

THIAGO HORITA MARTINS

ESTRUTURAÇÃO DE UMA REDE DE INDICADORES DE  
PRODUTIVIDADE PARA O PROCESSO DE PLANTIO DA CANA-DE-  
AÇÚCAR

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do diploma de Engenheiro de Produção

São Paulo

2009

THIAGO HORITA MARTINS

ESTRUTURAÇÃO DE UMA REDE DE INDICADORES DE  
PRODUTIVIDADE PARA O PROCESSO DE PLANTIO DA CANA-DE-  
AÇÚCAR

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do diploma de Engenheiro de Produção

Orientador:  
Prof. Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Martins, Thiago Horita**

**Estruturação de uma rede de indicadores de produtividade para o processo de plantio da cana-de-açúcar / T.H. Martins. -- São Paulo, 2009.**

**164 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Indicadores de produtividade 2. Plantio 3. Cana-de-açúcar I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

Dedico este trabalho a todos aqueles que estiveram ao meu lado durante todos os anos de faculdade: Minha Família e Amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dario Ikuo Miyake, pelos ensinamentos e sabedoria transmitida e principalmente pela paciência durante estes últimos meses de trabalho.

Agradeço aos meus amigos, família e namorada por estarem ao meu lado nos momentos em que mais precisei durante esta longa jornada de faculdade.

Agradeço meus colegas de trabalho por compartilharem experiência e sabedoria para a elaboração e amadurecimento deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estruturar uma rede de indicadores de produtividade para o processo de plantio da cana-de-açúcar. Para tanto, foi utilizado o método de Muscat e Fleury (1992) para a determinação da estrutura a ser utilizada e o método de Muscat (1987) na elaboração da mesma. Para o caso do plantio de cana-de-açúcar da Brenco foi desenvolvida uma ferramenta em *MS Excel* que conta com 1.522 indicadores de produtividade, sendo dois deles indicadores globais do custo unitário total de plantio da cana-de-açúcar e os demais consistem em indicadores parciais derivados destes. Esta estrutura tem como principais funções auxiliar o planejamento orçamentário e também o controle do mesmo.

A ferramenta foi aplicada no planejamento orçamentário do próximo plantio e também na geração de um cenário em que os fatores que mais influem no processo de plantio da cana-de-açúcar foram variados desfavoravelmente, podendo assim ser elaborado um plano de mitigação. A ferramenta também foi aplicada no auxílio ao controle orçamentário, suprindo o nível gerencial da empresa com dados do desempenho físico e econômico realizado do plantio da cana-de-açúcar frente ao planejado.

Palavras-chave: Indicadores de Produtividade. Plantio. Cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

The objective of this work is to elaborate a productivity measurement system of sugarcane planting process. To accomplish it, the productivity measurement structure was chosen from Muscat and Fleury Methodology (1992) and its elaboration was based on Muscat Methodology (1987). For Brenco's sugarcane planting process it was developed a tool using *MS Excel* with 1.552 productivities measures, which two of them are global productivity measure and all the other are partial productivity measures derived from those two. The main function of the tool is to support the budget planning process and also the budget control.

The structure was applied as a budget planning tool for the next planting program and also it was generated a scenario simulation in which all the main features were varied in an adverse way in order to elaborate a mitigation plan. The structure was also applied as a budget control support tool, providing physical and economic information of variation between planned and actual status to the management.

Keywords: Productivity measures. Planting. Sugarcane.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. 1: Localização das futuras unidades de bioenergia da Brenco (fonte interna).....	19
Figura 1. 2: Organograma geral da organização (fonte interna).....	20
Figura 1. 3: Processos produtivos do etanol e energia elétrica.....	21
Figura 1. 4: Mapa brasileiro das plantações de cana-de-açúcar . Fonte: UNICA (2009) apud NIPE-Unicamp, IBGE e CTC. ....	26
Figura 2. 1: Fluxograma do processo de plantio da cana-de-açúcar. ....	30
Figura 2. 2: Cronograma dos macroprocessos de plantio da cana-de-açúcar.....	30
Figura 2. 3: Preparo do solo (fonte interna). ....	31
Figura 2. 4: Plantio semi-mecanizado (fonte interna) ....	33
Figura 3. 1: Relacionamento entre os elementos no plano de negócios de uma organização. Fonte: Frezatti (2000) ....	38
Figura 3. 2: Sistema físico de produção. Adaptada de Muscat (1987).....	41
Figura 3. 3: Sistema econômico de produção. Adaptado de Muscat (1987).....	41
Figura 3. 4: Classificação da mão-de-obra utilizada. Fonte: Muscat (1987).....	49
Figura 3. 5: Classificação da capacidade teórica. Fonte: Muscat (1987).....	50
Figura 3. 6: Classificação da quantidade gasta de material. Fonte: Muscat (1987) .....	52
Figura 3. 7: Detalhamento da composição do indicador global de produtividade. Fonte: Muscat (1987) .....	53
Figura 3. 8: Decomposição da variação do indicador global de produtividade. Fonte: Muscat (1987) .....	58
Figura 3. 9: Seqüência de atividades envolvidas na execução do método Delphi . Fonte: Giovinazzo e Wright (2000).....	61
Figura 4. 1: Relacionamento entre os elementos no plano de negócios de uma organização. Fonte: adaptada pelo autor de Frezatti (2000) .....	62
Figura 4. 2: Estrutura de indicadores baseada na estratégia de custo. Fonte: Adaptada de Muscat e Fleury (1992).....	65
Figura 4. 3: Classificação da mão-de-obra utilizada nos processos de plantio da cana-de-açúcar. Fonte: Adaptada de Muscat (1987) .....	78
Figura 4. 4: Classificação da capacidade de equipamentos utilizada nos processos de plantio da cana-de-açúcar. Fonte: adaptada de Muscat (1987) .....	79
Figura 4. 5: Classificação dos materiais utilizada nos processos de plantio da cana-de-açúcar. Fonte: adaptada de Muscat (1987) .....	81
Figura 5. 1: Fluxo de informações da rede de indicadores de produtividade desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	94
Figura 5. 2: Tela de premissas gerais desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	95
Figura 5. 3: Tela de indicadores de produtividade física de equipamentos e implementos – visão dados de entrada - desenvolvida em <i>MS Excel</i> .....	96



Figura 5. 4: Tela de indicadores de produtividade física de equipamentos e implementos – visão dados de saída - desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	97
Figura 5. 5: Tela da rede de indicadores de produtividade – visão macroprocessos - desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	99
Figura 5. 6: Tela da rede de indicadores de produtividade – visão tipos de recursos - desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	100
Figura 5. 7: Fluxo simplificado de informações da rede de análise de variações dos indicadores, desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	100
Figura 5. 8: Tela da rede de análise das variações de indicadores de produtividade, desenvolvida em <i>MS Excel</i> . ....	101
Figura 5. 9: Visão simplificada da estrutura de indicadores de produtividade para o caso do plantio semi-mecanizado. ....	102
Figura 5. 10: Visão simplificação da estrutura de indicadores de produtividade para o caso do plantio mecanizado. ....	103
Figura 5. 11: Fluxo do Método Delphi adotado para o caso do plantio da cana-de-açúcar da Brenco.....	113
Figura A. 1: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em custos. Fonte: Muscat e Fleury (1992). ....	142
Figura A. 2: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em qualidade do produto. Fonte: Muscat e Fleury (1992). ....	142
Figura A. 3: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em tempo. Fonte: Muscat e Fleury (1992). ....	143
Figura A. 4: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em flexibilidade. Fonte: Muscat e Fleury (1992). ....	143
Figura A. 5: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em inovação. Fonte: Muscat e Fleury (1992). ....	144
Figura F. 1: Questionário utilizado segundo o Método Delphi para o preparo de solo.....	164

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. 1: Matriz energética brasileira em 2007. Fonte: Ministério de Minas e Energia. ....	27
Gráfico 5. 1: Número de indicadores gerados por nível.....	104
Gráfico 5. 2: Contribuição dos macroprocessos na formação dos custos de plantio semi-mecanizado e mecanizado em R\$ por hectare.....	106
Gráfico 5. 3: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total de preparo do solo .....	107
Gráfico 5. 4: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total do macroprocesso de plantio semi-mecanizado .....	107
Gráfico 5. 5: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total do macroprocesso de plantio mecanizado .....	108
Gráfico 5. 6: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total de trato cana soca .....	109
Gráfico 5. 7: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo da atividade de supressão de árvores.....	110
Gráfico 5. 8: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo de mão-de-obra da atividade de supressão de árvore .....	111
Gráfico 5. 9: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de preparo de solo .....	116
Gráfico 5. 10: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de plantio semi-mecanizado .....	117
Gráfico 5. 11: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de plantio mecanizado.....	117
Gráfico 5. 12: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de trato cana planta.....	118
Gráfico 5. 13: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de preparo de solo.....	120
Gráfico 5. 14: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de plantio semi-mecanizado .....	120
Gráfico 5. 15: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de plantio mecanizado .....	121
Gráfico 5. 16: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de trato cana planta .....	121
Gráfico 5. 17: Evolução histórica do preço do fertilizante 05-30-10. Fonte: SEAB (2009) .....	123
Gráfico 5. 18: Evolução histórica do preço do fertilizante 05-25-30. Fonte: SEAB (2009) .....	124
Gráfico 5. 19: Evolução histórica dos dias disponíveis. Fonte: ANA (2009). .....	125
Gráfico 5. 20: Evolução histórica do preço do fertilizante 05-25-30. Fonte: SEAB (2009). .....	127
Gráfico 5. 21: Impactos no custo unitário, medido em R\$ por hectare, por macroprocesso.....	128
Gráfico 5. 22: Impactos no custo unitário, medido em R\$ por hectare, das atividades de preparo de solo.....	129
Gráfico 5. 23: Impactos nos custos unitários, medidos em R\$ por hectare, das classes de recursos utilizados na atividade de dessecação de solo. ....	129
Gráfico 5. 24: Impactos nos custos unitários, medidos em R\$ por hectare, dos tipos de recursos de equipamentos utilizados na atividade de dessecação de solo .....	130

Gráfico 5. 25: Impactos nos custos unitários, medidos em R\$ por hectare, da utilização física dos equipamentos e seus custos utilizados na atividade de limpeza de área .....	131
Gráfico 5. 26: Evolução do custo total mensal realizado e planejado, medido em mil R\$ .....	133
Gráfico 5. 27: Evolução do volume planejado e realizado de preparo de solo, medido em hectares .....	135
Gráfico 5. 28: Evolução do custo unitário planejado e realizado de preparo de solo, medido em R\$ por hectare.....	136
Gráfico D. 1: Valor do bem ao longo de sua vida útil.....	161

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1: Descrição das atividades do macroprocesso de preparo de solo. ....	32
Tabela 2. 2: Descrição das atividades do macroprocesso de plantio semi-mecanizado. ....	34
Tabela 2. 3: Descrição das atividades de plantio mecanizado. ....	35
Tabela 2. 4: Descrição das atividades de tratos culturais de cana planta .....	36
Tabela 5. 1: Indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos dos tipos de recursos de mão-de-obra utilizados na atividade de supressão de árvores .....	112
Tabela 5. 2: Número de painelistas por departamento e localização. ....	114
Tabela 5. 3: Valores quantitativos atribuídos às respostas dos painelistas. ....	115
Tabela 5. 4: Resumo dos resultados dos principais fatores escolhidos na primeira rodada. ....	118
Tabela 5. 5: Resumo dos resultados dos principais fatores escolhidos na segunda rodada. ....	122
Tabela 5. 6: Formação do preço histórico máximo com frete do fertilizante 05-30-10. ....	124
Tabela 5. 7: Formação do preço histórico máximo com frete do fertilizante 05-25-30. ....	124
Tabela 5. 8: Dias disponíveis utilizados no planejamento e menores dados históricos. Fonte: LENTZ (2008) e ANA (2009). ....	126
Tabela 5. 9: Formação do preço histórico máximo com frete do calcário. ....	127
Tabela 5. 10: Variação dos principais fatores frente ao planejado. ....	127
Tabela 5. 11: Custo mensal planejado por macroprocesso, medido em mil R\$. ....	133
Tabela 5. 12: Custo mensal realizado por macroprocesso, medido em mil R\$. ....	133
Tabela 5. 13: Área mensal planejada por macroprocesso, medida em hectares. ....	134
Tabela 5. 14: Área mensal realizada por macroprocesso, medida em hectares. ....	134
Tabela 5. 15: Custo unitário planejado por macroprocesso, medido em R\$. ....	135
Tabela 5. 16: Custo unitário realizado por macroprocesso, medido em R\$. ....	136
Tabela C. 1: Fórmula de cálculo do número de equipamentos e implementos. ....	147
Tabela C. 2: Fórmula de cálculo do número de operadores de equipamentos e implementos. ....	148
Tabela C. 3: Fórmula de cálculo do número de recursos de mão-de-obra (exceto operadores). ....	149
Tabela D. 1: Fórmula de cálculo de homens $\times$ hora utilizados ( $R$ ) .....	150
Tabela D. 2: Fórmula de cálculo de homens $\times$ hora disponíveis ( $D$ ) .....	151
Tabela D. 3: Fórmula de cálculo de homens $\times$ hora trabalhadas ( $R$ ) .....	152
Tabela D. 4: Fórmula de cálculo da capacidade nominal ( $C$ ) .....	152
Tabela D. 5: Fórmula de cálculo da capacidade disponível ( $A$ ) .....	153
Tabela D. 6: Fórmula de cálculo da capacidade utilizada ( $U$ ) e uso produtivo ( $Q$ ) .....	154
Tabela D. 7: Fórmula de cálculo do material gasto ( $G$ ) .....	155
Tabela D. 8: Fórmula de cálculo do material com qualidade aceitável ( $B$ ) .....	155
Tabela E. 1: Fórmula de cálculo do indicador de produtividade do valor unitário da mão-de-obra. ....	156
Tabela E. 2: Fórmula de cálculo do indicador de produtividade do valor unitário de equipamento e implemento. ....	157
Tabela E. 3: Fórmula de cálculo do custo unitário de depreciação. ....	158

