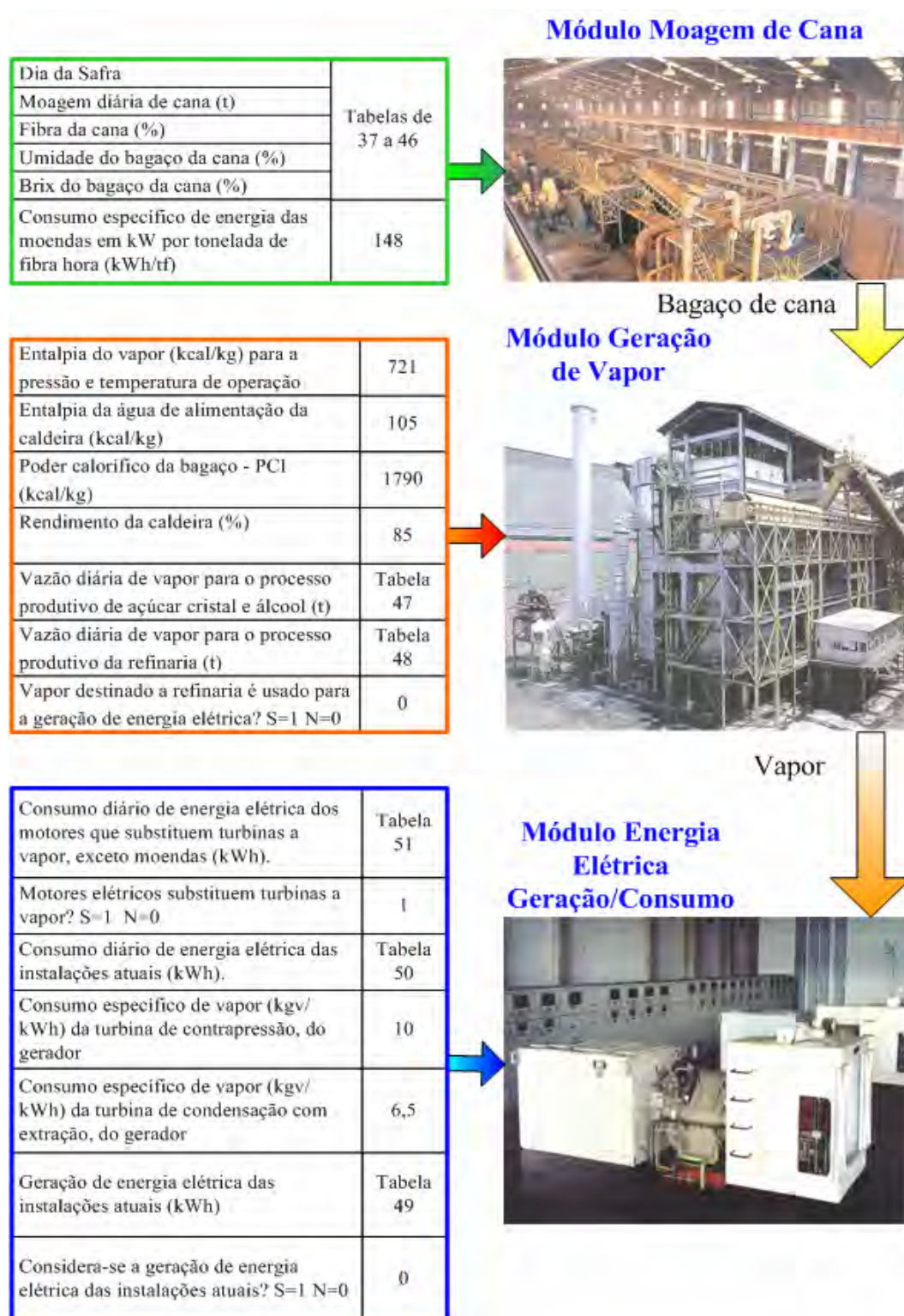


Figura 72 - Entrada de dados da configuração 2

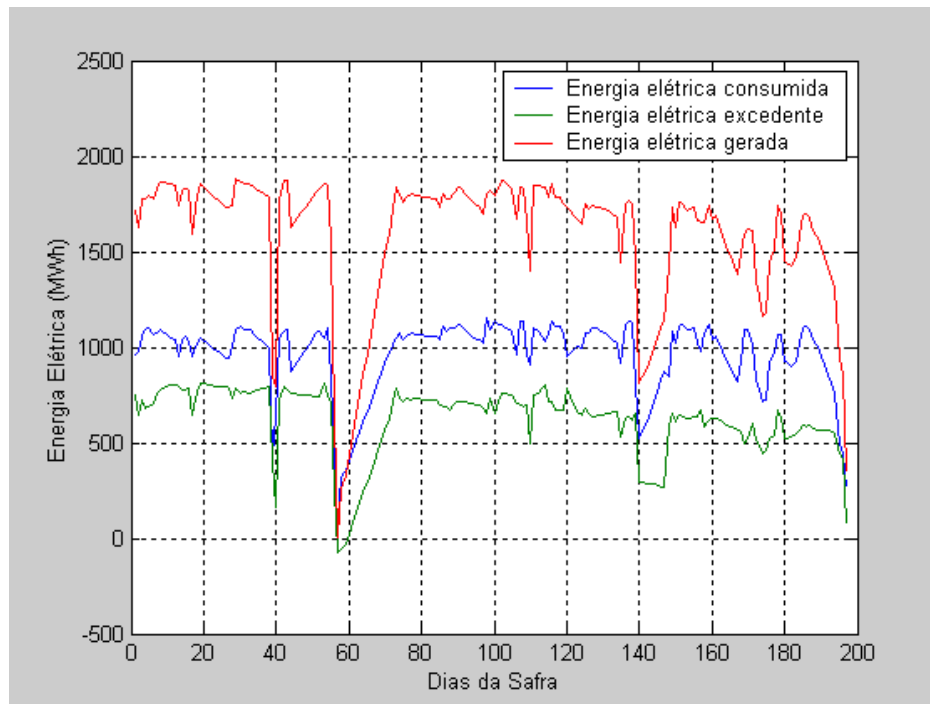


Figura 73– Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C2

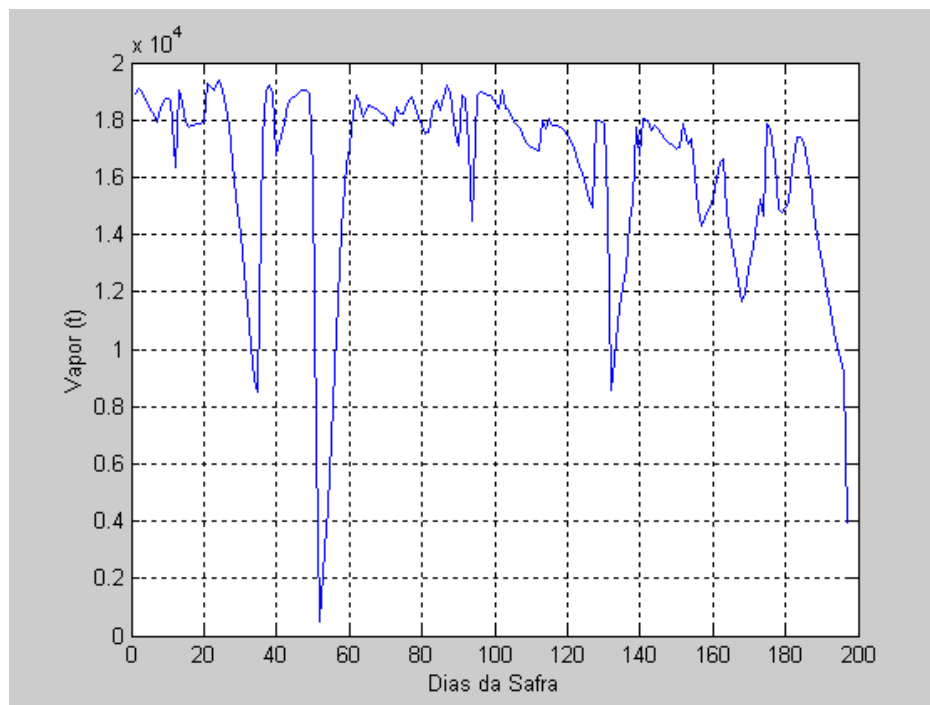


Figura 74– Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C2

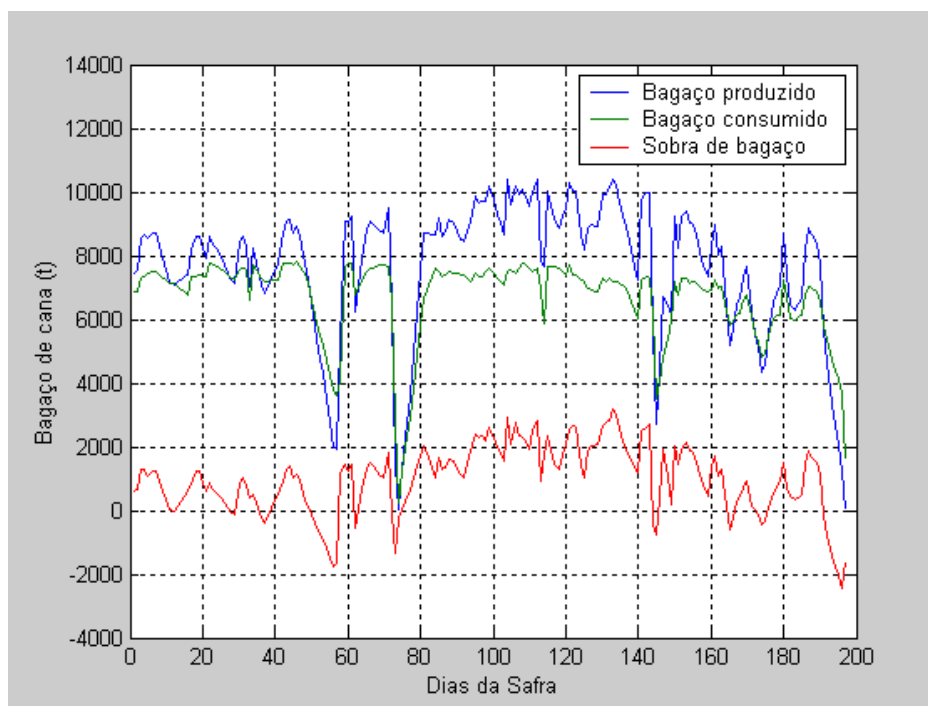


Figura 75– Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C2

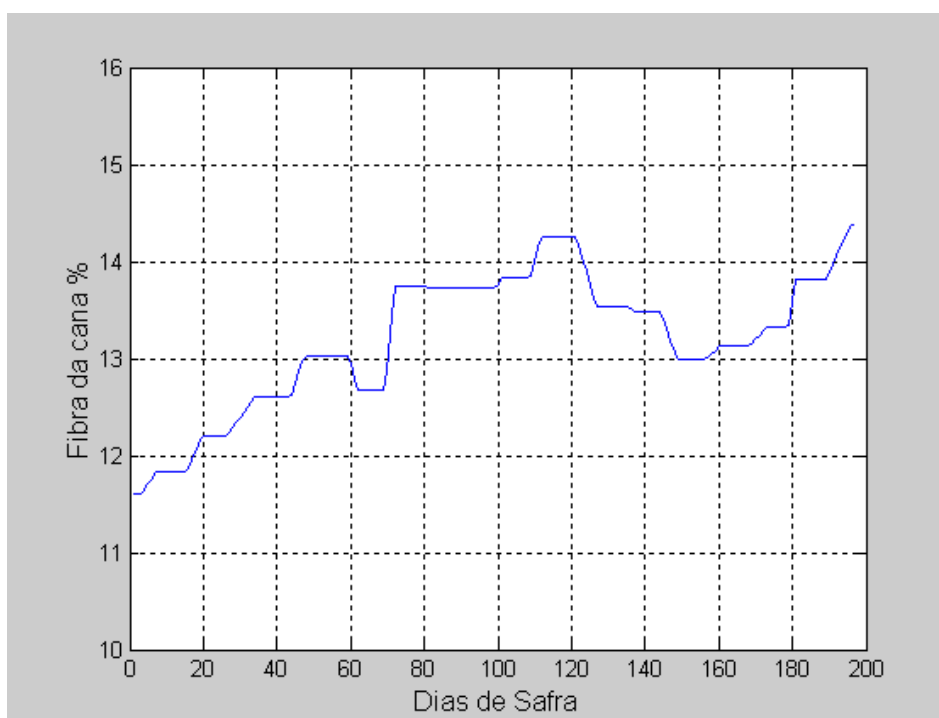


Figura 76– Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C2

Da mesma forma que na configuração C1 na configuração C2 a geração do excedente de energia elétrica fica vinculado às necessidades de vapor do processo, conforme se observa comparando os gráficos das Figuras 73 e 74. Conforme o Fluxograma da Figura 70 todo vapor destinado ao processo produtivo passa pela turbina a vapor dos geradores, com exceção do vapor para a refinaria.

Tabela 25 - Resultados totalizados de cada simulação da configuração C2

Simulação	Safr	Bagaço de cana (t)			Energia Elétrica MWh		
		Sobra/ Déficit Safr	Necessidade para Entressafr	TOTAL Sobra/ Déficit	Gerada	Consumida	Excedente
01	93/94	165928	-60000	105928	310688	200151	110537
02	94/95	52387	-60000	-7613	310688	192052	118636
03	95/96	117931	-60000	57931	310688	196733	113955
04	96/97	130470	-60000	70470	310688	197602	113086
05	97/98	149464	-60000	89464	310688	198950	111738
06	98/99	109733	-60000	49733	310688	196120	114568
07	99/00	203507	-60000	143507	310688	202785	107903
08	00/01	242651	-60000	182651	310688	205605	105083
09	01/02	83382	-60000	23382	310688	194305	116383
10	02/03	79259	-60000	19259	310688	193974	116714
Total		1334712	-600000	734712	3106880	1978277	1128603

Na configuração C2, o excedente de energia elétrica sofre influência do teor de fibra em função da energia consumida pelos motores elétricos dos acionamentos das moendas. Quanto maior o teor de fibra da cana maior energia necessária para a moagem da mesma. A Figura 77, utilizando os dados da Tabela 25, apresenta a influência do teor de fibra no excedente de energia elétrica.

Com relação a sobra de bagaço, como na configuração C1 as oscilações ocorrem em função da fibra, porém, a configuração C2 apresenta um balanço positivo. Isto ocorre pelo menor consumo específico de bagaço por Kg de vapor produzido, da geração de vapor a pressão de 21 kg/cm² em relação a de 64 kg/cm². Para as caldeiras consideradas, na pressão de 21 kg/cm² o consumo de bagaço é de 0,42 kg para produzir 1,0 kg de vapor e na pressão de 64 kg/cm² é de 0,45 kg de bagaço para produzir 1,0 kg de vapor.



Figura 77 – Gráfico comparativo do excedente de energia elétrica e o teor de fibra

Na Tabela 27 (Página 125) apresenta-se a comparação entre três formas de cálculo para determinação por safra, da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica. A primeira utilizando valores médios de cada safra, a segunda através do PAC com os valores reais coletados e a terceira através de valores típicos.

Da mesma forma que na configuração C1 a maior variação entre os resultados obtidos, ocorrem na determinação do excedente de bagaço.

Nesta configuração está representada as instalações atuais do sistema de caldeiras da usina. Em função deste fato, a partir de duas medições no campo da sobra de bagaço, realizadas na safra 2002/2003, na Tabela 26 se tem uma comparação entre os valores de campo com os determinados através do PAC, calculados usando-se valores médios e típicos.

Tabela 26 – Comparativo entre medições de campo e valores determinados através do PAC, valores médios e valores típicos, da sobra de bagaço para condições atuais de caldeiras da usina.

Data da Medição	Sobra de Bagaço (t)			
	Medição no campo	Cálculo		
		PAC	Valores médios	Valores típicos
11/09/2002	39926	37455	83432	149201
14/11/2002	68659	76030	79232	191485

O levantamento de campo é realizado, determinando-se o volume do monte de bagaço, através de técnicas de topografia e multiplicado pela densidade do bagaço, aproximadamente 350 kg/m³. Em função da metodologia empregada, considera-se aceitável a diferença entre as medições de campo e determinada através do programa PAC.

Tabela 27- Comparativo entre métodos para a determinação da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica - Configuração C2.

Simulação	Fibra da Safra	Fibra Média da safra %	Sobra/Déficit de Bagaço (t)			Excedente de Energia Elétrica MWh		
			Calculada pela fibra média da safra	Calculada pelo programa PAC	Calculada através de valores típicos	Calculado pela fibra média da safra	Calculado pelo programa PAC	Calculado através de valores típicos
1	93/94	12,48	105942	105928	135085	117595	110537	112509
2	94/95	11,62	5273	-7613	135085	124406	118636	112509
3	95/96	12,07	57949	57931	135085	120842	113955	112509
4	96/97	12,24	77848	70470	135085	119496	113086	112509
5	97/98	12,39	95407	89464	135085	118308	111738	112509
6	98/99	12,08	59119	49733	135085	120763	114568	112509
7	99/00	12,88	152764	143507	135085	114426	107903	112509
8	00/01	13,16	185540	182651	135085	112211	105083	112509
9	01/02	11,80	26343	23382	135085	122981	116383	112509
10	02/03	11,77	22832	19259	135085	123218	116714	112509
Total		12,25	789017	734712	1350850	1194246	1128603	1125090

5.2.3. SIMULAÇÃO CONFIGURAÇÃO 3 (C3) – ELEVAÇÃO DA PRESSÃO DAS CALDEIRAS E SUBSTITUIÇÃO DE TURBINAS A VAPOR POR MOTORES ELÉTRICOS

Para esta simulação é considerada a elevação da pressão de operação das caldeiras de 21 kg/cm² à temperatura de 300 °C para 64 kg/cm² à temperatura de 480 °C e substituição das turbinas a vapor por motores elétricos em acionamentos com turbinas de simples estágio. A configuração C3 (Figura 78) é uma composição das configurações C1 e C2. O unifilar elétrico proposto para esta configuração (Figura 79) é a mesma da configuração C2, diferenciando na maior capacidade de geração e exportação de energia excedente.

Na Tabela 28 apresenta-se a sobra de bagaço e o potencial de excedente de energia elétrica para a configuração C3, calculados a partir de valores típicos.

Tabela 28- Sobra de bagaço e excedente de energia calculados com valores típicos do setor sucroalcooleiro e da usina da Barra para a configuração C3.

Descrição	Safr	
	Nominal	02/03
Cana para safra (t)	7.000.000	5.617.520
Fibra da Cana %	12,50	12,50
Umidade do bagaço %	50	50
Brix do bagaço	2,19	2,19
Consumo de vapor por tonelada de cana (kg/t)	560	560
Vapor para produção de açúcar e álcool (t)	3.824.000	3.049.811
Vapor para refinaria safra (t)	96.000	96.000
Vapor total necessário para safra (t)	3.920.000	3.145.811
Bagaço produzido (t)	1.830.161	1.468.709
Bagaço consumido (t)	1.764.837	1.416.287
Sobra de bagaço safra (t)	65.324	52.422
Bagaço para entressafra	-60.000	-60.000
Total sobra de bagaço (t)	5.324	-7.578
Energia elétrica gerada (MWh)	524.636	421.411
Energia elétrica consumida (MWh)	217.952	192.472
Energia elétrica excedente (MWh)	306.684	228.938

Os dados de entrada para as simulações são apresentados na Figura 80 (Página 129) e nas Figuras de 81 a 84 (Páginas 130 e 131), os gráficos gerados pelo PAC com os dados de saída, para a simulação 1 da configuração C3. Para as demais simulações os gráficos são apresentados no Anexo B.

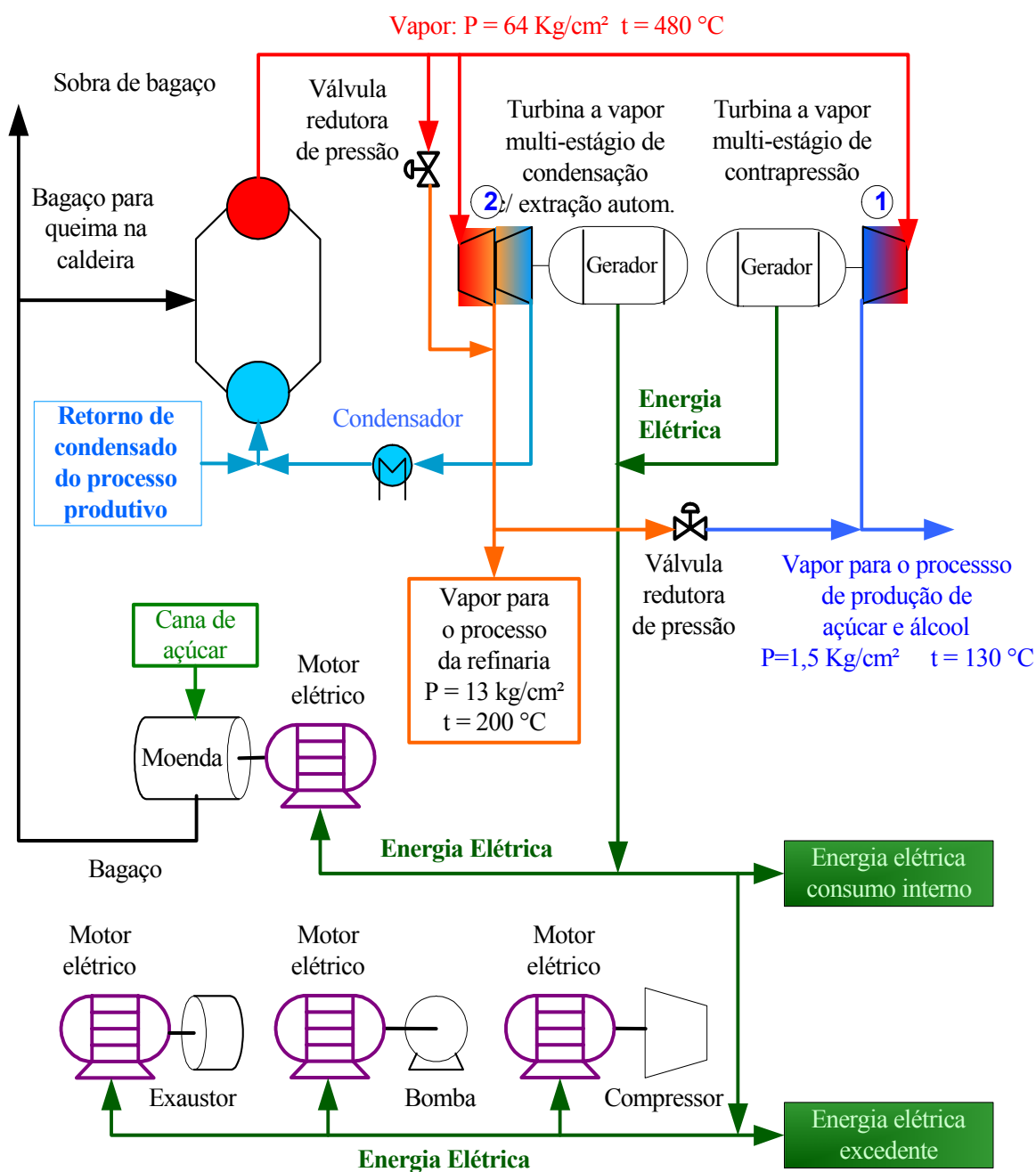


Figura 78 – Fluxograma do vapor da configuração C3

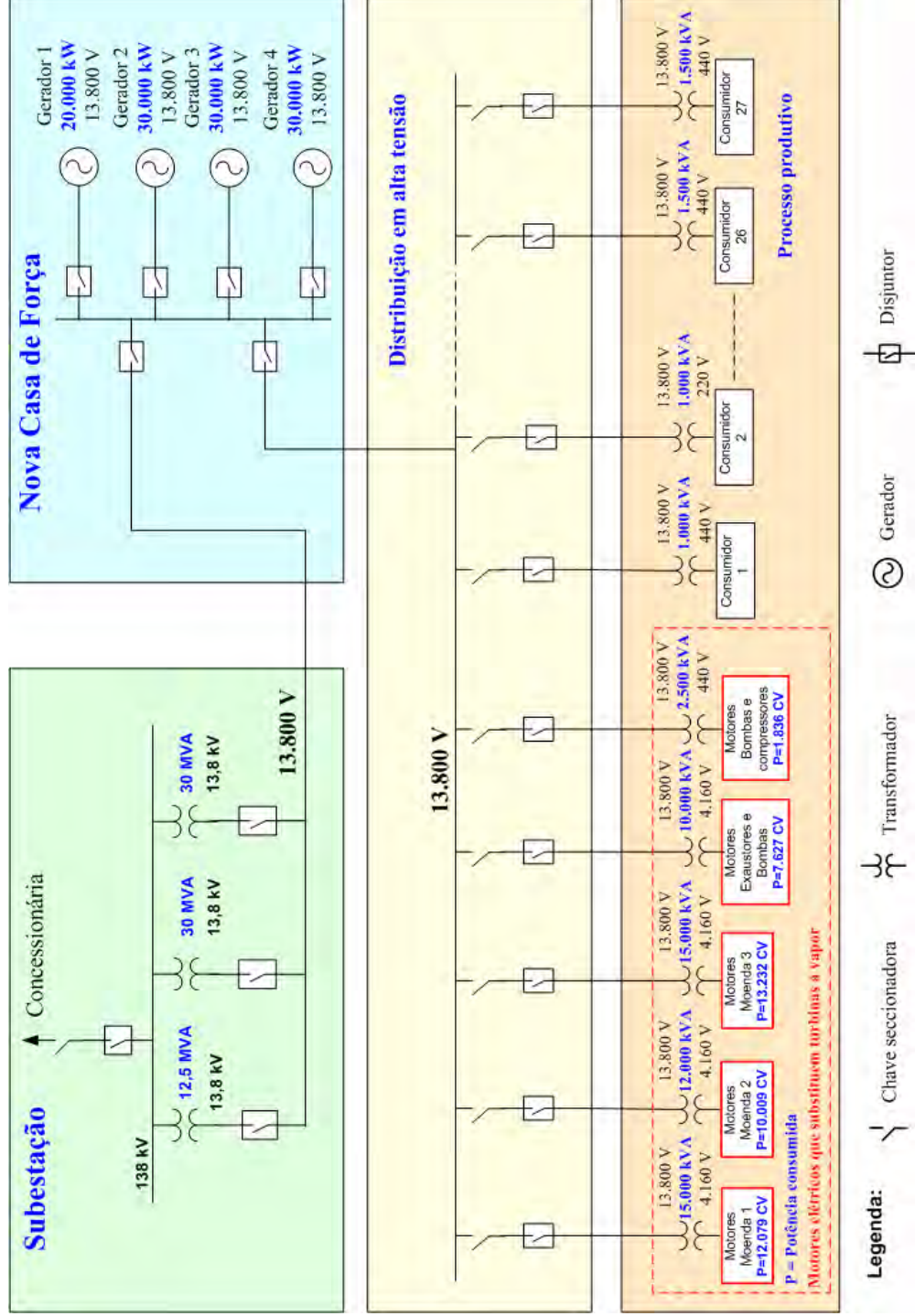


Figura 79 – Unifilar proposto para a configuração C3

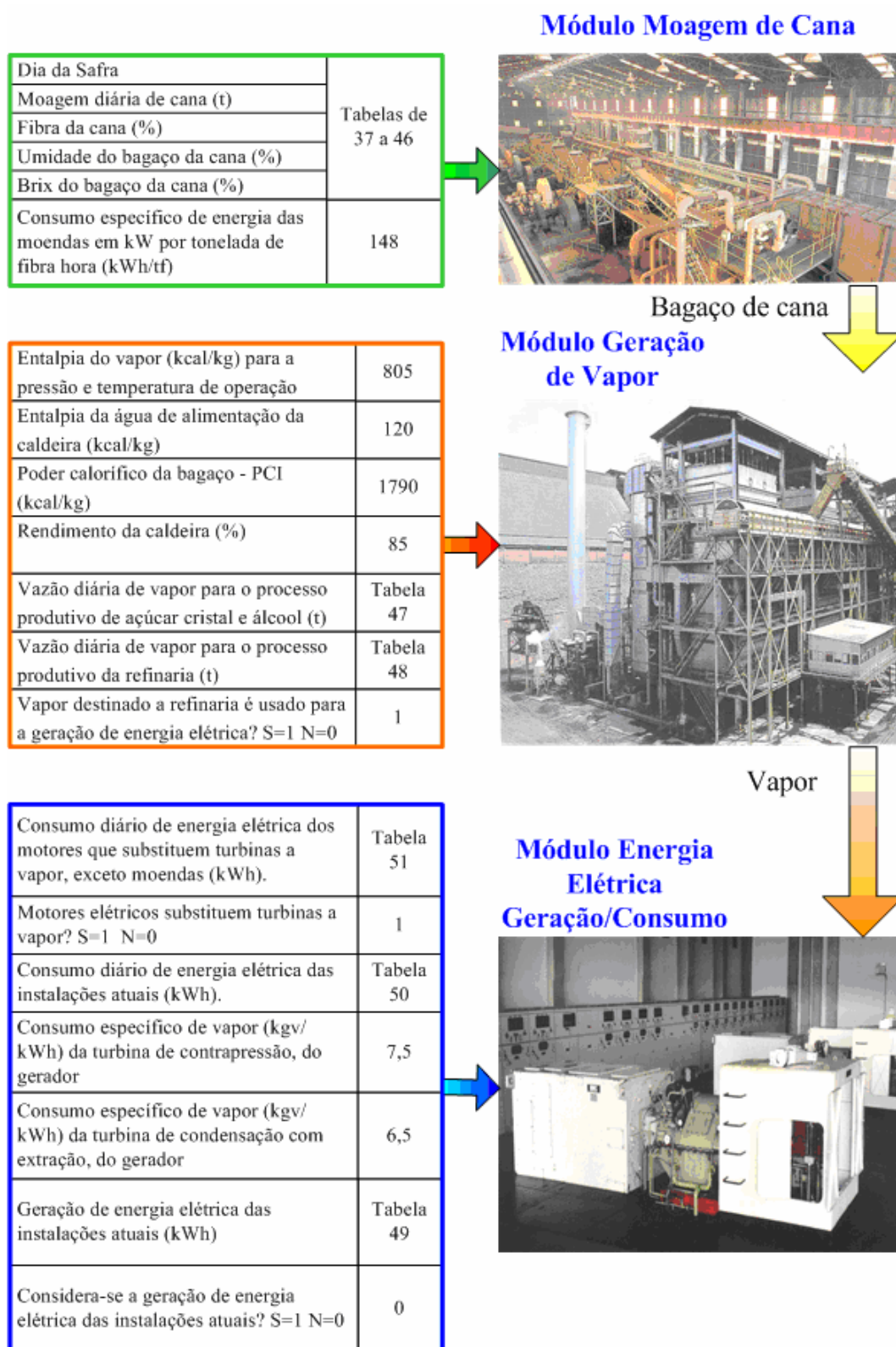


Figura 80 - Entrada de dados da configuração C3

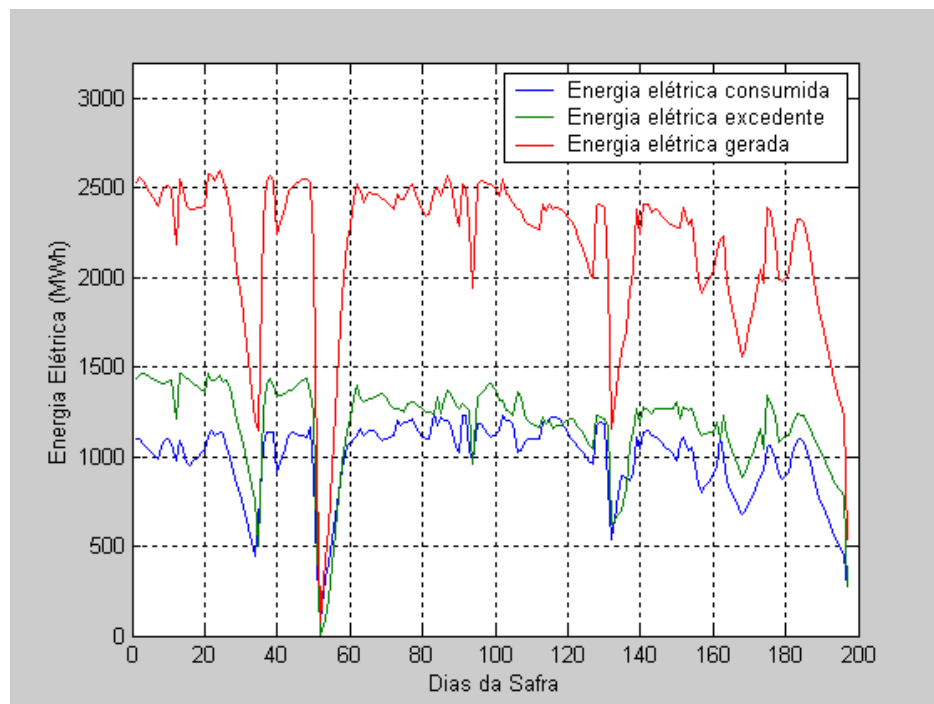


Figura 81– Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C3

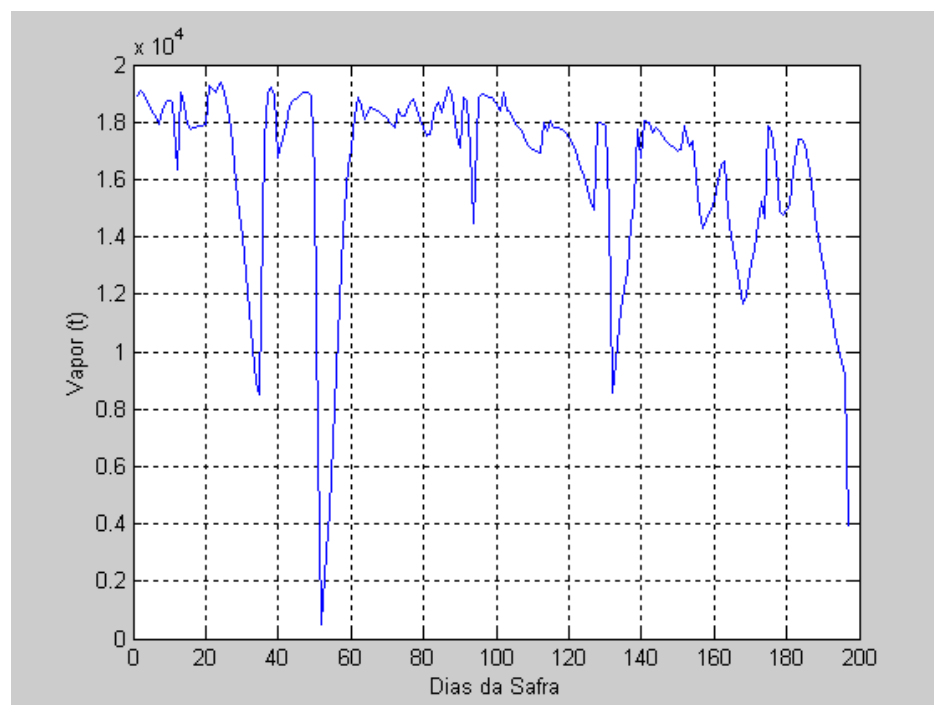


Figura 82– Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C3

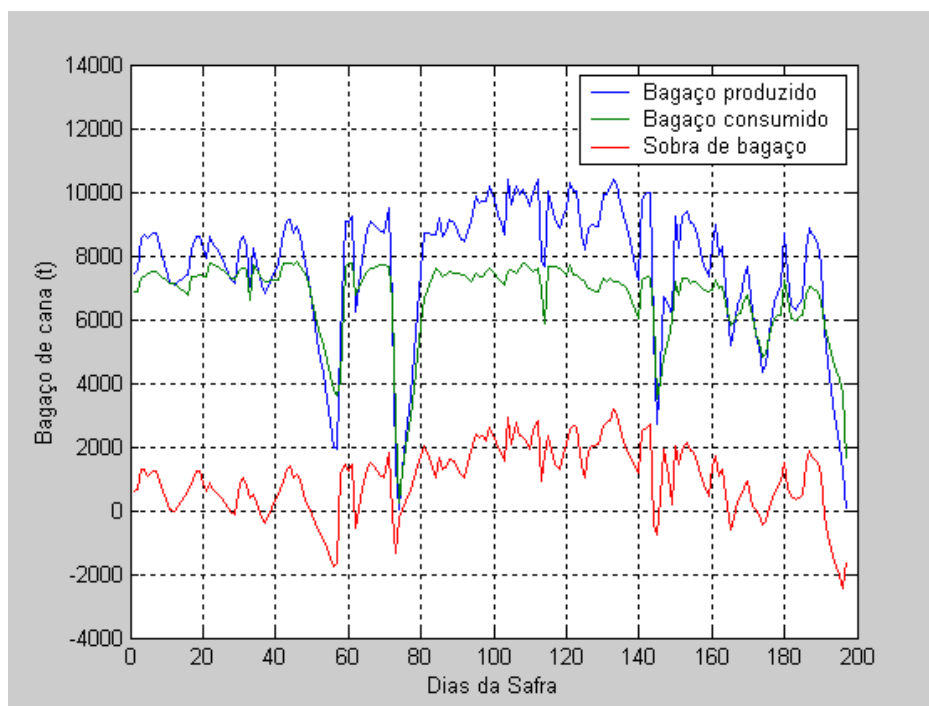


Figura 83– Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C3

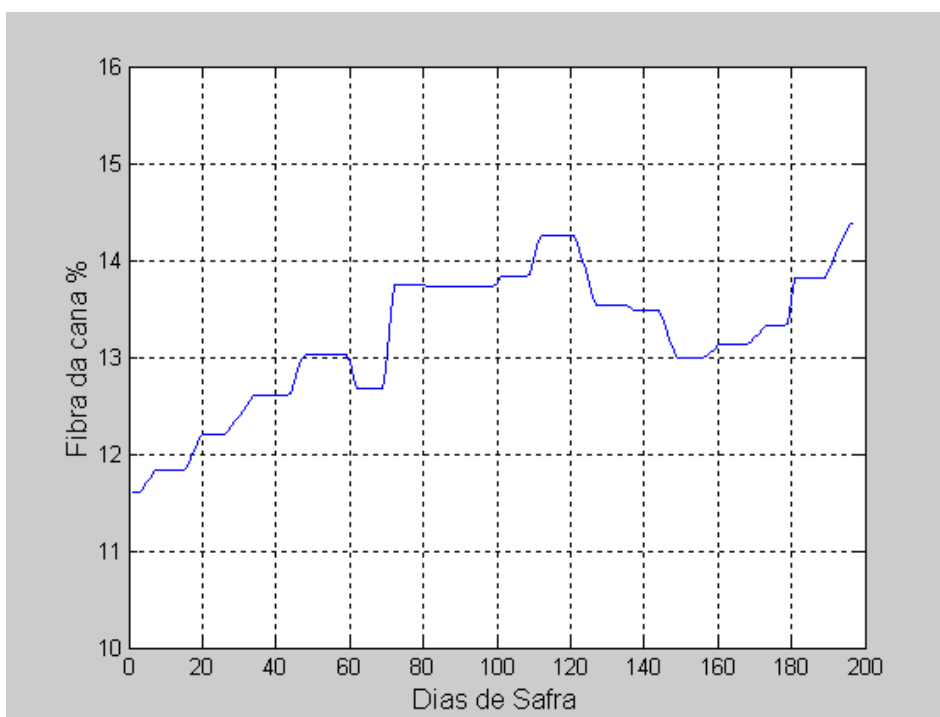


Figura 84– Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C3

Os resultados referentes a bagaço de cana são os mesmos da configuração C1, em função das características das caldeiras serem as mesmas e o volume de vapor a ser produzido também.