Tabela E. 4: Vida útil e valor residual de equipamentos e implementos. Fonte: CONAB (2009). .....	159
Tabela E. 5: Fórmula de cálculo dos juros. ....	160
Tabela E. 6: Fórmula de cálculo do custo com manutenção e seguros. ....	162
Tabela E. 7: Fórmula de cálculo do indicador de produtividade do valor unitário de materiais (insumos). ....	163

## ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA:	Agência Nacional de Águas
ATIVID.:	Atividade
CONAB:	Companhia Nacional de Abastecimento
CONSECANA:	Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo
CTC:	Centro de Tecnologia Canavieira
EPE:	Empresa de Pesquisas Energéticas
EQUIP.:	Equipamentos
FCS's:	Fatores críticos de sucesso
FIS.:	Físico
GRAI:	<i>Graphical Method with Results and Activities Inter related</i>
HA:	Hectare
HH:	Homem x hora
IBGE:	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMPL.:	Implemento
IND.:	Indicador
MDO:	Mão-de-obra
MWh:	Megawatt-hora
NGT:	Técnica de Grupo Nominal
NIPE:	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Estratégico
OPER.:	Operador
PLANEJ.:	Planejado
PREP.:	Preparo de solo
R\$:	Reais
RH:	Recursos Humanos
SEAB:	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
SEMI:	Plantio semi-mecanizado
TRATO:	Trato cana planta
UNICA:	União da Indústria de Cana-de-açúcar
UNICAMP:	Universidade Estadual de Campinas
UNIT.:	Unitário
VP:	Vice-presidência

## SUMÁRIO

*Lista de Ilustrações*

*Lista de Gráficos*

*Lista de Tabelas*

*Abreviaturas e Siglas*

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Descrição da Organização .....	18
1.1.1	Estrutura Organizacional .....	19
1.1.2	Visão, Missão e Valores Brenco .....	20
1.1.3	Modelo de Negócios Brenco .....	20
1.1.4	Processos Produtivos .....	21
1.2	Relacionamento Aluno-Empresa.....	24
1.3	Visão geral da indústria .....	25
1.4	Definição do Problema .....	27
1.5	Objetivo do trabalho .....	28
2.	PROCESSO DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	29
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	37
3.1	Planejamento e Controle Orçamentário.....	37
3.2	Produção e produtividade .....	40
3.2.1	Produção .....	40
3.2.2	Produtividade.....	42
3.3	Indicadores de Produtividade .....	42
3.4	Métodos para a Elaboração de um Sistema de Medição de Desempenho.....	43
3.5	Estruturação de Sistema de Indicadores de Produtividade.....	45
3.6	Estrutura para Análise de Variações de Indicadores de Produtividade .....	55
3.7	Método de seleção dos principais indicadores de produtividade .....	58
4.	CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA DE INDICADORES .....	62
4.1	Estruturação da Rede de Indicadores de Produtividade .....	64
4.1.1	Indicador global de Produtividade.....	65
4.1.2	Indicadores parciais por macroprocessos .....	68

4.1.3	Indicadores parciais por atividade .....	70
4.1.4	Indicadores parciais por classe de recursos: mão-de-obra, equipamentos e materiais 72	
4.1.5	Indicadores parciais por tipo de recurso .....	73
4.1.6	Indicadores parciais de produtividade físicas e de custos por tipo de recurso	75
4.2	Estruturação da Rede de Análise da Variação dos Indicadores.....	85
5.	APLICAÇÕES DA REDE DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE.....	93
5.1	Desenvolvimento da ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário.....	93
5.2	Aplicação como ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário.....	105
5.2.1	Elaboração do orçamento base dos processos agrícolas de plantio da cana-de-açúcar 105	
5.2.2	Construção de cenários e análise de variações .....	112
5.3	Aplicação como ferramenta de apoio ao controle orçamentário .....	132
5.3.1	Controle do orçamento mensal .....	132
5.3.2	Controle do sistema físico de produção.....	134
5.3.3	Controle do sistema econômico de produção .....	135
6.	CONCLUSÃO.....	137
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	139
	ANEXO A – TIPOS DE ESTRUTURAS DE REDES DE INDICADORES.....	142
	ANEXO B – DEDUÇÃO DE FÓRMULAS DA REDE DE ANÁLISE DE VARIAÇÃO DE INDICADORES .....	145
	ANEXO C – FÓRMULAS DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS 147	
	ANEXO D – FÓRMULAS DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE FÍSICA .....	150
	ANEXO E – FÓRMULAS DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE CUSTO .....	156
	ANEXO F – QUESTIONÁRIO APLICADO SEGUNDO MÉTODO DELPHI.....	164



# 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e a globalização dos mercados têm contribuído para a introdução de novos desafios ao ambiente empresarial. Segundo Kotler (1997), “a globalização sugere, no lado da demanda, um aumento do número de estilos de vida globais e maiores expectativas a respeito da qualidade, serviço e valor. No lado da oferta significa que cada vez mais companhias concorrerão em cada mercado, visto que está acontecendo uma grande liberalização”.

Neste contexto, o setor sucroalcooleiro experimenta um aumento das exigências dos consumidores de açúcar e álcool, principalmente do mercado externo, que passaram a não somente exigir um produto de maior qualidade, mas também processos produtivos sustentáveis. A globalização ainda significou o acirramento da competição causado tanto por outras fontes de energia renovável, como também pela introdução de novas tecnologias de produção do etanol. À luz do acirramento competitivo e grande desenvolvimento tecnológico, as empresas do setor têm orientado suas ações para alcançar maior produtividade, aumentando a busca por melhores ferramentas e métodos de planejamento e controle de seus processos.

Este trabalho apresenta a estruturação de uma rede de indicadores de produtividade física e de indicadores de produtividade de custos do processo de plantio da cana-de-açúcar, disponibilizando ao nível gerencial da empresa informações para tomadas de decisões alinhadas à sua estratégia. Além disso, a rede de indicadores suprirá a diretoria com informações para acompanhamento do desempenho e controle orçamentário das operações.

No Capítulo 1 é feita a apresentação da empresa e do setor sucroalcooleiro, além das principais atividades realizadas pelo autor durante seu estágio. No Capítulo 2 são detalhados os macroprocessos de plantio da cana-de-açúcar, seu fluxograma e suas atividades. No Capítulo 3 é apresentado o referencial teórico utilizado na elaboração do trabalho, sendo que primeiramente são apresentados os conceitos de planejamento e controle orçamentário com o objetivo de mostrar a importância da rede de indicadores de produtividade. São apresentados também os conceitos de produção, produtividade e indicadores de produtividade e, por fim, é apresentada a metodologia que será aplicada na elaboração da rede de indicadores. No Capítulo 4 é detalhada a

elaboração da rede de indicadores para o caso do plantio da cana-de-açúcar e no Capítulo 5 é apresentada aplicação da ferramenta tanto para o caso do planejamento orçamentário como para o controle orçamentário. No Capítulo 6 é feita a conclusão do trabalho. Ao final do trabalho constam as Referências Bibliográficas e os Anexos.

### **1.1 Descrição da Organização**

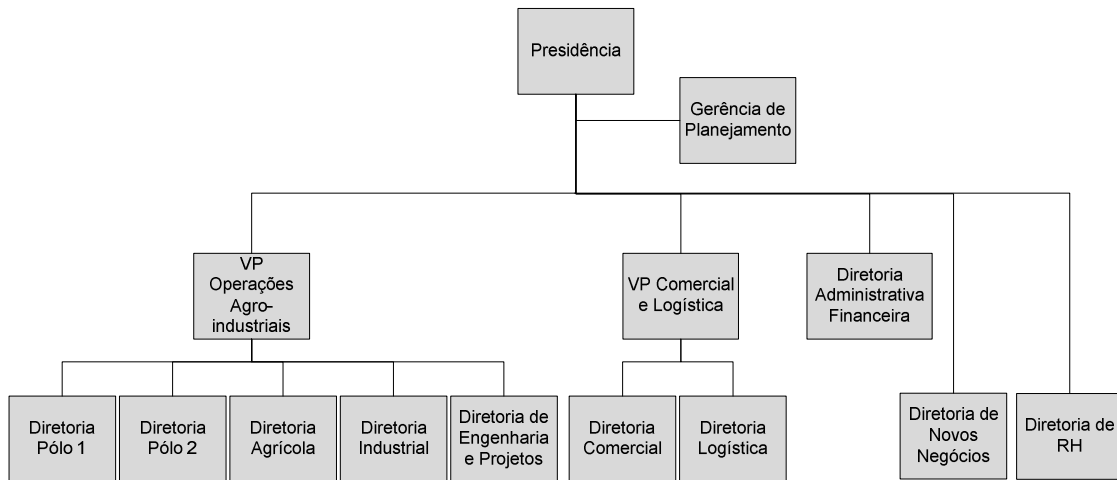
A Brenco, Companhia Brasileira de Energia Renovável, é uma empresa do setor sucroalcooleiro em fase de projeto, ou seja, ainda pré-operacional. Apesar disso, suas operações agrícolas já são realizadas devido ao tempo necessário para a maturação da cana-de-açúcar, que pode ser de doze a dezoito meses na região onde está sendo plantada. A operação industrial de sua primeira unidade de bioenergia deverá começar em novembro de 2009.

A Brenco foi fundada em 2006 e conta com investimentos de acionistas nacionais e internacionais. A empresa não possui um controlador, sendo seu capital diluído entre diversos fundos que participam de sua gestão através de seu Conselho de Administração. O objetivo da companhia é atingir uma capacidade de processamento de cana-de-açúcar de 44 milhões de toneladas até 2015, com foco na exportação de etanol e na co-geração de energia elétrica. O plano de negócios da empresa contempla:

- 2 ou 3 Pólos Energéticos compondo um total de 12 Unidades Bioenergéticas;
- Produção de 3,8 bilhões de litros de etanol;
- Potência instalada de co-geração de 689 MWh de energia elétrica; e
- *Market Share* projetado em 2015: 15% do mercado nacional e 4% do mercado global.

A primeira fase dos investimentos da Brenco consiste na implantação do Pólo Alto Taquari – Mineiros, chamado de Pólo I, localizado na fronteira dos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, conforme mostra a Figura 1.1. O projeto inicial é composto de 4 Unidades Bioenergéticas, cada uma com capacidade de moagem de cana-de-açúcar de 3,7 milhões de toneladas por safra, resultando em uma moagem combinada de 15 milhões de toneladas, inteiramente dedicadas à produção de etanol e energia elétrica, com investimentos previstos de R\$ 1,8 bilhões para esta primeira fase. A segunda fase do projeto consiste na instalação de outras





**Figura 1. 2: Organograma geral da organização (fonte interna).**

### 1.1.2 Visão, Missão e Valores Brenco

A Brenco tem como visão ser referência mundial em energia renovável e estar entre as cinco maiores empresas do setor sucroalcooleiro em 2015. Sua Missão é produzir e fornecer globalmente energia renovável com sustentabilidade e excelência, para isto, a Brenco se apóia em valores que prezam a segurança, valorização das pessoas, inovação e governança corporativa.

### 1.1.3 Modelo de Negócios Brenco

A Brenco, diferentemente de outras empresas do setor, adota o desenvolvimento de projetos *greenfield*, ou seja, projetos nunca antes explorados. A empresa acredita que esta estratégia permite a construção de plantas com condições operacionais superiores às usinas existentes e evita a herança de passivos ambientais, fiscais e trabalhistas. A empresa também desenvolve a formação de pólos de unidades de bioenergia, para se beneficiar de sinergias tanto na fase de projeto como na fase operacional.

Visando atender as necessidades dos clientes, tanto do mercado doméstico como do exterior, a Brenco tem seu foco na produção em larga escala dedicada ao etanol e à energia elétrica. A empresa tem como objetivo central o baixo custo de produção, por tratar de produtos com pouca diferenciação.

### 1.1.4 Processos Produtivos

Os processos produtivos de etanol e energia elétrica se dividem em duas etapas: agrícola e industrial. A etapa agrícola é composta pelos processos realizados no campo, tendo como fronteira o descarregamento da cana na usina. Já a etapa industrial consiste na transformação da cana-de-açúcar em etanol e energia. A Figura 1.3 mostra o fluxograma simplificado destes processos.

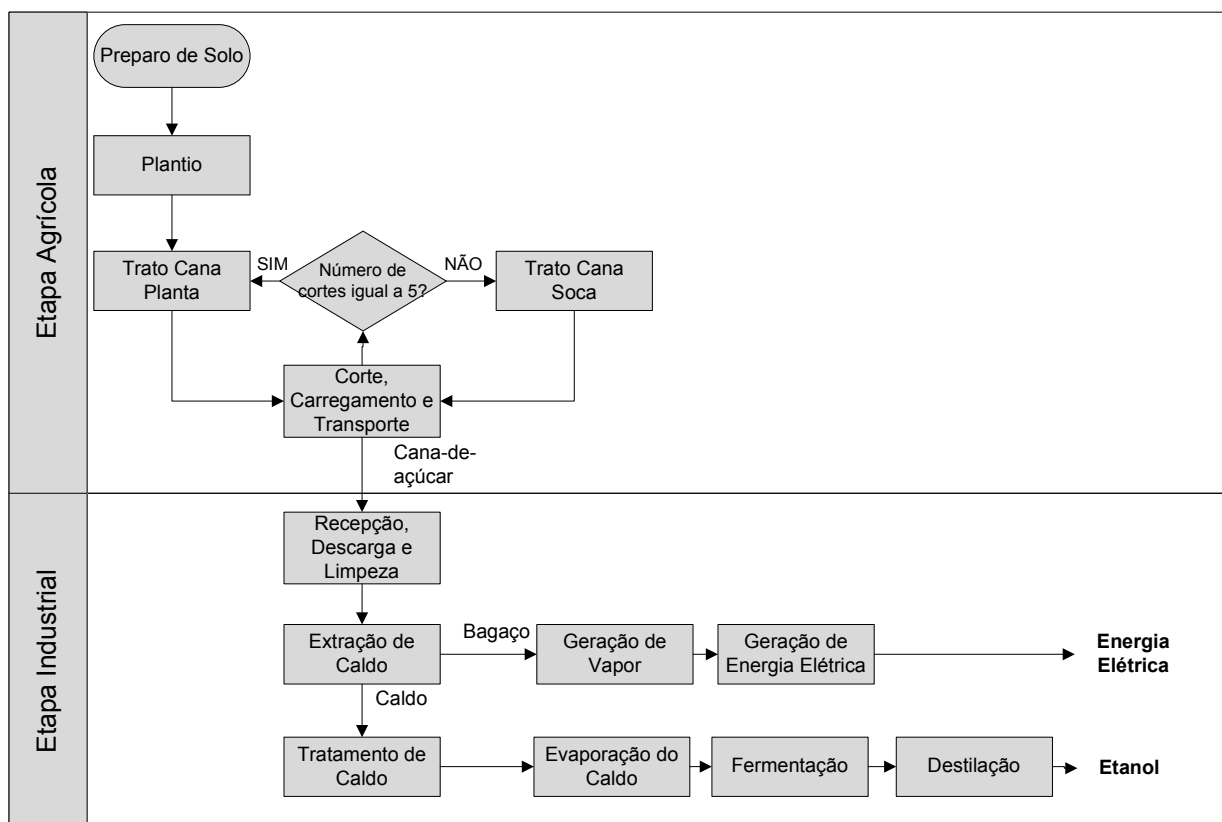


Figura 1. 3: Processos produtivos do etanol e energia elétrica.

#### 1.1.4.1 Etapa Agrícola

A etapa agrícola de produção do etanol e da energia elétrica consiste no processo de cultivo da cana-de-açúcar, podendo este ser dividido nos macroprocessos de preparo do solo, plantio e trato cana planta. Uma vez colhida a cana e transportada para a indústria, o canavial deve receber um tratamento para que brote novamente e possa ser colhido na próxima safra, este tratamento é

chamado de trato cana soca. A seguir estes macroprocessos serão detalhados (segundo o Plano Diretor Agrícola, 2009)<sup>1</sup>.

- **Preparo de Solo**

Consiste em revolver a superfície do solo com o objetivo de propiciar as condições satisfatórias para o plantio, germinação das sementes e desenvolvimento das plantas. Além disso, são executadas atividades que visam à conservação e manutenção da área.

- **Plantio**

O plantio pode ser feito de duas maneiras: mecanizado ou semi-mecanizado. A diferença entre eles reside no grau de mecanização dos processos, sendo que no plantio semi-mecanizado algumas atividades são realizadas por trabalhadores rurais.

- **Trato Cana Planta**

A cana que foi plantada e ainda não sofreu nenhum corte é chamada de cana planta, sendo assim, o macroprocesso de trato cana planta consiste no conjunto de práticas executadas em uma área recém plantada buscando propiciar condições mais favoráveis ao crescimento e à produção da cultura, utilizando-se de atividades como a adubação e controle fitossanitário<sup>2</sup>.

- **Corte Carregamento e Transporte**

No caso da Brenco o corte da cana-de-açúcar é feito totalmente de maneira mecanizada, ou seja, por meio de colhedoras. Assim, a cana é colhida e ao mesmo tempo carregada em um caminhão ou trator chamado de transbordo, justamente pelo fato de que este descarregará a cana colhida em caminhões que farão o transporte do campo para a unidade de bioenergia. Um mesmo canavial pode receber até seis cortes, devido ao fato de que, uma vez cortada, a cana rebrota. Porém, no caso da Brenco são previstos somente cinco cortes.

---

<sup>1</sup> Informações obtidas segundo Plano Diretor Agrícola da Brenco, elaborado em 2009 pelo Departamento Agrícola.

<sup>2</sup> Fitossanitária: adoção de medidas preventivas para evitar a disseminação de doenças e/ou pragas.

- **Trato Cana Soca**

Uma vez cortado, o canavial deve receber um tratamento para que a cana rebrote com a qualidade necessária. Este tratamento consiste na aplicação de adubos e defensivos que visam manter uma condição favorável para o crescimento da cana, recebendo o nome de trato cana soca.

#### **1.1.4.2 Etapa Industrial**

A etapa industrial é responsável pela transformação da cana-de-açúcar em etanol e energia elétrica. Seus macroprocessos são apresentados de forma resumida a seguir, baseando em informações obtidas em Infoinvest (2009).

- **Recepção, Descarga e Limpeza**

A descarga de cana é realizada através de um guindaste tipo hilo diretamente sobre o sistema de alimentação que irá transportar a cana até o difusor. Durante este transporte, um sistema a seco separa a impureza vegetal (palha) e a impureza mineral (terra), sendo que impureza mineral volta para o campo e a vegetal é utilizada juntamente com o bagaço para a produção de energia elétrica.

- **Extração de Caldo**

A extração de caldo é feita pelo difusor, que se utiliza de água para o arraste dos açúcares. A fibra da cana, na forma de bagaço, é transportada até as caldeiras ou pátio onde ficará estocada por meio de um sistema de esteiras.

- **Tratamento de Caldo**

O caldo bruto é peneirado e aquecido, além disso, adicionam-se a ele produtos químicos, com o objetivo de eliminar gases e substâncias sólidas indesejadas na produção do etanol.

- **Evaporação do Caldo**

O caldo tratado é concentrado para garantir alta eficiência na fermentação e baixo consumo de vapor nas colunas de destilação.

- **Fermentação**

A fermentação é um processo biológico que utiliza leveduras para converter o açúcar em álcool numa reação exotérmica.

- **Destilação**

O etanol produzido para ser usado como produto químico especial ou ser incorporado à gasolina precisa ser desidratado. Este processo é realizado nas colunas de destilação.

- **Geração de Vapor e Energia Elétrica**

O vapor produzido nas caldeiras a partir da combustão do bagaço e palha supre a planta industrial com energia, seja na forma de energia elétrica produzida nos turbo-geradores, seja convertendo o vapor em energia mecânica para o acionamento dos equipamentos. O vapor ainda é utilizado como fonte térmica em todo o processo.

## ***1.2 Relacionamento Aluno-Empresa***

O estágio foi realizado no Departamento de Planejamento Agro-industrial da Brenco, o qual é responsável pelo planejamento integrado e compreensivo do projeto agro-industrial. Tem como principais funções a elaboração de planos operacionais, constituindo uma importante ferramenta de apoio às áreas agrícola e industrial. O departamento promove a aderência de todos os setores aos parâmetros de orçamento, cronograma, rentabilidade, segurança, meio ambiente, saúde e sustentabilidade.

Importantes projetos foram executados pelo aluno durante o período de estágio, dentre eles: desenvolvimento do Plano Anual Agrícola, Plano Agrícola Quinquenal, Balanço de massas dos Processos Industriais, revisão e atualização do Plano de Negócios da companhia. Todos estes



projetos tiveram a participação ativa do aluno, na coleta de informações, desenvolvimento e divulgação. Com esta participação o aluno pode agregar novos conteúdos além de aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia de Produção.

### ***1.3 Visão geral da indústria***

Desde a década de 1970, o setor sucroenergético brasileiro vive em contínua evolução tecnológica. Hoje, a cana-de-açúcar é o insumo básico de uma ampla variedade de produtos de valor agregado, que inclui alimentos, rações animais, biocombustíveis e eletricidade, provenientes de biorrefinarias modernas e integradas, que produzem açúcar, etanol e bioeletricidade (UNICA, 2009).

Ainda segundo dados da UNICA (2009), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A produção do ano-safra de 2007/08 atingiu um volume recorde de cerca de 496 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, processados em cerca de 350 usinas sediadas em todo o país. Destas, cerca de 230 são usinas e destilarias que produzem tanto açúcar quanto etanol, enquanto por volta de 100 produzem apenas etanol. Todas as usinas são auto-suficientes na produção de energia térmica e de eletricidade.

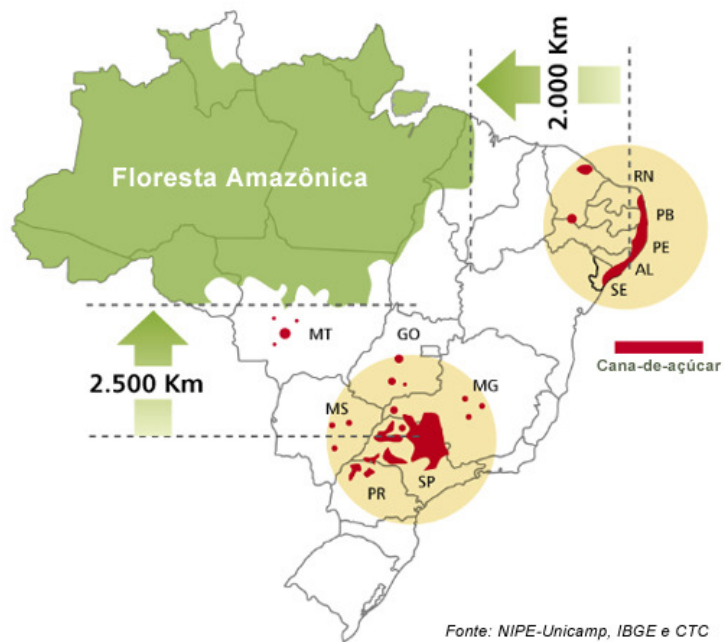
A receita bruta anual dos setores de açúcar e etanol gira em torno de US\$ 20 bilhões. Em 2007/08, cerca de 54% deste valor foi gerado pelas vendas de etanol, 44% pela venda de açúcar, e os 2% restantes pela bioeletricidade vendida no mercado interno. Das vendas de açúcar, 35% foram dirigidas ao mercado interno e 65% à exportação, enquanto nas vendas de etanol predominou fortemente o mercado interno, que gerou 85% das receitas contra 15% para as exportações (UNICA, 2009).