Na Tabela 29 são apresentados os resultados totalizados para cada simulação da configuração C3.

Tabela 29 - Resultados totalizados de cada simulações da configuração C3

Simulação	Safr	Bagaço de cana (t)			Energia Elétrica MWh		
		Sobra/ Déficit Safr	Necessidade para Entressafr	TOTAL Sobra/ Déficit	Gerada	Consumida	Excedente
01	93/94	20880	-60000	-39120	428332	200151	228181
02	94/95	-92660	-60000	-152660	428332	192052	236280
03	95/96	-27116	-60000	-87116	428332	196733	231599
04	96/97	-14577	-60000	-74577	428332	197602	230730
05	97/98	4416	-60000	-55584	428332	198950	229382
06	98/99	-35315	-60000	-95315	428332	196120	232212
07	99/00	58460	-60000	-1540	428332	202785	225547
08	00/01	97604	-60000	37604	428332	205605	222727
09	01/02	-61666	-60000	-121666	428332	194305	234027
10	02/03	-65788	-60000	-125788	428332	193974	234358
Total		-115762	-600000	-715762	4283320	1978277	2305043

Para implementação de uma planta de cogeração a configuração C3 é a mais indicada do ponto de vista energético, por apresenta maior potencial de excedente de energia elétrica.

O excedente de energia elétrica, como nas configurações C1 e C2, está também vinculado ao volume de vapor, destinado ao processo produtivo, conforme ilustra os gráficos das Figuras 81 e 82. Como na configuração C2 o excedente de energia elétrica sofre influência do teor de fibra, em função da energia elétrica consumida nas moendas.

Na Tabela 30 apresenta-se a comparação entre três formas de cálculo para determinação por safr, da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica. A primeira utilizando valores médios de cada safr, a segunda através do

PAC com os valores reais coletados e a terceira através de valores típicos (Tabela 28).

Como ocorre na configuração C1 e C2, a maior variação entre os resultados obtidos, são com relação a sobra de bagaço o demonstra que para a análise de viabilidade de um projeto o item combustível, especialmente no setor sucroalcooleiro, merece especial atenção e todas as possíveis influências e variáveis sejam conhecidas e previsíveis.

Tabela 30- Comparativo entre métodos para a determinação da sobra de bagaço e excedente de energia elétrica - Configuração C3

Simulação	Fibra da Safra	Fibra Média da safra %	Sobra/Déficit de Bagaço (t)			Excedente de Energia Elétrica MWh		
			Calculada pela fibra média da safra	Calculada pelo programa PAC	Calculada através de valores típicos	Calculado pela fibra média da safra	Calculado pelo programa PAC	Calculado através de valores típicos
1	93/94	12,48	-39106	-39120	-7578	235239	228181	228938
2	94/95	11,62	-139775	-152660	-7578	242050	236280	228938
3	95/96	12,07	-87099	-87116	-7578	238486	231599	228938
4	96/97	12,24	-67200	-74577	-7578	237140	230730	228938
5	97/98	12,39	-49641	-55584	-7578	235952	229382	228938
6	98/99	12,08	-85929	-95315	-7578	238407	232212	228938
7	99/00	12,88	7716	-1540	-7578	232070	225547	228938
8	00/01	13,16	40492	37604	-7578	229855	222727	228938
9	01/02	11,80	-118705	-121666	-7578	240625	234027	228938
10	02/03	11,77	-122216	-125788	-7578	240862	234358	228938
Total		12,25	-661464	-715762	-75780	2370686	2305043	2289380

5.3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES PARCIAIS

As 3 configurações (Figura 85) simuladas apresentam potencial para excedente de energia elétrica disponível para comercialização. A configuração C1 é mais empregada, nas usinas de açúcar e álcool que tem investido na otimização da planta, visando excedente de energia elétrica.

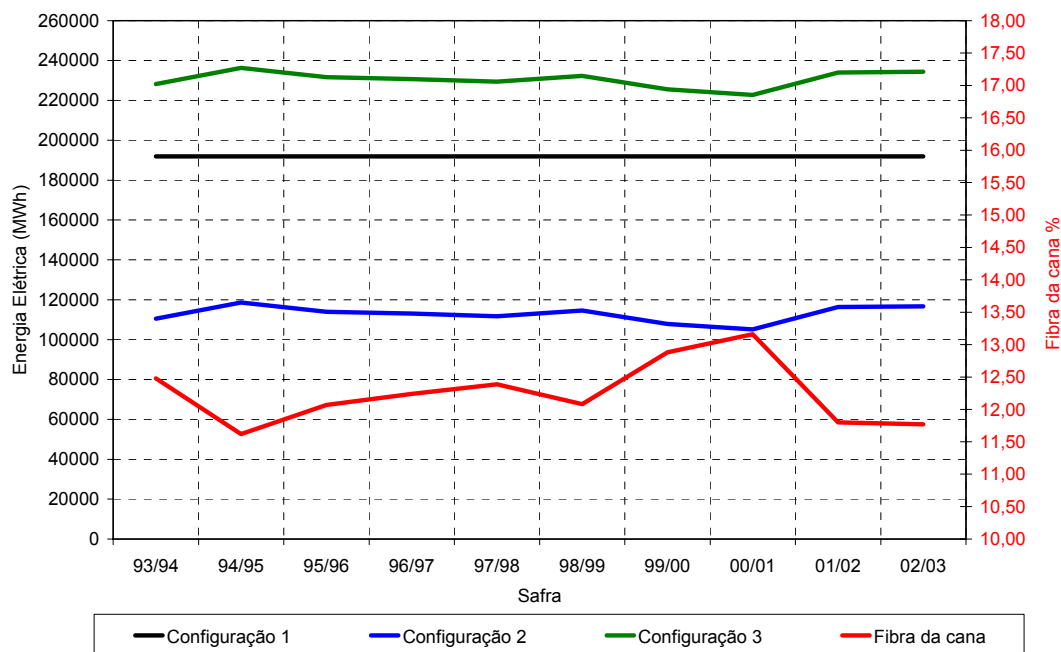


Figura 85 - Gráfico comparativo dos excedentes de energia elétrica das tres configurações

A utilização de motores elétricos, substituindo turbinas a vapor que acionam moendas, exaustores, bombas de água e compressores, analisada nas configurações C2 e C3 ainda é muito pouco utilizada mas vem apresentando uma forte tendência de crescimentos em função potencial de excedente de energia elétrica que proporciona. Na configuração C2 partindo da configuração atual da usina, que não possui excedente de energia elétrica, a aplicação desta tecnologia proporciona uma excedente de 119700 MWh por ano safra. Para a configuração C3 em relação a C1 proporciona um adicional de aproximadamente 45467 MWh por ano safra.

O ganho proporcionado pela substituição de turbinas a vapor por motores elétricos é bastante interessante, por estar relacionado apenas a diferença de rendimento dos equipamentos, não interferindo no item combustível a implementação desta tecnologia.

Além do ganho energético, no caso específico das moendas abre-se espaço para melhores resultados no processo de extração do caldo da cana e uma possível diminuição da umidade do bagaço na saída das moendas. A utilização de conversores de frequência permite um maior controle de rotação nos ternos das moendas, permitindo maior uniformidade na moagem. Através dos recursos disponíveis nos conversores de frequência a automação e controle do sistema se torna bastante simples.

As configurações C1 e C3, apresentam como desvantagem, um balanço negativo com relação ao item combustível (bagaço de cana), sendo necessário prever formas para a suplementação. Dentre as alternativas disponíveis, a mais promissora e já utilizada em algumas usinas inclusive a da Barra, é a palha da cana. Coletada na lavoura e transportada para as unidades industriais é queimada nas caldeiras. Apesar da necessidade de complementação de combustível, são as técnicas mais empregadas pela compensação do maior excedente de energia elétrica proporcionado.

Do ponto de vista energético, a configuração C3 é a mais atraente, e é a tendência de novos projetos, que estão participando do PROINFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia).

A análise de históricos e a utilização de uma ferramenta computacional, conforme o programa utilizado, se faz necessário para obtenção de resultados mais próximos da realidade. A proposta da análise é dar subsídios para estudos de viabilidade de investimento, e servir de base para a celebração de contratos com as concessionárias de energia.

A utilização do PAC permite além da determinação dos potenciais energéticos, avaliar o comportamento das variáveis ao longo do tempo, permitindo prever situações críticas como por exemplo a falta de combustível e também outras tecnologias ainda não utilizadas.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DE RETORNO DE INVESTIMENTO

6.1. INTRODUÇÃO

A análise é feita considerando valores estimativos para implantação das configurações simuladas, sendo:

- ✓ Elevação da pressão das caldeiras existentes para 64 Kg/cm² a 480 °C
- ✓ Substituição de turbinas a vapor de simples estágio por motores elétricos mantendo-se a pressão atual das caldeiras (21 kg/cm² a 300°C).
- ✓ Elevação da pressão das caldeiras e substituição das turbinas a vapor de simples estágio por motores elétricos.

6.2. INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Na composição dos investimentos necessários, considera-se para a aplicação de motores elétricos em substituição às turbinas a vapor, a aplicação de chaves de partida tipo soft start para acionamentos que não necessitam de variação de velocidade e conversores de frequência para acionamentos que necessitam de controle de velocidade (Acionamento das moendas). Na Tabela 31 (Página 137) são apresentados de forma resumida os investimentos necessários para cada configuração proposta.

Tabela 31 - Investimentos necessários

Descrição	Custos – R\$ 1000		
	Elevação da pressão p/ 64 Kg/cm ²	Pressão 21 kg/cm ² Mot. Eletr.	Elevação da pressão p/ 64 Kg/cm e Mot. Eletr.
Caldeiras	52.600,00	0,00	52.600,00
Rede de distribuição vapor	2.040,00	0,00	2.040,00
Motores elétricos	0,00	4.186,00	4.186,00
Conversores de frequência e soft start	0,00	15.850,00	15.850,00
Turbo gerador	13.600,00	11.000,00	20.000,00
Recapitação/Construção de Subestação 138kV	4.500,00	2.000,00	4.500,00
Obras civis	4.000,00	1.500,00	4.000,00
Instalações e montagens	8.340,00	6.250,00	8.340,00
Estudos de Projeto e Engenharia	235,00	170,00	235,00
TOTAL R\$	85.315,00	48.956,00	111.751,00

6.3. ANÁLISE FINANCEIRA

Para análise do retorno do investimento será utilizado como referência a Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Âmbito do Proinfa do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2004). As principais características do programa são:

- ✓ **Clientes:** Empresas de geração de Energia Elétrica que tenham firmado Contrato de Compra e Venda de Energia – CCVE com a Eletrobrás no âmbito do Proinfa
- ✓ **Taxa de Juros ao ano:** Custo Financeiro + 3,5 % (Apoio direto) e Custo Financeiro + 2% + remuneração do agente financeiro no apoio indireto
- ✓ **Custo Financeiro:** TJLP - Taxa de Juros de Longo Prazo.

- ✓ **Prazos:** carência de até seis meses após entrada em operação e amortização em até 10 anos.
- ✓ **Nível de Participação:** Até 70% dos itens financiáveis

Os juros para análise do investimento serão compostos considerando apoio direto do BNDES, ou seja, TJLP + 3,5%. A TJLP adotada é de 9,75 % (BNDES, 2004), portanto, temos um total de juros de 13,25 % ao ano.

São adotados dois métodos para análise do retorno financeiro: a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL). Para ambos os métodos são adotados um período de 10 anos para amortização. São realizadas análises considerando duas situações, sendo uma sem o custo da coleta de palha para complementação do bagaço e outra com o custo (Tabela 32).

Tabela 32 – Custos da coleta de palha na lavoura para complementação de combustível

Custos da coleta de palha								
C1			C2			C3		
Palha (t)	R\$/t	Custo (R\$) por safra	Palha (t)	R\$/t	Custo (R\$) por safra	Palha (t)	R\$/t	Custo (R\$) por safra
39120	27,00	1.056.240,00	0	27,00	-	39120	27,00	1.056.240,00
152660	27,00	4.121.820,00	7613	27,00	205.551,00	152660	27,00	4.121.820,00
87116	27,00	2.352.132,00	0	27,00	-	87116	27,00	2.352.132,00
74577	27,00	2.013.579,00	0	27,00	-	74577	27,00	2.013.579,00
55584	27,00	1.500.768,00	0	27,00	-	55584	27,00	1.500.768,00
95315	27,00	2.573.505,00	0	27,00	-	95315	27,00	2.573.505,00
1540	27,00	41.580,00	0	27,00	-	1540	27,00	41.580,00
	27,00	-	0	27,00	-		27,00	-
121666	27,00	3.284.982,00	0	27,00	-	121666	27,00	3.284.982,00
125788	27,00	3.396.276,00	0	27,00	-	125788	27,00	3.396.276,00
Total		20.340.882,00	Total		205.551,00	Total		20.340.882,00
Média anual		2.034.088,20	Média anual		20.555,10	Média anual		2.034.088,20

Como receita (R\$/MWh) simula-se dois valores, o proposto pelo PROINFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia) para bagaço de cana de R\$ 93,77 (MME, 2004) e o reivindicado pelo setor sucroalcooleiro de R\$ 119,61 (MME, 2004). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33- Resumo dos resultados das análises financeiras

Configuração	Palha da cana	VPL - R\$		TRI - %		Pay Back (Anos)	
		Tarifa		Tarifa		Tarifa	
		*T1	**T2	*T1	**T2	*T1	**T2
C1	Sem coleta	4.132.000,00	30.769.000,00	14,46	21,80	5,12	3,95
	Com coleta	-6.796.000,00	19.841.000,00	11,21	18,87	5,84	4,36
C2	Sem coleta	11.656.000,00	27.323.000,00	20,07	28,50	4,18	3,22
	Com coleta	-	-	-	-	-	-
C3	Sem coleta	-4.297.000,00	27.702.000,00	12,27	19,23	5,59	4,31
	Com coleta	-15.225.000,00	16.774,000	9,72	16,93	6,22	4,67

* T1 – R\$ 93,77 ** T2 – R\$ 119,61

Um outro panorama a ser analisado, com relação ao retorno financeiro, é o fato de que na maioria das usinas, as caldeiras se encontram no fim de sua vida útil. Os últimos grandes investimentos são da época do PROÁLCOOL, em 1982.

Considerando-se a necessidade de substituição das caldeiras, nas configurações C1 e C3, onde é proposta a elevação da pressão de operação para 64 kg/cm², o investimento neste item, para geração de excedente de energia elétrica é a diferença de custo entre uma caldeira que opera a 21kg/cm² e a que opera a 64kg/cm². Neste contexto os investimentos são apresentados na Tabela 34 e o resultados na Tabela 35.

Tabela 34 – Investimentos considerando-se no item caldeiras a diferença de custo entre caldeiras que operam com pressão de 21 kg/cm² (300 °C) e que operam a 64 kg/cm² (480 °C).

Descrição	Custos – R\$ 1000		
	C1	C2	C3
Caldeiras	21.040,00	0,00	21.040,00
Rede de distribuição vapor	2.040,00	0,00	2.040,00
Motores elétricos	0,00	4.186,00	4.186,00
Conversores de frequência e soft start	0,00	15.850,00	15.850,00
Turbo gerador	13.600,00	11.000,00	18.000,00
Recapacitação/Construção de Subestação 138kV	4.500,00	2.000,00	4.500,00
Obras civis	4.000,00	1.500,00	4.000,00
Instalações e montagens	8.340,00	6.250,00	8.340,00
Estudos de Projeto e Engenharia	235,00	170,00	235,00
TOTAL R\$	53.755,00	40.956,00	80.191,00

Tabela 35 – Resultados considerando-se no item caldeiras a diferença de custo entre caldeiras que operam com pressão de 21 kg/cm² (300 °C) e que operam a 64 kg/cm² (480 °C).

Configuração	Palha da cana	VPL - R\$		TRI - %		Pay Back (Anos)	
		Tarifa		Tarifa		Tarifa	
		*T1	**T2	*T1	**T2	*T1	**T2
C1	Sem coleta	4.131.927,00	30.769.112,00	14,46	21,80	3,23	2,49
	Com coleta	-6.796.122,00	19.841.063,00	11,21	18,87	3,68	2,75
C2	Sem coleta	11.656.000,00	27.323.000,00	20,07	28,50	4,18	3,22
	Com coleta	-	-	-	-	-	-
C3	Sem coleta	27.263.000,00	59.262.000,00	21,34	30,03	4,01	3,09
	Com coleta	16.335.000,00	48.334.000,00	18,19	27,13	4,46	3,35

* T1 – R\$ 93,77 T2 – R\$ 119,61

6.4. CONCLUSÕES PARCIAIS

Financeiramente, a atratividade do investimento está relacionada a uma série de fatores, entre eles, tarifas praticadas, disponibilidade de

combustível, características operacionais de cada planta e também o mercado do açúcar e álcool. Pelo fato de se fazer uso da cogeração para geração de energia elétrica, o volume de excedente está relacionado com a produção.

Se considerarmos a otimização de uma planta existente, sem ser o momento de substituição das caldeiras (fim de vida útil), os resultados da Tabela 33 mostram que para a tarifa proposta atualmente pelo PROINFA (R\$ 93,77) não é atraente para investimentos em novas tecnologias, como por exemplo, a elevação da pressão das caldeiras e elevação da pressão das caldeiras com substituição de turbinas a vapor por motores elétricos. Neste cenário, uma maior atratividade do investimento, está vinculada a tarifas mais atraentes. A simulação feita usando-se a tarifa reivindicada pelo setor sucroalcooleiro (R\$ 119,61), apresenta um resultado financeiro favorável. Tomando-se como referência uma taxa de atratividade de 15% (Figura 86), o investimento para esta condição não é favorável para a tarifa proposta pelo PROINFA, sendo positivo com a tarifa proposta pelo setor sucroalcooleiro. A configuração C2 apresenta maior retorno em função do custo da substituição das caldeiras na configuração C1 e C3

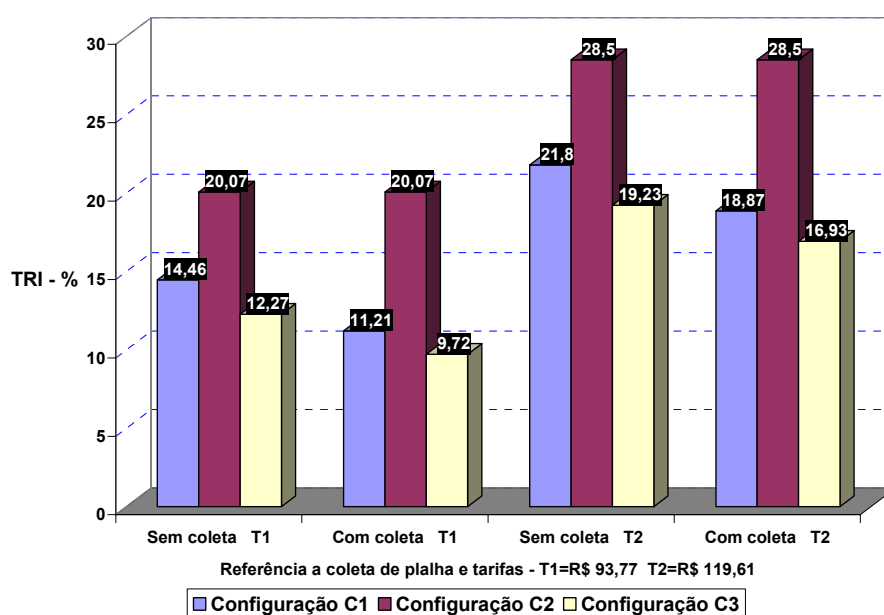


Figura 86 – Gráfico comparativo da TRI

Para uma planta, em que exista a necessidade de substituição das caldeiras a curto prazo, o investimento em novas tecnologias, visando excedentes de energia, se torna atraente, como pode ser observado na Figura 87. Este fato tem feito com que o crescimento da participação do setor sucroalcooleiro, no setor de energia elétrica, venha ocorrendo de forma mais lenta em relação às primeiras previsões. As usinas estão investindo em função da necessidade de renovação da planta produtiva. Para esta análise a configuração C1 apresenta maior atratividade. A configuração C3 embora proporcione maior excedente de energia elétrica, o custo da tecnologia para aplicação de motores elétricos substituindo turbinas a vapor, proporciona menor retorno em comparação com as demais configurações.

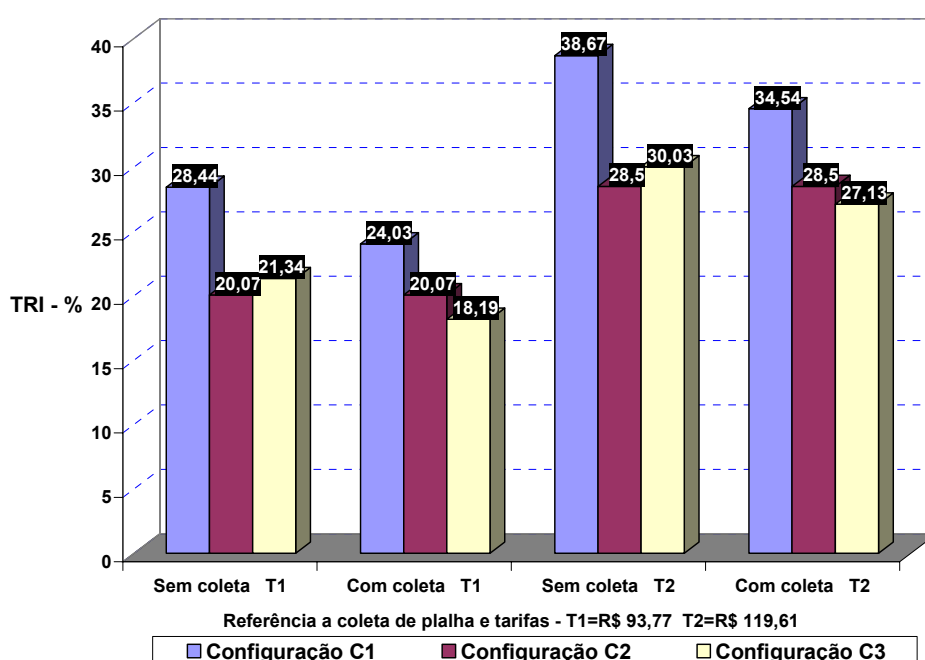


Figura 87 – Comparação da TRI considerando para análise a diferença de custos das caldeiras.

Nas configurações C1 e C2, onde simula-se a elevação da pressão de operação das caldeiras, a necessidade de complementação do combustível, no caso usando-se palha da cana, tem um forte impacto no retorno

financeiro, podendo inviabilizar um projeto dependendo das particularidades de cada planta industrial e das tarifas praticadas.

6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BNDES, Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Âmbito do Proinfa disponível no site

<<http://www.mme.gov.br/proinfa/resolproinfa.pdf>> acesso em 15/06/2004

MME, Valor do MWh para geração de energia elétrica através de biomassa disponível no site

http://www.eletrobras.gov.br/mostra_arquivo.asp?id=http://www.eletrobras.gov.br/downloads/EM_Programas_Proinfa/Portaria_MME_n_45-2004.pdf&tipo=proinfa acesso em 15/06/2004

BNDES, Taxa de juros a longo prazo (TJLP) disponível no site

<http://www.bndes.gov.br/produtos/custos/juros/tjlp.asp#2004> acesso em 02/07/2004.

ESCOBAR, M. R.. Viabilidade Econômica/Financeira da Energia Cogenerada do Bagaço da cana In Natura. Trabalho para conclusão de curso de pós – graduação. Mensagem recebida por pazian@netsite.com.br.

HUHNEN, Osmar L.; BAUER, Udibert R.. *Matemática Financeira Aplicada e Análise de Investimentos*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2001. p. 415-426, 450-458.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES FINAIS E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

7.1. CONCLUSÕES FINAIS

A produção de energia elétrica através da cogeração tem importante participação em vários países do mundo, como por exemplo, Holanda, Dinamarca e Finlândia. No Brasil existe um grande potencial, principalmente através de biomassa, mas ainda muito pouco explorado.

O setor sucroalcooleiro brasileiro possui um grande potencial para geração de excedente de energia elétrica. O aproveitamento deste potencial, está vinculado a uma renovação das plantas existentes, tornando-as energeticamente mais eficientes.

Apesar do grande potencial de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro, sua participação está a quem das primeiras previsões. A falta de uma política tarifária que atendam as expectativas do setor tem sido um dos fatores. Na primeira etapa do Proinfa que tinha previsão de contração de 1.100 MW do setor de biomassa não foi atingido 569,5 MW.

A determinação do excedente de energia elétrica em uma usina de açúcar e álcool, requer uma análise criteriosa com relação à tecnologia a ser empregada e as características do processo produtivo. O item combustível (bagaço da cana) merece especial atenção. A quantidade de bagaço disponível esta associada ao teor de fibra celulósica contida na cana. Para uma mesma quantidade de cana, a produção de bagaço pode ser maior ou menor em função do teor de fibra.

A utilização de uma ferramenta computacional, proporciona uma análise mais precisa do comportamento das variáveis envolvidas no processo de cogeração de uma usina de açúcar e álcool tendo como entrada do programa dados históricos confiáveis, coletados em uma planta industrial em operação.

O programa desenvolvido para análise do potencial de cogeração de energia elétrica em uma usina de açúcar e álcool (PAC), foi elaborado usando-se como ferramenta o SIMULINK/MATLAB. É constituído de três blocos, sendo: entrada de dados, sistema e saída dos resultados. Para melhor interpretação das etapas de um processo de cogeração cada bloco foi subdividido em outros três blocos: moagem de cana, produção de vapor e energia elétrica.

Com o PAC através dos dados de entrada coletados na planta de uma usina de açúcar e álcool, simula-se as várias configurações de arranjo e tecnologias levando-se em consideração as variações que ocorrem durante a safra e de safra para safra. A forma usualmente utilizada para determinação dos excedentes de energia elétrica e combustível é baseada em valores médios ou típicos , não levando em consideração as variações ao longo do tempo.

O combustível é a principal variável a ser analisada na implementação de um projeto de cogeração. No setor sucroalcooleiro, cujo principal combustível é o bagaço, a quantidade disponível possui influência direta do teor de fibra da cana, com variações ao longo da safra e de safra para safra. Simulações baseadas em valores históricos permite conhecer o comportamento desta variações e prever situações críticas que podem levar a paralisação de uma planta industrial.

Com relação aos excedentes de energia elétrica os valores totalizados por safra, não apresentaram diferenças significativas comparando-se os resultados obtidos calculados através de valores médios, típicos e o PAC. Neste panorama a contribuição do PAC está em permitir conhecer o perfil da geração de

excedentes de energia elétrica ao longo do tempo (safra), dando maiores subsídios para celebração de contratos com as concessionárias. Os contratos atuais são realizado em pacotes de energia (MWh) por safra, sendo flexíveis quanto a variação ao longo da safra.

As três configurações simuladas apresentam resultados positivos com relação a excedente de energia elétrica. A elevação da pressão de operação das caldeiras isoladamente (configuração C1) é a que proporciona maior excedente de energia elétrica, em relação a substituição de turbinas a vapor por motores elétricos (configuração C2). A configuração C3 é uma composição das duas implementações tecnológicas, simuladas nas configurações C1 e C2.

Com relação ao item combustível, (bagaço de cana) a elevação da pressão de operação das caldeiras, possui um balanço negativo, mostrando a necessidade de prever alternativas para suplementação para aplicação desta tecnologia. Para as usinas de açúcar e álcool a alternativa é a palha da cana, disponível em grande quantidade, porém necessita ser recolhida na lavoura. Para a configuração C2 o bagaço de cana possui um balanço positivo. A substituição de turbinas a vapor por motores elétricos não interferem no item combustível pelo fato do ganho energético estar relacionado apenas a diferença de rendimento de equipamentos.

A atratividade do investimento e a tecnologia a ser empregada depende da condição de cada planta industrial e de tarifas que remunerem o emprego de alta tecnologia, energeticamente mais eficientes. Com as tarifas propostas atualmente pelo PROINFA os investimentos apresentam resultados positivos caso a planta industrial necessite de uma renovação em função do fim de vida útil de equipamentos, como por exemplo caldeiras.

Os custos para complementação de combustível, para as configurações que apresentam déficit (C1 e C3), provocam uma forte influência

no retorno do investimento podendo inviabilizar projetos dependendo das características de cada planta. Para o ciclo de 10 anos considerado nas simulações, para as configurações C1 e C3, o custo médio para complementação do déficit de bagaço é de R\$ 2.034.088,20.

Comparando-se com medições no campo da sobra de bagaço, realizadas na safra 2002/2003, o PAC apresenta resultados mais confiáveis em relação a análise baseada em valores médios e típicos (Tabela 36). As diferença entre a medição de campo e a do PAC, considera-se aceitável em função da metodologia de campo. A medição é realizada determinando-se o volume do monte de bagaço (m^3) através de métodos topográficos e o valor encontrado multiplica-se pela densidade média do bagaço dada em kg/m^3 ($350 kg/m^3$).

Tabela 36 – Comparação da sobra de bagaço medida no campo com a calculada pelo: PAC e através de valores médios e típicos de fibra da cana.

Data da Medição	Sobra de Bagaço (t)						
	Medição no campo	Cálculo			Diferença em relação a medição de campo		
		PAC	Valores médios	Valores típicos	PAC	Valores médios	Valores típicos
11/09/2002	39926	37455	83432	149201	2471	-43506	-109275
14/11/2002	68659	76030	79232	191485	-7371	-10573	-122826

7.2. TRABALHOS FUTUROS

Além do apresentado neste trabalho, as usinas de açúcar tem outras oportunidades de conservação de energia, abrindo espaço para novos estudos:

- ✓ a redução com consumo de vapor por tonelada de cana processada que hoje é em torno de 560 kg/t

- ✓ Tecnologia da gaseificação do bagaço, abrindo espaço para aplicação de turbinas a gás para geração de energia elétrica.
- ✓ Utilização do gás produzido a partir da vinhaça (subproduto do processo de produção de álcool) também para a produção de energia elétrica.
- ✓ Análise do desempenho de conversores de frequência em moendas, no que diz respeito a extração em função da versatilidade no controle de velocidade que os conversores oferecem também consiste em uma oportunidade de estudo.

ANEXO A**TABELAS USADAS NAS SIMULAÇÕES E GRÁFICOS RESULTADO DAS SIMULAÇÕES**

Tabela 37 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 93/94)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	10,92	50,40	1,78	51	31.510	12,00	49,72	1,90
2	18.504	10,92	50,40	1,78	52	35.160	12,00	49,72	1,90
3	19.010	10,92	50,40	1,78	53	36.332	12,00	49,72	1,90
4	21.540	10,92	50,40	1,78	54	32.874	12,00	49,84	2,08
5	19.401	10,92	51,03	1,98	55	29.742	11,59	49,84	2,08
6	22.358	11,29	51,03	1,98	56	31.993	11,59	49,84	2,08
7	17.278	11,29	51,03	1,98	57	31.417	11,59	49,84	2,08
8	20.506	11,29	51,03	1,98	58	32.078	11,59	49,84	2,08
9	17.829	11,29	51,03	1,98	59	32.112	11,59	49,84	2,08
10	24.146	11,29	51,03	1,98	60	35.113	11,59	49,84	2,08
11	25.264	11,29	51,03	1,98	61	32.634	11,59	46,59	2,04
12	24.104	11,29	50,53	2,22	62	28.803	11,52	46,59	2,04
13	25.501	10,99	50,53	2,22	63	34.859	11,52	46,59	2,04
14	26.895	10,99	50,53	2,22	64	35.743	11,52	46,59	2,04
15	28.444	10,99	50,53	2,22	65	35.092	11,52	46,59	2,04
16	29.814	10,99	50,53	2,22	66	34.501	11,52	46,59	2,04
17	29.152	10,99	50,53	2,22	67	35.856	11,52	46,59	2,04
18	27.092	10,99	50,53	2,22	68	32.335	11,52	49,33	2,04
19	27.310	10,99	50,28	2,05	69	30.263	11,95	49,33	2,04
20	21.723	10,31	50,28	2,05	70	34.368	11,95	49,33	2,04
21	22.101	10,31	50,28	2,05	71	35.269	11,95	49,33	2,04
22	23.184	10,31	50,28	2,05	72	34.539	11,95	49,33	2,04
23	10.383	10,31	50,28	2,05	73	34.854	11,95	49,33	2,04
24	18.608	10,31	50,28	2,05	74	35.674	11,95	49,33	2,04
25	23.216	10,31	50,28	2,05	75	28.553	11,95	49,77	2,09
26	25.767	10,31	50,00	1,95	76	30.737	11,60	49,77	2,09
27	23.016	10,58	50,00	1,95	77	34.155	11,60	49,77	2,09
28	29.544	10,58	50,00	1,95	78	35.682	11,60	49,77	2,09
29	31.657	10,58	50,00	1,95	79	36.015	11,60	49,77	2,09
30	24.195	10,58	50,00	1,95	80	32.831	11,60	49,77	2,09
31	31.893	10,58	50,00	1,95	81	35.756	11,60	49,77	2,09
32	34.280	10,58	50,00	1,95	82	34.089	11,60	49,72	2,05
33	8.334	10,58	50,55	1,82	83	28.883	11,84	49,72	2,05
34	2.667	11,40	50,55	1,82	84	34.136	11,84	49,72	2,05
35	6.107	11,40	50,55	1,82	85	35.006	11,84	49,72	2,05
36	13.144	11,40	50,55	1,82	86	33.874	11,84	49,72	2,05
37	33.412	11,40	50,55	1,82	87	28.531	11,84	49,72	2,05
38	33.943	11,40	50,55	1,82	88	33.553	11,84	49,72	2,05
39	34.660	11,40	50,55	1,82	89	27.671	11,84	49,49	2,18
40	33.555	11,40	50,06	1,87	90	30.845	12,21	49,49	2,18
41	30.346	11,97	50,06	1,87	91	34.647	12,21	49,49	2,18
42	34.249	11,97	50,06	1,87	92	36.308	12,21	49,49	2,18
43	32.339	11,97	50,06	1,87	93	34.550	12,21	49,49	2,18
44	33.566	11,97	50,06	1,87	94	35.616	12,21	49,49	2,18
45	35.310	11,97	50,06	1,87	95	35.001	12,21	49,49	2,18
46	36.468	11,97	50,06	1,87	96	30.626	12,21	49,55	2,10
47	30.521	11,97	49,72	1,90	97	6.725	12,61	49,55	2,10
48	30.681	12,00	49,72	1,90	98	17.537	12,61	49,55	2,10
49	35.446	12,00	49,72	1,90	99	34.793	12,61	49,55	2,10
50	33.977	12,00	49,72	1,90	100	34.482	12,61	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,61	49,55	2,10
102	23.861	12,61	49,55	2,10
103	34.810	12,61	49,81	2,07
104	32.251	13,03	49,81	2,07
105	35.007	13,03	49,81	2,07
106	23.303	13,03	49,81	2,07
107	5.051	13,03	49,81	2,07
108	-	13,03	49,81	2,07
109	4.768	13,03	49,81	2,07
110	32.608	13,03	49,20	2,12
111	33.190	12,68	49,20	2,12
112	35.282	12,68	49,20	2,12
113	33.094	12,68	49,20	2,12
114	33.550	12,68	49,20	2,12
115	35.018	12,68	49,20	2,12
116	34.669	12,68	49,20	2,12
117	31.950	12,68	49,57	2,32
118	31.800	13,75	49,57	2,32
119	34.510	13,75	49,57	2,32
120	33.777	13,75	49,57	2,32
121	34.008	13,75	49,57	2,32
122	33.960	13,75	49,57	2,32
123	35.721	13,75	49,57	2,32
124	31.430	13,75	49,94	2,36
125	30.025	13,73	49,94	2,36
126	36.306	13,73	49,94	2,36
127	33.104	13,73	49,94	2,36
128	35.448	13,73	49,94	2,36
129	34.363	13,73	49,94	2,36
130	35.002	13,73	49,94	2,36
131	33.224	13,73	50,05	2,30
132	28.572	13,73	50,05	2,30
133	36.405	13,73	50,05	2,30
134	36.133	13,73	50,05	2,30
135	27.105	13,73	50,05	2,30
136	26.518	13,73	50,05	2,30
137	34.789	13,73	50,05	2,30
138	31.229	13,73	49,51	2,26
139	33.034	13,84	49,51	2,26
140	35.822	13,84	49,51	2,26
141	35.017	13,84	49,51	2,26
142	35.060	13,84	49,51	2,26
143	33.799	13,84	49,51	2,26
144	28.151	13,84	49,51	2,26
145	31.409	13,84	49,29	2,31
146	30.250	14,25	49,29	2,31
147	33.784	14,25	49,29	2,31
148	33.717	14,25	49,29	2,31
149	34.404	14,25	49,29	2,31
150	35.258	14,25	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	14,25	49,29	2,31
152	30.095	14,25	49,85	2,45
153	25.452	13,54	49,85	2,45
154	34.525	13,54	49,85	2,45
155	35.064	13,54	49,85	2,45
156	35.082	13,54	49,85	2,45
157	19.920	13,54	49,85	2,45
158	9.586	13,54	49,85	2,45
159	23.799	13,54	49,81	2,39
160	21.751	13,48	49,81	2,39
161	32.738	13,48	49,81	2,39
162	29.233	13,48	49,81	2,39
163	32.762	13,48	49,81	2,39
164	33.330	13,48	49,81	2,39
165	31.991	13,48	49,81	2,39
166	31.661	13,48	50,02	2,52
167	28.132	13,00	50,02	2,52
168	26.862	13,00	50,02	2,52
169	30.383	13,00	50,02	2,52
170	32.685	13,00	50,02	2,52
171	29.341	13,00	50,02	2,52
172	30.310	13,00	50,02	2,52
173	18.957	13,00	50,19	2,46
174	23.988	13,13	50,19	2,46
175	25.592	13,13	50,19	2,46
176	26.891	13,13	50,19	2,46
177	27.657	13,13	50,19	2,46
178	21.670	13,13	50,19	2,46
179	20.031	13,13	50,19	2,46
180	14.730	13,13	50,37	2,68
181	24.186	13,33	50,37	2,68
182	23.780	13,33	50,37	2,68
183	30.778	13,33	50,37	2,68
184	29.668	13,33	50,37	2,68
185	25.816	13,33	50,37	2,68
186	22.664	13,33	50,37	2,68
187	22.134	13,33	50,42	2,62
188	22.504	13,82	50,42	2,62
189	26.652	13,82	50,42	2,62
190	30.114	13,82	50,42	2,62
191	30.631	13,82	50,42	2,62
192	29.084	13,82	50,42	2,62
193	27.400	13,82	50,42	2,62
194	16.330	13,82	50,24	2,68
195	4.116	14,37	50,24	2,68
196	-	14,37	50,24	2,68
197	-	14,37	50,24	2,68

Tabela 38 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 94/95)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	11,21	50,40	1,78	51	31.510	10,78	49,72	1,90
2	18.504	11,21	50,40	1,78	52	35.160	10,78	49,72	1,90
3	19.010	11,21	50,40	1,78	53	36.332	10,78	49,72	1,90
4	21.540	11,21	50,40	1,78	54	32.874	11,25	49,84	2,08
5	19.401	11,21	51,03	1,98	55	29.742	11,25	49,84	2,08
6	22.358	11,21	51,03	1,98	56	31.993	11,25	49,84	2,08
7	17.278	11,21	51,03	1,98	57	31.417	11,25	49,84	2,08
8	20.506	11,21	51,03	1,98	58	32.078	11,25	49,84	2,08
9	17.829	11,21	51,03	1,98	59	32.112	11,25	49,84	2,08
10	24.146	11,21	51,03	1,98	60	35.113	11,25	49,84	2,08
11	25.264	11,21	51,03	1,98	61	32.634	11,36	46,59	2,04
12	24.104	11,19	50,53	2,22	62	28.803	11,36	46,59	2,04
13	25.501	11,19	50,53	2,22	63	34.859	11,36	46,59	2,04
14	26.895	11,19	50,53	2,22	64	35.743	11,36	46,59	2,04
15	28.444	11,19	50,53	2,22	65	35.092	11,36	46,59	2,04
16	29.814	11,19	50,53	2,22	66	34.501	11,36	46,59	2,04
17	29.152	11,19	50,53	2,22	67	35.856	11,36	46,59	2,04
18	27.092	11,19	50,53	2,22	68	32.335	10,99	49,33	2,04
19	27.310	11,09	50,28	2,05	69	30.263	10,99	49,33	2,04
20	21.723	11,09	50,28	2,05	70	34.368	10,99	49,33	2,04
21	22.101	11,09	50,28	2,05	71	35.269	10,99	49,33	2,04
22	23.184	11,09	50,28	2,05	72	34.539	10,99	49,33	2,04
23	10.383	11,09	50,28	2,05	73	34.854	10,99	49,33	2,04
24	18.608	11,09	50,28	2,05	74	35.674	10,99	49,33	2,04
25	23.216	11,09	50,28	2,05	75	28.553	10,66	49,77	2,09
26	25.767	10,81	50,00	1,95	76	30.737	10,66	49,77	2,09
27	23.016	10,81	50,00	1,95	77	34.155	10,66	49,77	2,09
28	29.544	10,81	50,00	1,95	78	35.682	10,66	49,77	2,09
29	31.657	10,81	50,00	1,95	79	36.015	10,66	49,77	2,09
30	24.195	10,81	50,00	1,95	80	32.831	10,66	49,77	2,09
31	31.893	10,81	50,00	1,95	81	35.756	10,66	49,77	2,09
32	34.280	10,81	50,00	1,95	82	34.089	10,76	49,72	2,05
33	8.334	11,02	50,55	1,82	83	28.883	10,76	49,72	2,05
34	2.667	11,02	50,55	1,82	84	34.136	10,76	49,72	2,05
35	6.107	11,02	50,55	1,82	85	35.006	10,76	49,72	2,05
36	13.144	11,02	50,55	1,82	86	33.874	10,76	49,72	2,05
37	33.412	11,02	50,55	1,82	87	28.531	10,76	49,72	2,05
38	33.943	11,02	50,55	1,82	88	33.553	10,76	49,72	2,05
39	34.660	11,02	50,55	1,82	89	27.671	10,73	49,49	2,18
40	33.555	11,30	50,06	1,87	90	30.845	10,73	49,49	2,18
41	30.346	11,30	50,06	1,87	91	34.647	10,73	49,49	2,18
42	34.249	11,30	50,06	1,87	92	36.308	10,73	49,49	2,18
43	32.339	11,30	50,06	1,87	93	34.550	10,73	49,49	2,18
44	33.566	11,30	50,06	1,87	94	35.616	10,73	49,49	2,18
45	35.310	11,30	50,06	1,87	95	35.001	10,73	49,49	2,18
46	36.468	11,30	50,06	1,87	96	30.626	10,55	49,55	2,10
47	30.521	10,78	49,72	1,90	97	6.725	10,55	49,55	2,10
48	30.681	10,78	49,72	1,90	98	17.537	10,55	49,55	2,10
49	35.446	10,78	49,72	1,90	99	34.793	10,55	49,55	2,10
50	33.977	10,78	49,72	1,90	100	34.482	10,55	49,55	2,10

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	10,55	49,55	2,10
102	23.861	10,55	49,55	2,10
103	34.810	11,05	49,81	2,07
104	32.251	11,05	49,81	2,07
105	35.007	11,05	49,81	2,07
106	23.303	11,05	49,81	2,07
107	5.051	11,05	49,81	2,07
108	-	11,05	49,81	2,07
109	4.768	11,05	49,81	2,07
110	32.608	11,24	49,20	2,12
111	33.190	11,24	49,20	2,12
112	35.282	11,24	49,20	2,12
113	33.094	11,24	49,20	2,12
114	33.550	11,24	49,20	2,12
115	35.018	11,24	49,20	2,12
116	34.669	11,24	49,20	2,12
117	31.950	11,18	49,57	2,32
118	31.800	11,18	49,57	2,32
119	34.510	11,18	49,57	2,32
120	33.777	11,18	49,57	2,32
121	34.008	11,18	49,57	2,32
122	33.960	11,18	49,57	2,32
123	35.721	11,18	49,57	2,32
124	31.430	11,00	49,94	2,36
125	30.025	11,00	49,94	2,36
126	36.306	11,00	49,94	2,36
127	33.104	11,00	49,94	2,36
128	35.448	11,00	49,94	2,36
129	34.363	11,00	49,94	2,36
130	35.002	11,00	49,94	2,36
131	33.224	11,85	50,05	2,30
132	28.572	11,85	50,05	2,30
133	36.405	11,85	50,05	2,30
134	36.133	11,85	50,05	2,30
135	27.105	11,85	50,05	2,30
136	26.518	11,85	50,05	2,30
137	34.789	11,85	50,05	2,30
138	31.229	11,41	49,51	2,26
139	33.034	11,41	49,51	2,26
140	35.822	11,41	49,51	2,26
141	35.017	11,41	49,51	2,26
142	35.060	11,41	49,51	2,26
143	33.799	11,41	49,51	2,26
144	28.151	11,41	49,51	2,26
145	31.409	12,00	49,29	2,31
146	30.250	12,00	49,29	2,31
147	33.784	12,00	49,29	2,31
148	33.717	12,00	49,29	2,31
149	34.404	12,00	49,29	2,31
150	35.258	12,00	49,29	2,31

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	12,00	49,29	2,31
152	30.095	12,25	49,85	2,45
153	25.452	12,25	49,85	2,45
154	34.525	12,25	49,85	2,45
155	35.064	12,25	49,85	2,45
156	35.082	12,25	49,85	2,45
157	19.920	12,25	49,85	2,45
158	9.586	12,25	49,85	2,45
159	23.799	12,61	49,81	2,39
160	21.751	12,61	49,81	2,39
161	32.738	12,61	49,81	2,39
162	29.233	12,61	49,81	2,39
163	32.762	12,61	49,81	2,39
164	33.330	12,61	49,81	2,39
165	31.991	12,61	49,81	2,39
166	31.661	12,56	50,02	2,52
167	28.132	12,56	50,02	2,52
168	26.862	12,56	50,02	2,52
169	30.383	12,56	50,02	2,52
170	32.685	12,56	50,02	2,52
171	29.341	12,56	50,02	2,52
172	30.310	12,56	50,02	2,52
173	18.957	13,28	50,19	2,46
174	23.988	13,28	50,19	2,46
175	25.592	13,28	50,19	2,46
176	26.891	13,28	50,19	2,46
177	27.657	13,28	50,19	2,46
178	21.670	13,28	50,19	2,46
179	20.031	13,28	50,19	2,46
180	14.730	13,57	50,37	2,68
181	24.186	13,57	50,37	2,68
182	23.780	13,57	50,37	2,68
183	30.778	13,57	50,37	2,68
184	29.668	13,57	50,37	2,68
185	25.816	13,57	50,37	2,68
186	22.664	13,57	50,37	2,68
187	22.134	14,26	50,42	2,62
188	22.504	14,26	50,42	2,62
189	26.652	14,26	50,42	2,62
190	30.114	14,26	50,42	2,62
191	30.631	14,26	50,42	2,62
192	29.084	14,26	50,42	2,62
193	27.400	14,26	50,42	2,62
194	16.330	14,94	50,24	2,68
195	4.116	14,94	50,24	2,68
196	-	14,94	50,24	2,68
197	-	14,94	50,24	2,68

Tabela 39 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 95/96)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
1	9.188	10,99	50,40	1,78
2	18.504	10,99	50,40	1,78
3	19.010	10,99	50,40	1,78
4	21.540	10,99	50,40	1,78
5	19.401	10,99	51,03	1,98
6	22.358	10,64	51,03	1,98
7	17.278	10,64	51,03	1,98
8	20.506	10,64	51,03	1,98
9	17.829	10,64	51,03	1,98
10	24.146	10,64	51,03	1,98
11	25.264	10,64	51,03	1,98
12	24.104	10,64	50,53	2,22
13	25.501	10,18	50,53	2,22
14	26.895	10,18	50,53	2,22
15	28.444	10,18	50,53	2,22
16	29.814	10,18	50,53	2,22
17	29.152	10,18	50,53	2,22
18	27.092	10,18	50,53	2,22
19	27.310	10,18	50,28	2,05
20	21.723	10,10	50,28	2,05
21	22.101	10,10	50,28	2,05
22	23.184	10,10	50,28	2,05
23	10.383	10,10	50,28	2,05
24	18.608	10,10	50,28	2,05
25	23.216	10,10	50,28	2,05
26	25.767	10,10	50,00	1,95
27	23.016	9,97	50,00	1,95
28	29.544	9,97	50,00	1,95
29	31.657	9,97	50,00	1,95
30	24.195	9,97	50,00	1,95
31	31.893	9,97	50,00	1,95
32	34.280	9,97	50,00	1,95
33	8.334	9,97	50,55	1,82
34	2.667	10,51	50,55	1,82
35	6.107	10,51	50,55	1,82
36	13.144	10,51	50,55	1,82
37	33.412	10,51	50,55	1,82
38	33.943	10,51	50,55	1,82
39	34.660	10,51	50,55	1,82
40	33.555	10,51	50,06	1,87
41	30.346	11,09	50,06	1,87
42	34.249	11,09	50,06	1,87
43	32.339	11,09	50,06	1,87
44	33.566	11,09	50,06	1,87
45	35.310	11,09	50,06	1,87
46	36.468	11,09	50,06	1,87
47	30.521	11,09	49,72	1,90
48	30.681	11,64	49,72	1,90
49	35.446	11,64	49,72	1,90
50	33.977	11,64	49,72	1,90

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
51	31.510	11,64	49,72	1,90
52	35.160	11,64	49,72	1,90
53	36.332	11,64	49,72	1,90
54	32.874	11,64	49,84	2,08
55	29.742	11,12	49,84	2,08
56	31.993	11,12	49,84	2,08
57	31.417	11,12	49,84	2,08
58	32.078	11,12	49,84	2,08
59	32.112	11,12	49,84	2,08
60	35.113	11,12	49,84	2,08
61	32.634	11,12	46,59	2,04
62	28.803	11,88	46,59	2,04
63	34.859	11,88	46,59	2,04
64	35.743	11,88	46,59	2,04
65	35.092	11,88	46,59	2,04
66	34.501	11,88	46,59	2,04
67	35.856	11,88	46,59	2,04
68	32.335	11,88	49,33	2,04
69	30.263	11,66	49,33	2,04
70	34.368	11,66	49,33	2,04
71	35.269	11,66	49,33	2,04
72	34.539	11,66	49,33	2,04
73	34.854	11,66	49,33	2,04
74	35.674	11,66	49,33	2,04
75	28.553	11,66	49,77	2,09
76	30.737	11,99	49,77	2,09
77	34.155	11,99	49,77	2,09
78	35.682	11,99	49,77	2,09
79	36.015	11,99	49,77	2,09
80	32.831	11,99	49,77	2,09
81	35.756	11,99	49,77	2,09
82	34.089	11,99	49,72	2,05
83	28.883	11,37	49,72	2,05
84	34.136	11,37	49,72	2,05
85	35.006	11,37	49,72	2,05
86	33.874	11,37	49,72	2,05
87	28.531	11,37	49,72	2,05
88	33.553	11,37	49,72	2,05
89	27.671	11,37	49,49	2,18
90	30.845	11,41	49,49	2,18
91	34.647	11,41	49,49	2,18
92	36.308	11,41	49,49	2,18
93	34.550	11,41	49,49	2,18
94	35.616	11,41	49,49	2,18
95	35.001	11,41	49,49	2,18
96	30.626	11,41	49,55	2,10
97	6.725	11,62	49,55	2,10
98	17.537	11,62	49,55	2,10
99	34.793	11,62	49,55	2,10
100	34.482	11,62	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	11,62	49,55	2,10
102	23.861	11,62	49,55	2,10
103	34.810	11,62	49,81	2,07
104	32.251	12,26	49,81	2,07
105	35.007	12,26	49,81	2,07
106	23.303	12,26	49,81	2,07
107	5.051	12,26	49,81	2,07
108	-	12,26	49,81	2,07
109	4.768	12,26	49,81	2,07
110	32.608	12,26	49,20	2,12
111	33.190	12,32	49,20	2,12
112	35.282	12,32	49,20	2,12
113	33.094	12,32	49,20	2,12
114	33.550	12,32	49,20	2,12
115	35.018	12,32	49,20	2,12
116	34.669	12,32	49,20	2,12
117	31.950	12,32	49,57	2,32
118	31.800	11,95	49,57	2,32
119	34.510	11,95	49,57	2,32
120	33.777	11,95	49,57	2,32
121	34.008	11,95	49,57	2,32
122	33.960	11,95	49,57	2,32
123	35.721	11,95	49,57	2,32
124	31.430	11,95	49,94	2,36
125	30.025	12,24	49,94	2,36
126	36.306	12,24	49,94	2,36
127	33.104	12,24	49,94	2,36
128	35.448	12,24	49,94	2,36
129	34.363	12,24	49,94	2,36
130	35.002	12,24	49,94	2,36
131	33.224	12,24	50,05	2,30
132	28.572	12,27	50,05	2,30
133	36.405	12,27	50,05	2,30
134	36.133	12,27	50,05	2,30
135	27.105	12,27	50,05	2,30
136	26.518	12,27	50,05	2,30
137	34.789	12,27	50,05	2,30
138	31.229	12,27	49,51	2,26
139	33.034	12,92	49,51	2,26
140	35.822	12,92	49,51	2,26
141	35.017	12,92	49,51	2,26
142	35.060	12,92	49,51	2,26
143	33.799	12,92	49,51	2,26
144	28.151	12,92	49,51	2,26
145	31.409	12,92	49,29	2,31
146	30.250	13,11	49,29	2,31
147	33.784	13,11	49,29	2,31
148	33.717	13,11	49,29	2,31
149	34.404	13,11	49,29	2,31
150	35.258	13,11	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	13,11	49,29	2,31
152	30.095	13,11	49,85	2,45
153	25.452	13,46	49,85	2,45
154	34.525	13,46	49,85	2,45
155	35.064	13,46	49,85	2,45
156	35.082	13,46	49,85	2,45
157	19.920	13,46	49,85	2,45
158	9.586	13,46	49,85	2,45
159	23.799	13,46	49,81	2,39
160	21.751	14,94	49,81	2,39
161	32.738	14,94	49,81	2,39
162	29.233	14,94	49,81	2,39
163	32.762	14,94	49,81	2,39
164	33.330	14,94	49,81	2,39
165	31.991	14,94	49,81	2,39
166	31.661	14,94	50,02	2,52
167	28.132	14,27	50,02	2,52
168	26.862	14,27	50,02	2,52
169	30.383	14,27	50,02	2,52
170	32.685	14,27	50,02	2,52
171	29.341	14,27	50,02	2,52
172	30.310	14,27	50,02	2,52
173	18.957	14,27	50,19	2,46
174	23.988	12,97	50,19	2,46
175	25.592	12,97	50,19	2,46
176	26.891	12,97	50,19	2,46
177	27.657	12,97	50,19	2,46
178	21.670	12,97	50,19	2,46
179	20.031	12,97	50,19	2,46
180	14.730	12,97	50,37	2,68
181	24.186	13,47	50,37	2,68
182	23.780	13,47	50,37	2,68
183	30.778	13,47	50,37	2,68
184	29.668	13,47	50,37	2,68
185	25.816	13,47	50,37	2,68
186	22.664	13,47	50,37	2,68
187	22.134	13,47	50,42	2,62
188	22.504	15,01	50,42	2,62
189	26.652	15,01	50,42	2,62
190	30.114	15,01	50,42	2,62
191	30.631	15,01	50,42	2,62
192	29.084	15,01	50,42	2,62
193	27.400	15,01	50,42	2,62
194	16.330	15,01	50,24	2,68
195	4.116	12,96	50,24	2,68
196	-	12,96	50,24	2,68
197	-	12,96	50,24	2,68

Tabela 40 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 96/97)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade	Brix
			%	%
1	9.188	11,86	50,40	1,78
2	18.504	11,86	50,40	1,78
3	19.010	11,86	50,40	1,78
4	21.540	11,45	50,40	1,78
5	19.401	11,45	51,03	1,98
6	22.358	11,45	51,03	1,98
7	17.278	11,45	51,03	1,98
8	20.506	11,45	51,03	1,98
9	17.829	11,45	51,03	1,98
10	24.146	11,45	51,03	1,98
11	25.264	11,05	51,03	1,98
12	24.104	11,05	50,53	2,22
13	25.501	11,05	50,53	2,22
14	26.895	11,05	50,53	2,22
15	28.444	11,05	50,53	2,22
16	29.814	11,05	50,53	2,22
17	29.152	11,05	50,53	2,22
18	27.092	12,14	50,53	2,22
19	27.310	12,14	50,28	2,05
20	21.723	12,14	50,28	2,05
21	22.101	12,14	50,28	2,05
22	23.184	12,14	50,28	2,05
23	10.383	12,14	50,28	2,05
24	18.608	12,14	50,28	2,05
25	23.216	11,82	50,28	2,05
26	25.767	11,82	50,00	1,95
27	23.016	11,82	50,00	1,95
28	29.544	11,82	50,00	1,95
29	31.657	11,82	50,00	1,95
30	24.195	11,82	50,00	1,95
31	31.893	11,82	50,00	1,95
32	34.280	10,82	50,00	1,95
33	8.334	10,82	50,55	1,82
34	2.667	10,82	50,55	1,82
35	6.107	10,82	50,55	1,82
36	13.144	10,82	50,55	1,82
37	33.412	10,82	50,55	1,82
38	33.943	10,82	50,55	1,82
39	34.660	11,50	50,55	1,82
40	33.555	11,50	50,06	1,87
41	30.346	11,50	50,06	1,87
42	34.249	11,50	50,06	1,87
43	32.339	11,50	50,06	1,87
44	33.566	11,50	50,06	1,87
45	35.310	11,50	50,06	1,87
46	36.468	10,81	50,06	1,87
47	30.521	10,81	49,72	1,90
48	30.681	10,81	49,72	1,90
49	35.446	10,81	49,72	1,90
50	33.977	10,81	49,72	1,90

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade	Brix
			%	%
51	31.510	10,81	49,72	1,90
52	35.160	10,81	49,72	1,90
53	36.332	11,76	49,72	1,90
54	32.874	11,76	49,84	2,08
55	29.742	11,76	49,84	2,08
56	31.993	11,76	49,84	2,08
57	31.417	11,76	49,84	2,08
58	32.078	11,76	49,84	2,08
59	32.112	11,76	49,84	2,08
60	35.113	11,43	49,84	2,08
61	32.634	11,43	46,59	2,04
62	28.803	11,43	46,59	2,04
63	34.859	11,43	46,59	2,04
64	35.743	11,43	46,59	2,04
65	35.092	11,43	46,59	2,04
66	34.501	11,43	46,59	2,04
67	35.856	11,16	46,59	2,04
68	32.335	11,16	49,33	2,04
69	30.263	11,16	49,33	2,04
70	34.368	11,16	49,33	2,04
71	35.269	11,16	49,33	2,04
72	34.539	11,16	49,33	2,04
73	34.854	11,16	49,33	2,04
74	35.674	10,89	49,33	2,04
75	28.553	10,89	49,77	2,09
76	30.737	10,89	49,77	2,09
77	34.155	10,89	49,77	2,09
78	35.682	10,89	49,77	2,09
79	36.015	10,89	49,77	2,09
80	32.831	10,89	49,77	2,09
81	35.756	11,49	49,77	2,09
82	34.089	11,49	49,72	2,05
83	28.883	11,49	49,72	2,05
84	34.136	11,49	49,72	2,05
85	35.006	11,49	49,72	2,05
86	33.874	11,49	49,72	2,05
87	28.531	11,49	49,72	2,05
88	33.553	11,73	49,72	2,05
89	27.671	11,73	49,49	2,18
90	30.845	11,73	49,49	2,18
91	34.647	11,73	49,49	2,18
92	36.308	11,73	49,49	2,18
93	34.550	11,73	49,49	2,18
94	35.616	11,73	49,49	2,18
95	35.001	12,24	49,49	2,18
96	30.626	12,24	49,55	2,10
97	6.725	12,24	49,55	2,10
98	17.537	12,24	49,55	2,10
99	34.793	12,24	49,55	2,10
100	34.482	12,24	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,24	49,55	2,10
102	23.861	12,66	49,55	2,10
103	34.810	12,66	49,81	2,07
104	32.251	12,66	49,81	2,07
105	35.007	12,66	49,81	2,07
106	23.303	12,66	49,81	2,07
107	5.051	12,66	49,81	2,07
108	-	12,66	49,81	2,07
109	4.768	12,04	49,81	2,07
110	32.608	12,04	49,20	2,12
111	33.190	12,04	49,20	2,12
112	35.282	12,04	49,20	2,12
113	33.094	12,04	49,20	2,12
114	33.550	12,04	49,20	2,12
115	35.018	12,04	49,20	2,12
116	34.669	12,36	49,20	2,12
117	31.950	12,36	49,57	2,32
118	31.800	12,36	49,57	2,32
119	34.510	12,36	49,57	2,32
120	33.777	12,36	49,57	2,32
121	34.008	12,36	49,57	2,32
122	33.960	12,36	49,57	2,32
123	35.721	12,91	49,57	2,32
124	31.430	12,91	49,94	2,36
125	30.025	12,91	49,94	2,36
126	36.306	12,91	49,94	2,36
127	33.104	12,91	49,94	2,36
128	35.448	12,91	49,94	2,36
129	34.363	12,91	49,94	2,36
130	35.002	13,41	49,94	2,36
131	33.224	13,41	50,05	2,30
132	28.572	13,41	50,05	2,30
133	36.405	13,41	50,05	2,30
134	36.133	13,41	50,05	2,30
135	27.105	13,41	50,05	2,30
136	26.518	13,41	50,05	2,30
137	34.789	12,96	50,05	2,30
138	31.229	12,96	49,51	2,26
139	33.034	12,96	49,51	2,26
140	35.822	12,96	49,51	2,26
141	35.017	12,96	49,51	2,26
142	35.060	12,96	49,51	2,26
143	33.799	12,96	49,51	2,26
144	28.151	12,63	49,51	2,26
145	31.409	12,63	49,29	2,31
146	30.250	12,63	49,29	2,31
147	33.784	12,63	49,29	2,31
148	33.717	12,63	49,29	2,31
149	34.404	12,63	49,29	2,31
150	35.258	12,63	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	12,35	49,29	2,31
152	30.095	12,35	49,85	2,45
153	25.452	12,35	49,85	2,45
154	34.525	12,35	49,85	2,45
155	35.064	12,35	49,85	2,45
156	35.082	12,35	49,85	2,45
157	19.920	12,35	49,85	2,45
158	9.586	12,84	49,85	2,45
159	23.799	12,84	49,81	2,39
160	21.751	12,84	49,81	2,39
161	32.738	12,84	49,81	2,39
162	29.233	12,84	49,81	2,39
163	32.762	12,84	49,81	2,39
164	33.330	12,84	49,81	2,39
165	31.991	13,40	49,81	2,39
166	31.661	13,40	50,02	2,52
167	28.132	13,40	50,02	2,52
168	26.862	13,40	50,02	2,52
169	30.383	13,40	50,02	2,52
170	32.685	13,40	50,02	2,52
171	29.341	13,40	50,02	2,52
172	30.310	13,34	50,02	2,52
173	18.957	13,34	50,19	2,46
174	23.988	13,34	50,19	2,46
175	25.592	13,34	50,19	2,46
176	26.891	13,34	50,19	2,46
177	27.657	13,34	50,19	2,46
178	21.670	13,34	50,19	2,46
179	20.031	13,67	50,19	2,46
180	14.730	13,67	50,37	2,68
181	24.186	13,67	50,37	2,68
182	23.780	13,67	50,37	2,68
183	30.778	13,67	50,37	2,68
184	29.668	13,67	50,37	2,68
185	25.816	13,67	50,37	2,68
186	22.664	14,73	50,37	2,68
187	22.134	14,73	50,42	2,62
188	22.504	14,73	50,42	2,62
189	26.652	14,73	50,42	2,62
190	30.114	14,73	50,42	2,62
191	30.631	14,73	50,42	2,62
192	29.084	14,73	50,42	2,62
193	27.400	13,52	50,42	2,62
194	16.330	13,52	50,24	2,68
195	4.116	13,52	50,24	2,68
196	-	13,52	50,24	2,68
197	-	13,52	50,24	2,68

Tabela 41 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 97/98)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade	Brix
			%	%
1	9.188	11,09	50,40	1,78
2	18.504	11,09	50,40	1,78
3	19.010	11,09	50,40	1,78
4	21.540	11,09	50,40	1,78
5	19.401	11,09	51,03	1,98
6	22.358	11,09	51,03	1,98
7	17.278	11,09	51,03	1,98
8	20.506	10,88	51,03	1,98
9	17.829	10,88	51,03	1,98
10	24.146	10,88	51,03	1,98
11	25.264	10,88	51,03	1,98
12	24.104	10,88	50,53	2,22
13	25.501	10,88	50,53	2,22
14	26.895	10,88	50,53	2,22
15	28.444	10,46	50,53	2,22
16	29.814	10,46	50,53	2,22
17	29.152	10,46	50,53	2,22
18	27.092	10,46	50,53	2,22
19	27.310	10,46	50,28	2,05
20	21.723	10,46	50,28	2,05
21	22.101	10,46	50,28	2,05
22	23.184	10,46	50,28	2,05
23	10.383	10,46	50,28	2,05
24	18.608	10,46	50,28	2,05
25	23.216	10,46	50,28	2,05
26	25.767	10,46	50,00	1,95
27	23.016	10,46	50,00	1,95
28	29.544	10,46	50,00	1,95
29	31.657	10,81	50,00	1,95
30	24.195	10,81	50,00	1,95
31	31.893	10,81	50,00	1,95
32	34.280	10,81	50,00	1,95
33	8.334	10,81	50,55	1,82
34	2.667	10,81	50,55	1,82
35	6.107	10,81	50,55	1,82
36	13.144	11,50	50,55	1,82
37	33.412	11,50	50,55	1,82
38	33.943	11,50	50,55	1,82
39	34.660	11,50	50,55	1,82
40	33.555	11,50	50,06	1,87
41	30.346	11,50	50,06	1,87
42	34.249	11,50	50,06	1,87
43	32.339	11,84	50,06	1,87
44	33.566	11,84	50,06	1,87
45	35.310	11,84	50,06	1,87
46	36.468	11,84	50,06	1,87
47	30.521	11,84	49,72	1,90
48	30.681	11,84	49,72	1,90
49	35.446	11,84	49,72	1,90
50	33.977	11,48	49,72	1,90

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade	Brix
			%	%
51	31.510	11,48	49,72	1,90
52	35.160	11,48	49,72	1,90
53	36.332	11,48	49,72	1,90
54	32.874	11,48	49,84	2,08
55	29.742	11,48	49,84	2,08
56	31.993	11,48	49,84	2,08
57	31.417	11,47	49,84	2,08
58	32.078	11,47	49,84	2,08
59	32.112	11,47	49,84	2,08
60	35.113	11,47	49,84	2,08
61	32.634	11,47	46,59	2,04
62	28.803	11,47	46,59	2,04
63	34.859	11,47	46,59	2,04
64	35.743	12,04	46,59	2,04
65	35.092	12,04	46,59	2,04
66	34.501	12,04	46,59	2,04
67	35.856	12,04	46,59	2,04
68	32.335	12,04	49,33	2,04
69	30.263	12,04	49,33	2,04
70	34.368	12,04	49,33	2,04
71	35.269	11,35	49,33	2,04
72	34.539	11,35	49,33	2,04
73	34.854	11,35	49,33	2,04
74	35.674	11,35	49,33	2,04
75	28.553	11,35	49,77	2,09
76	30.737	11,35	49,77	2,09
77	34.155	11,35	49,77	2,09
78	35.682	11,19	49,77	2,09
79	36.015	11,19	49,77	2,09
80	32.831	11,19	49,77	2,09
81	35.756	11,19	49,77	2,09
82	34.089	11,19	49,72	2,05
83	28.883	11,19	49,72	2,05
84	34.136	11,19	49,72	2,05
85	35.006	10,65	49,72	2,05
86	33.874	10,65	49,72	2,05
87	28.531	10,65	49,72	2,05
88	33.553	10,65	49,72	2,05
89	27.671	10,65	49,49	2,18
90	30.845	10,65	49,49	2,18
91	34.647	10,65	49,49	2,18
92	36.308	11,64	49,49	2,18
93	34.550	11,64	49,49	2,18
94	35.616	11,64	49,49	2,18
95	35.001	11,64	49,49	2,18
96	30.626	11,64	49,55	2,10
97	6.725	11,64	49,55	2,10
98	17.537	11,64	49,55	2,10
99	34.793	12,22	49,55	2,10
100	34.482	12,22	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,22	49,55	2,10
102	23.861	12,22	49,55	2,10
103	34.810	12,22	49,81	2,07
104	32.251	12,22	49,81	2,07
105	35.007	12,22	49,81	2,07
106	23.303	12,29	49,81	2,07
107	5.051	12,29	49,81	2,07
108	-	12,29	49,81	2,07
109	4.768	12,29	49,81	2,07
110	32.608	12,29	49,20	2,12
111	33.190	12,29	49,20	2,12
112	35.282	12,29	49,20	2,12
113	33.094	12,57	49,20	2,12
114	33.550	12,57	49,20	2,12
115	35.018	12,57	49,20	2,12
116	34.669	12,57	49,20	2,12
117	31.950	12,57	49,57	2,32
118	31.800	12,57	49,57	2,32
119	34.510	12,57	49,57	2,32
120	33.777	12,47	49,57	2,32
121	34.008	12,47	49,57	2,32
122	33.960	12,47	49,57	2,32
123	35.721	12,47	49,57	2,32
124	31.430	12,47	49,94	2,36
125	30.025	12,47	49,94	2,36
126	36.306	12,47	49,94	2,36
127	33.104	12,80	49,94	2,36
128	35.448	12,80	49,94	2,36
129	34.363	12,80	49,94	2,36
130	35.002	12,80	49,94	2,36
131	33.224	12,80	50,05	2,30
132	28.572	12,80	50,05	2,30
133	36.405	12,80	50,05	2,30
134	36.133	12,25	50,05	2,30
135	27.105	12,25	50,05	2,30
136	26.518	12,25	50,05	2,30
137	34.789	12,25	50,05	2,30
138	31.229	12,25	49,51	2,26
139	33.034	12,25	49,51	2,26
140	35.822	12,25	49,51	2,26
141	35.017	13,04	49,51	2,26
142	35.060	13,04	49,51	2,26
143	33.799	13,04	49,51	2,26
144	28.151	13,04	49,51	2,26
145	31.409	13,04	49,29	2,31
146	30.250	13,04	49,29	2,31
147	33.784	13,04	49,29	2,31
148	33.717	13,59	49,29	2,31
149	34.404	13,59	49,29	2,31
150	35.258	13,59	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	13,59	49,29	2,31
152	30.095	13,59	49,85	2,45
153	25.452	13,59	49,85	2,45
154	34.525	13,59	49,85	2,45
155	35.064	14,38	49,85	2,45
156	35.082	14,38	49,85	2,45
157	19.920	14,38	49,85	2,45
158	9.586	14,38	49,85	2,45
159	23.799	14,38	49,81	2,39
160	21.751	14,38	49,81	2,39
161	32.738	14,38	49,81	2,39
162	29.233	14,55	49,81	2,39
163	32.762	14,55	49,81	2,39
164	33.330	14,55	49,81	2,39
165	31.991	14,55	49,81	2,39
166	31.661	14,55	50,02	2,52
167	28.132	14,55	50,02	2,52
168	26.862	14,55	50,02	2,52
169	30.383	14,90	50,02	2,52
170	32.685	14,90	50,02	2,52
171	29.341	14,90	50,02	2,52
172	30.310	14,90	50,02	2,52
173	18.957	14,90	50,19	2,46
174	23.988	14,90	50,19	2,46
175	25.592	14,90	50,19	2,46
176	26.891	14,49	50,19	2,46
177	27.657	14,49	50,19	2,46
178	21.670	14,49	50,19	2,46
179	20.031	14,49	50,19	2,46
180	14.730	14,49	50,37	2,68
181	24.186	14,49	50,37	2,68
182	23.780	14,49	50,37	2,68
183	30.778	15,39	50,37	2,68
184	29.668	15,39	50,37	2,68
185	25.816	15,39	50,37	2,68
186	22.664	15,39	50,37	2,68
187	22.134	15,39	50,42	2,62
188	22.504	15,39	50,42	2,62
189	26.652	15,39	50,42	2,62
190	30.114	14,81	50,42	2,62
191	30.631	14,81	50,42	2,62
192	29.084	14,81	50,42	2,62
193	27.400	14,81	50,42	2,62
194	16.330	14,81	50,24	2,68
195	4.116	14,81	50,24	2,68
196	-	14,81	50,24	2,68
197	-	14,81	50,24	2,68