O Brasil possui vantagens naturais para produção do etanol, tais como grande disponibilidade de terra arável, cerca de 100 milhões de hectares distribuídos distantes dos biomas naturais, conforme mostra a Figura 1.4, e condições edafoclimáticas<sup>3</sup> propícias à cultura da cana-de-açúcar. Ao final da safra 2007/08, a cana-de-açúcar ocupava 7,8 milhões de hectares, ou 2,2% do total de terras cultiváveis do Brasil, sendo cerca de 50% para a produção de etanol e o

---

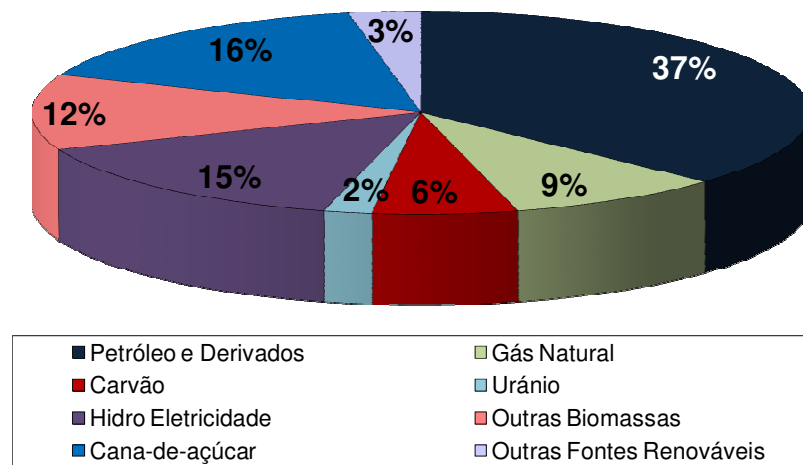
<sup>3</sup> Edafoclimático: referente a condições de solo e clima.

restante para a de açúcar. Essa área representa apenas 1% do total utilizado para plantios no Brasil (UNICA, 2009). Além disso, vale destacar que a energia consumida para o processo produtivo das usinas do setor sucroalcooleiro é proveniente do bagaço da cana-de-açúcar. Conseqüentemente, a análise de ciclo de vida do etanol da cana-de-açúcar constata a maior redução líquida de emissões de gases de efeito estufa de todos os biocombustíveis produzidos no mundo (EPE, 2008).



**Figura 1. 4: Mapa brasileiro das plantações de cana-de-açúcar . Fonte: UNICA (2009) apud NIPE-Unicamp, IBGE e CTC.**

Segundo a Matriz Energética Brasileira divulgada pelo Ministério de Minas e Energia, mostrada no Gráfico 1.1, a cana-de-açúcar assume um papel de grande importância, contribuindo com 16% do total de energia gerado. Sua contribuição aumenta ano após ano, principalmente devido ao grande crescimento da frota de veículos *flex-power* que utilizam gasolina e/ou etanol como combustível.



**Gráfico 1.1: Matriz energética brasileira em 2007. Fonte: Ministério de Minas e Energia.**

### **1.4 Definição do Problema**

O controle orçamentário é um instrumento que permite a organização entender quão próximos estão seus resultados em relação ao planejado para dado período (FREZATTI, 2000). Atualmente a Brenco, mesmo sendo uma empresa pré-operacional na produção de etanol, já tem seus processos agrícolas estruturados e operando, porém a empresa ainda carece de instrumentos que permitam um planejamento e controle orçamentário adequado das suas atividades.

O controle orçamentário dos processos agrícolas se torna essencial devido ao fato da empresa ainda não ter receita, portanto, ela não consegue financiar suas atividades com o resultado de suas operações, recorrendo a outras fontes mais caras de financiamento, como terceiros (dívida) ou acionistas (*equity*). Outro fator que aumenta a necessidade de um rígido controle orçamentário dos processos agrícolas é o fato do custo agrícola de produção da cana-de-açúcar corresponder por mais de 60% do custo total de produção do álcool e açúcar, tendo estes custos de produção da cana sofrido altas significativas nos últimos anos (NASCIMENTO, 2006).

Neste contexto, o escopo do trabalho limita-se ao processo de plantio da cana-de-açúcar, devido à importância deste processo na produção do etanol e também pelo fato da Brenco ainda não possuir atividades industriais e de corte da cana-de-açúcar. Portanto, define-se o problema como sendo a necessidade de elaboração de uma rede de indicadores que auxilie o planejamento e controle orçamentário dos custos agrícolas e ainda permita a análise de dados coletados para tomadas de decisões.

### ***1.5 Objetivo do trabalho***

O objetivo central do trabalho é estruturar uma rede de indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos de forma a permitir uma visão sistêmica do processo de plantio da cana-de-açúcar. A estruturação desta rede de indicadores ainda tem como objetivo: (i) auxiliar o planejamento orçamentário, de modo a permitir a elaboração e estudo de cenários e gerar informações que servirão para tomadas de decisões estratégicas da empresa e (ii) permitir um controle orçamentário, suprimindo o nível gerencial com informações das variações dos valores realizados frente aos planejados desde um nível mais detalhado, ou seja, de cada recurso consumido em determinada atividade, até um nível mais abrangente, que considera o total de recursos consumidos no processo de plantio de determinada área.

## **2. PROCESSO DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

O processo de plantio da cana-de-açúcar é segregado nos macroprocessos de preparo de solo, plantio e trato cana planta, sendo que estes macroprocessos ainda são compostos por atividades. O plantio pode ser feito de duas maneiras: semi-mecânica ou mecanicamente, sendo que em ambos os casos os macroprocessos de preparo de solo e trato cana planta são realizados, estando a diferença entre eles nos macroprocessos de plantio semi-mecanizado e plantio mecanizado.

A Figura 2.1 mostra o fluxograma do processo de plantio utilizando os códigos de cada atividade. No caso das atividades do macroprocesso de preparo de solo, a codificação foi feita considerando a letra “P” para designar este macroprocesso e um número seqüencial referente a cada uma das doze atividades, sendo todas elas detalhadas na Tabela 2.1. No caso das atividades do macroprocesso de plantio semi-mecanizado, foram utilizadas as letras “SM” para designar este macroprocesso e um número seqüencial de um a dez referente a cada uma das atividades, conforme mostra a Tabela 2.2. As letras “PM” designam o macroprocesso de plantio mecanizado e com o número seqüencial referente a uma de suas oito atividades, formam os códigos os quais são detalhados na Tabela 2.3. Por fim, a letra “T” refere-se ao macroprocesso de trato cana planta e o número seqüencial designa uma das seis atividades deste macroprocesso, detalhadas na Tabela 2.4.

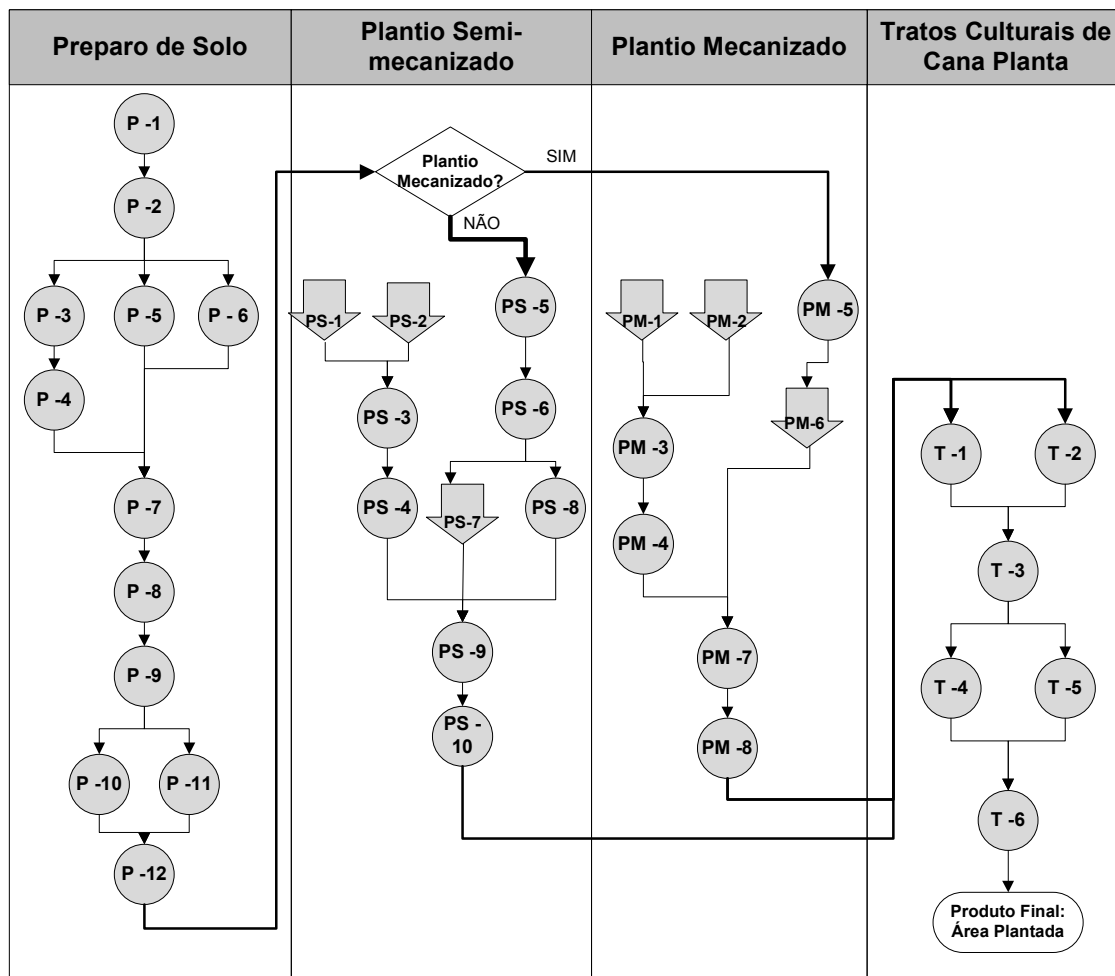


Figura 2. 1: Fluxograma do processo de plantio da cana-de-açúcar.

As atividades de preparo de solo são realizadas de outubro a fevereiro, já os macroprocessos de plantio semi-mecanizado, mecanizado e trato cana planta são realizados de março a junho, conforme cronograma apresentado na Figura 2.2.

Macroprocesso	ANO (A)			ANO (A+1)					
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Preparo de solo									
Plantio Semi-mecanizado									
Plantio Mecanizado									
Trato cana planta									

Figura 2. 2: Cronograma dos macroprocessos de plantio da cana-de-açúcar.

A seguir será feita a descrição de cada macroprocesso (segundo o Plano Diretor Agrícola, 2009)<sup>4</sup> e também serão detalhadas cada atividade que os compõem.

- **Preparo de Solo**

Preparar o solo significa deixá-lo em condições de receber a muda, proporcionando uma boa germinação<sup>5</sup> da cana-de-açúcar. Esse preparo do solo consiste em revolvê-lo em operações agrícolas dentro de uma seqüência na qual uma complete a outra.

Primeiramente são realizadas operações com arados<sup>6</sup> ou grades<sup>7</sup> pesadas, que visam afrouxar o solo; incorporar de corretivos<sup>8</sup>, fertilizantes<sup>9</sup>, resíduos vegetais e plantas daninhas e ainda descompactar do solo. A seguir são realizadas operações de nivelamento do solo, com a utilização de grades de nivelamento, visando também o controle de plantas invasoras. A Figura 2.3 mostra a atividade de gradagem do solo, onde este é revolvido com a utilização de tratores e grades aradoras.