Tabela 42 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 98/99)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	13,48	50,40	1,78	51	31.510	10,64	49,72	1,90
2	18.504	13,48	50,40	1,78	52	35.160	10,64	49,72	1,90
3	19.010	13,48	50,40	1,78	53	36.332	10,64	49,72	1,90
4	21.540	13,48	50,40	1,78	54	32.874	10,64	49,84	2,08
5	19.401	13,48	51,03	1,98	55	29.742	10,64	49,84	2,08
6	22.358	13,48	51,03	1,98	56	31.993	10,64	49,84	2,08
7	17.278	13,48	51,03	1,98	57	31.417	10,86	49,84	2,08
8	20.506	13,09	51,03	1,98	58	32.078	10,86	49,84	2,08
9	17.829	13,09	51,03	1,98	59	32.112	10,86	49,84	2,08
10	24.146	13,09	51,03	1,98	60	35.113	10,86	49,84	2,08
11	25.264	13,09	51,03	1,98	61	32.634	10,86	46,59	2,04
12	24.104	13,09	50,53	2,22	62	28.803	10,86	46,59	2,04
13	25.501	13,09	50,53	2,22	63	34.859	10,86	46,59	2,04
14	26.895	13,09	50,53	2,22	64	35.743	11,06	46,59	2,04
15	28.444	11,33	50,53	2,22	65	35.092	11,06	46,59	2,04
16	29.814	11,33	50,53	2,22	66	34.501	11,06	46,59	2,04
17	29.152	11,33	50,53	2,22	67	35.856	11,06	46,59	2,04
18	27.092	11,33	50,53	2,22	68	32.335	11,06	49,33	2,04
19	27.310	11,33	50,28	2,05	69	30.263	11,06	49,33	2,04
20	21.723	11,33	50,28	2,05	70	34.368	11,06	49,33	2,04
21	22.101	11,33	50,28	2,05	71	35.269	11,22	49,33	2,04
22	23.184	10,64	50,28	2,05	72	34.539	11,22	49,33	2,04
23	10.383	10,64	50,28	2,05	73	34.854	11,22	49,33	2,04
24	18.608	10,64	50,28	2,05	74	35.674	11,22	49,33	2,04
25	23.216	10,64	50,28	2,05	75	28.553	11,22	49,77	2,09
26	25.767	10,64	50,00	1,95	76	30.737	11,22	49,77	2,09
27	23.016	10,64	50,00	1,95	77	34.155	11,22	49,77	2,09
28	29.544	10,64	50,00	1,95	78	35.682	11,81	49,77	2,09
29	31.657	11,31	50,00	1,95	79	36.015	11,81	49,77	2,09
30	24.195	11,31	50,00	1,95	80	32.831	11,81	49,77	2,09
31	31.893	11,31	50,00	1,95	81	35.756	11,81	49,77	2,09
32	34.280	11,31	50,00	1,95	82	34.089	11,81	49,72	2,05
33	8.334	11,31	50,55	1,82	83	28.883	11,81	49,72	2,05
34	2.667	11,31	50,55	1,82	84	34.136	11,81	49,72	2,05
35	6.107	11,31	50,55	1,82	85	35.006	11,61	49,72	2,05
36	13.144	11,33	50,55	1,82	86	33.874	11,61	49,72	2,05
37	33.412	11,33	50,55	1,82	87	28.531	11,61	49,72	2,05
38	33.943	11,33	50,55	1,82	88	33.553	11,61	49,72	2,05
39	34.660	11,33	50,55	1,82	89	27.671	11,61	49,49	2,18
40	33.555	11,33	50,06	1,87	90	30.845	11,61	49,49	2,18
41	30.346	11,33	50,06	1,87	91	34.647	11,61	49,49	2,18
42	34.249	11,33	50,06	1,87	92	36.308	11,55	49,49	2,18
43	32.339	10,78	50,06	1,87	93	34.550	11,55	49,49	2,18
44	33.566	10,78	50,06	1,87	94	35.616	11,55	49,49	2,18
45	35.310	10,78	50,06	1,87	95	35.001	11,55	49,49	2,18
46	36.468	10,78	50,06	1,87	96	30.626	11,55	49,55	2,10
47	30.521	10,78	49,72	1,90	97	6.725	11,55	49,55	2,10
48	30.681	10,78	49,72	1,90	98	17.537	11,55	49,55	2,10
49	35.446	10,78	49,72	1,90	99	34.793	12,51	49,55	2,10
50	33.977	10,64	49,72	1,90	100	34.482	12,51	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,51	49,55	2,10
102	23.861	12,51	49,55	2,10
103	34.810	12,51	49,81	2,07
104	32.251	12,51	49,81	2,07
105	35.007	12,51	49,81	2,07
106	23.303	11,92	49,81	2,07
107	5.051	11,92	49,81	2,07
108	-	11,92	49,81	2,07
109	4.768	11,92	49,81	2,07
110	32.608	11,92	49,20	2,12
111	33.190	11,92	49,20	2,12
112	35.282	11,92	49,20	2,12
113	33.094	11,85	49,20	2,12
114	33.550	11,85	49,20	2,12
115	35.018	11,85	49,20	2,12
116	34.669	11,85	49,20	2,12
117	31.950	11,85	49,57	2,32
118	31.800	11,85	49,57	2,32
119	34.510	11,85	49,57	2,32
120	33.777	12,09	49,57	2,32
121	34.008	12,09	49,57	2,32
122	33.960	12,09	49,57	2,32
123	35.721	12,09	49,57	2,32
124	31.430	12,09	49,94	2,36
125	30.025	12,09	49,94	2,36
126	36.306	12,09	49,94	2,36
127	33.104	12,59	49,94	2,36
128	35.448	12,59	49,94	2,36
129	34.363	12,59	49,94	2,36
130	35.002	12,59	49,94	2,36
131	33.224	12,59	50,05	2,30
132	28.572	12,59	50,05	2,30
133	36.405	12,59	50,05	2,30
134	36.133	12,14	50,05	2,30
135	27.105	12,14	50,05	2,30
136	26.518	12,14	50,05	2,30
137	34.789	12,14	50,05	2,30
138	31.229	12,14	49,51	2,26
139	33.034	12,14	49,51	2,26
140	35.822	12,14	49,51	2,26
141	35.017	12,15	49,51	2,26
142	35.060	12,15	49,51	2,26
143	33.799	12,15	49,51	2,26
144	28.151	12,15	49,51	2,26
145	31.409	12,15	49,29	2,31
146	30.250	12,15	49,29	2,31
147	33.784	12,15	49,29	2,31
148	33.717	13,20	49,29	2,31
149	34.404	13,20	49,29	2,31
150	35.258	13,20	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	13,20	49,29	2,31
152	30.095	13,20	49,85	2,45
153	25.452	13,20	49,85	2,45
154	34.525	13,20	49,85	2,45
155	35.064	13,26	49,85	2,45
156	35.082	13,26	49,85	2,45
157	19.920	13,26	49,85	2,45
158	9.586	13,26	49,85	2,45
159	23.799	13,26	49,81	2,39
160	21.751	13,26	49,81	2,39
161	32.738	13,26	49,81	2,39
162	29.233	12,93	49,81	2,39
163	32.762	12,93	49,81	2,39
164	33.330	12,93	49,81	2,39
165	31.991	12,93	49,81	2,39
166	31.661	12,93	50,02	2,52
167	28.132	12,93	50,02	2,52
168	26.862	12,93	50,02	2,52
169	30.383	13,31	50,02	2,52
170	32.685	13,31	50,02	2,52
171	29.341	13,31	50,02	2,52
172	30.310	13,31	50,02	2,52
173	18.957	13,31	50,19	2,46
174	23.988	13,31	50,19	2,46
175	25.592	13,31	50,19	2,46
176	26.891	13,45	50,19	2,46
177	27.657	13,45	50,19	2,46
178	21.670	13,45	50,19	2,46
179	20.031	13,45	50,19	2,46
180	14.730	13,45	50,37	2,68
181	24.186	13,45	50,37	2,68
182	23.780	13,45	50,37	2,68
183	30.778	13,19	50,37	2,68
184	29.668	13,19	50,37	2,68
185	25.816	13,19	50,37	2,68
186	22.664	13,19	50,37	2,68
187	22.134	13,19	50,42	2,62
188	22.504	13,19	50,42	2,62
189	26.652	13,19	50,42	2,62
190	30.114	12,84	50,42	2,62
191	30.631	12,84	50,42	2,62
192	29.084	12,84	50,42	2,62
193	27.400	12,84	50,42	2,62
194	16.330	12,84	50,24	2,68
195	4.116	12,84	50,24	2,68
196	-	12,84	50,24	2,68
197	-	12,84	50,24	2,68

Tabela 43 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 99/00)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	11,20	50,40	1,78	51	31.510	12,19	49,72	1,90
2	18.504	11,20	50,40	1,78	52	35.160	12,19	49,72	1,90
3	19.010	11,20	50,40	1,78	53	36.332	12,19	49,72	1,90
4	21.540	11,20	50,40	1,78	54	32.874	12,19	49,84	2,08
5	19.401	11,20	51,03	1,98	55	29.742	12,19	49,84	2,08
6	22.358	11,20	51,03	1,98	56	31.993	12,19	49,84	2,08
7	17.278	11,20	51,03	1,98	57	31.417	11,69	49,84	2,08
8	20.506	11,31	51,03	1,98	58	32.078	11,69	49,84	2,08
9	17.829	11,31	51,03	1,98	59	32.112	11,69	49,84	2,08
10	24.146	11,31	51,03	1,98	60	35.113	11,69	49,84	2,08
11	25.264	11,31	51,03	1,98	61	32.634	11,69	46,59	2,04
12	24.104	11,31	50,53	2,22	62	28.803	11,69	46,59	2,04
13	25.501	11,31	50,53	2,22	63	34.859	11,69	46,59	2,04
14	26.895	11,31	50,53	2,22	64	35.743	12,09	46,59	2,04
15	28.444	10,60	50,53	2,22	65	35.092	12,09	46,59	2,04
16	29.814	10,60	50,53	2,22	66	34.501	12,09	46,59	2,04
17	29.152	10,60	50,53	2,22	67	35.856	12,09	46,59	2,04
18	27.092	10,60	50,53	2,22	68	32.335	12,09	49,33	2,04
19	27.310	10,60	50,28	2,05	69	30.263	12,09	49,33	2,04
20	21.723	10,60	50,28	2,05	70	34.368	12,09	49,33	2,04
21	22.101	10,60	50,28	2,05	71	35.269	11,84	49,33	2,04
22	23.184	10,86	50,28	2,05	72	34.539	11,84	49,33	2,04
23	10.383	10,86	50,28	2,05	73	34.854	11,84	49,33	2,04
24	18.608	10,86	50,28	2,05	74	35.674	11,84	49,33	2,04
25	23.216	10,86	50,28	2,05	75	28.553	11,84	49,77	2,09
26	25.767	10,86	50,00	1,95	76	30.737	11,84	49,77	2,09
27	23.016	10,86	50,00	1,95	77	34.155	11,84	49,77	2,09
28	29.544	10,86	50,00	1,95	78	35.682	12,08	49,77	2,09
29	31.657	11,47	50,00	1,95	79	36.015	12,08	49,77	2,09
30	24.195	11,47	50,00	1,95	80	32.831	12,08	49,77	2,09
31	31.893	11,47	50,00	1,95	81	35.756	12,08	49,77	2,09
32	34.280	11,47	50,00	1,95	82	34.089	12,08	49,72	2,05
33	8.334	11,47	50,55	1,82	83	28.883	12,08	49,72	2,05
34	2.667	11,47	50,55	1,82	84	34.136	12,08	49,72	2,05
35	6.107	11,47	50,55	1,82	85	35.006	12,19	49,72	2,05
36	13.144	11,57	50,55	1,82	86	33.874	12,19	49,72	2,05
37	33.412	11,57	50,55	1,82	87	28.531	12,19	49,72	2,05
38	33.943	11,57	50,55	1,82	88	33.553	12,19	49,72	2,05
39	34.660	11,57	50,55	1,82	89	27.671	12,19	49,49	2,18
40	33.555	11,57	50,06	1,87	90	30.845	12,19	49,49	2,18
41	30.346	11,57	50,06	1,87	91	34.647	12,19	49,49	2,18
42	34.249	11,57	50,06	1,87	92	36.308	12,76	49,49	2,18
43	32.339	11,94	50,06	1,87	93	34.550	12,76	49,49	2,18
44	33.566	11,94	50,06	1,87	94	35.616	12,76	49,49	2,18
45	35.310	11,94	50,06	1,87	95	35.001	12,76	49,49	2,18
46	36.468	11,94	50,06	1,87	96	30.626	12,76	49,55	2,10
47	30.521	11,94	49,72	1,90	97	6.725	12,76	49,55	2,10
48	30.681	11,94	49,72	1,90	98	17.537	12,76	49,55	2,10
49	35.446	11,94	49,72	1,90	99	34.793	12,33	49,55	2,10
50	33.977	12,19	49,72	1,90	100	34.482	12,33	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,33	49,55	2,10
102	23.861	12,33	49,55	2,10
103	34.810	12,33	49,81	2,07
104	32.251	12,33	49,81	2,07
105	35.007	12,33	49,81	2,07
106	23.303	12,71	49,81	2,07
107	5.051	12,71	49,81	2,07
108	-	12,71	49,81	2,07
109	4.768	12,71	49,81	2,07
110	32.608	12,71	49,20	2,12
111	33.190	12,71	49,20	2,12
112	35.282	12,71	49,20	2,12
113	33.094	12,93	49,20	2,12
114	33.550	12,93	49,20	2,12
115	35.018	12,93	49,20	2,12
116	34.669	12,93	49,20	2,12
117	31.950	12,93	49,57	2,32
118	31.800	12,93	49,57	2,32
119	34.510	12,93	49,57	2,32
120	33.777	13,09	49,57	2,32
121	34.008	13,09	49,57	2,32
122	33.960	13,09	49,57	2,32
123	35.721	13,09	49,57	2,32
124	31.430	13,09	49,94	2,36
125	30.025	13,09	49,94	2,36
126	36.306	13,09	49,94	2,36
127	33.104	13,13	49,94	2,36
128	35.448	13,13	49,94	2,36
129	34.363	13,13	49,94	2,36
130	35.002	13,13	49,94	2,36
131	33.224	13,13	50,05	2,30
132	28.572	13,13	50,05	2,30
133	36.405	13,13	50,05	2,30
134	36.133	13,66	50,05	2,30
135	27.105	13,66	50,05	2,30
136	26.518	13,66	50,05	2,30
137	34.789	13,66	50,05	2,30
138	31.229	13,66	49,51	2,26
139	33.034	13,66	49,51	2,26
140	35.822	13,66	49,51	2,26
141	35.017	13,28	49,51	2,26
142	35.060	13,28	49,51	2,26
143	33.799	13,28	49,51	2,26
144	28.151	13,28	49,51	2,26
145	31.409	13,28	49,29	2,31
146	30.250	13,28	49,29	2,31
147	33.784	13,28	49,29	2,31
148	33.717	12,86	49,29	2,31
149	34.404	13,66	49,29	2,31
150	35.258	13,66	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	13,66	49,29	2,31
152	30.095	13,66	49,85	2,45
153	25.452	13,66	49,85	2,45
154	34.525	13,66	49,85	2,45
155	35.064	13,66	49,85	2,45
156	35.082	14,07	49,85	2,45
157	19.920	14,07	49,85	2,45
158	9.586	14,07	49,85	2,45
159	23.799	14,07	49,81	2,39
160	21.751	14,07	49,81	2,39
161	32.738	14,07	49,81	2,39
162	29.233	14,07	49,81	2,39
163	32.762	14,73	49,81	2,39
164	33.330	14,73	49,81	2,39
165	31.991	14,73	49,81	2,39
166	31.661	14,73	50,02	2,52
167	28.132	14,73	50,02	2,52
168	26.862	14,73	50,02	2,52
169	30.383	14,73	50,02	2,52
170	32.685	14,77	50,02	2,52
171	29.341	14,77	50,02	2,52
172	30.310	14,77	50,02	2,52
173	18.957	14,77	50,19	2,46
174	23.988	14,77	50,19	2,46
175	25.592	14,77	50,19	2,46
176	26.891	14,77	50,19	2,46
177	27.657	15,44	50,19	2,46
178	21.670	15,44	50,19	2,46
179	20.031	15,44	50,19	2,46
180	14.730	15,44	50,37	2,68
181	24.186	15,44	50,37	2,68
182	23.780	15,44	50,37	2,68
183	30.778	15,44	50,37	2,68
184	29.668	15,78	50,37	2,68
185	25.816	15,78	50,37	2,68
186	22.664	15,78	50,37	2,68
187	22.134	15,78	50,42	2,62
188	22.504	15,78	50,42	2,62
189	26.652	15,78	50,42	2,62
190	30.114	15,78	50,42	2,62
191	30.631	17,34	50,42	2,62
192	29.084	17,34	50,42	2,62
193	27.400	17,34	50,42	2,62
194	16.330	17,34	50,24	2,68
195	4.116	17,34	50,24	2,68
196	-	17,34	50,24	2,68
197	-	17,34	50,24	2,68

Tabela 44 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 00/01)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	11,74	50,40	1,78	51	31.510	12,06	49,72	1,90
2	18.504	11,74	50,40	1,78	52	35.160	12,06	49,72	1,90
3	19.010	11,74	50,40	1,78	53	36.332	12,06	49,72	1,90
4	21.540	11,74	50,40	1,78	54	32.874	12,06	49,84	2,08
5	19.401	11,74	51,03	1,98	55	29.742	12,06	49,84	2,08
6	22.358	11,74	51,03	1,98	56	31.993	12,06	49,84	2,08
7	17.278	11,74	51,03	1,98	57	31.417	12,26	49,84	2,08
8	20.506	11,28	51,03	1,98	58	32.078	12,26	49,84	2,08
9	17.829	11,28	51,03	1,98	59	32.112	12,26	49,84	2,08
10	24.146	11,28	51,03	1,98	60	35.113	12,26	49,84	2,08
11	25.264	11,28	51,03	1,98	61	32.634	12,26	46,59	2,04
12	24.104	11,28	50,53	2,22	62	28.803	12,26	46,59	2,04
13	25.501	11,28	50,53	2,22	63	34.859	12,26	46,59	2,04
14	26.895	11,28	50,53	2,22	64	35.743	12,48	46,59	2,04
15	28.444	11,12	50,53	2,22	65	35.092	12,48	46,59	2,04
16	29.814	11,12	50,53	2,22	66	34.501	12,48	46,59	2,04
17	29.152	11,12	50,53	2,22	67	35.856	12,48	46,59	2,04
18	27.092	11,12	50,53	2,22	68	32.335	12,48	49,33	2,04
19	27.310	11,12	50,28	2,05	69	30.263	12,48	49,33	2,04
20	21.723	11,12	50,28	2,05	70	34.368	12,48	49,33	2,04
21	22.101	11,12	50,28	2,05	71	35.269	13,31	49,33	2,04
22	23.184	11,49	50,28	2,05	72	34.539	13,31	49,33	2,04
23	10.383	11,49	50,28	2,05	73	34.854	13,31	49,33	2,04
24	18.608	11,49	50,28	2,05	74	35.674	13,31	49,33	2,04
25	23.216	11,49	50,28	2,05	75	28.553	13,31	49,77	2,09
26	25.767	11,49	50,00	1,95	76	30.737	13,31	49,77	2,09
27	23.016	11,49	50,00	1,95	77	34.155	13,31	49,77	2,09
28	29.544	11,49	50,00	1,95	78	35.682	13,81	49,77	2,09
29	31.657	11,85	50,00	1,95	79	36.015	13,81	49,77	2,09
30	24.195	11,85	50,00	1,95	80	32.831	13,81	49,77	2,09
31	31.893	11,85	50,00	1,95	81	35.756	13,81	49,77	2,09
32	34.280	11,85	50,00	1,95	82	34.089	13,81	49,72	2,05
33	8.334	11,85	50,55	1,82	83	28.883	13,81	49,72	2,05
34	2.667	11,85	50,55	1,82	84	34.136	13,81	49,72	2,05
35	6.107	11,85	50,55	1,82	85	35.006	14,19	49,72	2,05
36	13.144	11,83	50,55	1,82	86	33.874	14,19	49,72	2,05
37	33.412	11,83	50,55	1,82	87	28.531	14,19	49,72	2,05
38	33.943	11,83	50,55	1,82	88	33.553	14,19	49,72	2,05
39	34.660	11,83	50,55	1,82	89	27.671	14,19	49,49	2,18
40	33.555	11,83	50,06	1,87	90	30.845	14,19	49,49	2,18
41	30.346	11,83	50,06	1,87	91	34.647	14,19	49,49	2,18
42	34.249	11,83	50,06	1,87	92	36.308	13,41	49,49	2,18
43	32.339	12,00	50,06	1,87	93	34.550	13,41	49,49	2,18
44	33.566	12,00	50,06	1,87	94	35.616	13,41	49,49	2,18
45	35.310	12,00	50,06	1,87	95	35.001	13,41	49,49	2,18
46	36.468	12,00	50,06	1,87	96	30.626	13,41	49,55	2,10
47	30.521	12,00	49,72	1,90	97	6.725	13,41	49,55	2,10
48	30.681	12,00	49,72	1,90	98	17.537	13,41	49,55	2,10
49	35.446	12,00	49,72	1,90	99	34.793	12,95	49,55	2,10
50	33.977	12,06	49,72	1,90	100	34.482	12,95	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,95	49,55	2,10
102	23.861	12,95	49,55	2,10
103	34.810	12,95	49,81	2,07
104	32.251	12,95	49,81	2,07
105	35.007	12,95	49,81	2,07
106	23.303	13,25	49,81	2,07
107	5.051	13,25	49,81	2,07
108	-	13,25	49,81	2,07
109	4.768	13,25	49,81	2,07
110	32.608	13,25	49,20	2,12
111	33.190	13,25	49,20	2,12
112	35.282	13,25	49,20	2,12
113	33.094	13,37	49,20	2,12
114	33.550	13,37	49,20	2,12
115	35.018	13,37	49,20	2,12
116	34.669	13,37	49,20	2,12
117	31.950	13,37	49,57	2,32
118	31.800	13,37	49,57	2,32
119	34.510	13,37	49,57	2,32
120	33.777	13,55	49,57	2,32
121	34.008	13,55	49,57	2,32
122	33.960	13,55	49,57	2,32
123	35.721	13,55	49,57	2,32
124	31.430	13,55	49,94	2,36
125	30.025	13,55	49,94	2,36
126	36.306	13,55	49,94	2,36
127	33.104	14,21	49,94	2,36
128	35.448	14,21	49,94	2,36
129	34.363	14,21	49,94	2,36
130	35.002	14,21	49,94	2,36
131	33.224	14,21	50,05	2,30
132	28.572	14,21	50,05	2,30
133	36.405	14,21	50,05	2,30
134	36.133	14,03	50,05	2,30
135	27.105	14,03	50,05	2,30
136	26.518	14,03	50,05	2,30
137	34.789	14,03	50,05	2,30
138	31.229	14,03	49,51	2,26
139	33.034	14,03	49,51	2,26
140	35.822	14,03	49,51	2,26
141	35.017	13,40	49,51	2,26
142	35.060	13,40	49,51	2,26
143	33.799	13,40	49,51	2,26
144	28.151	13,40	49,51	2,26
145	31.409	13,40	49,29	2,31
146	30.250	13,40	49,29	2,31
147	33.784	13,40	49,29	2,31
148	33.717	13,39	49,29	2,31
149	34.404	13,39	49,29	2,31
150	35.258	13,39	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	13,39	49,29	2,31
152	30.095	13,39	49,85	2,45
153	25.452	13,39	49,85	2,45
154	34.525	13,39	49,85	2,45
155	35.064	14,40	49,85	2,45
156	35.082	14,40	49,85	2,45
157	19.920	14,40	49,85	2,45
158	9.586	14,40	49,85	2,45
159	23.799	14,40	49,81	2,39
160	21.751	14,40	49,81	2,39
161	32.738	14,40	49,81	2,39
162	29.233	13,45	49,81	2,39
163	32.762	13,45	49,81	2,39
164	33.330	13,45	49,81	2,39
165	31.991	13,45	49,81	2,39
166	31.661	13,45	50,02	2,52
167	28.132	13,45	50,02	2,52
168	26.862	13,45	50,02	2,52
169	30.383	14,07	50,02	2,52
170	32.685	14,07	50,02	2,52
171	29.341	14,07	50,02	2,52
172	30.310	14,07	50,02	2,52
173	18.957	14,07	50,19	2,46
174	23.988	14,07	50,19	2,46
175	25.592	14,07	50,19	2,46
176	26.891	15,16	50,19	2,46
177	27.657	15,16	50,19	2,46
178	21.670	15,16	50,19	2,46
179	20.031	15,16	50,19	2,46
180	14.730	15,16	50,37	2,68
181	24.186	15,16	50,37	2,68
182	23.780	15,16	50,37	2,68
183	30.778	14,80	50,37	2,68
184	29.668	14,80	50,37	2,68
185	25.816	14,80	50,37	2,68
186	22.664	14,80	50,37	2,68
187	22.134	14,80	50,42	2,62
188	22.504	14,80	50,42	2,62
189	26.652	14,80	50,42	2,62
190	30.114	15,22	50,42	2,62
191	30.631	15,22	50,42	2,62
192	29.084	15,22	50,42	2,62
193	27.400	15,22	50,42	2,62
194	16.330	15,22	50,24	2,68
195	4.116	15,22	50,24	2,68
196	-	15,22	50,24	2,68
197	-	15,22	50,24	2,68

Tabela 45 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 01/02)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	10,19	50,40	1,78	51	31.510	11,22	49,72	1,90
2	18.504	10,19	50,40	1,78	52	35.160	11,22	49,72	1,90
3	19.010	10,19	50,40	1,78	53	36.332	11,22	49,72	1,90
4	21.540	10,19	50,40	1,78	54	32.874	11,22	49,84	2,08
5	19.401	10,19	51,03	1,98	55	29.742	11,22	49,84	2,08
6	22.358	10,19	51,03	1,98	56	31.993	11,22	49,84	2,08
7	17.278	10,19	51,03	1,98	57	31.417	11,57	49,84	2,08
8	20.506	11,27	51,03	1,98	58	32.078	11,57	49,84	2,08
9	17.829	11,27	51,03	1,98	59	32.112	11,57	49,84	2,08
10	24.146	11,27	51,03	1,98	60	35.113	11,57	49,84	2,08
11	25.264	11,27	51,03	1,98	61	32.634	11,57	46,59	2,04
12	24.104	11,27	50,53	2,22	62	28.803	11,57	46,59	2,04
13	25.501	11,27	50,53	2,22	63	34.859	11,57	46,59	2,04
14	26.895	11,27	50,53	2,22	64	35.743	11,54	46,59	2,04
15	28.444	10,91	50,53	2,22	65	35.092	11,54	46,59	2,04
16	29.814	10,91	50,53	2,22	66	34.501	11,54	46,59	2,04
17	29.152	10,91	50,53	2,22	67	35.856	11,54	46,59	2,04
18	27.092	10,91	50,53	2,22	68	32.335	11,54	49,33	2,04
19	27.310	10,91	50,28	2,05	69	30.263	11,54	49,33	2,04
20	21.723	10,91	50,28	2,05	70	34.368	11,54	49,33	2,04
21	22.101	10,91	50,28	2,05	71	35.269	11,81	49,33	2,04
22	23.184	11,24	50,28	2,05	72	34.539	11,81	49,33	2,04
23	10.383	11,24	50,28	2,05	73	34.854	11,81	49,33	2,04
24	18.608	11,24	50,28	2,05	74	35.674	11,81	49,33	2,04
25	23.216	11,24	50,28	2,05	75	28.553	11,81	49,77	2,09
26	25.767	11,24	50,00	1,95	76	30.737	11,81	49,77	2,09
27	23.016	11,24	50,00	1,95	77	34.155	11,81	49,77	2,09
28	29.544	11,24	50,00	1,95	78	35.682	11,87	49,77	2,09
29	31.657	11,14	50,00	1,95	79	36.015	11,87	49,77	2,09
30	24.195	11,14	50,00	1,95	80	32.831	11,87	49,77	2,09
31	31.893	11,14	50,00	1,95	81	35.756	11,87	49,77	2,09
32	34.280	11,14	50,00	1,95	82	34.089	11,87	49,72	2,05
33	8.334	11,14	50,55	1,82	83	28.883	11,87	49,72	2,05
34	2.667	11,14	50,55	1,82	84	34.136	11,87	49,72	2,05
35	6.107	11,14	50,55	1,82	85	35.006	11,89	49,72	2,05
36	13.144	11,30	50,55	1,82	86	33.874	11,89	49,72	2,05
37	33.412	11,30	50,55	1,82	87	28.531	11,89	49,72	2,05
38	33.943	11,30	50,55	1,82	88	33.553	11,89	49,72	2,05
39	34.660	11,30	50,55	1,82	89	27.671	11,89	49,49	2,18
40	33.555	11,30	50,06	1,87	90	30.845	11,89	49,49	2,18
41	30.346	11,30	50,06	1,87	91	34.647	11,89	49,49	2,18
42	34.249	11,30	50,06	1,87	92	36.308	12,48	49,49	2,18
43	32.339	11,12	50,06	1,87	93	34.550	12,48	49,49	2,18
44	33.566	11,12	50,06	1,87	94	35.616	12,48	49,49	2,18
45	35.310	11,12	50,06	1,87	95	35.001	12,48	49,49	2,18
46	36.468	11,12	50,06	1,87	96	30.626	12,48	49,55	2,10
47	30.521	11,12	49,72	1,90	97	6.725	12,48	49,55	2,10
48	30.681	11,12	49,72	1,90	98	17.537	12,48	49,55	2,10
49	35.446	11,12	49,72	1,90	99	34.793	12,65	49,55	2,10
50	33.977	11,22	49,72	1,90	100	34.482	12,65	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,65	49,55	2,10
102	23.861	12,65	49,55	2,10
103	34.810	12,65	49,81	2,07
104	32.251	12,65	49,81	2,07
105	35.007	12,65	49,81	2,07
106	23.303	12,40	49,81	2,07
107	5.051	12,40	49,81	2,07
108	-	12,40	49,81	2,07
109	4.768	12,40	49,81	2,07
110	32.608	12,40	49,20	2,12
111	33.190	12,40	49,20	2,12
112	35.282	12,40	49,20	2,12
113	33.094	12,54	49,20	2,12
114	33.550	12,54	49,20	2,12
115	35.018	12,54	49,20	2,12
116	34.669	12,54	49,20	2,12
117	31.950	12,54	49,57	2,32
118	31.800	12,54	49,57	2,32
119	34.510	12,54	49,57	2,32
120	33.777	11,44	49,57	2,32
121	34.008	11,44	49,57	2,32
122	33.960	11,44	49,57	2,32
123	35.721	11,44	49,57	2,32
124	31.430	11,44	49,94	2,36
125	30.025	11,44	49,94	2,36
126	36.306	11,44	49,94	2,36
127	33.104	11,53	49,94	2,36
128	35.448	11,53	49,94	2,36
129	34.363	11,53	49,94	2,36
130	35.002	11,53	49,94	2,36
131	33.224	11,53	50,05	2,30
132	28.572	11,53	50,05	2,30
133	36.405	11,53	50,05	2,30
134	36.133	11,77	50,05	2,30
135	27.105	11,77	50,05	2,30
136	26.518	11,77	50,05	2,30
137	34.789	11,77	50,05	2,30
138	31.229	11,77	49,51	2,26
139	33.034	11,77	49,51	2,26
140	35.822	11,77	49,51	2,26
141	35.017	12,01	49,51	2,26
142	35.060	12,01	49,51	2,26
143	33.799	12,01	49,51	2,26
144	28.151	12,01	49,51	2,26
145	31.409	12,01	49,29	2,31
146	30.250	12,01	49,29	2,31
147	33.784	12,01	49,29	2,31
148	33.717	12,01	49,29	2,31
149	34.404	12,01	49,29	2,31
150	35.258	12,01	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	12,01	49,29	2,31
152	30.095	12,01	49,85	2,45
153	25.452	12,01	49,85	2,45
154	34.525	12,01	49,85	2,45
155	35.064	12,32	49,85	2,45
156	35.082	12,32	49,85	2,45
157	19.920	12,32	49,85	2,45
158	9.586	12,32	49,85	2,45
159	23.799	12,32	49,81	2,39
160	21.751	12,32	49,81	2,39
161	32.738	12,32	49,81	2,39
162	29.233	11,94	49,81	2,39
163	32.762	11,94	49,81	2,39
164	33.330	11,94	49,81	2,39
165	31.991	11,94	49,81	2,39
166	31.661	11,94	50,02	2,52
167	28.132	11,94	50,02	2,52
168	26.862	11,94	50,02	2,52
169	30.383	12,15	50,02	2,52
170	32.685	12,15	50,02	2,52
171	29.341	12,15	50,02	2,52
172	30.310	12,15	50,02	2,52
173	18.957	12,15	50,19	2,46
174	23.988	12,15	50,19	2,46
175	25.592	12,15	50,19	2,46
176	26.891	12,58	50,19	2,46
177	27.657	12,58	50,19	2,46
178	21.670	12,58	50,19	2,46
179	20.031	12,58	50,19	2,46
180	14.730	12,58	50,37	2,68
181	24.186	12,58	50,37	2,68
182	23.780	12,58	50,37	2,68
183	30.778	12,49	50,37	2,68
184	29.668	12,49	50,37	2,68
185	25.816	12,49	50,37	2,68
186	22.664	12,49	50,37	2,68
187	22.134	12,49	50,42	2,62
188	22.504	12,49	50,42	2,62
189	26.652	12,49	50,42	2,62
190	30.114	12,85	50,42	2,62
191	30.631	12,85	50,42	2,62
192	29.084	12,85	50,42	2,62
193	27.400	12,85	50,42	2,62
194	16.330	12,85	50,24	2,68
195	4.116	12,85	50,24	2,68
196	-	12,85	50,24	2,68
197	-	12,85	50,24	2,68

Tabela 46 – Dados moagem de cana safra 02/03 (Item fibra da cana-safra 02/03)

Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana		Dia da Safra	Moagem de cana t	Fibra cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %				Umidade %	Brix %
1	9.188	10,96	50,40	1,78	51	31.510	11,47	49,72	1,90
2	18.504	10,96	50,40	1,78	52	35.160	11,47	49,72	1,90
3	19.010	10,96	50,40	1,78	53	36.332	11,47	49,72	1,90
4	21.540	10,96	50,40	1,78	54	32.874	11,75	49,84	2,08
5	19.401	11,16	51,03	1,98	55	29.742	11,75	49,84	2,08
6	22.358	11,16	51,03	1,98	56	31.993	11,75	49,84	2,08
7	17.278	11,16	51,03	1,98	57	31.417	11,75	49,84	2,08
8	20.506	11,16	51,03	1,98	58	32.078	11,75	49,84	2,08
9	17.829	11,16	51,03	1,98	59	32.112	11,75	49,84	2,08
10	24.146	11,16	51,03	1,98	60	35.113	11,75	49,84	2,08
11	25.264	11,16	51,03	1,98	61	32.634	11,63	46,59	2,04
12	24.104	11,29	50,53	2,22	62	28.803	11,63	46,59	2,04
13	25.501	11,29	50,53	2,22	63	34.859	11,63	46,59	2,04
14	26.895	11,29	50,53	2,22	64	35.743	11,63	46,59	2,04
15	28.444	11,29	50,53	2,22	65	35.092	11,63	46,59	2,04
16	29.814	11,29	50,53	2,22	66	34.501	11,63	46,59	2,04
17	29.152	11,29	50,53	2,22	67	35.856	11,63	46,59	2,04
18	27.092	11,29	50,53	2,22	68	32.335	11,66	49,33	2,04
19	27.310	11,48	50,28	2,05	69	30.263	11,66	49,33	2,04
20	21.723	11,48	50,28	2,05	70	34.368	11,66	49,33	2,04
21	22.101	11,48	50,28	2,05	71	35.269	11,66	49,33	2,04
22	23.184	11,48	50,28	2,05	72	34.539	11,66	49,33	2,04
23	10.383	11,48	50,28	2,05	73	34.854	11,66	49,33	2,04
24	18.608	11,48	50,28	2,05	74	35.674	11,66	49,33	2,04
25	23.216	11,48	50,28	2,05	75	28.553	11,48	49,77	2,09
26	25.767	11,57	50,00	1,95	76	30.737	11,48	49,77	2,09
27	23.016	11,57	50,00	1,95	77	34.155	11,48	49,77	2,09
28	29.544	11,57	50,00	1,95	78	35.682	11,48	49,77	2,09
29	31.657	11,57	50,00	1,95	79	36.015	11,48	49,77	2,09
30	24.195	11,57	50,00	1,95	80	32.831	11,48	49,77	2,09
31	31.893	11,57	50,00	1,95	81	35.756	11,48	49,77	2,09
32	34.280	11,57	50,00	1,95	82	34.089	11,39	49,72	2,05
33	8.334	11,13	50,55	1,82	83	28.883	11,39	49,72	2,05
34	2.667	11,13	50,55	1,82	84	34.136	11,39	49,72	2,05
35	6.107	11,13	50,55	1,82	85	35.006	11,39	49,72	2,05
36	13.144	11,13	50,55	1,82	86	33.874	11,39	49,72	2,05
37	33.412	11,13	50,55	1,82	87	28.531	11,39	49,72	2,05
38	33.943	11,13	50,55	1,82	88	33.553	11,39	49,72	2,05
39	34.660	11,13	50,55	1,82	89	27.671	11,90	49,49	2,18
40	33.555	11,50	50,06	1,87	90	30.845	11,90	49,49	2,18
41	30.346	11,50	50,06	1,87	91	34.647	11,90	49,49	2,18
42	34.249	11,50	50,06	1,87	92	36.308	11,90	49,49	2,18
43	32.339	11,50	50,06	1,87	93	34.550	11,90	49,49	2,18
44	33.566	11,50	50,06	1,87	94	35.616	11,90	49,49	2,18
45	35.310	11,50	50,06	1,87	95	35.001	11,90	49,49	2,18
46	36.468	11,50	50,06	1,87	96	30.626	12,02	49,55	2,10
47	30.521	11,47	49,72	1,90	97	6.725	12,02	49,55	2,10
48	30.681	11,47	49,72	1,90	98	17.537	12,02	49,55	2,10
49	35.446	11,47	49,72	1,90	99	34.793	12,02	49,55	2,10
50	33.977	11,47	49,72	1,90	100	34.482	12,02	49,55	2,10