**Figura 2. 3: Preparo do solo (fonte interna).**

---

<sup>4</sup> Informações obtidas segundo Plano Diretor Agrícola da Brenco, elaborado em 2009 pelo Departamento Agrícola.

<sup>5</sup> Germinação: ou brotação consiste no processo inicial do crescimento de uma planta.

<sup>6</sup> Arado: instrumento que serve para lavrar os campos, revolvendo a terra com o objetivo de descompactá-la.

<sup>7</sup> Grades (gradagem): instrumento para aplainar o solo e deixá-lo pronto para receber o plantio

<sup>8</sup> Corretivos: calcário ou gesso aplicados no solo para corrigir seu pH.

<sup>9</sup> Fertilizantes: compostos químicos que visam suprir as deficiências em substâncias vitais na sobrevivência dos vegetais.

A Tabela 2.1 detalha todas as atividades realizadas no preparo de solo, utilizando os mesmos códigos do fluxograma apresentado na Figura 2.1.

**Tabela 2. 1: Descrição das atividades do macroprocesso de preparo de solo.**

COD.	Preparo de Solo	Descrição da Atividade
P-1	Supressão de Árvores	Consiste na retirada de árvores com o objetivo de facilitar as operações agrícolas. Vale lembrar que a supressão de árvores acontece somente com a autorização dos órgãos ambientais.
P-2	Limpeza de Área	Consiste na remoção de pedras e troncos que possivelmente possam atrapalhar as demais atividades agrícolas, para tanto são utilizados tratores e pás mecânicas.
P-3	Confecção de Terraços	Consiste na construção de terraços em terrenos com inclinação, ou seja, não planos.
P-4	Acabamento de Terraços	O acabamento de terraço é uma atividade complementar à confecção destes e visa deixá-lo mais nivelado. Esta atividade é realizada com a utilização de motoniveladoras.
P-5	Sistematização de Solo	Consiste em atividades que preparam o solo com a finalidade de protegê-lo contra a erosão e sua degradação.
P-6	Construção de Carreadores / Lombadas	Construção de carreadores onde irão circular os equipamentos e implementos agrícolas.
P-7	Dessecação de Solo	A dessecação consiste na aplicação de defensivos com o objetivo de proteger o solo contra pragas e plantas daninhas. Para isto são utilizados tratores e aplicadores de defensivos do tipo FALCON.
P-8	Aplicação de Calcário	Aplicação de calcário com a finalidade de se controlar o pH do solo. Nesta atividades são utilizados caminhões com corretas aplicadoras de corretivos.
P-9	Gradagem Aradora	Operação mais grosseira, realizada com arados ou grades pesadas, que visa afrouxar o solo, além de ser utilizada também para incorporação de corretivos, fertilizantes, resíduos vegetais e plantas daninhas ou para descompactação do solo.
P-10	Gradagem Média	Gradagem mais branda, porém com a mesma finalidade da gradagem aradora.
P-11	Gradagem Niveladora	Gradagem branda com a finalidade de revolver a terra e nivelar o solo.
P-12	Subsolagem	Atividade que visa a descompactação da terra causada principalmente pelo tráfego de equipamentos.



- **Plantio**

O plantio da cana-de-açúcar pode ser feito semi-mecânica ou mecanicamente, sendo realizado em uma mesma área a cada cinco ou seis anos, isto porque a cana-de-açúcar, uma vez plantada, pode ser colhida cinco ou seis vezes. Depois deste período, a cana perde qualidade e a área deve ser replantada.

O plantio de cana-de-açúcar, diferentemente de outras culturas, não requer sementes, porque esta cultura utiliza mudas que contêm em seus nós gemas, que brotarão e darão origem à plantação. O sistema de plantio semi-mecanizado mais utilizado é o de banquetas<sup>10</sup> por onde trafegam caminhões com trabalhadores posicionados sobre a carga para distribuir a muda e trabalhadores no solo para posicionamento correto da cana e picação<sup>11</sup>. É necessária a abertura prévia dos sulcos de plantio através de uma operação denominada sulcação, que ocorre simultaneamente à adubação do solo. Após a picação das mudas, estas são cobertas mecanicamente com uma camada de terra, sendo ligeiramente compactada. A Figura 2.4 mostra as atividades de plantio semi-mecanizado em que os trabalhadores rurais descarregam e distribuem a cana que servirá como muda de maneira manual e ainda realizam a picação sem auxílio de máquinas.



**Figura 2. 4: Plantio semi-mecanizado (fonte interna)**

---

<sup>10</sup> Banquetas: linhas na terra onde trafega o caminhão levando as mudas.

<sup>11</sup> Picação: corte nas mudas da cana colocadas dentro do sulco, facilitando a brotação.

A Tabela 2.2 detalha todas as atividades realizadas no plantio semi-mecanizado, utilizando os mesmos códigos do fluxograma apresentado na Figura 2.1.

**Tabela 2. 2: Descrição das atividades do macroprocesso de plantio semi-mecanizado.**

COD.	Plantio Semi-mecanizado	Descrição da Atividade
PS-1	Transporte de Insumos	O transporte de insumos é feito do centro de armazenagem para o campo em caminhões. Por insumos compreende-se fertilizantes e defensivos sólidos.
PS-2	Transporte de Calda Pronta	Por calda pronta entende-se a combinação de defensivos líquidos que são transportados do centro de armazenagem para o campo.
PS-3	Abastecimento de Fertilizantes e Defensivos	Consiste na utilização de mão-de-obra rural para abastecer os equipamentos com fertilizantes e defensivos
PS-4	Sulcação / Adubação	Abertura de sulcos (fendas) onde serão realizados o plantio. Os equipamentos realizam esta operação e simultaneamente adubam a terra,
PS-5	Corte de Muda	No caso do plantio semi-mecanizado o corte de muda é feito manualmente e a cana é cortada inteira.
PS-6	Carregamento de Muda	O carregamento de mudas de cana inteira é feito por meio de carregadores, que colocam a cana nas carretas dos caminhões.
PS-7	Transporte de Muda	O transporte de muda é feito em caminhões da região onde a muda foi colhida para onde esta será plantada
PS-8	Bituca	Atividade realizada manualmente onde os trabalhadores rurais ou rurícolas coletam os pedaços de cana que restaram sobre o solo
PS-9	Plantio Sulco Aberto	As mudas que estão no caminhão são descarregadas por trabalhadores rurais que se encontram na carroceria do mesmo. As mudas então são alocadas nos sulcos e picadas de forma manual.
PS-10	Cobrição	A cobrição das mudas é feita de forma mecânica, com a utilização de um trator e um cobridor como implemento.

O plantio mecanizado é realizado por uma plantadora de 2 linhas simultâneas, sendo que esta realiza as operações de abertura dos sulcos, colocação das mudas e adubo, aplicação de inseticidas e/ou fungicidas e cobrimento. A Tabela 2.3 detalha todas as atividades realizadas no plantio mecanizado, utilizando os mesmos códigos do fluxograma apresentado na Figura 2.1.

**Tabela 2. 3: Descrição das atividades de plantio mecanizado.**

COD.	Plantio Mecanizado	Descrição da Atividade
PM-1	Transporte de Insumos	O transporte de insumos é feito do centro de armazenagem para o campo em caminhões. Por insumos compreende-se fertilizantes e defensivos sólidos.
PM-2	Transporte de Calda Pronta	Por calda pronta entende-se a combinação de defensivos líquidos que são transportados do centro de armazenagem para o campo.
PM-3	Abastecimento de Fertilizantes e Defensivos	Consiste na utilização de mão-de-obra rural para abastecer os equipamentos com fertilizantes e defensivos
PM-4	Sulcação Acabamento	Esta atividade é realizada em uma pequena parcela da área onde é necessário fazer um acabamento para a sulcação
PM-5	Corte de Muda Picada	A colheita da cana no caso do plantio mecanizado é feita com uma colheitadeira que, além de colher, pica a cana.
PM-6	Transporte de Muda Picada	O transporte de muda é feito em caminhões da região onde a muda foi colhida para onde esta será plantada
PM-7	Plantio Mecanizado de Muda Picada	No plantio mecanizado as mudas são plantadas com a utilização de uma plantadora, que abre os sulcos, aplica os fertilizantes, insere a muda e cobre.
PM-8	Recobrição Manual	Consiste em um processo de cobrição manual de regiões onde este trabalho foi executado de forma não satisfatória.

- **Trato Cana Planta**

O trato cultural de cana planta consiste no controle das ervas daninhas, adubação e adoção de uma vigilância fitossanitária para controlar a incidência de carvão. A realização do trato cana planta ocorre logo após o plantio, devido ao período crítico de controle de ervas daninhas que não deve superar 90 dias após o plantio ter sido realizado.

A Tabela 2.4 detalha todas as atividades realizadas nos tratos culturais de cana planta, utilizando os mesmos códigos do fluxograma apresentado na Figura 2.1.

Tabela 2. 4: Descrição das atividades de tratamentos culturais de cana planta

COD.	Tratos Culturais de Cana Planta	Descrição da Atividade
T-1	Pulverização em pré-emergência	Consiste na aplicação de defensivos antes que a cana brote, ou seja, antes de emergir do solo.
T-2	Cultivo - quebra lombo	Atividade de destorroamento e acamamento, ou seja, desfaz os torrões <sup>12</sup> de terra que ficam após o plantio.
T-3	2ª Pulverização	Consiste em uma segunda aplicação de defensivos e fertilizantes, desta vez após a emergência.
T-4	Carpa Manual	Retirada manual de plantas daninhas.
T-5	Carpa Química	Consiste na aplicação de defensivos em áreas pontuais onde existam a necessidade de se combater plantas daninhas e/ou pragas.
T-6	Diversos	A atividade "diversos" corresponde ao emprego de mão-de-obra em operações como a de <i>rouguing</i> que consiste na eliminação de plantas indesejáveis e/ou doentes e também na possível replanta de mudas

<sup>12</sup> Torrões: pedaço de terra aglomerada, formando um volume único.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão introduzidos os conceitos básicos que serão utilizados no desenvolvimento do trabalho e também as metodologias que serão aplicadas na elaboração da rede de indicadores de produtividade do plantio da cana-de-açúcar.

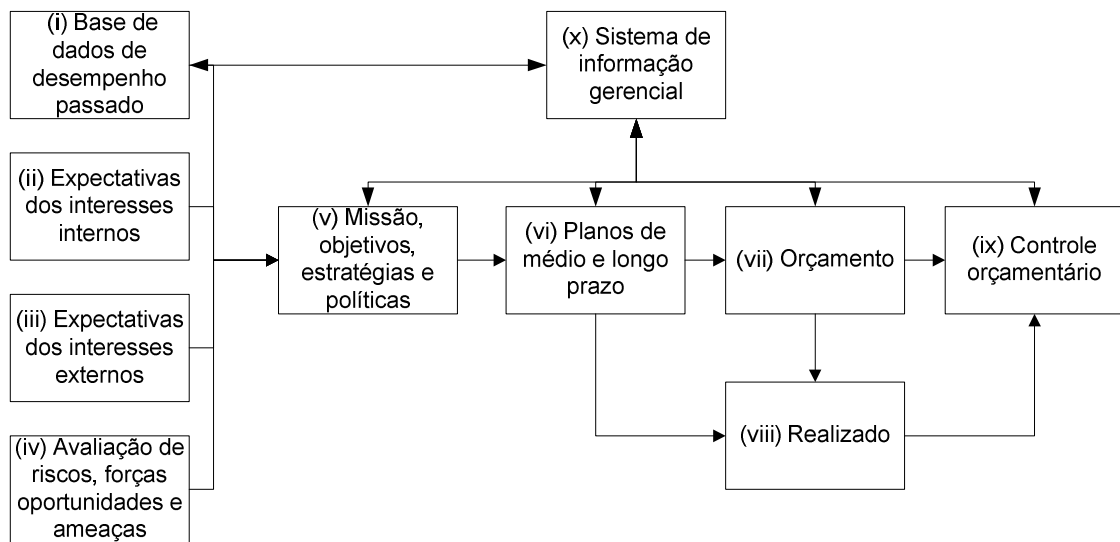
Primeiramente será apresentada uma introdução sobre planejamento e controle orçamentário com o objetivo de apresentar a necessidade da estrutura de indicadores de produtividade. Também serão apresentados os conceitos de sistema de produção e produtividade e, por fim, serão apresentadas metodologias para a elaboração da rede de indicadores.

#### ***3.1 Planejamento e Controle Orçamentário***

No longo prazo, os gerentes de produção criam planos relativos ao que eles pretendem fazer, que recursos eles precisam e quais objetivos eles esperam atingir. No entanto, ao levar avante suas atividades de planejamento, gerentes de produção estarão preocupados principalmente em atingir as metas financeiras, assim serão desenvolvidos orçamentos que identifiquem as metas de custos e receitas que pretendem alcançar (FREZATTI, 2000).

Devido ao crescimento das empresas, com o conseqüente aumento da distância entre o administrador e ativos e pessoas administradas, a contabilidade de custos passou a ser encarada como uma eficiente forma de auxílio no desempenho de uma nova função, a gerencial. Nesse novo campo, a contabilidade de custos tem duas funções relevantes: o auxílio ao controle e a ajuda às tomadas de decisões. No que diz respeito ao controle, sua missão mais importante é fornecer dados para o estabelecimento de padrões, orçamentos e outras formas de previsão e, num estágio imediatamente seguinte, acompanhar o que efetivamente acontecer para comparação com os valores anteriormente definidos (MARTINS, 2003).

Segundo Frezatti (2000), a Figura 3.1 resume o relacionamento entre os vários elementos que compõem o processo de planejamento das organizações.



**Figura 3. 1: Relacionamento entre os elementos no plano de negócios de uma organização. Fonte: Frezatti (2000)**

Os elementos de um plano de negócios de uma empresa possuem um relacionamento cíclico, ou seja, as informações, tanto de planos anteriores como do desempenho realizado, realimentam o sistema de informações da empresa e são utilizadas na elaboração de novos planos. A seguir serão introduzidos todos os relacionamentos da Figura 3.1, segundo Frezatti (2000):

- i. A base de dados de desempenho passado fornece informações que possibilitam a projeção de dados históricos, além de possibilitar a avaliação do desempenho da empresa em períodos passados.
- ii. As expectativas dos interesses internos correspondem às necessidades dos *stakeholders* internos da empresa, podendo estes ser do nível operacional, gerencial ou da cúpula estratégica. Estes *stakeholders* possuem necessidades de reconhecimento tanto financeiro como emocional. Também se deve considerar que existem necessidades departamentais onde uma área é cliente de outra, devendo esta entregar o produto ou subproduto àquela na quantidade, qualidade e tempo exigidos.
- iii. As expectativas dos interesses externos pressionam os agentes internos. Com relação aos acionistas, a expectativa pelo nível de retorno se faz presente. Do ponto de vista do governo, o interesse em incremento nas contribuições fiscais se torna presente. Do ponto

de vista da comunidade, a preservação do emprego é exteriorizada como reivindicação importante.

- iv. A avaliação de riscos e forças da empresa deve ser feita para que oportunidades e ameaças do mercado sejam percebidas e assim uma revisão do planejamento estratégico de longo prazo da empresa possa ser elaborada.
- v. Considerando-se que a visão de longo prazo deve preceder as ações de curto prazo, as questões estratégicas devem ser tratadas. Nesse sentido, missão, objetivos de longo prazo, estratégias e políticas são definidas, revisadas e ajustadas. Tal procedimento permite coerência de atitudes e consistência ao longo do tempo.
- vi. O planejamento e controle de médio prazo está preocupado com o planejar em mais detalhes (e replanejar, se necessário). Ele olha para frente para avaliar a demanda global que a operação deve atingir de uma forma parcialmente desagregada. No planejamento e controle de curto prazo, muitos dos recursos terão sido definidos e será difícil fazer mudanças de grande escala nos recursos. Todavia, intervenções de curto prazo são possíveis se as coisas não correm conforme os planos.
- vii. Após a elaboração, análise, aprovação e divulgação do orçamento, o acompanhamento orçamentário deve desenvolver-se. Analogamente ao orçamento, o controle orçamentário é a forma de se monitorar o plano estratégico da organização no que se refere à sua parcela de horizonte imediato. Serve para corrigir desvios e realimentar o seu processo de planejamento.
- viii. Dados do desempenho realizado são coletados visando a comparação com planejamentos de longo, médio prazo e curto prazo e também com dados de outras empresas do mesmo setor.
- ix. O controle orçamentário é realizado comparando-se os dados do desempenho realizado e o plano orçamentário. O planejamento só se consuma se for monitorado, acompanhado e controlado. Significa que, além de identificar as variações, ações corretivas ou de manutenção devem ser planejadas e executadas. Conseqüentemente, o plano de negócios deve passar por revisão para incorporar as variações já decorridas.

- x. O sistema de informação organiza e armazena os dados tanto dos planos de longo, médio e curto prazos quanto os dados do desempenho realizado.

Uma rede de indicadores de produtividade pode ser utilizada tanto na elaboração do orçamento como no controle deste, permitindo a análise detalhada de cada recurso planejado e utilizado na execução das atividades.

### **3.2 *Produção e produtividade***

Os termos produção e produtividade serão exaustivamente utilizados ao longo deste trabalho, assim são apresentados a seguir conceitos de produção e produtividade visando a sua clara distinção.

#### **3.2.1 Produção**

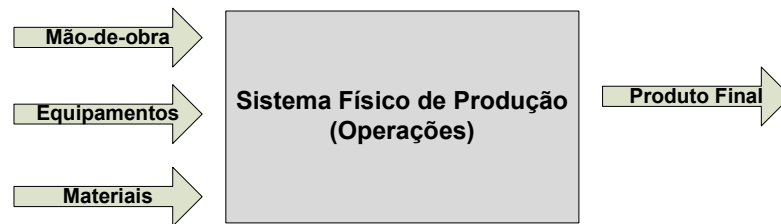
Segundo Muscat (1987), por produção entende-se a transformação de um conjunto de entradas em um conjunto de saídas, sendo essas transformações realizadas fisicamente pelos sistemas de produção (ou operação).

Existem diferentes visões dos sistemas de produção que diferem conforme seu enfoque. A seguir serão apresentadas as duas visões que serão utilizadas no desenvolvimento do presente trabalho.

- **Sistema Físico de Produção**

A visão física de um sistema de produção consiste na explicitação dos itens físicos que compõem um sistema de produção. De acordo com Muscat (1987), em um sistema físico, recursos produtivos diretos, categorizados em matérias-primas, mão-de-obra e equipamentos são utilizados, em certa qualidade e quantidade, para realizar as operações que, tomadas em conjunto, dão origem ao produto final da empresa, que é produzido também em certa quantidade e qualidade. A Figura 3.2 mostra o fluxo de recursos em um Sistema de Produção Físico.



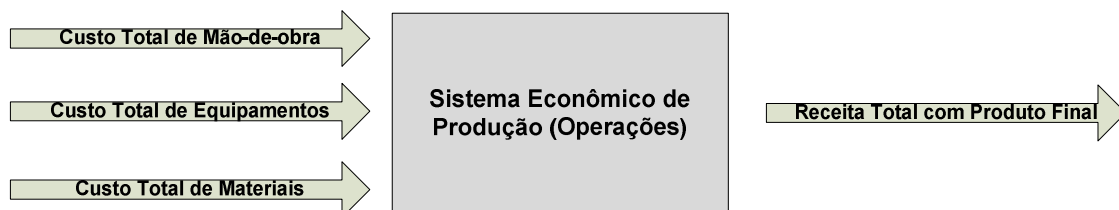


**Figura 3. 2: Sistema físico de produção. Adaptada de Muscat (1987)**

Ainda segundo Muscat (1987), um aspecto fundamental para a definição do sistema físico de produção é a tecnologia que será empregada na realização das operações. Tal tecnologia define quais recursos de entrada serão utilizados de forma a obter o produto final com certa qualidade.

- **Sistema Econômico de Produção**

A visão econômica de um sistema de produção pretende mostrar que o sistema físico de produção está mergulhado num entorno em que constam os mercados fornecedores de mão-de-obra, de equipamentos e de material, além do mercado consumidor do produto final (MUSCAT, 1987).



**Figura 3. 3: Sistema econômico de produção. Adaptado de Muscat (1987)**

Num sistema econômico, as entradas e saídas podem ser medidas em unidades monetárias, conforme mostra o fluxo de recursos de um Sistema Econômico de Produção apresentado na Figura 3.3.

### 3.2.2 Produtividade

Por produtividade entende-se a relação entre as entradas e saídas de um sistema de produção. Para Tangen (2005) apud Jackson e Peterson (1999), produtividade corresponde à combinação entre eficiência e eficácia, ou seja, enquanto eficiência é fazer “certo a coisa”, eficácia é “fazer a coisa certa”, portanto, produtividade é fazer certo a coisa certa (TANGEN, 2005 apud SINK e TUTTLE, 1989).

Assim, de maneira abrangente, produtividade é definida como a relação entre o resultado alcançado e o esforço empregado para obtê-lo, sendo o resultado vinculado à eficácia do sistema produtivo e o esforço vinculado à eficiência do mesmo.

$$\textit{Produtividade} = \frac{\textit{Resultado}}{\textit{Esforço}} \quad (3.1)$$

A produtividade é, portanto, afetada não só pelos fatores de entrada do sistema, mas também pela inter-relação entre esses recursos e o seu gerenciamento, visando sempre diminuir o esforço e melhorar o resultado (LOPES, 2001).

### 3.3 Indicadores de Produtividade

Por meio de um sistema de gestão e controle por indicadores de produtividade a empresa poderá se posicionar frente à competição e verificar se está aperfeiçoando sua forma de atuação, relativamente às necessidades dos clientes e à operação dos competidores (MUSCAT e FLEURY, 1992).

Os indicadores devem agregar algumas características fundamentais para que possam medir de forma correta o desempenho e a produtividade da empresa (FRANCISCHINI, 2005), devendo ser:

- **Válidos:** mostrar o que deseja medir;
- **Corretos e precisos:** ser fiel ao estado do fenômeno;
- **Completo:** abranger as partes importantes;

- **Únicos e mutuamente exclusivos:** não ser redundante;
- **Quantificáveis e confiáveis:** informar resultados válidos, que sejam numericamente quantificáveis e que apresentem dimensões definidas;
- **Compreensíveis:** ser simples e inteligível;
- **Controláveis:** ser passível de ações corretivas e
- **Rastreáveis:** levar ao foco do problema.

Os indicadores de produtividade e desempenho não trazem informações separadamente, ela é obtida por meio de comparação (*benchmark*) com dados históricos ou com dados do mercado.

### **3.4 Métodos para a Elaboração de um Sistema de Medição de Desempenho**

Bourne e Neely (2003) definem um sistema de medição de desempenho como sendo um conjunto multi-dimensional de medidas de desempenho para o planejamento e gestão de um negócio. A medição de desempenho tem sua raiz nos sistemas de contabilidade, porém, com o desenvolvimento da organização industrial, começou-se a utilizar técnicas sofisticadas de orçamentos e gestão contábil, como o custo padrão, análises de variâncias, orçamentos flexíveis, retorno de investimentos e outros.

Nos anos 80 e começo dos anos 90 desenvolveu-se um grande interesse em sistemas de medição de desempenho mais balanceados, um exemplo é a criação do *Balanced Scorecard*. Recentemente houve um crescimento no conceito de medição da satisfação dos *stakeholders* e com isso novas estruturas surgiram, como o Prisma de Desempenho. A seguir serão apresentados métodos de elaboração de sistemas de medição de desempenho, destacando as principais características de cada um deles.

- **Prisma de Desempenho**

Consiste em um modelo tri-dimensional em formato de um prisma. O Prisma de Desempenho tem cinco faces: as faces superior e inferior são a satisfação do *stakeholder* e a contribuição do *stakeholder* respectivamente. As três faces laterais são: estratégia, processos e capacidades.

Empresas que desejam ser bem sucedidas ao longo prazo necessitam de uma visão clara de quem são seus *stakeholders* chave e o que eles querem. Devem definir que estratégias irão seguir para gerar valor a esses *stakeholders*, além disso, devem entender quais são os processos necessários para a realização das estratégias e quais são as capacidades destes processos. O fator mais sofisticado de todos é a percepção do que a organização espera de seus *shareholders* (ADAMS e NEELY, 2003).

- **Método Muscat-Fleury**

Para Muscat e Fleury (1992), a escolha de quais indicadores medir e monitorar está vinculada a uma decisão anterior, acerca da Estratégia Competitiva da empresa e seus Fatores Críticos de Sucesso (FCS's). Estes autores apresentam cinco estruturas de indicadores de gestão, sendo que cada uma corresponde a uma dada estratégia competitiva: custo, qualidade, flexibilidade, tempo e inovação.