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
101	35.377	12,02	49,55	2,10
102	23.861	12,02	49,55	2,10
103	34.810	11,62	49,81	2,07
104	32.251	11,62	49,81	2,07
105	35.007	11,62	49,81	2,07
106	23.303	11,62	49,81	2,07
107	5.051	11,62	49,81	2,07
108	-	11,62	49,81	2,07
109	4.768	11,62	49,81	2,07
110	32.608	11,91	49,20	2,12
111	33.190	11,91	49,20	2,12
112	35.282	11,91	49,20	2,12
113	33.094	11,91	49,20	2,12
114	33.550	11,91	49,20	2,12
115	35.018	11,91	49,20	2,12
116	34.669	11,91	49,20	2,12
117	31.950	12,40	49,57	2,32
118	31.800	12,40	49,57	2,32
119	34.510	12,40	49,57	2,32
120	33.777	12,40	49,57	2,32
121	34.008	12,40	49,57	2,32
122	33.960	12,40	49,57	2,32
123	35.721	12,40	49,57	2,32
124	31.430	12,48	49,94	2,36
125	30.025	12,48	49,94	2,36
126	36.306	12,48	49,94	2,36
127	33.104	12,48	49,94	2,36
128	35.448	12,48	49,94	2,36
129	34.363	12,48	49,94	2,36
130	35.002	12,48	49,94	2,36
131	33.224	12,34	50,05	2,30
132	28.572	12,34	50,05	2,30
133	36.405	12,34	50,05	2,30
134	36.133	12,34	50,05	2,30
135	27.105	12,34	50,05	2,30
136	26.518	12,34	50,05	2,30
137	34.789	12,34	50,05	2,30
138	31.229	12,72	49,51	2,26
139	33.034	12,72	49,51	2,26
140	35.822	12,72	49,51	2,26
141	35.017	12,72	49,51	2,26
142	35.060	12,72	49,51	2,26
143	33.799	12,72	49,51	2,26
144	28.151	12,72	49,51	2,26
145	31.409	12,56	49,29	2,31
146	30.250	12,56	49,29	2,31
147	33.784	12,56	49,29	2,31
148	33.717	12,56	49,29	2,31
149	34.404	12,56	49,29	2,31
150	35.258	12,56	49,29	2,31

Dia da Safr	Moagem de cana t	Fibra da cana %	Bagaço da cana	
			Umidade %	Brix %
151	35.171	12,56	49,29	2,31
152	30.095	13,40	49,85	2,45
153	25.452	13,40	49,85	2,45
154	34.525	13,40	49,85	2,45
155	35.064	13,40	49,85	2,45
156	35.082	13,40	49,85	2,45
157	19.920	13,40	49,85	2,45
158	9.586	13,40	49,85	2,45
159	23.799	13,92	49,81	2,39
160	21.751	13,92	49,81	2,39
161	32.738	13,92	49,81	2,39
162	29.233	13,92	49,81	2,39
163	32.762	13,92	49,81	2,39
164	33.330	13,92	49,81	2,39
165	31.991	13,92	49,81	2,39
166	31.661	13,70	50,02	2,52
167	28.132	13,70	50,02	2,52
168	26.862	13,70	50,02	2,52
169	30.383	13,70	50,02	2,52
170	32.685	13,70	50,02	2,52
171	29.341	13,70	50,02	2,52
172	30.310	13,70	50,02	2,52
173	18.957	14,31	50,19	2,46
174	23.988	14,31	50,19	2,46
175	25.592	14,31	50,19	2,46
176	26.891	14,31	50,19	2,46
177	27.657	14,31	50,19	2,46
178	21.670	14,31	50,19	2,46
179	20.031	14,31	50,19	2,46
180	14.730	14,39	50,37	2,68
181	24.186	14,39	50,37	2,68
182	23.780	14,39	50,37	2,68
183	30.778	14,39	50,37	2,68
184	29.668	14,39	50,37	2,68
185	25.816	14,39	50,37	2,68
186	22.664	14,39	50,37	2,68
187	22.134	14,72	50,42	2,62
188	22.504	14,72	50,42	2,62
189	26.652	14,72	50,42	2,62
190	30.114	14,72	50,42	2,62
191	30.631	14,72	50,42	2,62
192	29.084	14,72	50,42	2,62
193	27.400	14,72	50,42	2,62
194	16.330	14,85	50,24	2,68
195	4.116	14,85	50,24	2,68
196	-	14,85	50,24	2,68
197	-	14,85	50,24	2,68

Tabela 47 – Consumo diário de vapor para o processo produtivo de açúcar e álcool

Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)	Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)	Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)	Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)
1	7.045	51	17.605	101	18.685	151	17.365
2	10.741	52	18.109	102	16.285	152	16.837
3	11.749	53	18.493	103	18.253	153	14.461
4	13.141	54	17.653	104	18.589	154	17.485
5	11.341	55	16.141	105	18.445	155	17.677
6	13.069	56	17.341	106	15.589	156	17.485
7	11.749	57	17.317	107	6.229	157	14.653
8	12.349	58	16.885	108	-	158	8.125
9	11.941	59	17.293	109	2.605	159	11.389
10	13.813	60	17.797	110	16.093	160	14.293
11	14.413	61	17.293	111	18.373	161	17.317
12	13.885	62	15.901	112	18.085	162	16.285
13	14.629	63	17.605	113	17.605	163	17.557
14	14.533	64	17.989	114	17.845	164	17.533
15	14.893	65	17.845	115	18.037	165	17.173
16	15.445	66	17.677	116	17.965	166	17.317
17	15.733	67	18.013	117	17.749	167	16.621
18	14.989	68	17.269	118	17.341	168	16.549
19	15.661	69	16.429	119	17.989	169	16.573
20	14.533	70	17.389	120	17.725	170	17.389
21	12.853	71	17.677	121	17.725	171	16.693
22	13.453	72	17.965	122	18.085	172	16.909
23	7.813	73	17.989	123	18.349	173	13.837
24	11.005	74	18.037	124	17.341	174	14.821
25	13.645	75	17.125	125	17.005	175	15.565
26	13.837	76	16.261	126	18.061	176	16.093
27	13.333	77	17.797	127	18.229	177	16.237
28	17.077	78	17.725	128	17.893	178	14.341
29	16.333	79	17.917	129	18.325	179	13.165
30	14.461	80	17.557	130	18.733	180	11.125
31	16.525	81	18.685	131	18.349	181	14.773
32	17.365	82	18.493	132	16.645	182	14.197
33	8.269	83	17.413	133	18.397	183	17.413
34	1.789	84	18.181	134	18.253	184	17.221
35	5.557	85	18.277	135	16.621	185	16.021
36	7.333	86	18.205	136	13.981	186	14.389
37	17.101	87	15.877	137	18.493	187	14.269
38	17.245	88	18.589	138	18.373	188	14.677
39	18.037	89	17.293	139	17.845	189	15.829
40	17.869	90	17.437	140	18.565	190	16.909
41	16.837	91	18.829	141	17.845	191	16.933
42	17.365	92	18.709	142	17.869	192	16.765
43	17.557	93	18.541	143	17.485	193	16.093
44	17.917	94	18.949	144	17.341	194	13.093
45	18.133	95	18.541	145	16.693	195	8.701
46	18.709	96	17.893	146	16.453	196	3.445
47	17.389	97	8.437	147	17.533	197	2.893
48	16.861	98	7.981	148	17.245		
49	18.277	99	18.397	149	17.557		
50	18.061	100	18.757	150	17.341		

Tabela 48 – Consumo diário de vapor da refinaria

Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)	Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)	Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)	Dia da Safra	Vapor Produção Diária (t)
1	467	51	467	101	467	151	467
2	467	52	467	102	467	152	467
3	467	53	467	103	467	153	467
4	467	54	467	104	467	154	467
5	467	55	467	105	467	155	467
6	467	56	467	106	467	156	467
7	467	57	467	107	467	157	467
8	467	58	467	108	467	158	467
9	467	59	467	109	467	159	467
10	467	60	467	110	467	160	467
11	467	61	467	111	467	161	467
12	467	62	467	112	467	162	467
13	467	63	467	113	467	163	467
14	467	64	467	114	467	164	467
15	467	65	467	115	467	165	467
16	467	66	467	116	467	166	467
17	467	67	467	117	467	167	467
18	467	68	467	118	467	168	467
19	467	69	467	119	467	169	467
20	467	70	467	120	467	170	467
21	467	71	467	121	467	171	467
22	467	72	467	122	467	172	467
23	467	73	467	123	467	173	467
24	467	74	467	124	467	174	467
25	467	75	467	125	467	175	467
26	467	76	467	126	467	176	467
27	467	77	467	127	467	177	467
28	467	78	467	128	467	178	467
29	467	79	467	129	467	179	467
30	467	80	467	130	467	180	467
31	467	81	467	131	467	181	467
32	467	82	467	132	467	182	467
33	467	83	467	133	467	183	467
34	467	84	467	134	467	184	467
35	467	85	467	135	467	185	467
36	467	86	467	136	467	186	467
37	467	87	467	137	467	187	467
38	467	88	467	138	467	188	467
39	467	89	467	139	467	189	467
40	467	90	467	140	467	190	467
41	467	91	467	141	467	191	467
42	467	92	467	142	467	192	467
43	467	93	467	143	467	193	467
44	467	94	467	144	467	194	467
45	467	95	467	145	467	195	467
46	467	96	467	146	467	196	467
47	467	97	467	147	467	197	467
48	467	98	467	148	467		
49	467	99	467	149	467		
50	467	100	467	150	467		

Tabela 49 – Geração diária de energia elétrica das instalações atuais

Dia da Safra	E. Elétrica Gerada kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Gerada kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Gerada kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Gerada kWh
1	93240	51	362048	101	357090	151	359052
2	154440	52	359522	102	341000	152	344958
3	236880	53	360704	103	356425	153	331715
4	278280	54	360199	104	353517	154	371955
5	271080	55	362307	105	357324	155	371637
6	292320	56	376130	106	317545	156	367921
7	253152	57	361108	107	138991	157	313219
8	274248	58	365586	108	0	158	222840
9	259560	59	368346	109	72216	159	312857
10	313123	60	377120	110	323424	160	317585
11	322843	61	369602	111	362126	161	360361
12	311945	62	371618	112	356774	162	363970
13	325389	63	379150	113	360436	163	372271
14	322032	64	373858	114	360908	164	371522
15	334071	65	368025	115	361996	165	370985
16	325863	66	383859	116	356070	166	369550
17	335930	67	368784	117	356125	167	363345
18	317341	68	366923	118	335620	168	343295
19	337945	69	377756	119	363725	169	363968
20	303375	70	381727	120	356280	170	368004
21	289469	71	380338	121	363632	171	356293
22	303962	72	372730	122	366288	172	362690
23	190080	73	373593	123	357650	173	320341
24	231120	74	375907	124	351880	174	336794
25	277560	75	371760	125	355260	175	346529
26	311741	76	355580	126	361800	176	504761
27	305300	77	370377	127	355188	177	359285
28	348391	78	374993	128	361292	178	338429
29	355680	79	375040	129	362240	179	292170
30	318524	80	375040	130	360670	180	276328
31	354791	81	376390	131	373404	181	306711
32	365745	82	364165	132	336720	182	349869
33	137991	83	359291	133	370795	183	345728
34	51480	84	360680	134	369915	184	373112
35	97200	85	354181	135	350310	185	363286
36	133920	86	353909	136	312475	186	360016
37	363760	87	362135	137	376391	187	337940
38	374313	88	367735	138	363574	188	346790
39	369814	89	346270	139	363586	189	361675
40	366780	90	353760	140	384669	190	368393
41	369342	91	359968	141	369730	191	369087
42	369606	92	359357	142	368335	192	366000
43	368066	93	363075	143	367815	193	355478
44	368931	94	370520	144	343785	194	328464
45	377375	95	357586	145	361233	195	243895
46	376027	96	351244	146	367360	196	137160
47	366110	97	171954	147	380887	197	101160
48	374473	98	179406	148	375270		
49	369433	99	361720	149	387910		
50	357192	100	360248	150	369760		

Tabela 50 - Consumo diário de energia elétrica das instalações atuais

Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh
1	130.240	51	400.228	101	405.020	151	389.052
2	191.440	52	401.522	102	365.960	152	375.198
3	273.880	53	406.704	103	393.875	153	348.515
4	315.280	54	382.839	104	398.577	154	395.475
5	308.080	55	371.907	105	403.464	155	402.117
6	310.320	56	394.370	106	353.545	156	399.001
7	271.872	57	390.628	107	170.181	157	344.299
8	292.968	58	387.666	108	73.930	158	231.720
9	279.720	59	389.546	109	120.966	159	318.137
10	332.403	60	398.320	110	342.834	160	330.065
11	342.123	61	390.802	111	405.566	161	364.441
12	331.225	62	382.088	112	403.504	162	369.550
13	348.909	63	400.080	113	401.726	163	392.371
14	345.552	64	402.938	114	405.888	164	392.882
15	357.591	65	396.105	115	405.886	165	389.945
16	352.383	66	408.179	116	399.740	166	390.670
17	362.450	67	393.104	117	397.405	167	383.505
18	343.861	68	391.243	118	382.420	168	363.455
19	364.465	69	395.756	119	414.125	169	388.928
20	326.895	70	399.007	120	400.680	170	389.244
21	312.029	71	397.618	121	409.472	171	377.533
22	326.522	72	393.130	122	412.538	172	376.370
23	212.880	73	393.373	123	400.470	173	330.961
24	255.680	74	407.617	124	381.850	174	342.974
25	302.120	75	389.870	125	389.660	175	352.289
26	336.301	76	371.780	126	415.000	176	510.281
27	316.820	77	389.847	127	407.988	177	365.765
28	370.231	78	405.683	128	410.972	178	343.229
29	377.520	79	404.030	129	414.000	179	302.970
30	343.724	80	395.730	130	400.050	180	279.448
31	387.191	81	403.990	131	404.904	181	312.471
32	386.945	82	392.425	132	352.800	182	354.189
33	189.271	83	378.501	133	406.795	183	350.048
34	116.640	84	392.560	134	405.435	184	387.032
35	132.190	85	390.131	135	384.630	185	378.406
36	160.950	86	386.689	136	340.075	186	366.036
37	366.900	87	382.065	137	397.751	187	339.840
38	382.713	88	405.395	138	385.414	188	355.190
39	391.864	89	366.200	139	387.826	189	371.275
40	385.430	90	381.490	140	409.629	190	379.073
41	374.002	91	396.798	141	399.020	191	379.767
42	385.826	92	396.787	142	398.575	192	390.480
43	384.056	93	400.285	143	396.135	193	374.158
44	385.591	94	406.580	144	353.385	194	331.144
45	396.255	95	400.006	145	364.113	195	249.265
46	387.137	96	384.124	146	371.440	196	147.870
47	382.770	97	203.394	147	391.207	197	117.000
48	383.413	98	231.006	148	388.950		
49	419.613	99	399.610	149	401.830		
50	379.892	100	405.938	150	394.960		

Tabela 51 - Consumo diário de energia elétrica estimado dos motores que substituem turbinas a vapor, exceto das moendas.

Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh	Dia da Safra	E. Elétrica Consumida kWh
1	131270	51	131270	101	131270	151	131270
2	131270	52	131270	102	131270	152	131270
3	131270	53	131270	103	131270	153	131270
4	131270	54	131270	104	131270	154	131270
5	131270	55	131270	105	131270	155	131270
6	131270	56	131270	106	131270	156	131270
7	131270	57	131270	107	131270	157	131270
8	131270	58	131270	108	0	158	131270
9	131270	59	131270	109	131270	159	131270
10	131270	60	131270	110	131270	160	131270
11	131270	61	131270	111	131270	161	131270
12	131270	62	131270	112	131270	162	131270
13	131270	63	131270	113	131270	163	131270
14	131270	64	131270	114	131270	164	131270
15	131270	65	131270	115	131270	165	131270
16	131270	66	131270	116	131270	166	131270
17	131270	67	131270	117	131270	167	131270
18	131270	68	131270	118	131270	168	131270
19	131270	69	131270	119	131270	169	131270
20	131270	70	131270	120	131270	170	131270
21	131270	71	131270	121	131270	171	131270
22	131270	72	131270	122	131270	172	131270
23	131270	73	131270	123	131270	173	131270
24	131270	74	131270	124	131270	174	131270
25	131270	75	131270	125	131270	175	131270
26	131270	76	131270	126	131270	176	131270
27	131270	77	131270	127	131270	177	131270
28	131270	78	131270	128	131270	178	131270
29	131270	79	131270	129	131270	179	131270
30	131270	80	131270	130	131270	180	131270
31	131270	81	131270	131	131270	181	131270
32	131270	82	131270	132	131270	182	131270
33	131270	83	131270	133	131270	183	131270
34	131270	84	131270	134	131270	184	131270
35	131270	85	131270	135	131270	185	131270
36	131270	86	131270	136	131270	186	131270
37	131270	87	131270	137	131270	187	131270
38	131270	88	131270	138	131270	188	131270
39	131270	89	131270	139	131270	189	131270
40	131270	90	131270	140	131270	190	131270
41	131270	91	131270	141	131270	191	131270
42	131270	92	131270	142	131270	192	131270
43	131270	93	131270	143	131270	193	131270
44	131270	94	131270	144	131270	194	131270
45	131270	95	131270	145	131270	195	131270
46	131270	96	131270	146	131270	196	131270
47	131270	97	131270	147	131270	197	131270
48	131270	98	131270	148	131270		
49	131270	99	131270	149	131270		
50	131270	100	131270	150	131270		

ANEXO B**GRÁFICOS DAS SIMULAÇÕES REALIZADAS PELO PROGRAMA PAC**

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 1

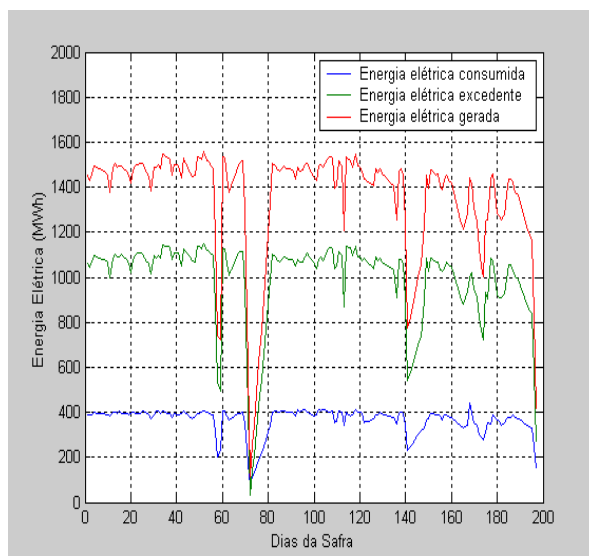


Figura 88 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C1

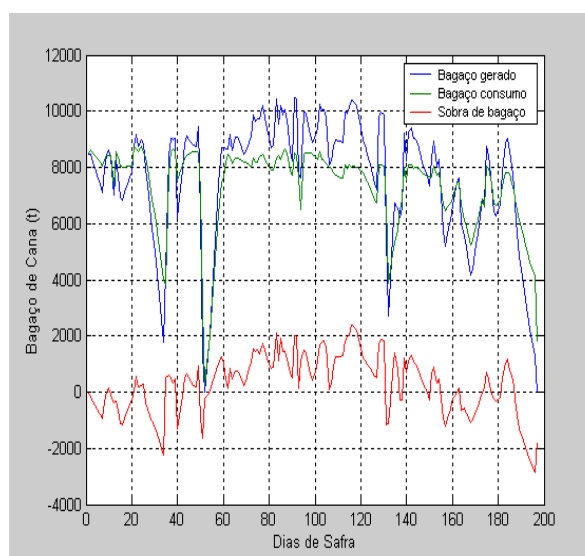


Figura 90 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C1

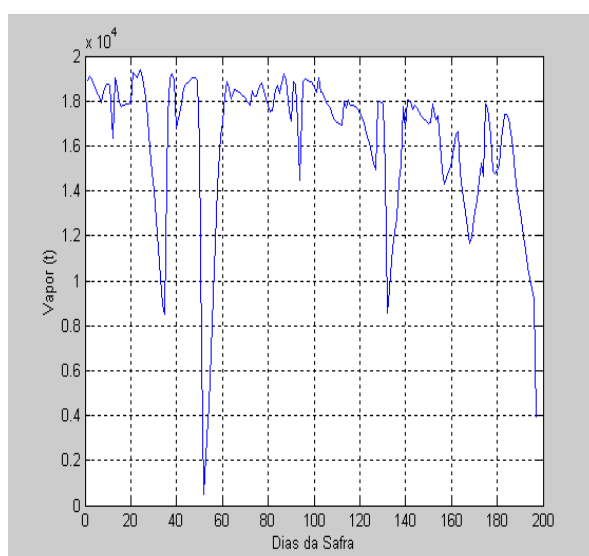


Figura 89 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C1

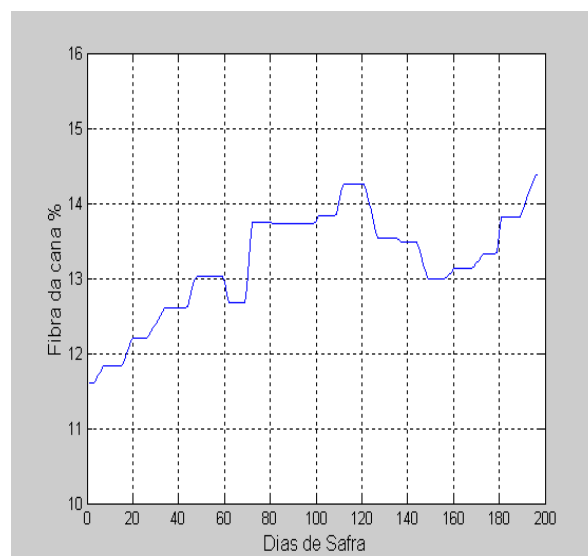


Figura 91 – Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 2

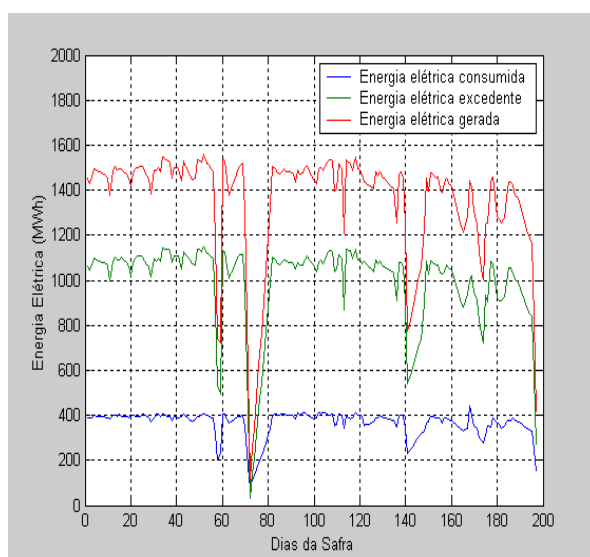


Figura 92 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 2 configuração C1

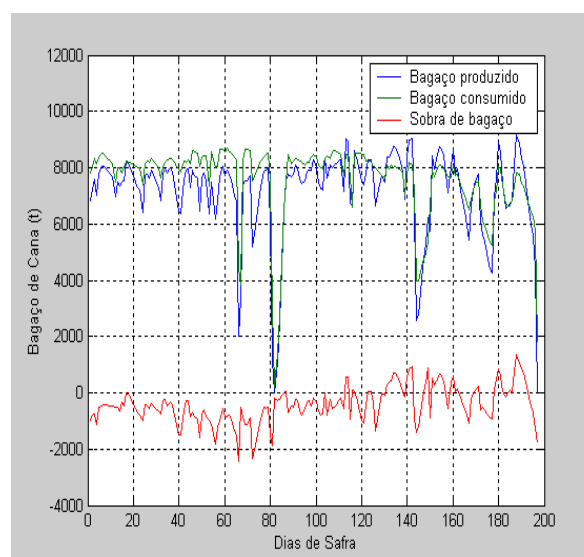


Figura 94 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 2, configuração C1

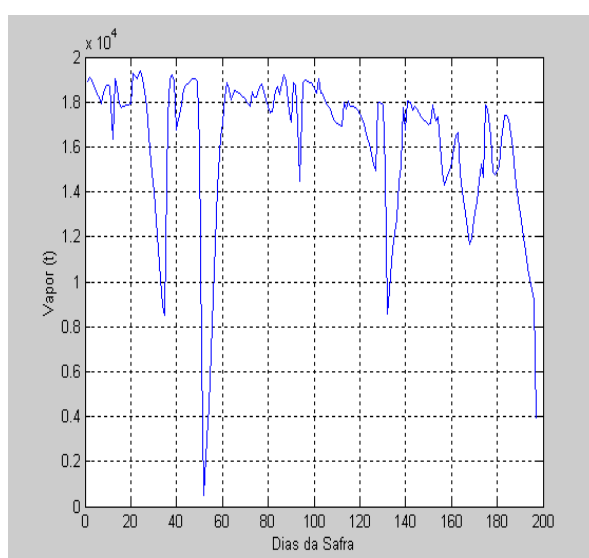


Figura 93 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 2, configuração C1

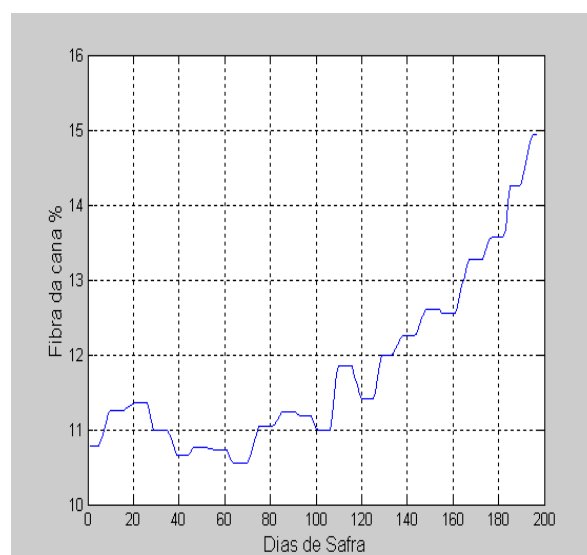


Figura 95 – Fibra da cana safra 94/95 – Simulação 2, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 3

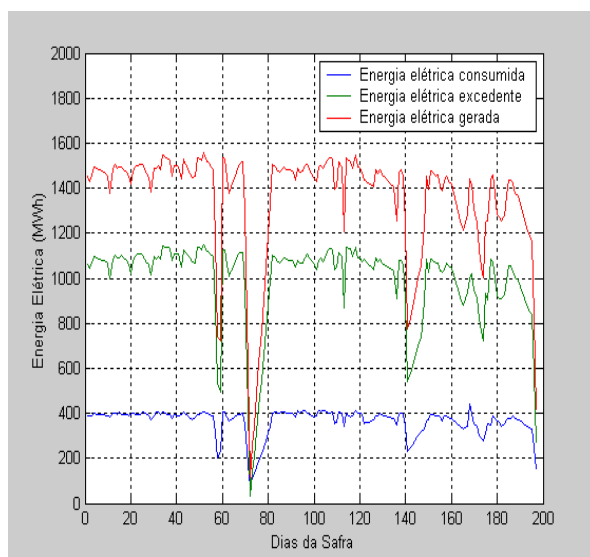


Figura 96 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 3 configuração C1

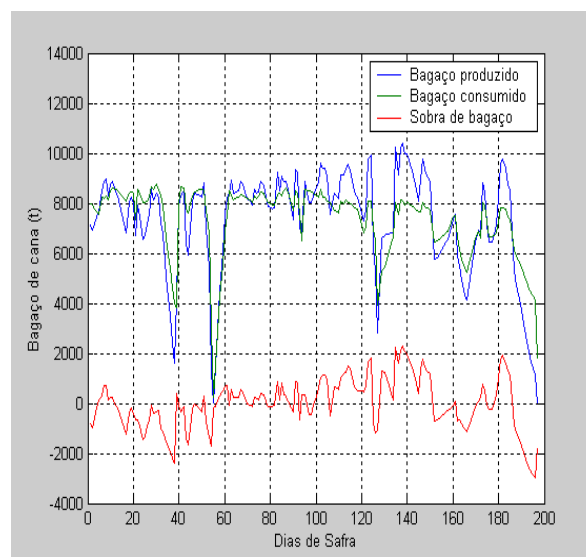


Figura 98 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 3, configuração C1

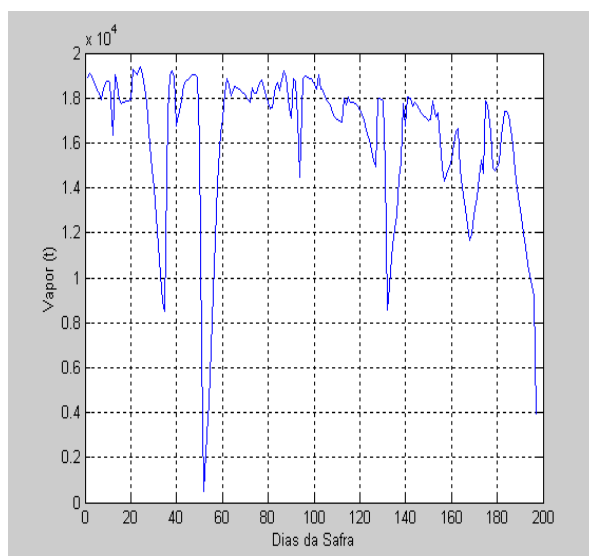


Figura 97 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 3, configuração C1

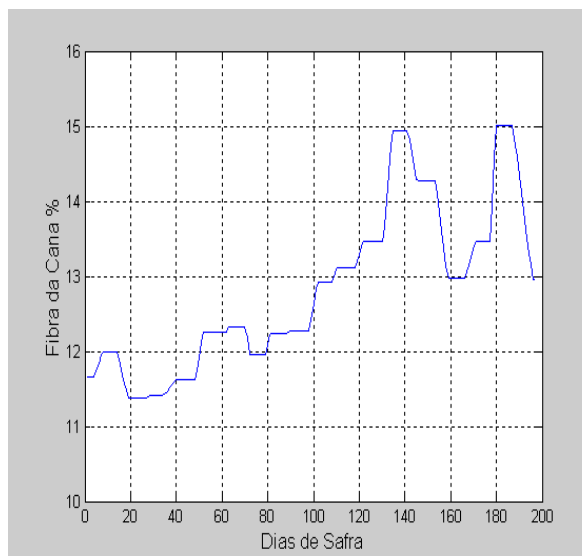


Figura 99 – Fibra da cana safra 95/96 – Simulação 3, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 4

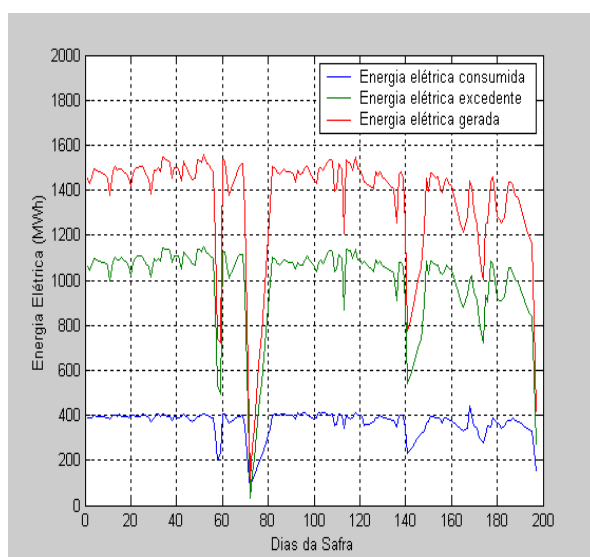


Figura 100 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 4 configuração C1

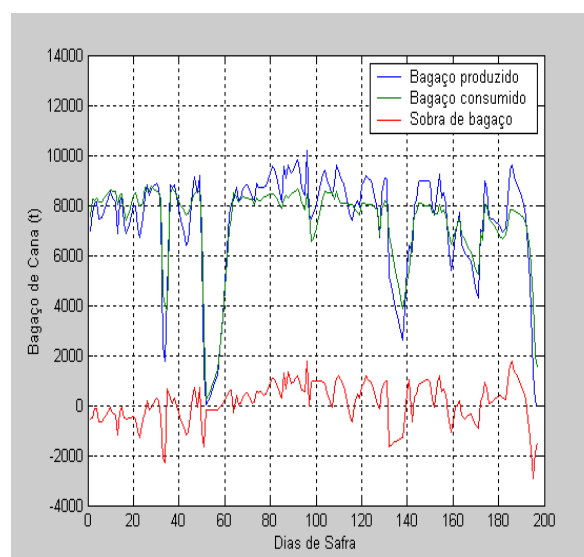


Figura 102 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 4, configuração C1

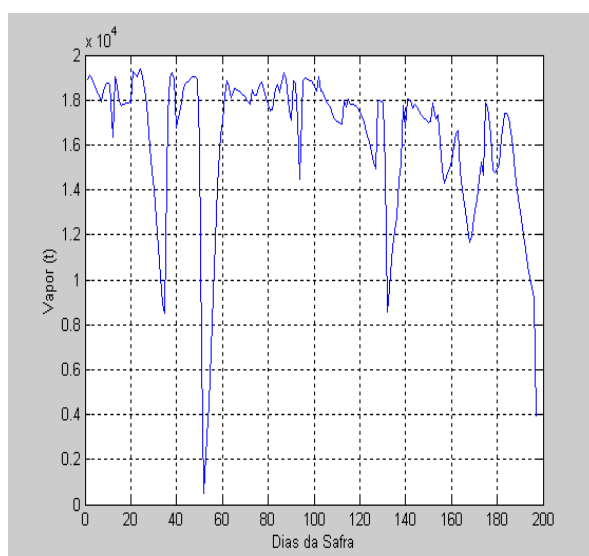


Figura 101 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 4, configuração C1

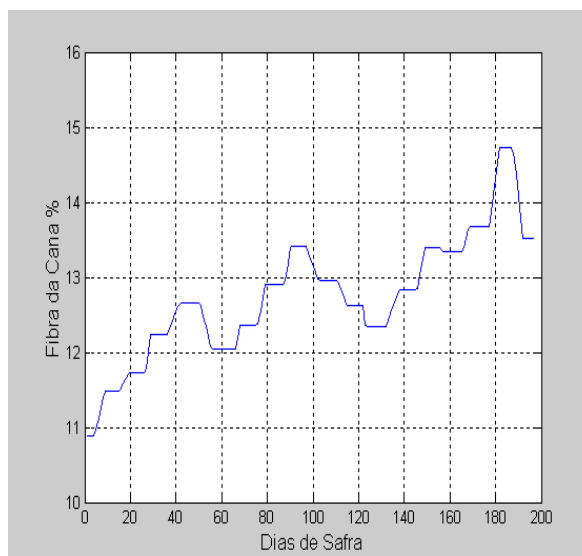


Figura 103 – Fibra da cana safra 96/97 – Simulação 4, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 5

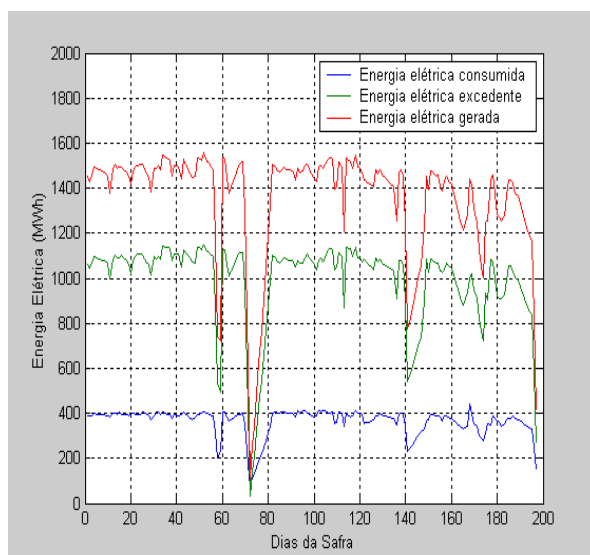


Figura 104 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 5 configuração C1