- **Balanced Scorecard**

Consiste em um conjunto de medidas de desempenho que supre a cúpula estratégica com uma visão ampla do negócio. O conjunto de *balanced scorecards* inclui indicadores financeiros que mostram o resultado das atividades já realizadas. Ele ainda complementa as medidas financeiras com indicadores operacionais da satisfação dos clientes, processos internos, inovação e melhoria de atividades, indicadores que servirão de guia para o desempenho financeiro futuro. Assim, o *balanced scorecard* promove a visão do negócio sob quatro perspectivas fundamentais: (i) clientes, (ii) processos internos, (iii) inovação e aprendizado e (iv) financeira (KAPLAN E NORTON, 1992).

- **ECOGRAI**

Esta metodologia considera os sistemas físicos, de informação e de tomadas de decisões no desenvolvimento de indicadores de desempenho. A sua aplicação consiste no desenvolvimento de uma análise detalhada do sistema de manufatura, considerando os mecanismos de controle e o fluxo de informações. Nesta análise é utilizada a técnica conhecida como GRAI (*Graphical Method with Results and Activities Inter related*), que analisa as seguintes atividades principais: (i) gestão das atividades, (ii) planejamento das atividades e (iii) gestão dos recursos utilizados nestas atividades (ADAMS e NEELY, 2003).

### **3.5 Estruturação de Sistema de Indicadores de Produtividade**

Para Muscat e Fleury (1992), antes de construir uma estrutura de indicadores, a empresa deve tomar algumas decisões anteriores, a primeira diz respeito à estratégia competitiva que irá adotar e posteriormente quais são seus fatores críticos de sucesso. Estratégia é o padrão global de decisões e ações que posicionam a organização em seu ambiente visando atingir seus objetivos de longo prazo (SLACK, 1999). De acordo com Muscat e Fleury (1992), a Estratégia Competitiva da empresa no que diz respeito à manufatura, pode assumir cinco tipos de objetivos, como seguem: (i) custo; (ii) qualidade; (iii) tempo; (iv) flexibilidade; e (v) inovação.

A estratégia de custos é adequada apenas nos casos de produtos cujos mercados apresentam pequena competição: os produtos são padronizados e há baixo nível de exigência por parte dos clientes. A competição baseada no tempo comporta duas possibilidades básicas: (i) qualidade aos clientes no menor prazo possível e (ii) atender aos clientes dentro de uma faixa de tempo, com a menor variação possível. A flexibilidade diz respeito à capacidade de mudança do que é oferecido pelo sistema de produção ao cliente, para atender as suas necessidades (mix de produtos, datas de suas entregas, etc.) que sofrem alterações no curto prazo. A inovação é a estratégia utilizada pelas empresas que desejam estar sempre à frente de seus competidores oferecendo produtos diferenciados e com características sem precedentes.

Para uma empresa especificar a sua estratégia de competição será necessário identificar quais são os atributos do produto da empresa mais valorizados, sendo que tais atributos devem

ser associados às capacitações (competências) da empresa e aos FCS's (Fatores Críticos de Sucesso).

Os fatores críticos são variáveis nas quais a empresa precisa necessariamente ter bom desempenho para dar sustentação à estratégia competitiva. Quando se identificam os FCS's estão sendo identificadas as variáveis que devem ser mensuradas e, se possível, aperfeiçoadas, para o alcance dos objetivos da empresa, através de sua estratégia competitiva.

As cinco estruturas de indicadores de gestão correspondentes a cada uma das Estratégias de Manufatura descritas por Muscat e Fleury (1992) são mostradas no Anexo A. Cada uma das cinco tem início em um indicador global e, a seguir, esse indicador é decomposto em outros parciais.

A estruturação de um sistema de indicadores começa pelo desdobramento de um indicador global de produtividade em indicadores parciais de produtividade, permitindo assim um maior grau de detalhamento, porém menor abrangência. Para o caso da estrutura baseada na estratégia competitiva de custos, Muscat (1987) propõe a estruturação de um sistema de indicadores de produtividade para um caso particular em que é produzido um único produto manufaturado a partir de um único tipo de recurso de mão-de-obra, um de material e um de equipamento. A seguir será detalhada a estrutura elaborada por Muscat (1987).

Da mesma maneira que a mostrada na Equação 3.1, o indicador global de produtividade de um sistema econômico de produção, de forma genérica, também pode ser definido como na Equação 3.2.

$$P^t = \frac{\text{benefício}}{\text{custo}} \quad (3.2)$$

Nesta equação, o benefício corresponde à receita auferida com a venda de produtos finais e o custo aos gastos referentes à produção dos mesmos. Desta maneira, o indicador global de produtividade  $P^t$  também pode ser definido por:

$$P^t = \frac{Q \times \pi_s}{R \times \pi_h + G \times \pi_m + C \times \pi_e} \quad (3.3)$$

onde:

$Q$  corresponde à quantidade de produto final produzida e vendida, mensurada em unidades de produtos finais;

$\pi_s$  corresponde ao preço unitário do produto final, mensurado em R\$ por unidade de produto final;

$R$  corresponde aos homens  $\times$  hora totais utilizados para a produção da quantidade  $Q$ ;

$\pi_h$  corresponde ao valor horário da mão-de-obra incluindo encargos sociais, mensurado em R\$ por homens  $\times$  hora;

$G$  corresponde à quantidade gasta de material na produção da quantidade  $Q$ , mensurado em unidade de material utilizado;

$\pi_m$  corresponde ao preço unitário do material gasto, mensurado em R\$ por unidade de material utilizado;

$C$  corresponde à capacidade teórica (nominal) de produção, expressa em quantidade de produto final, usada na produção da quantidade  $Q$ ;

$\pi_e$  corresponde ao valor unitário de recuperação do capital, incluindo o valor depreciado e juros sobre o capital empatado, acrescido de manutenção do equipamento e seguro, mensurado em R\$ por unidade do produto final;

Simplificando a Equação 3.3 temos:

$$P^t = P_s \times P_r \quad (3.4)$$

onde:

$$P_s = \pi_s \quad (3.5)$$

$P_s$  corresponde ao preço unitário do produto final, mensurado em R\$ por unidade de produto final, e

$$P_r = \frac{Q}{R \times \pi_h + G \times \pi_m + C \times \pi_e} \quad (3.6)$$

$P_r$  corresponde a produtividade do custo total, mensurado em unidade de produto final por R\$.

Deste modo, espera-se que  $P^t$  seja maior que 1 para que a operação da empresa tenha sentido econômico, ou seja, que sua receita seja superior aos seus custos.

Analisando a Equação 3.3, percebe-se que o indicador de produtividade global  $P^t$  é formado por uma parte de atributos físicos de um sistema de produção, sendo eles  $Q$ ,  $R$ ,  $G$  e  $C$ , e por outra parte por atributos econômicos ou de custos, sendo eles  $\pi_s$ ,  $\pi_h$ ,  $\pi_m$  e  $\pi_e$ . Assim, o indicador global pode ser decomposto em indicadores parciais de produtividade física e indicadores parciais de produtividade de custos. Segundo Muscat (1987), um indicador parcial permite um maior grau de detalhe na análise do sistema de produção do que um indicador global, porém, possui menor abrangência do que este, pois não considera o sistema de produção como um todo.

Considerando o indicador de custo total  $\frac{1}{P_r}$  sendo formado pela composição de outros três indicadores de custos parciais, um referente à mão-de-obra empregada na produção dos produtos finais, outro referente aos equipamentos utilizados e por fim outro referente aos materiais gastos, temos a seguinte equação:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{1}{P_h} + \frac{1}{P_s} + \frac{1}{P_m} \quad (3.7)$$

onde:

$$P_h = \frac{Q}{R \times \pi_h} \quad (3.8)$$



$P_h$  corresponde à produtividade do custo total de mão-de-obra empregada na produção da quantidade de produto final  $Q$ , mensurado em unidade de produto final por R\$;

$$P_e = \frac{Q}{C \times \pi_e} \quad (3.9)$$

$P_e$  corresponde à produtividade do valor unitário de recuperação do capital empregado na produção de produto final  $Q$ , também mensurado em unidade de produto final por R\$ e

$$P_m = \frac{Q}{G \times \pi_m} \quad (3.10)$$

$P_m$  corresponde à produtividade do custo total com material gasto na produção da quantidade de produto final  $Q$ , mensurado em unidade de produto final por R\$.

Analisando com maior profundidade o indicador de produtividade referente à mão-de-obra apresentado pela Equação 3.8, nota-se que homens × horas totais utilizados ( $R$ ) para a produção da quantidade  $Q$  pode ser decomposto segundo a Figura 3.4.

Homens × hora utilizadas ( $R$ )			
Homens × hora disponíveis ( $D$ )			Homens x hora não disponíveis
Homens × hora trabalhadas ( $O$ )		Homens x hora não trabalhadas	
Homens × hora produtivas ( $P$ )	Homens x hora não produtivas		

**Figura 3. 4: Classificação da mão-de-obra utilizada. Fonte: Muscat (1987)**

O valor de  $R$  (homens × hora utilizadas) pode ser dividido em  $D$  (homens × hora disponíveis) e homens × hora não disponíveis. A disponibilidade ( $D$ ) corresponde ao tempo que pode ser aproveitado para a realização de trabalhos, desconsiderando tempo de mão-de-obra em férias, faltas no trabalho, etc. Já o valor de  $D$  pode ser segregado em  $O$  (homens × hora trabalhadas) e homens × hora não trabalhadas. A parcela  $D$  exclui os tempos de ociosidade da mão-de-obra, tempo para recuperação da fadiga, etc. O valor de  $O$  ainda pode ser segregado em  $P$  (homens × hora produtivas) e homens × hora não produtivas, sendo que esta parcela corresponde ao tempo gasto na produção de produtos finais de má qualidade.

Assim, utilizando a divisão acima apresentada, podem ser construídos novos indicadores parciais de produtividade referentes à mão-de-obra, conforme indica a Equação 3.11.

$$P_h = \frac{R}{R \times \pi_h} \times \frac{D}{R} \times \frac{O}{D} \times \frac{P}{O} \times \frac{Q}{P} \tag{3.11}$$

onde:

$R \times \pi_h$  corresponde ao custo total de mão-de-obra, expresso em R\$;

$\frac{R}{R \times \pi_h}$  corresponde à produtividade, em horas, do custo da mão-de-obra;

$\frac{D}{R}$  corresponde à porcentagem de homens × hora disponíveis;

$\frac{O}{D}$  corresponde à porcentagem de homens × hora trabalhadas;

$\frac{P}{O}$  corresponde à porcentagem de homens × hora produtivas e

$\frac{Q}{P}$  corresponde ao ritmo operacional.

Com relação aos equipamentos, verifica-se que *C* (capacidade teórica ou nominal) de produção, expressa em quantidade de produto final, também pode ser decomposta, conforme indica a Figura 3.5.

Capacidade nominal (C)			
Capacidade disponível (A)			Capacidade não disponível
Capacidade utilizada (U)		Capacidade não utilizada	
Uso produtivo (Q)	Uso não produtivo		

Figura 3. 5: Classificação da capacidade teórica. Fonte: Muscat (1987)

O valor de  $C$  pode ser dividido inicialmente em  $A$  (capacidade disponível) e capacidade não disponível. De forma análoga ao  $D$  referente à mão-de-obra, a disponibilidade corresponde à parcela da capacidade teórica que pode ser aproveitada para a realização da produção e capacidade não disponível decorre da manutenção, queda de energia etc. O valor de  $A$  pode ser segregado em  $U$  (capacidade utilizada) e capacidade não utilizada, sendo que esta é composta pela velocidade de processamento menor que a máxima, tempo de preparação de equipamento, etc. Também, analogamente à mão-de-obra, a capacidade utilizada pode ser segregada em  $Q$  (uso produtivo) que corresponde à capacidade empregada na produção de produtos finais com qualidade aceitável e em uso não produtivo.

Utilizando a divisão apresentada pela Figura 3.5, podem ser construídos novos indicadores parciais de produtividades referentes aos equipamentos, conforme indica a Equação 3.12.

$$P_e = \frac{C}{C \times \pi_e} \times \frac{A}{C} \times \frac{U}{A} \times \frac{Q}{U} \quad (3.12)$$

onde:

$C \times \pi_e$  corresponde ao custo total do equipamento, expresso em R\$;

$\frac{C}{C \times \pi_e}$  corresponde à produtividade, em unidades de produto, do custo total do equipamento;

$\frac{A}{C}$  corresponde à porcentagem da capacidade disponível;

$\frac{U}{A}$  corresponde à porcentagem de utilização da capacidade disponível e

$\frac{Q}{U}$  corresponde à porcentagem de produção com qualidade aceitável.