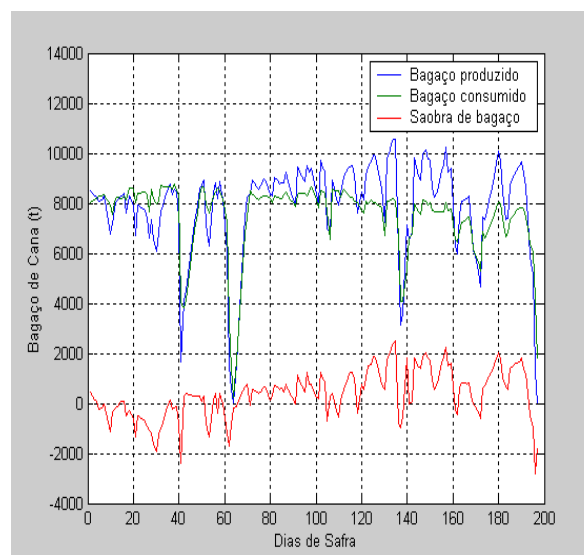


Figura 106 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 5, configuração C1

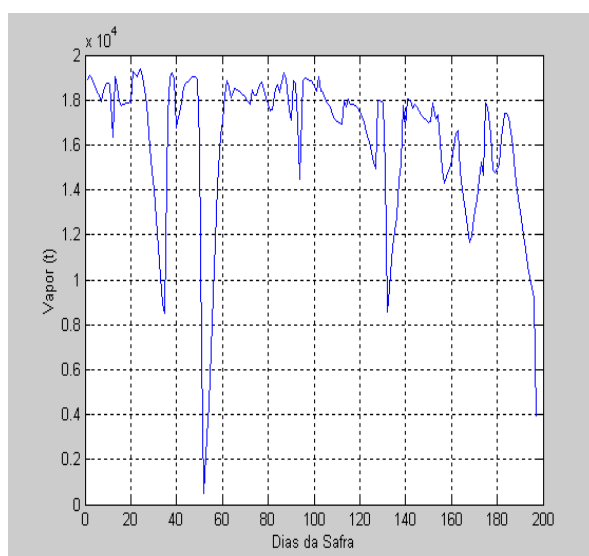


Figura 105 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 5, configuração C1

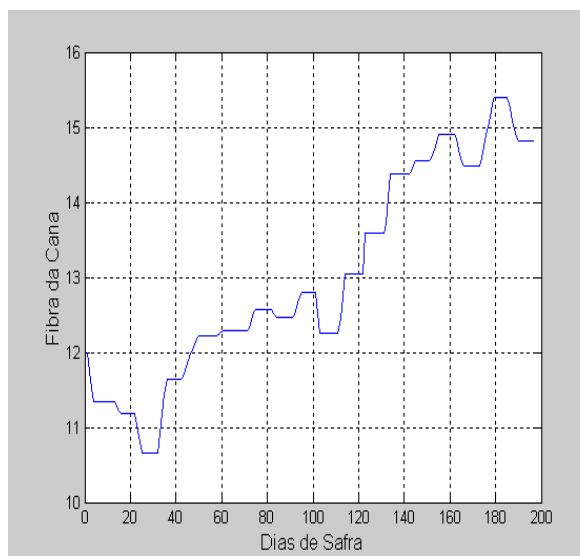


Figura 107 – Fibra da cana safra 97/98 – simulação 5, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 6

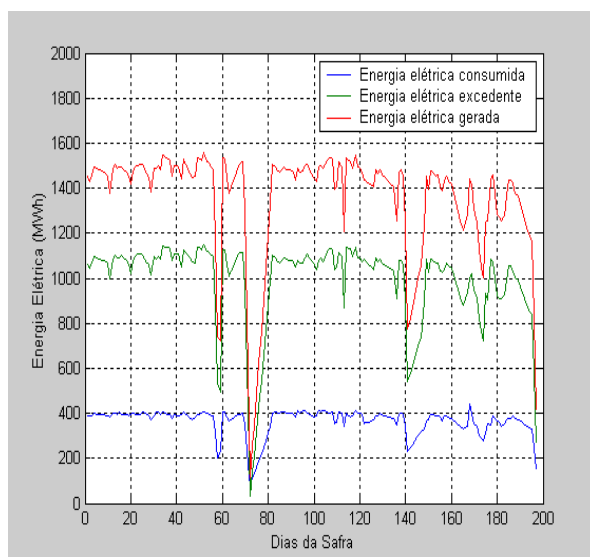


Figura 108 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 6 configuração C1

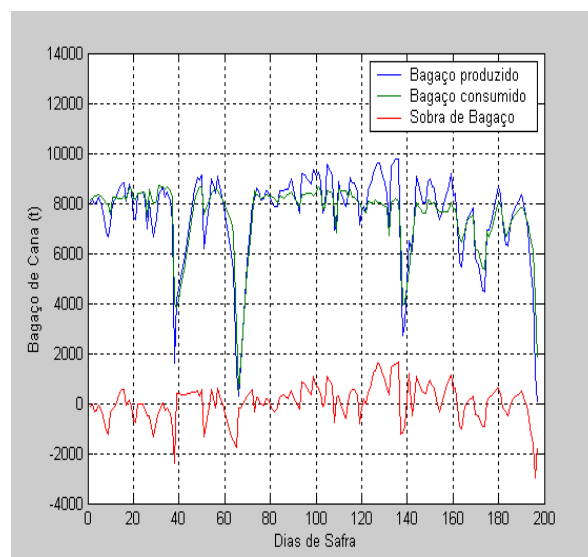


Figura 110 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 6, configuração C1

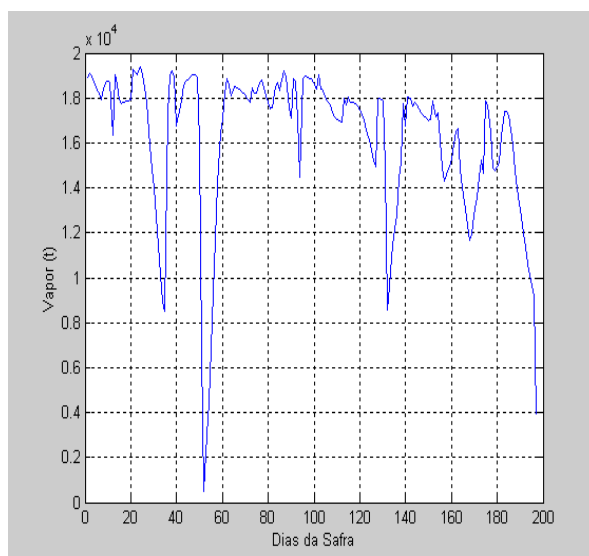


Figura 109 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 6, configuração C1

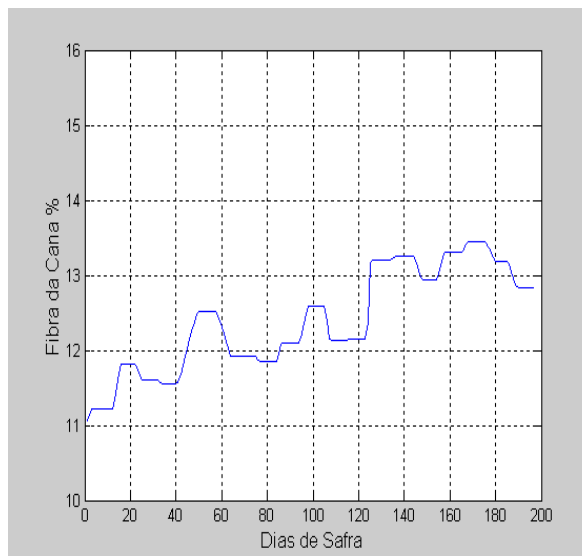


Figura 111 – Fibra da cana safra 98/99 – simulação 6, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 7

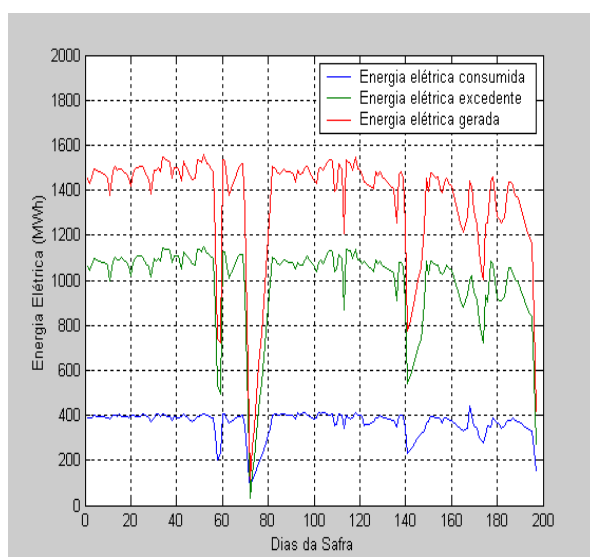


Figura 112 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 7 configuração C1

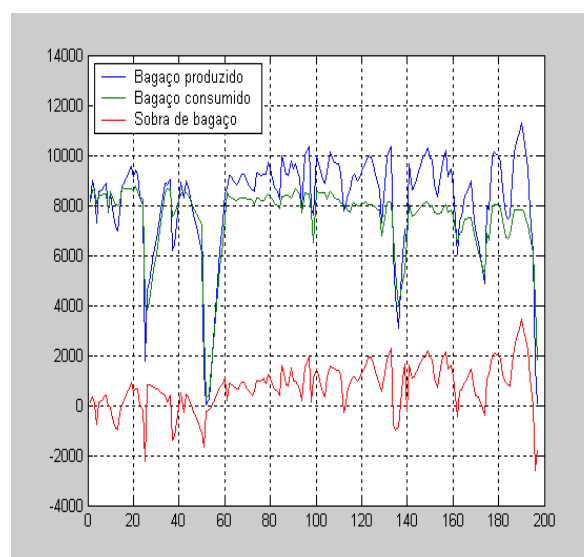


Figura 114 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 7, configuração C1

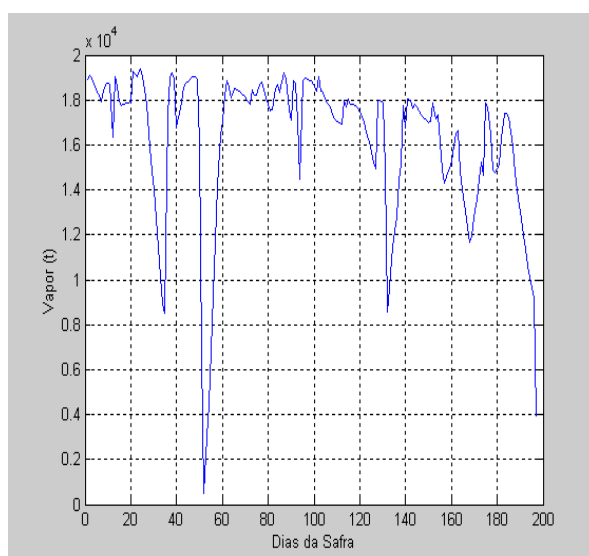


Figura 113 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 7, configuração C1

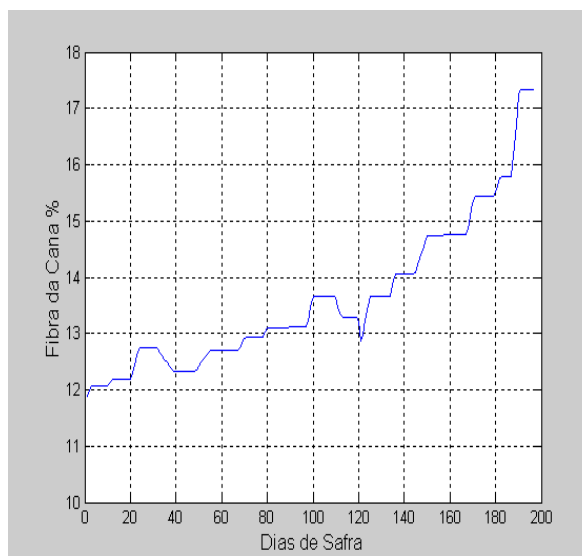


Figura 115 – Fibra da cana safra 99/00 – simulação 7, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 8

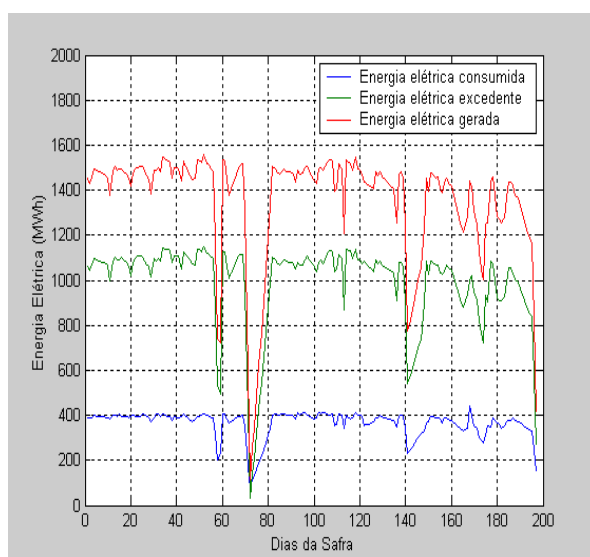


Figura 116 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 8 configuração C1

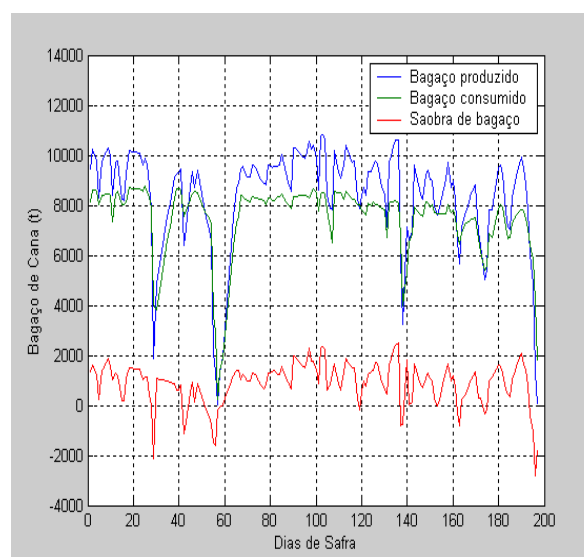


Figura 118 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 8, configuração C1

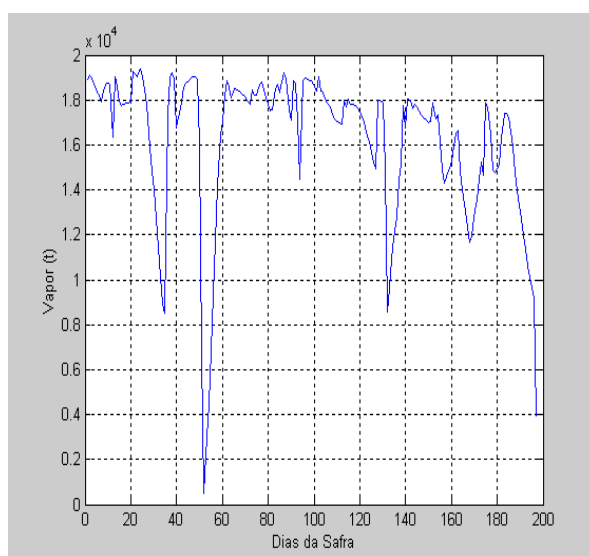


Figura 117 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 8, configuração C1

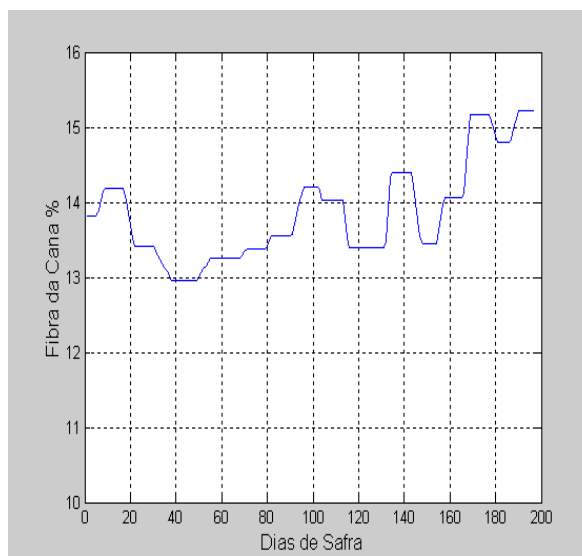


Figura 119 – Fibra da cana safra 00/01 – simulação 8, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 9

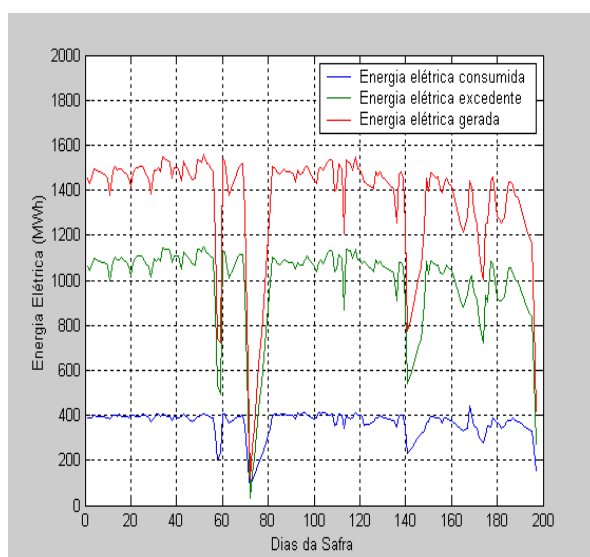


Figura 120 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 9 configuração C1

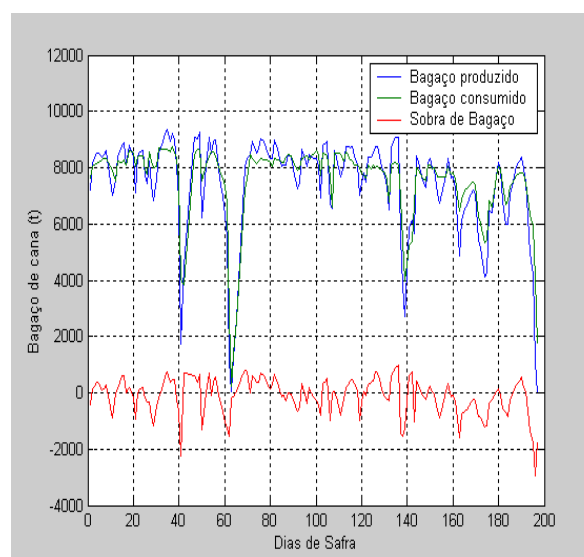


Figura 122 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 9, configuração C1

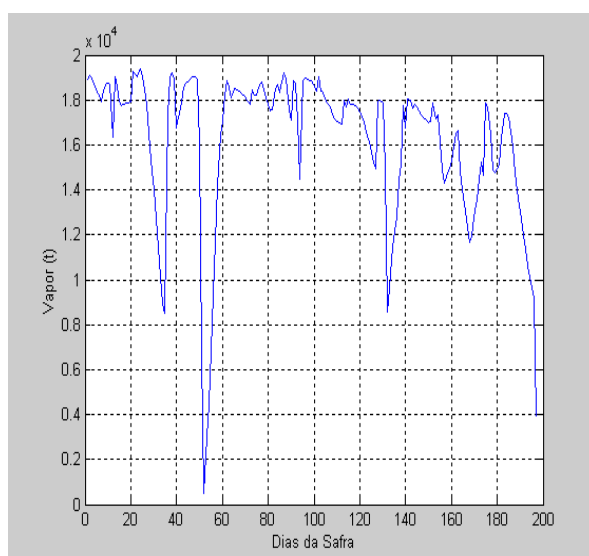


Figura 121 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 9, configuração C1

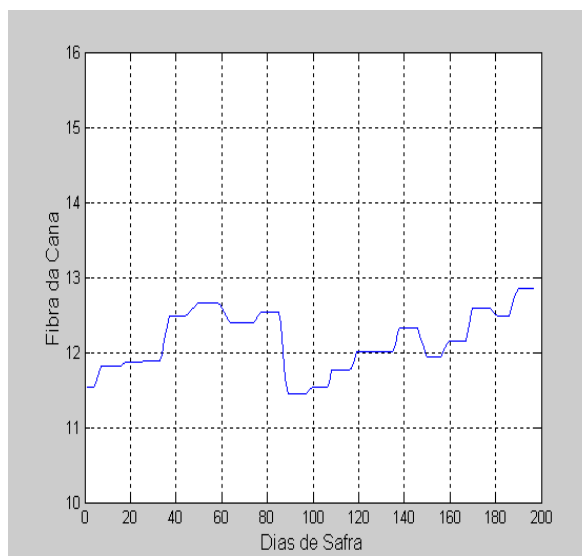


Figura 123 – Fibra da cana safra 0102 – simulação 9, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C1 - SIMULAÇÃO 10

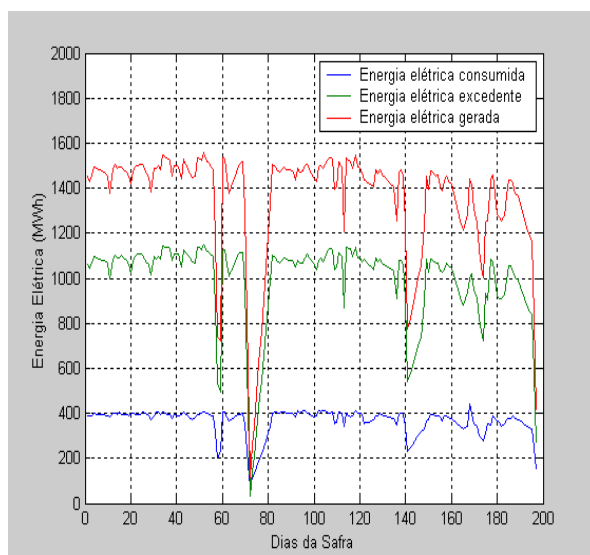


Figura 124 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 10 configuração C1

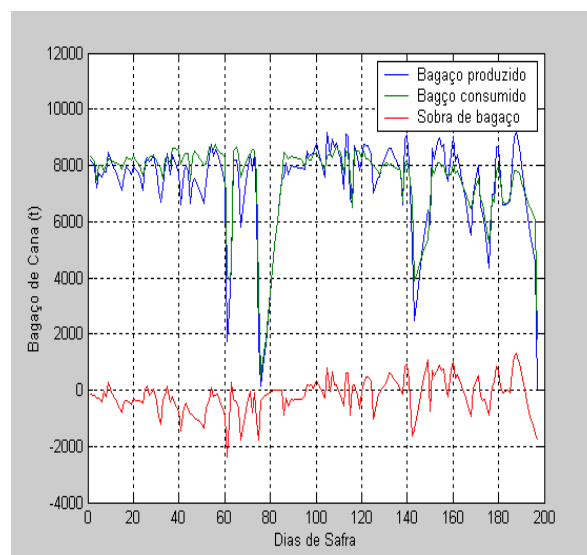


Figura 126 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 10, configuração C1

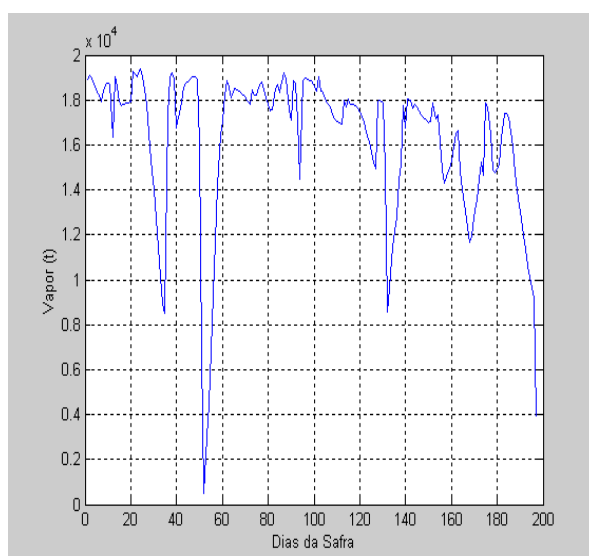


Figura 125 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 10, configuração C1

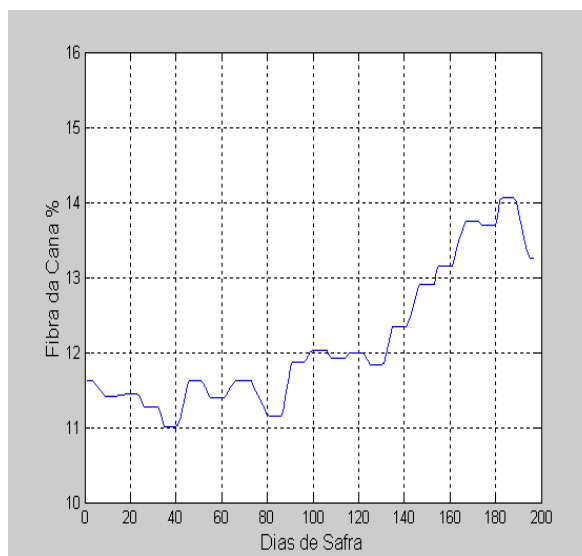


Figura 127 – Fibra da cana safra 02/03 – simulação 10, configuração C1

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 1

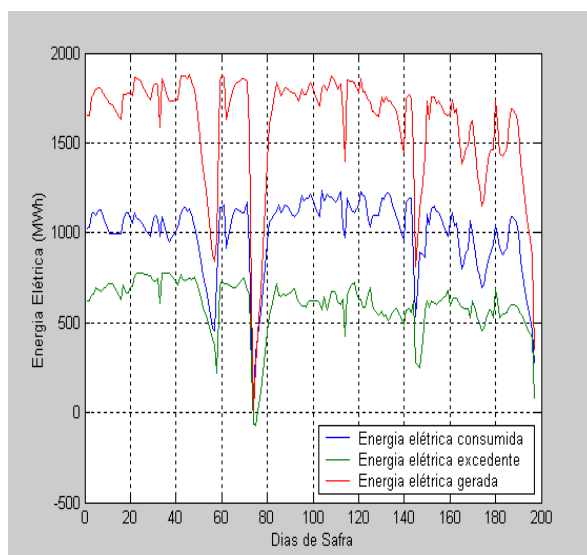


Figura 128 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C2

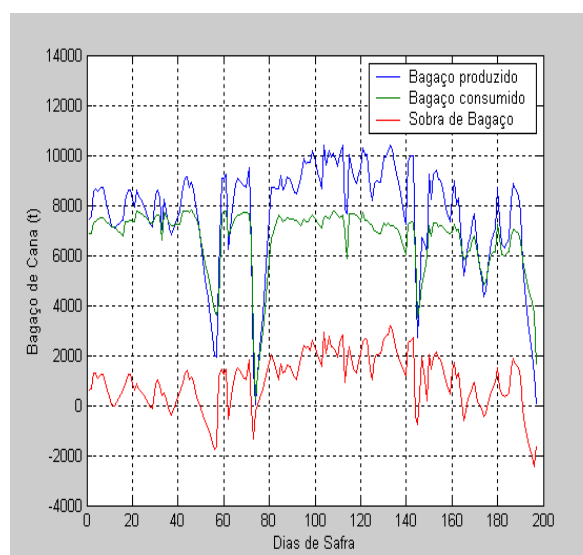


Figura 130 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C2

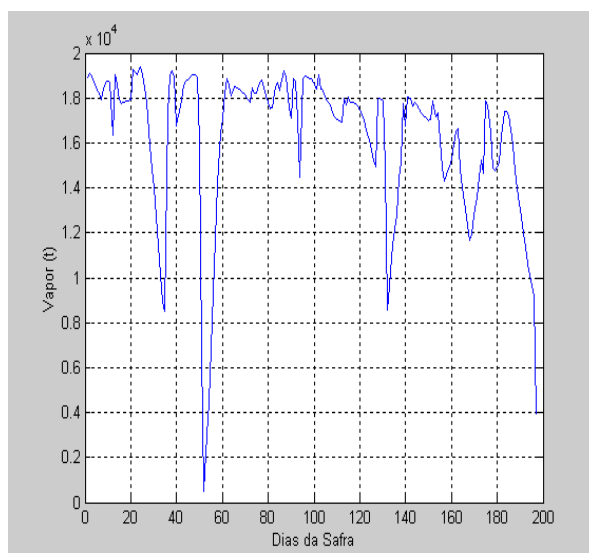


Figura 129 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C2

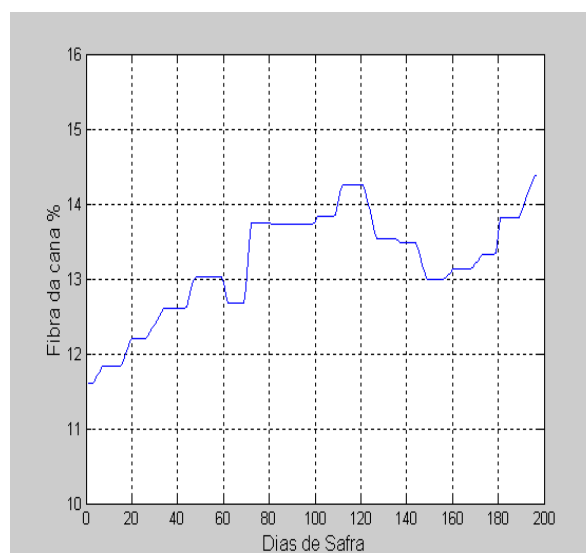


Figura 131 – Fibra da cana safra 93/94 – simulação 1, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 2

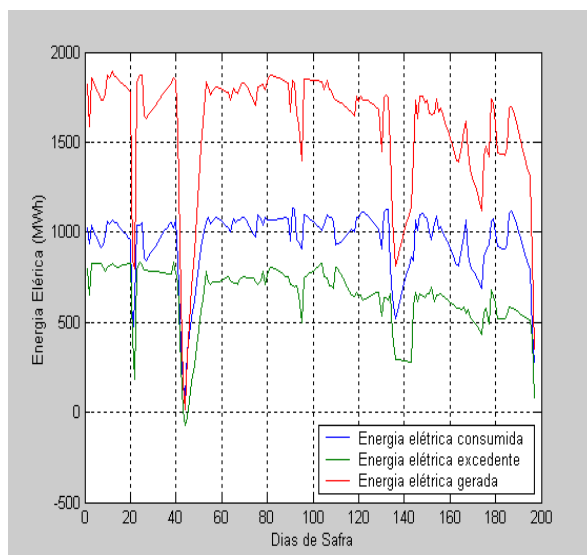


Figura 132 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 2 configuração C2

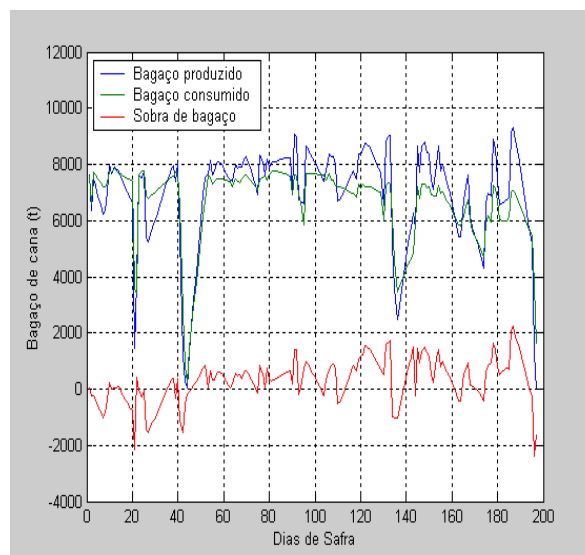


Figura 134 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 2, configuração C2

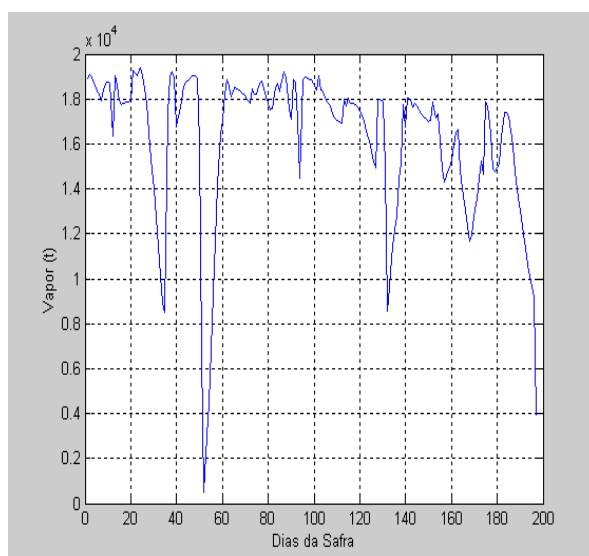


Figura 133 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 2, configuração C2

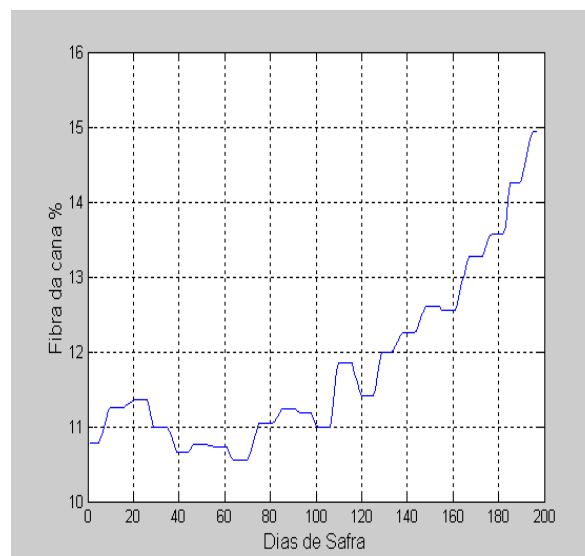


Figura 135 – Fibra da cana safra 94/95 – simulação 2, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 3

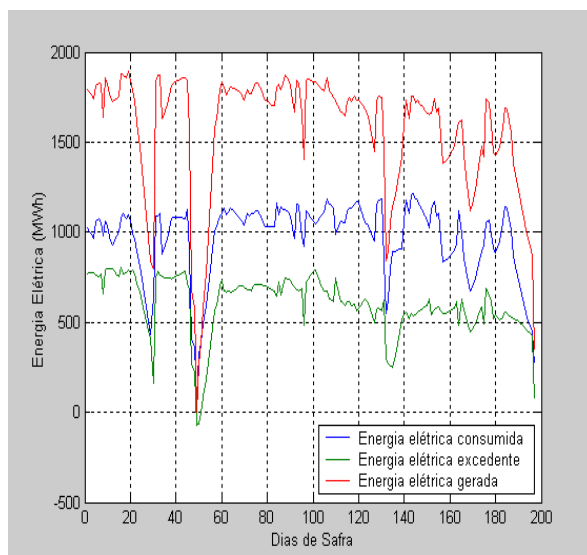
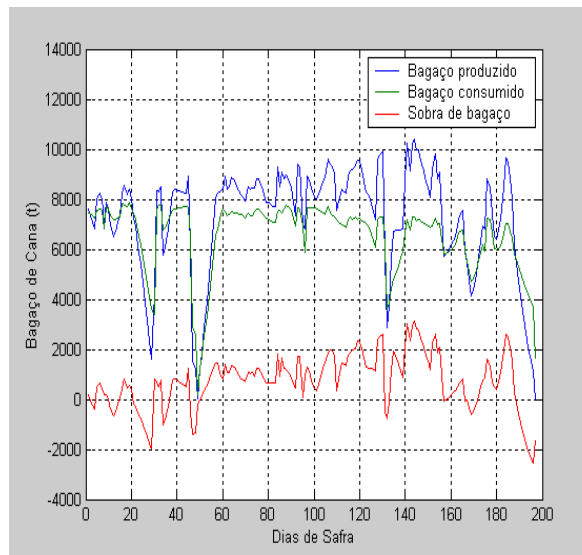


Figura 136 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 3 configuração C2

Figura 138 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e



sobra – Simulação 3, configuração C2

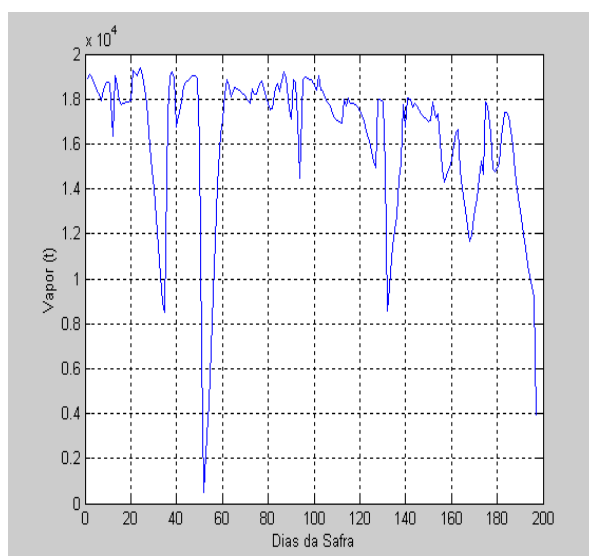
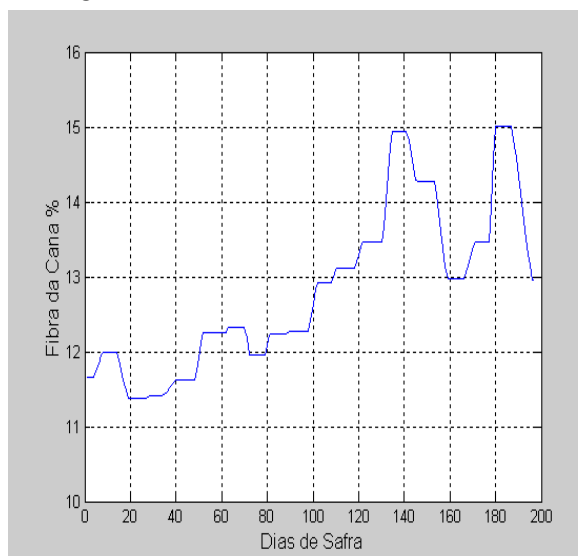


Figura 137 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 3, configuração C2

Figura 139 – Fibra da cana safra 95/96 – Simulação 3,



configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 4

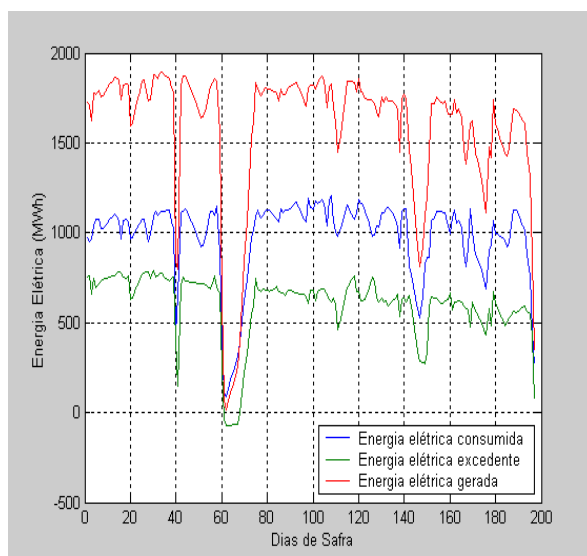


Figura 140 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 4 configuração C2

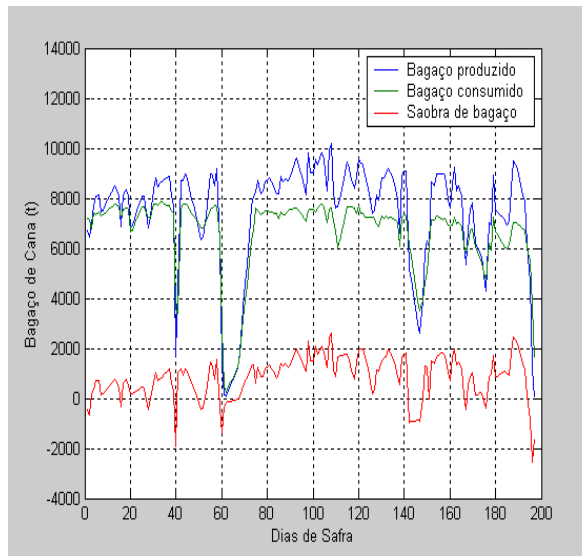


Figura 142 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 4, configuração C2

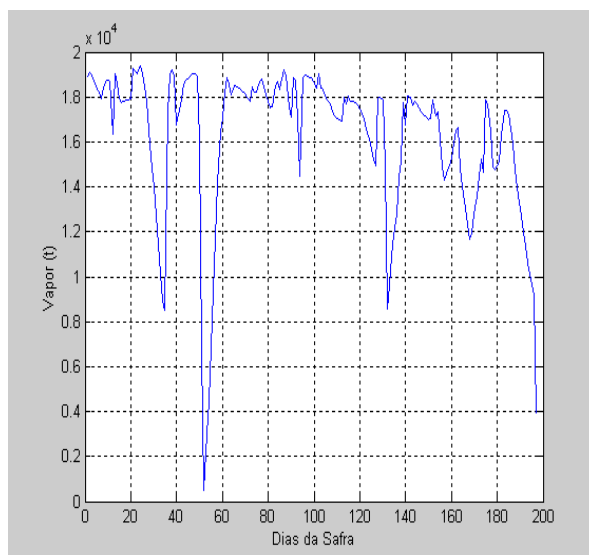


Figura 141 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 4, configuração C2

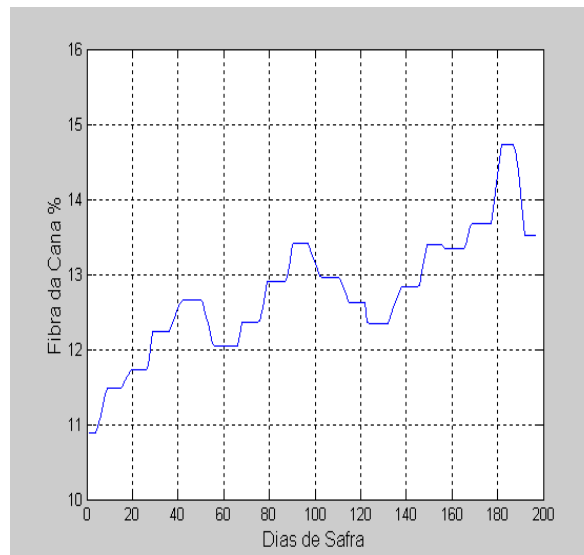


Figura 143 – Fibra da cana safra 96/97 – Simulação 4, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 5

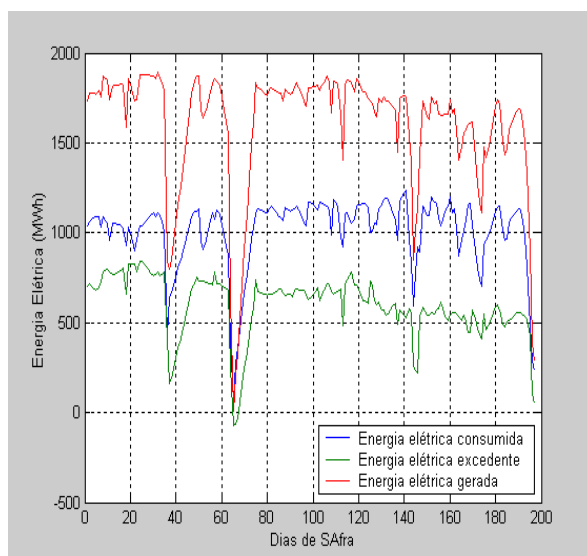


Figura 144 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 5 configuração C2

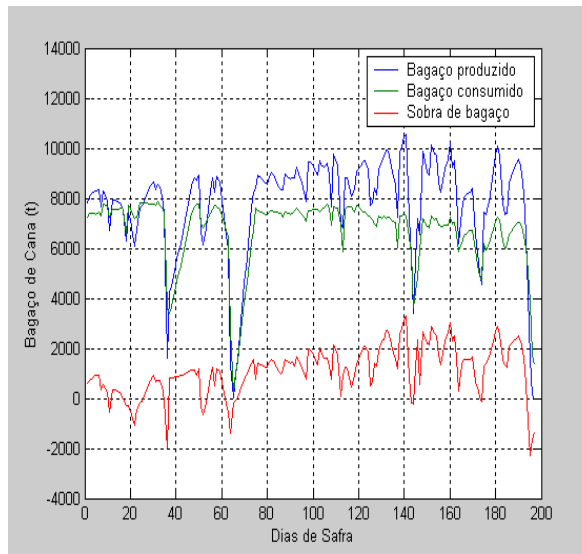


Figura 146 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 5, configuração C2

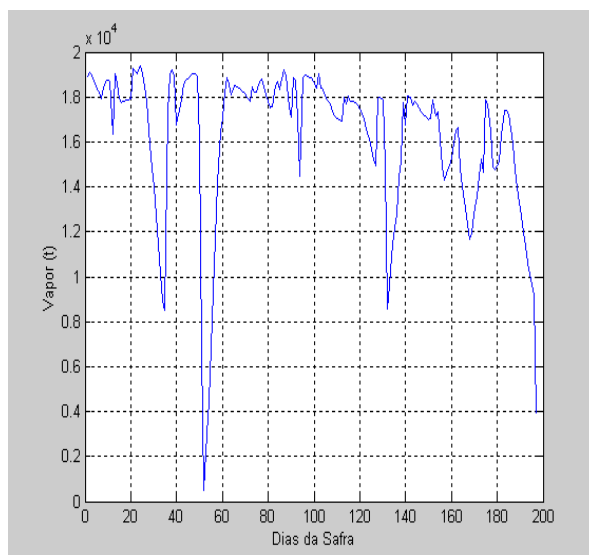


Figura 145 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 5, configuração C2

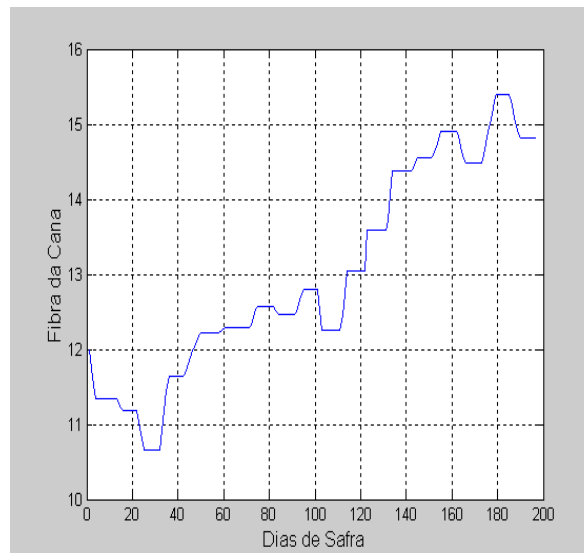


Figura 147 – Fibra da cana safra 97/98 – Simulação 5, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 6

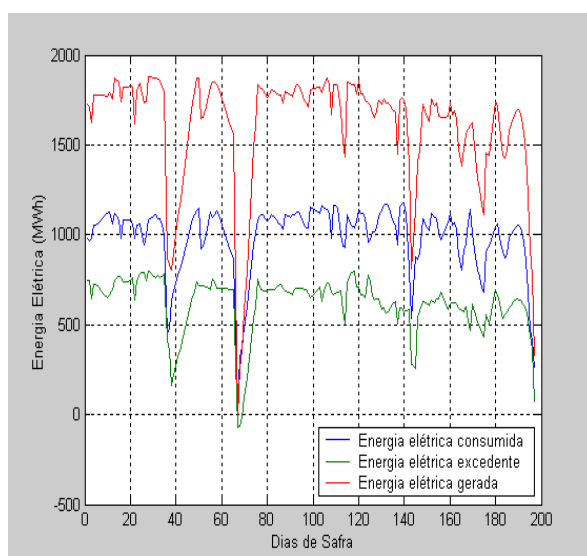


Figura 148 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 6 configuração C2

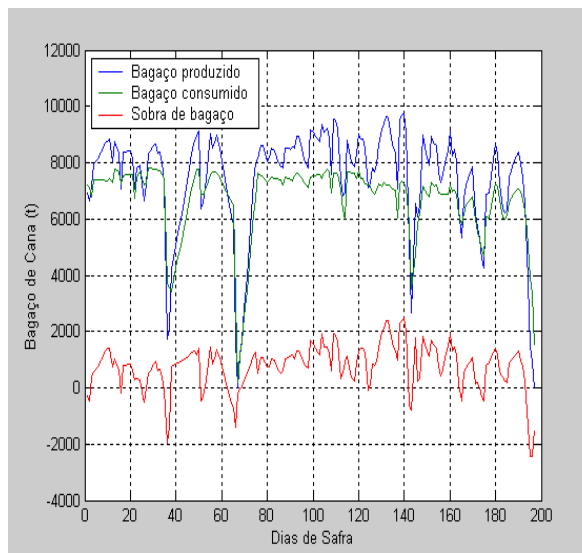


Figura 150 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 6, configuração C2

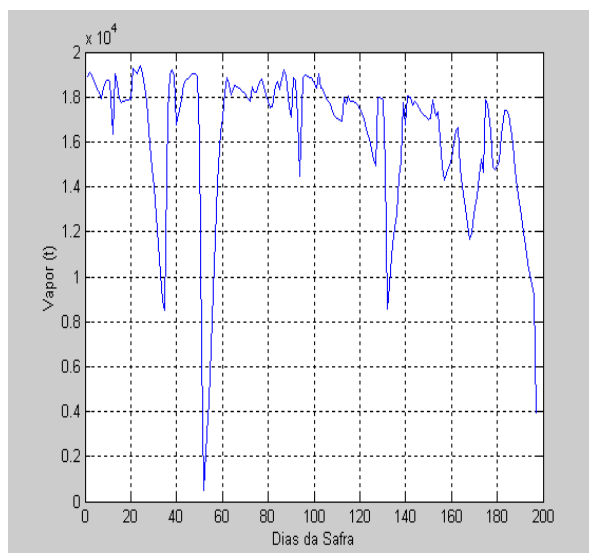


Figura 149 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 6, configuração C2

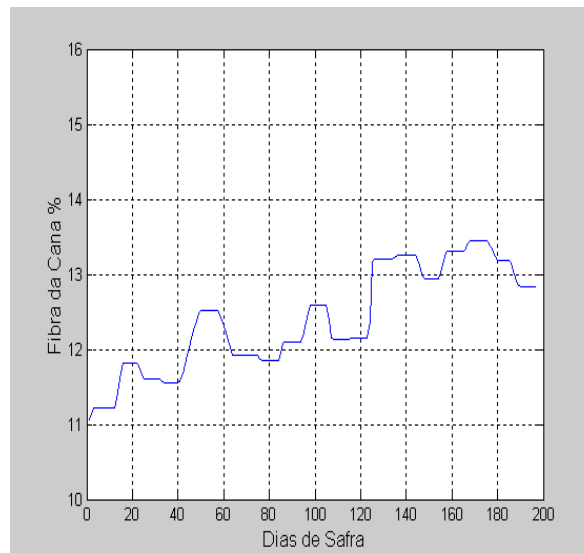


Figura 151 – Fibra da cana safra 98/99 – Simulação 6, configuração C2

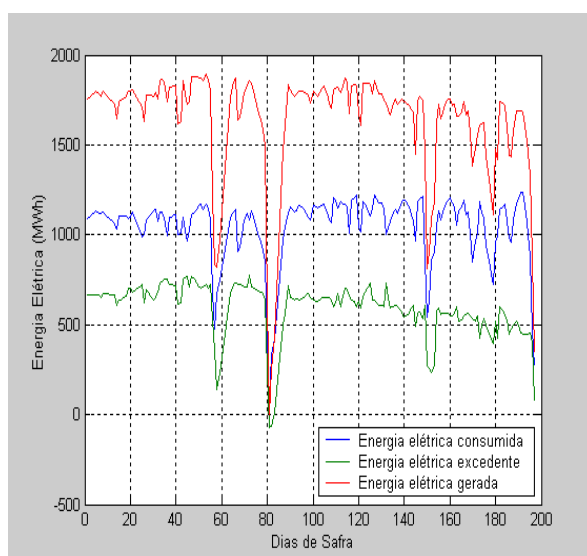


Figura 152 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 7 configuração C2

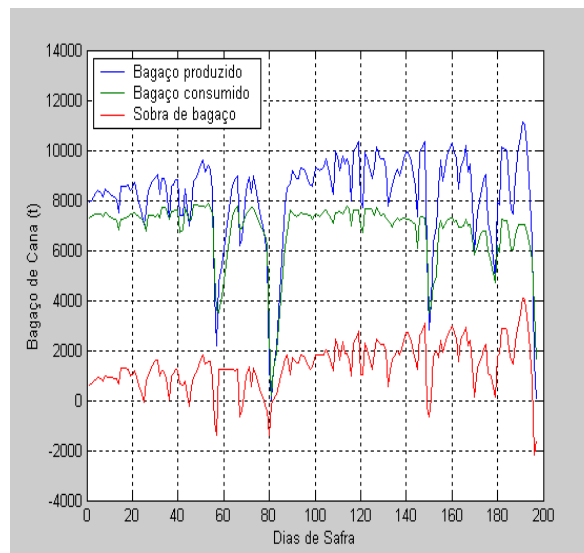


Figura 154 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 7, configuração C2

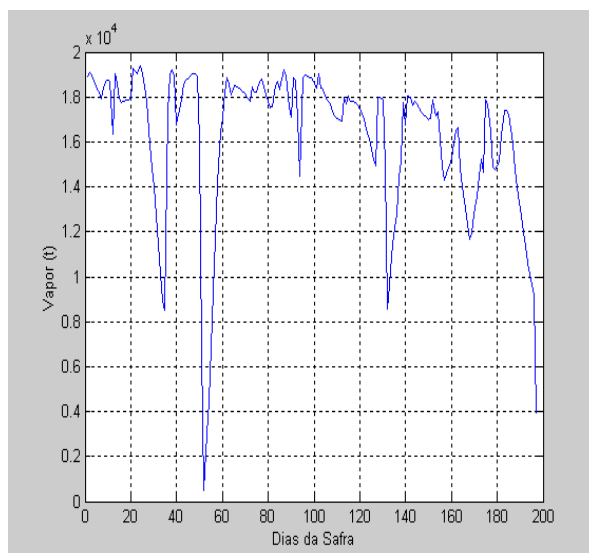


Figura 153 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 7, configuração C2

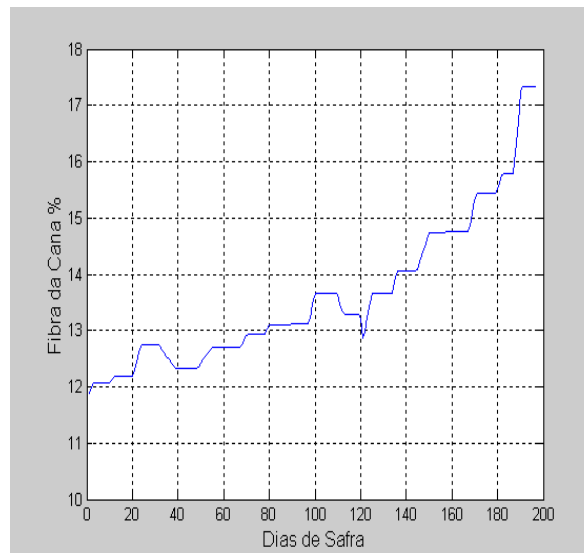


Figura 155 – Fibra da cana safra 99/00 – Simulação 7, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 8

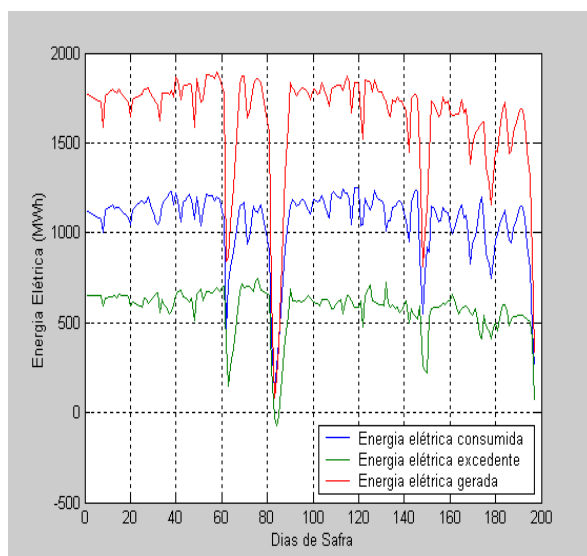


Figura 156 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 8 configuração C2

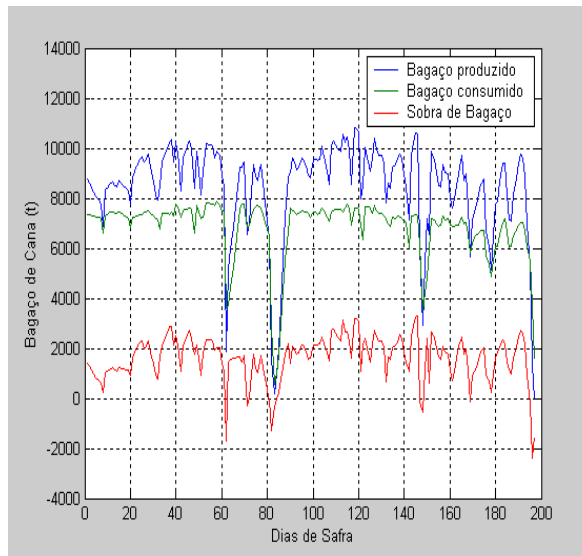


Figura 158 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 8, configuração C2

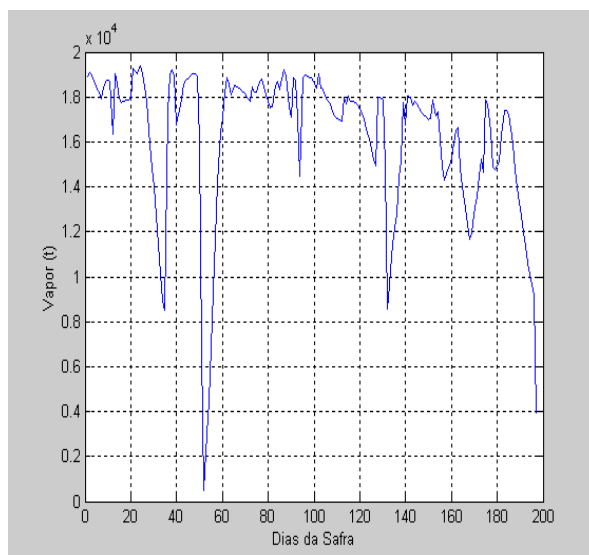


Figura 157 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 8, configuração C2

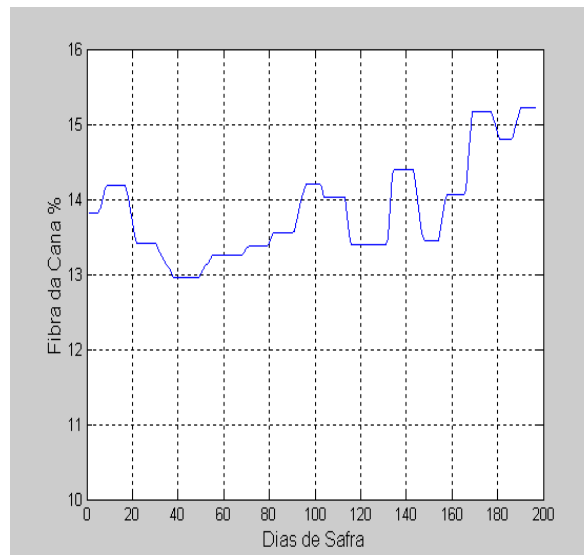


Figura 159 – Fibra da cana safra 00/01 – Simulação 8, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 9

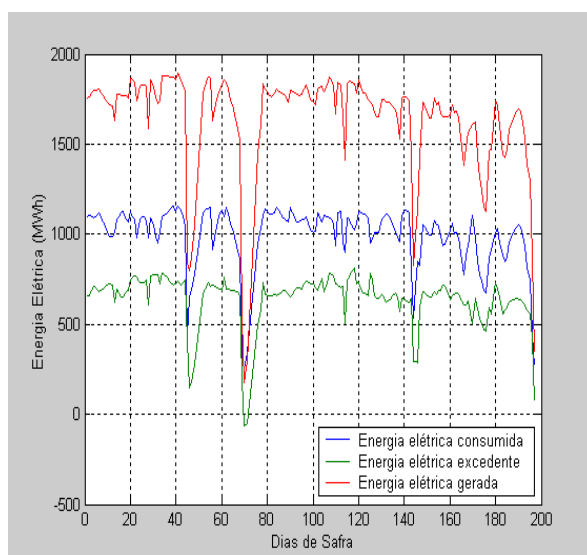
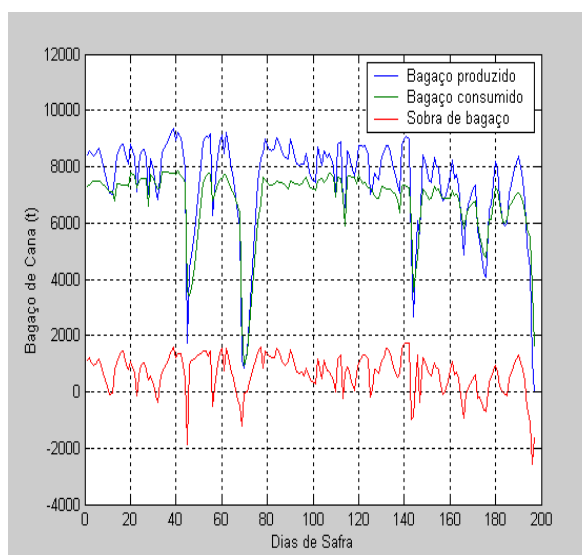


Figura 160 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 9 configuração C2

Figura 162 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e



sobra – Simulação 9, configuração C2

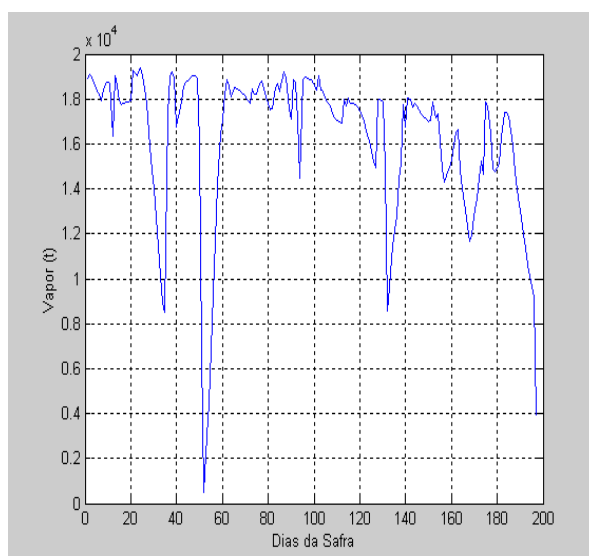
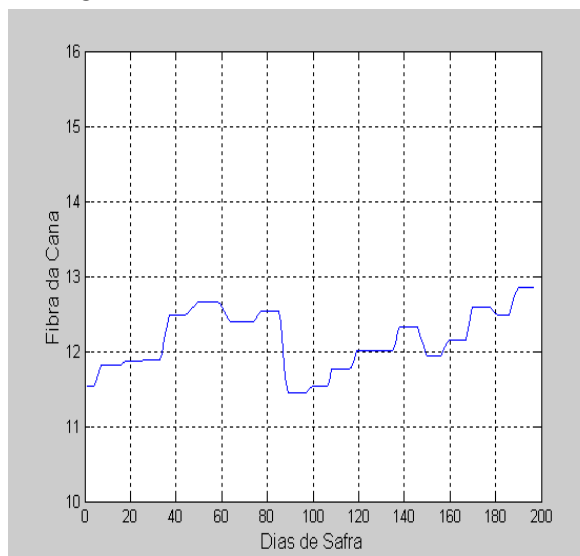


Figura 161 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 9, configuração C2

Figura 163 – Fibras da cana safra 01/02 – Simulação 9,



configuração C2

CONFIGURAÇÃO C2 - SIMULAÇÃO 10

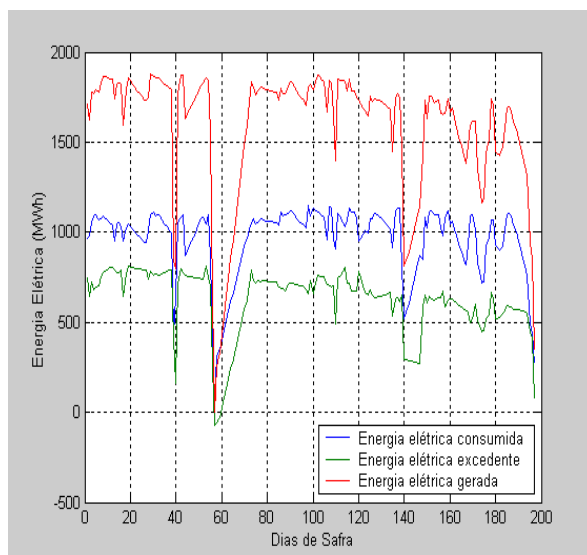


Figura 164 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 10 configuração C2

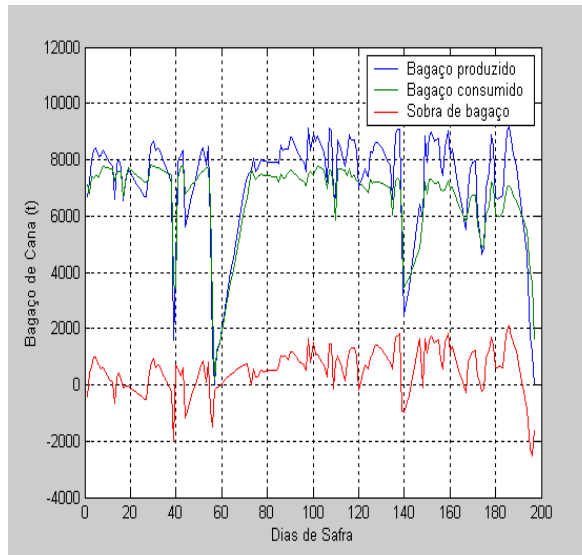


Figura 166 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e

sobra – Simulação 10, configuração C2

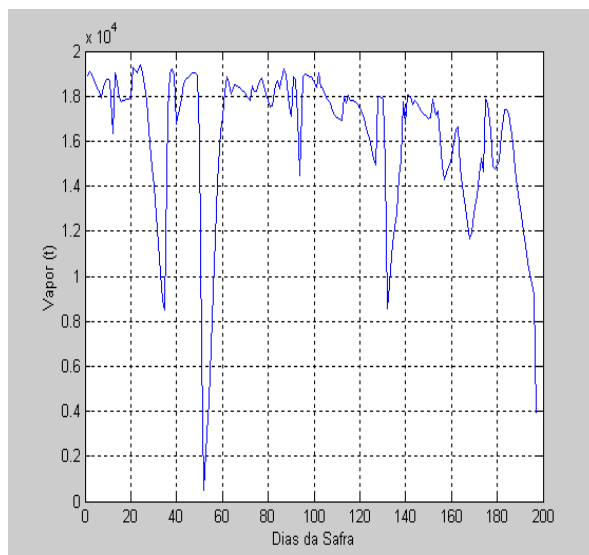


Figura 165 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 10, configuração C2

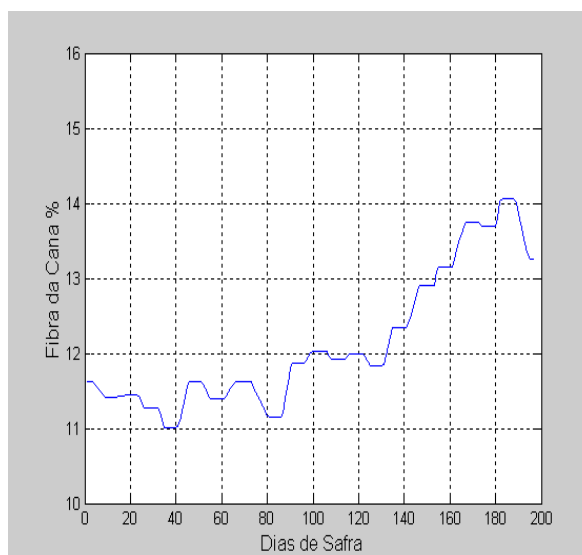


Figura 167 – Fibra da cana safra 02/03 – Simulação 10, configuração C2

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 1

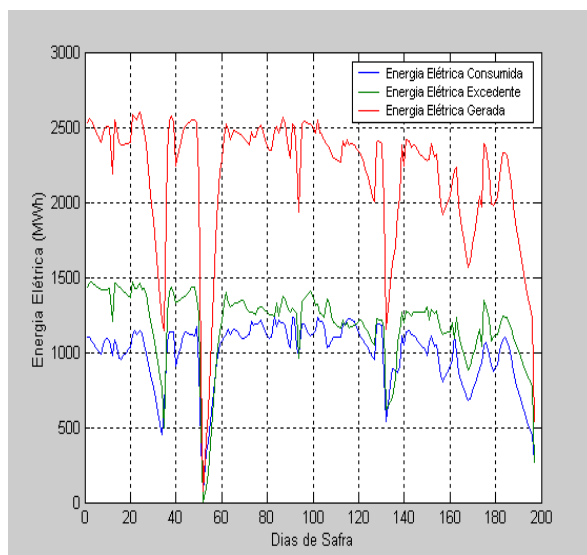


Figura 168 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 1 configuração C3

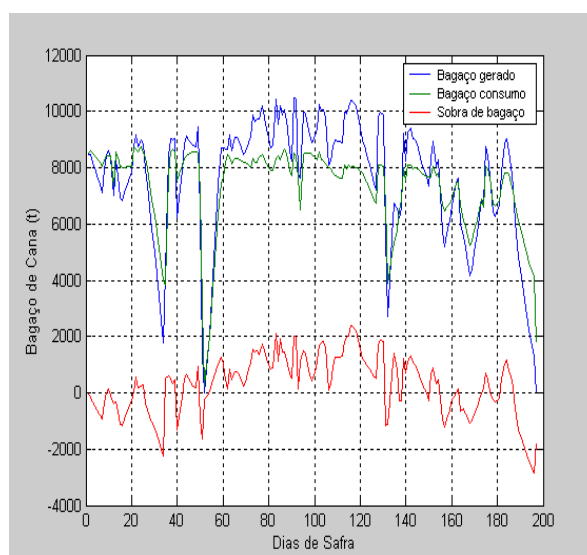


Figura 170 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 1, configuração C3

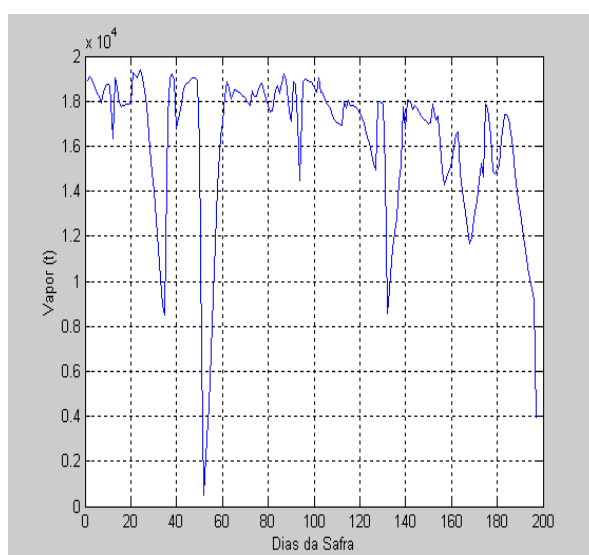


Figura 169 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 1, configuração C3

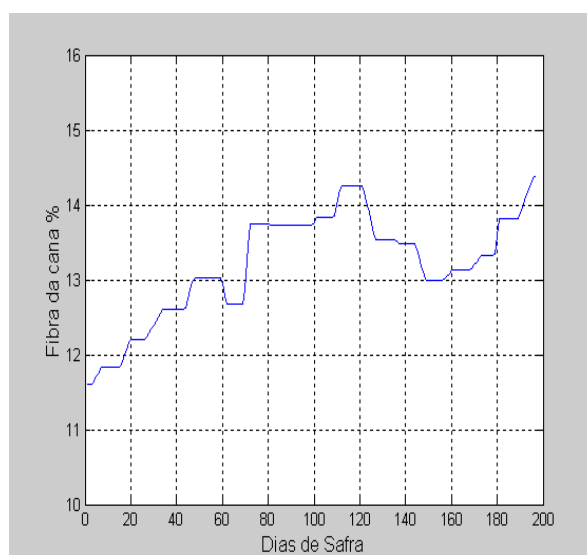


Figura 171 – Fibra da cana safra 93/94 – Simulação 1, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 2

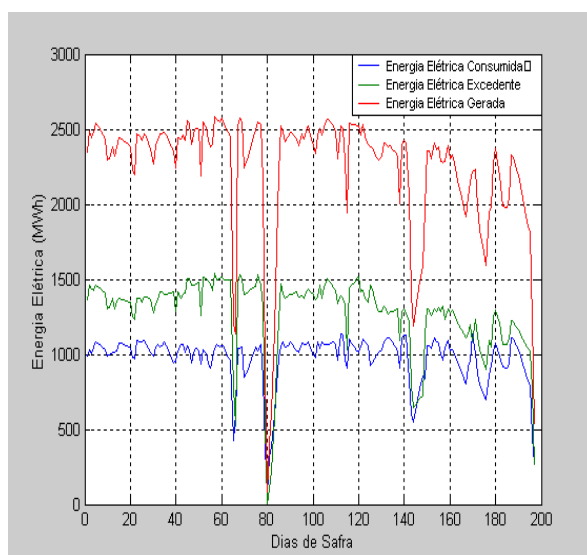


Figura 172 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 2 configuração C3

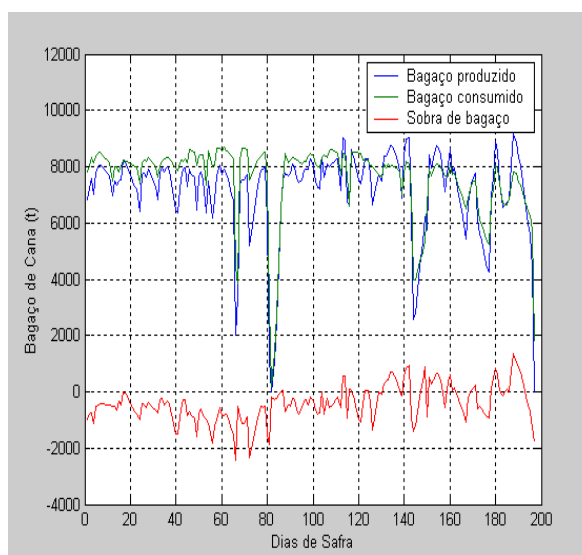


Figura 174 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 2, configuração C3

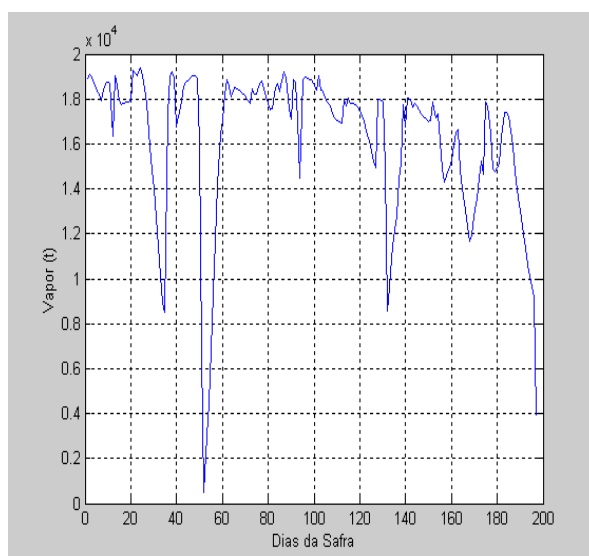


Figura 173 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 2, configuração C3

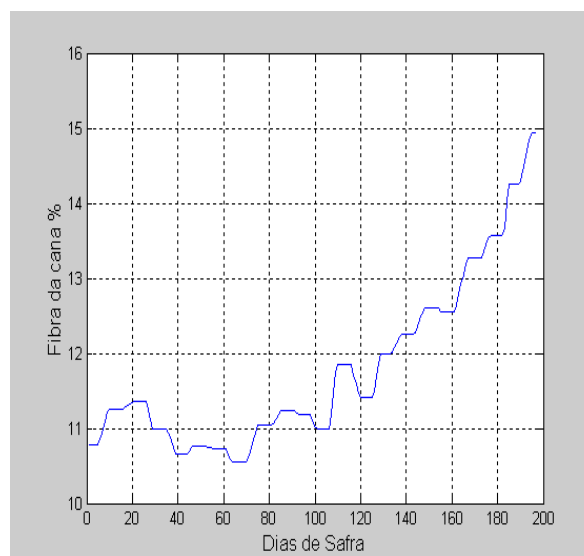


Figura 175 – Fibra da cana safra 94/95 – Simulação 2, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 3

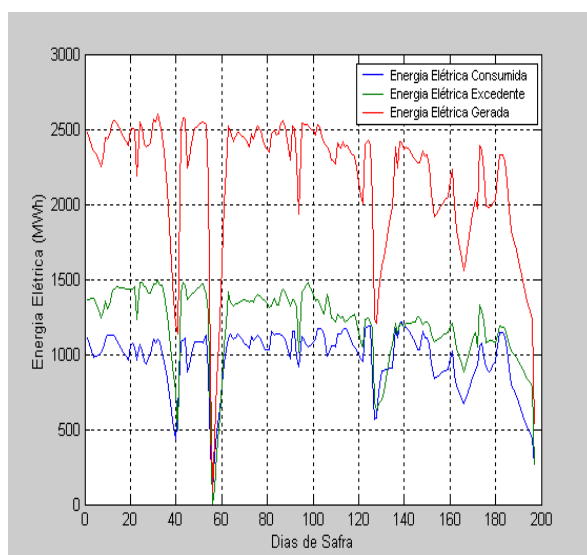


Figura 176 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 3 configuração C3

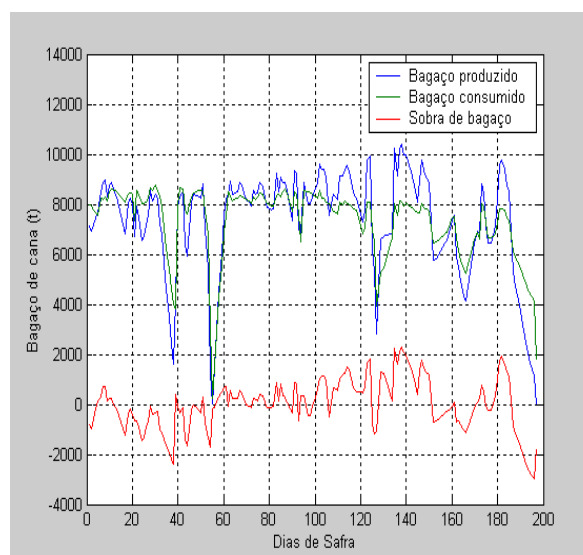


Figura 178 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 3, configuração C3

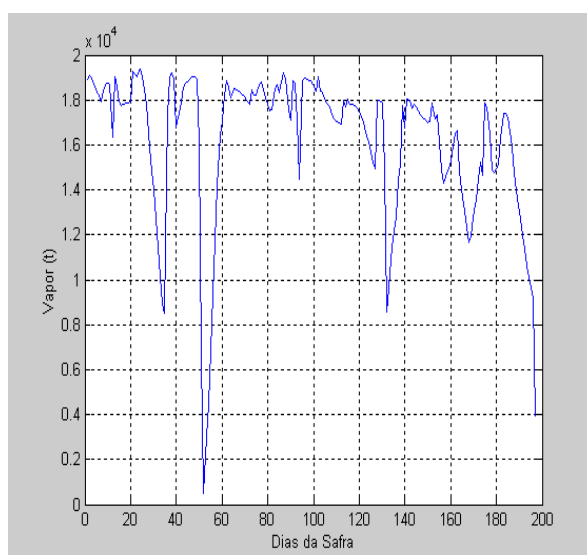


Figura 177 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 3, configuração C3

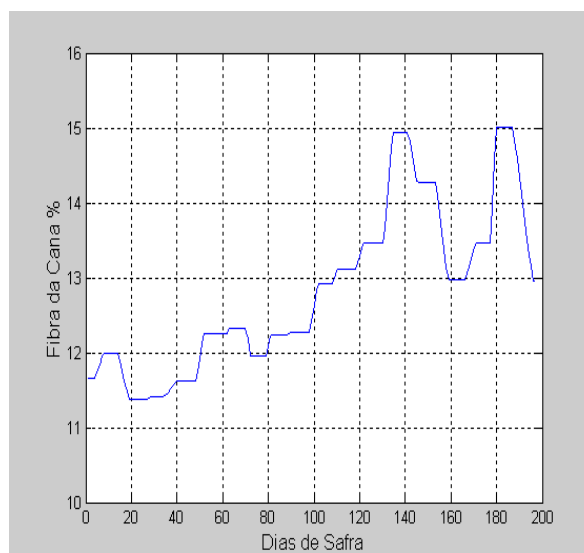


Figura 179 – Fibra da cana safra 95/96 – Simulação 3, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 4

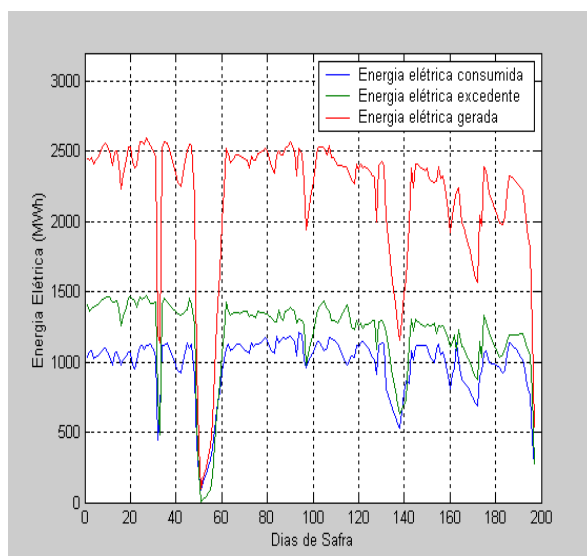


Figura 180 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 4 configuração C3

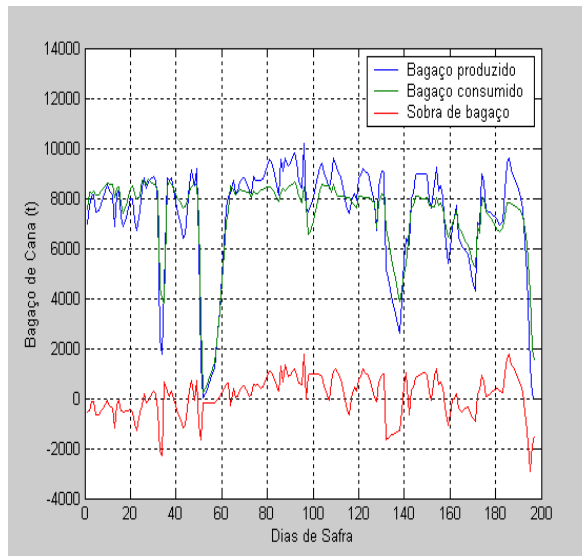


Figura 182 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 4, configuração C3

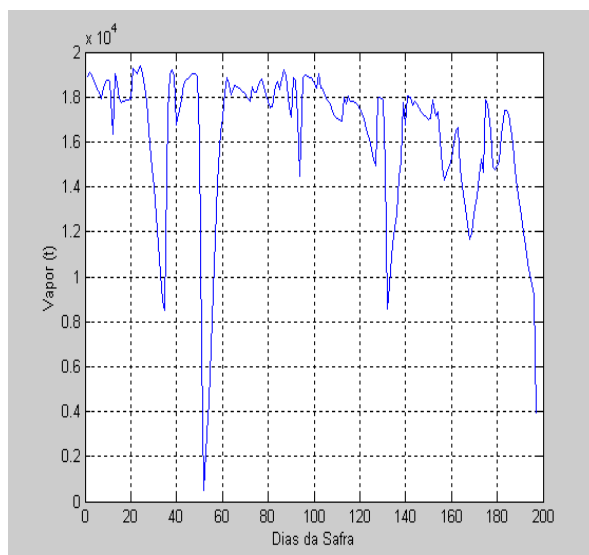


Figura 181 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 4, configuração C3

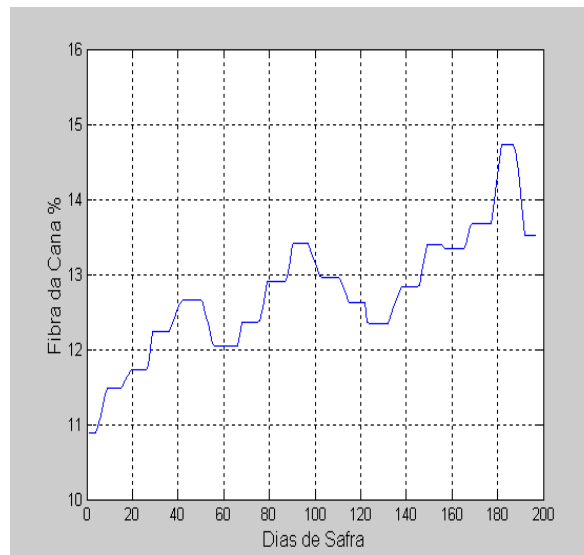


Figura 183 – Fibra da cana safra 96/97 – Simulação 4, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 5

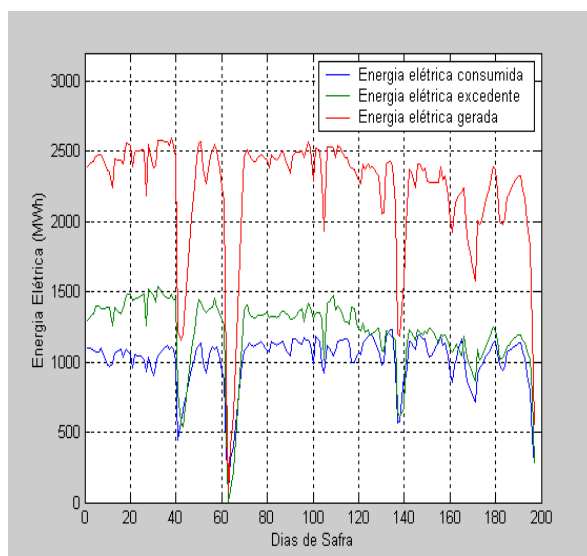


Figura 184 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 5 configuração C3

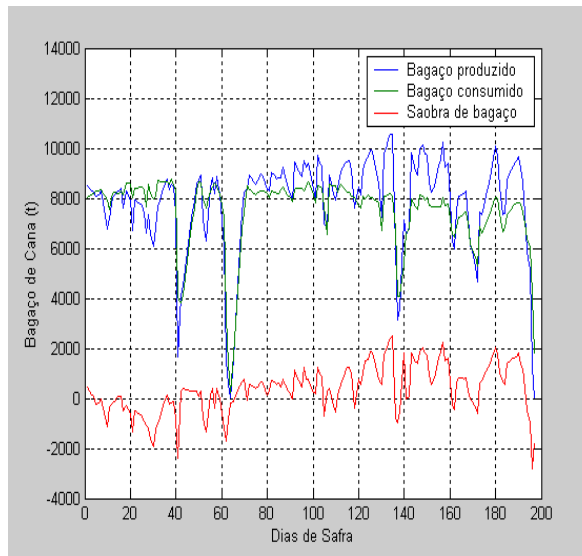


Figura 186 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 5, configuração C3

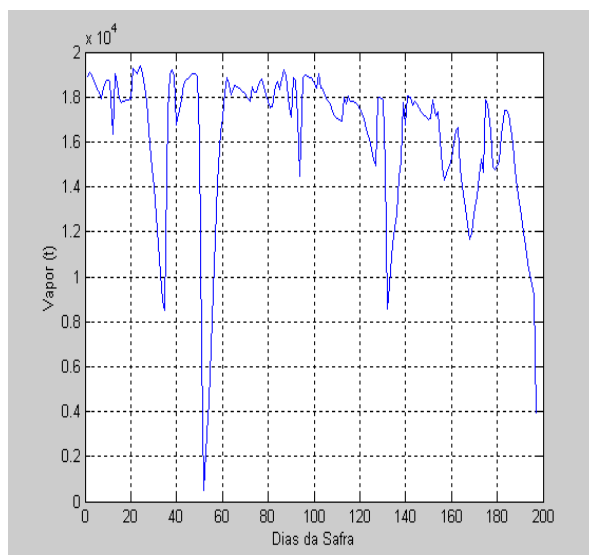


Figura 185 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 5, configuração C3

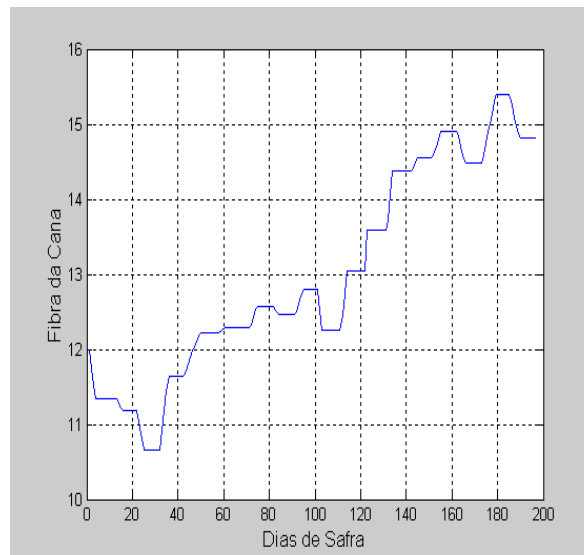


Figura 187 – Fibra da cana safra 97/98 – simulação 5, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 6

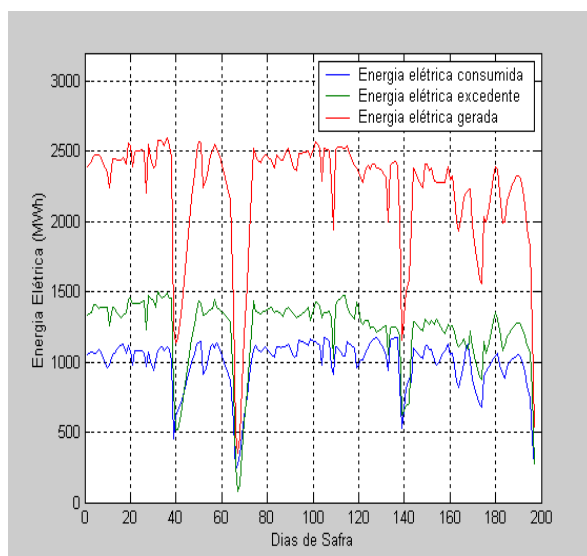


Figura 188 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 6 configuração C3

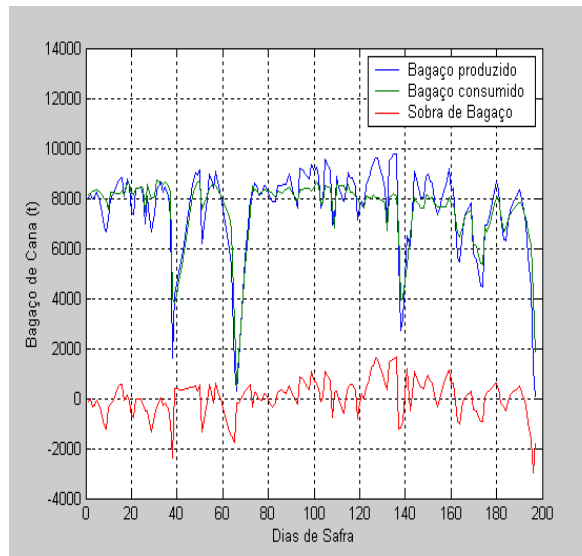


Figura 190 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 6, configuração C3

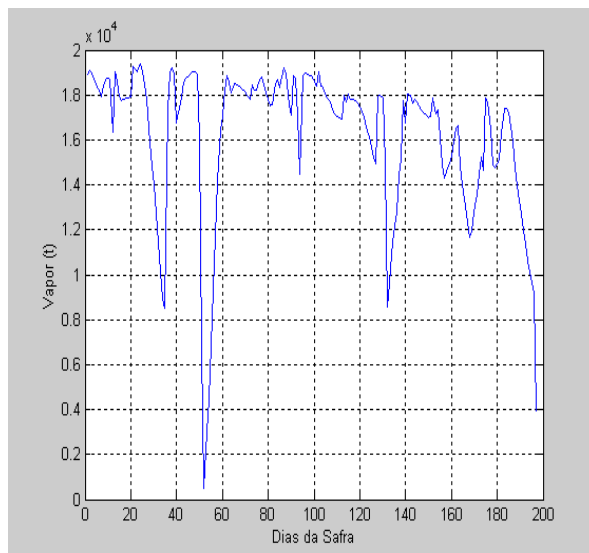


Figura 189 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 6, configuração C3

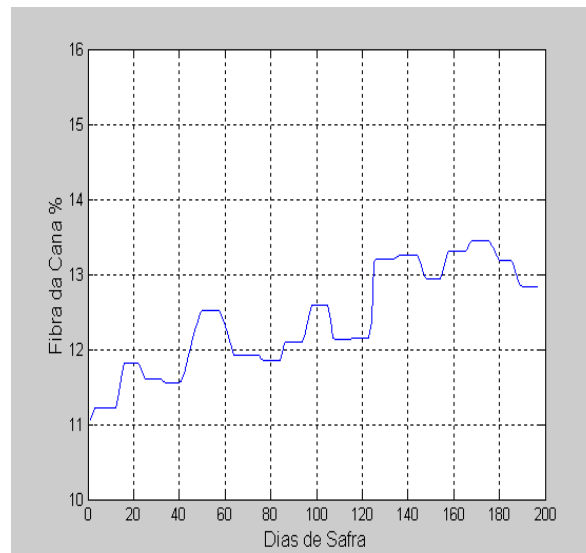


Figura 191 – Fibra da cana safra 98/99 – simulação 6, configuração C3

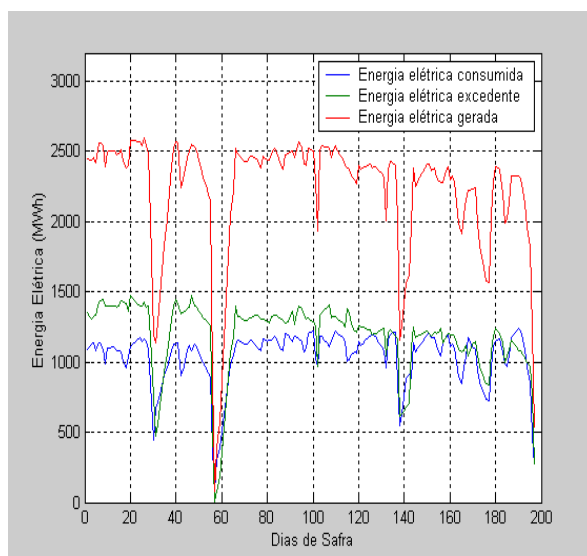


Figura 192 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 7 configuração C3

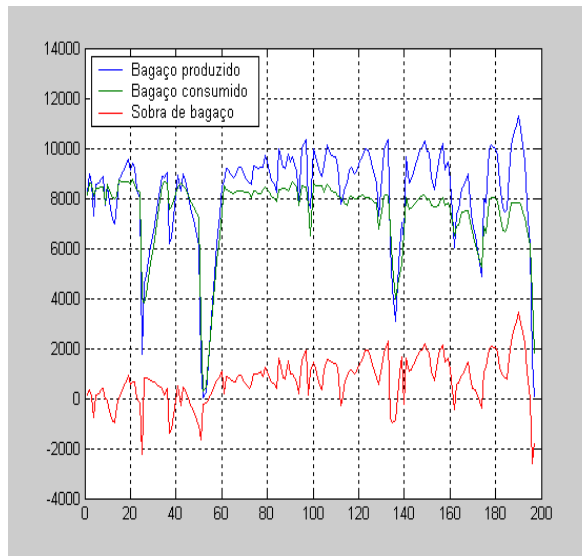


Figura 194 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 7, configuração C3

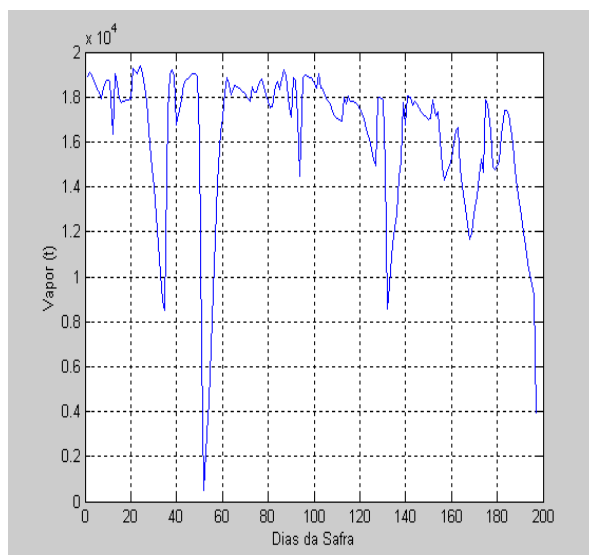


Figura 193 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 7, configuração C3

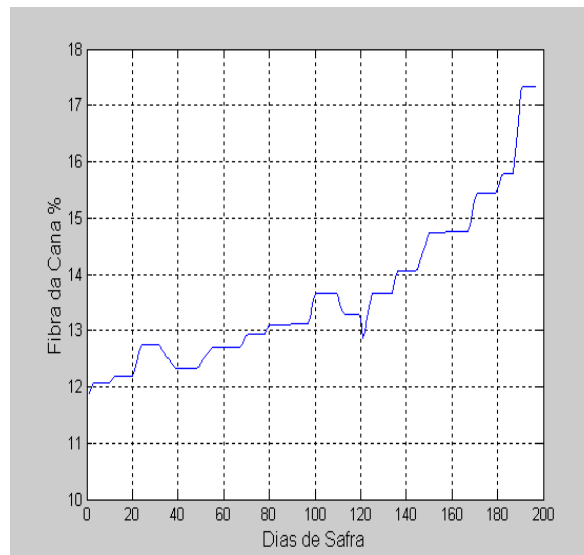


Figura 195 – Fibra da cana safra 99/00 – simulação 7, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 8

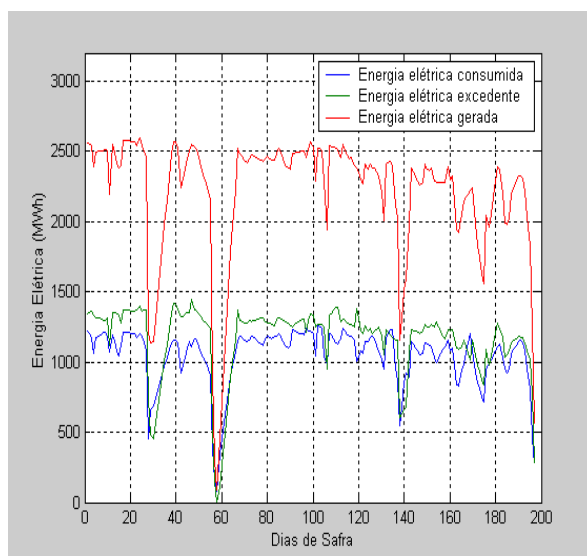


Figura 196 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 8 configuração C3

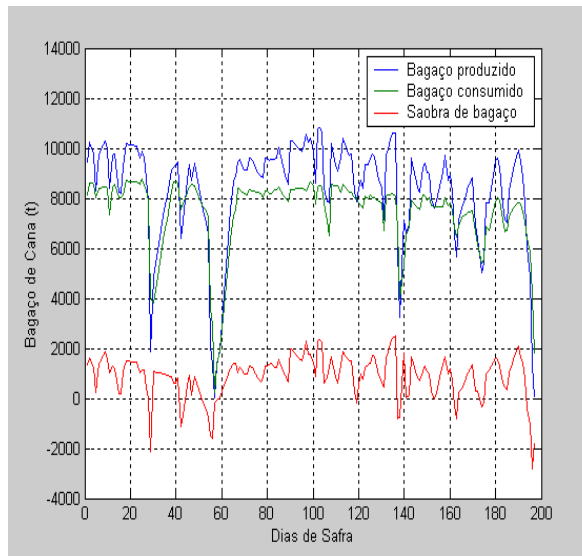


Figura 198 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 8, configuração C3

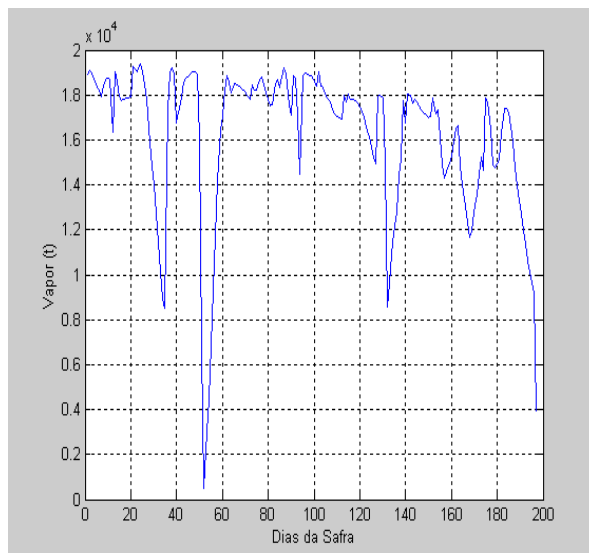


Figura 197 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 8, configuração C3

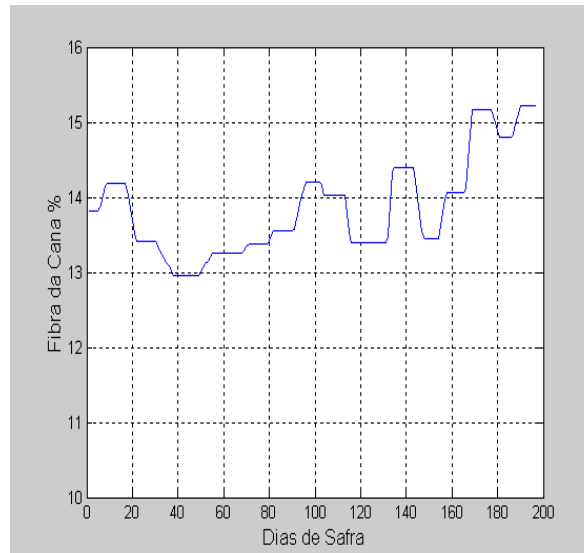


Figura 199 – Fibra da cana safra 00/01 – simulação 8, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 9

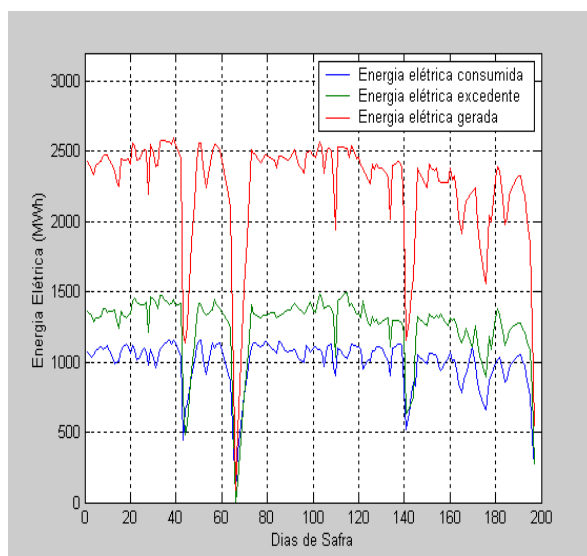


Figura 200 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente - Simulação 9 configuração C3

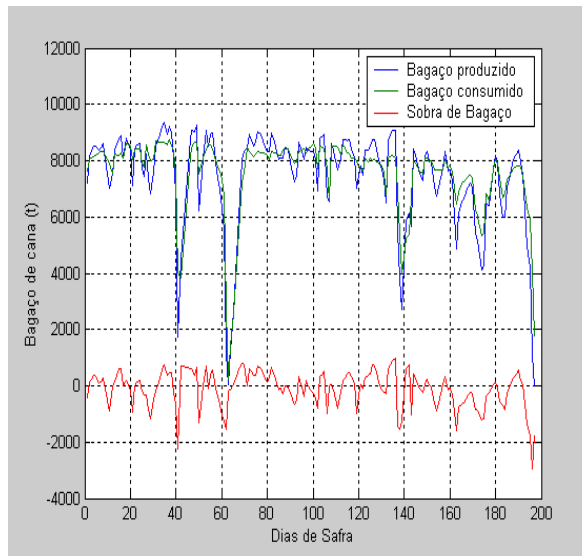


Figura 202 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 9, configuração C3

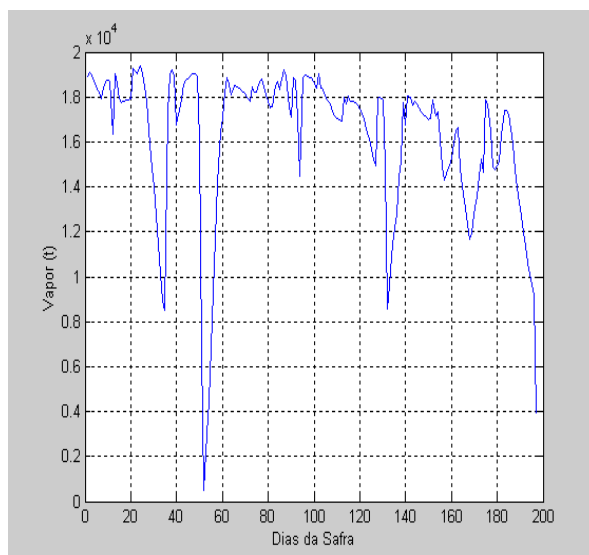


Figura 201 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 9, configuração C3

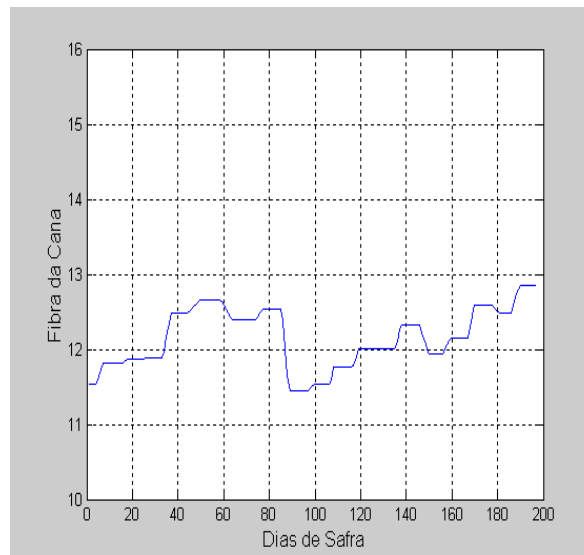


Figura 203 – Fibra da cana safra 01/02 – simulação 9, configuração C3

CONFIGURAÇÃO C3 - SIMULAÇÃO 10

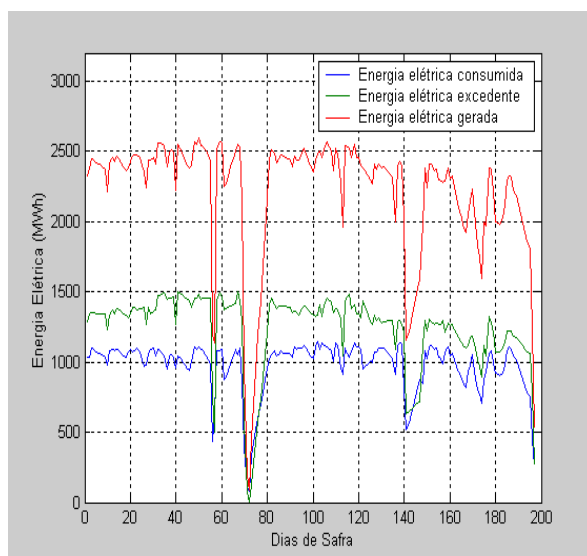


Figura 204 – Gráfico energia elétrica gerada, consumida e excedente – Simulação 10 configuração C3

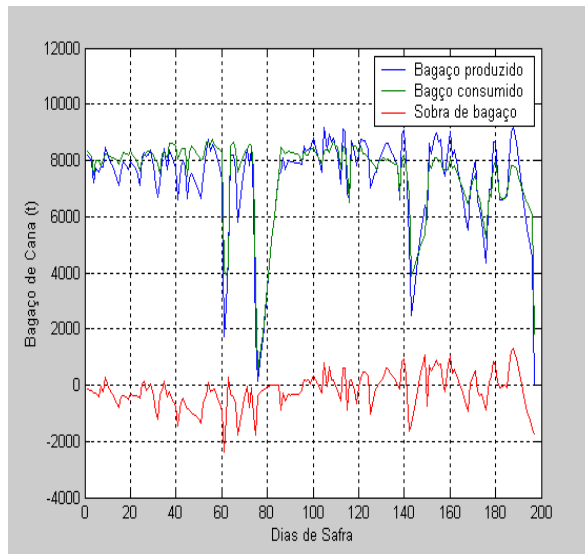


Figura 206 – Gráfico bagaço de cana produzido, consumido e sobra – Simulação 10, configuração C3

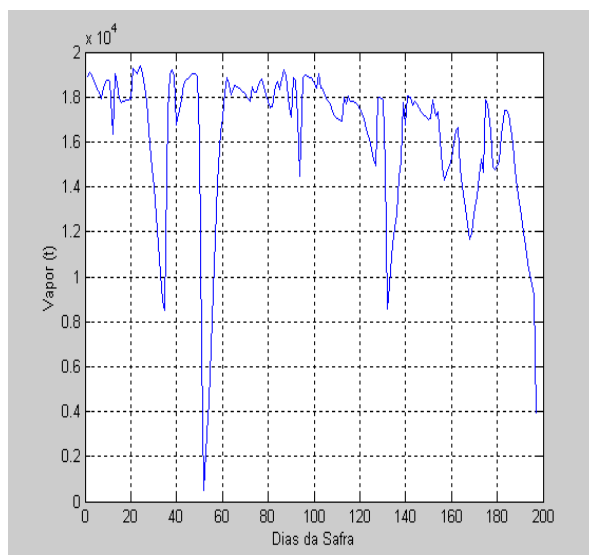


Figura 205 – Gráfico Consumo de vapor da planta – Simulação 10, configuração C3

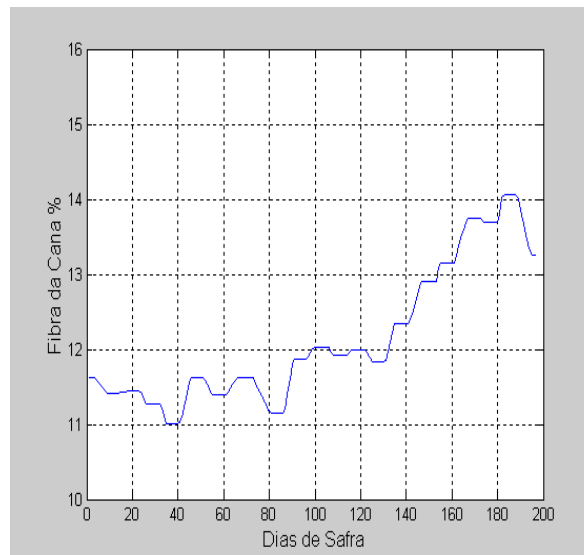


Figura 207 – Fibra da cana safra 02/03 – simulação 10, configuração C3