Para completar, o gasto de material ( $G$ ) pode ser decomposto conforme indica a Figura 3.6.

Gasto de material (G)		
Material com qualidade aceitável (B)		Material com qualidade não aceitável
Material Aproveitado (F)	Material não aproveitado	

**Figura 3. 6: Classificação da quantidade gasta de material. Fonte: Muscat (1987)**

O valor de  $G$  (gasto de material) se divide em  $B$  (material com qualidade aceitável), que corresponde aos materiais que atendem as especificações de qualidade, e em material com qualidade não aceitável. Já  $B$  pode ser segregado em  $F$  (material aproveitado), que corresponde ao material utilizado na produção de produtos finais com qualidade aceitável e em material não aproveitado.

Utilizando a classificação apresentada, podem ser construídos novos indicadores parciais de produtividade referentes aos materiais, conforme a Equação 3.13.

$$P_m = \frac{G}{G \times \pi_m} \times \frac{B}{G} \times \frac{F}{B} \times \frac{Q}{F} \quad (3.13)$$

onde:

$G \times \pi_m$  corresponde ao custo total de gasto de material, expresso em R\$;

$\frac{G}{G \times \pi_m}$  corresponde à produtividade, em unidades de material, do custo do material;

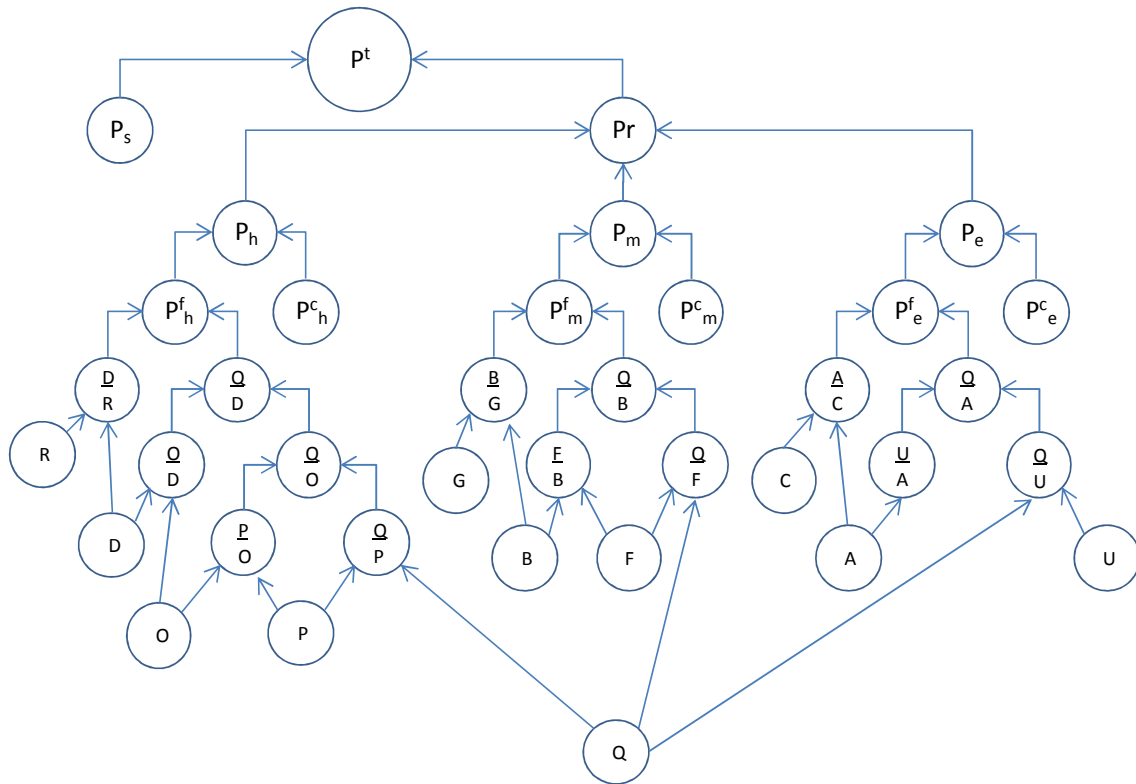
$\frac{B}{G}$  corresponde à porcentagem de material com qualidade aceitável;

$\frac{F}{B}$  corresponde à porcentagem de material aproveitado;

$\frac{Q}{F}$  corresponde à produtividade, em unidades do produto final, do material aproveitado.

Assim, chega-se à decomposição do indicador global  $P^f$  para o caso da utilização de um único tipo de recurso de mão-de-obra, um único tipo de recurso de equipamento e um único tipo

de recurso de material para a produção de um único tipo de produto final. A Figura 3.7 mostra de forma esquemática a rede de indicadores para este caso.



**Figura 3. 7: Detalhamento da composição do indicador global de produtividade. Fonte: Muscat (1987)**

Da Figura 3.7, pode-se definir as produtividades físicas dos recursos de mão-de-obra, equipamentos e materiais respectivamente pelas Equações 3.14, 3.15 e 3.16.

$$P_h^f = \frac{Q}{R} \quad (3.14)$$

$$P_e^f = \frac{Q}{C} \quad (3.15)$$

$$P_m^f = \frac{Q}{G} \quad (3.16)$$

onde:

$P_h^f$  corresponde à produtividade física de mão-de-obra, medida em unidades do produto final por homem × hora;

$P_e^f$  corresponde à produtividade física de equipamentos, medida em unidades do produto final por unidade de capacidade nominal e

$P_m^f$  corresponde à produtividade física de materiais, medida em unidades do produto final por unidade de material.

Ainda com base na Figura 3.7 pode-se definir as produtividades do valor unitário também para cada tipo de recurso utilizado no sistema de produção, conforme as seguintes equações:

$$P_h^c = \frac{1}{\pi_h} \quad (3.17)$$

$$P_e^c = \frac{1}{\pi_e} \quad (3.18)$$

$$P_m^c = \frac{1}{\pi_m} \quad (3.19)$$

onde:

$P_h^c$  corresponde à produtividade, em horas, do valor unitário da mão-de-obra, medida em homens × hora por R\$;

$P_e^c$  corresponde à produtividade em quantidade de produto final, do valor unitário de recuperação do capital empregado na aquisição de equipamentos, medida em unidades de produto final por R\$ e

$P_m^c$  corresponde à produtividade, em quantidade de material, do valor unitário da matéria-prima, medida em unidades do material por R\$.

Assim, considerando as produtividades físicas e as produtividades dos custos unitários do sistema de produção, pode ser calculada a produtividade, em unidades do produto final, do custo total do recurso, da mesma forma feita pelas Equações 3.11, 3.12 e 3.13, porém evidenciando a contribuição dos indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos, conforme as equações 3.20, 3.21 e 3.22.

$$P_h = P_h^f \times P_h^c \quad (3.20)$$

$$P_e = P_e^f \times P_e^c \quad (3.21)$$

$$P_m = P_m^f \times P_m^c \quad (3.22)$$

### **3.6 Estrutura para Análise de Variações de Indicadores de Produtividade**

A estrutura de indicadores de produtividade feita a partir da decomposição do indicador global, conforme apresentada na Seção 3.5, permite que se tenha uma visão estática dos indicadores parciais e, portanto, da situação da empresa. Porém, tanto os indicadores parciais de produtividade física e os indicadores parciais de produtividade de custos estão sujeitos a variações ao longo do tempo.

Muscat (1987) sugere a utilização de uma análise dinâmica dos indicadores globais e parciais de produtividade nas seguintes situações: (i) para diagnosticar problemas de produtividade, seja observando a evolução histórica da mesma, seja comparando a mesma com algum padrão; (ii) quando se quer verificar qual o impacto sobre a produtividade resultante de relações referentes à produção. A estrutura ainda pode ser utilizada no controle orçamentário, uma vez que permite comparar e analisar as variações entre o cenário planejado e o realizado.

Para tanto, Muscat (1987) propõe uma estrutura para análise de variações de indicadores de produtividade para um processo de manufatura em que é empregado apenas um único recurso de mão-de-obra, um recurso de equipamento e um de material na produção de um único tipo de produto final.

A estrutura baseia-se na variação relativa das produtividades dos recursos empregados, comparando-se dois cenários, sendo estes caracterizados pelos instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$ , sendo o momento  $t_2$  posterior ao momento  $t_1$ . De forma geral, para um indicador  $x$  qualquer, a variação relativa é calculada utilizando-se a Equação 3.23.

$$\Psi_X = \frac{x_{t_2} - x_{t_1}}{x_{t_1}} \quad (3.23)$$

Pela Equação 3.2, verifica-se que o indicador de produtividade global  $P^t$  corresponde à relação entre benefício e custo, logo, sua variação em dois cenários diferentes é definida segundo Equação 3.24:

$$P_{\Delta}^t = \frac{\text{benefício}_2 - \text{benefício}_1}{\text{custo}_2 - \text{custo}_1} = \frac{Q_2 \times P_{s2} - Q_1 \times P_{s1}}{\frac{Q_2}{P_{r2}} - \frac{Q_1}{P_{r1}}} = \frac{\Delta Q P_s}{\Delta \frac{Q}{P_r}} \quad (3.24)$$

onde:

$P_{\Delta}^t$  corresponde à variação do indicador global entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ ;

$\Delta Q P_s$  corresponde à variação do faturamento total entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ ;

$\Delta \frac{Q}{P_r}$  corresponde à variação do custo total de produção entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ .

Sabendo-se que o faturamento no instante  $t_2$  pode ser composto pelo faturamento no instante  $t_1$  somado à sua variação entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ , tem-se que:

$$Q_1 P_{s1} + \Delta Q P_s = (Q_1 + \Delta Q) \times (P_{s1} + \Delta P_s) \quad (3.25)$$

Assim, pode-se chegar à variação do faturamento entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$  da maneira mostrada pela Equação 3.26.

$$\Delta Q P_s = Q_1 \Delta P_s + P_{s1} \Delta Q + \Delta Q \Delta P_s \quad (3.26)$$

Dividindo-se ambos os termos pelo faturamento obtido no período  $t_1$  ( $Q_1 P_{s1}$ ), temos a variação relativa do faturamento:

$$\Psi Q P_s = \Psi P_s + \Psi Q + \Psi P_s \times \Psi Q \quad (3.27)$$

De maneira análoga podemos chegar à variação relativa do custo total:



$$\Psi \frac{Q}{P_r} = \Psi \frac{1}{P_r} + \Psi Q + \Psi \frac{1}{P_r} \times \Psi Q \quad (3.28)$$

O desdobramento de  $\Psi \frac{1}{P_r}$  é feito em três etapas, uma vez que o indicador parcial  $\frac{1}{P_r}$  é formado pela soma de outros três indicadores parciais, conforme mostrado na Equação 3.7, um correspondente à mão-de-obra, um ao equipamento e um ao material. Assim, sua decomposição é feita conforme mostra a Equação 3.29. A dedução desta equação é mostrada no Anexo B.

$$\Psi \frac{1}{P_r} = \left[ \frac{P_r}{P_h} \times \Psi \frac{1}{P_h} \right] + \left[ \frac{P_r}{P_e} \times \Psi \frac{1}{P_e} \right] + \left[ \frac{P_r}{P_m} \times \Psi \frac{1}{P_m} \right] \quad (3.29)$$

No caso do cálculo da variação relativa das produtividades  $\Psi \frac{1}{P_h}$ ,  $\Psi \frac{1}{P_e}$  e  $\Psi \frac{1}{P_m}$  será utilizada a seguinte Equação 3.30. A dedução desta equação é mostrada no Anexo B.

$$\Psi \frac{1}{x} = \frac{-\Psi x}{1 + \Psi x} \quad (3.30)$$

Com a utilização das equações apresentadas e baseando-se na rede de indicadores de produtividade citada na Seção 3.5, pode-se desenvolver uma estrutura para análise de variações de indicadores que possibilitará a verificação de impactos causados pelas variações entre os dois cenários. A Figura 3.8 mostra a estrutura de análise de variações utilizada por Muscat (1987) para o caso da utilização de um único recurso de mão-de-obra, equipamento e material na a produção de um único produto.



- **Técnica de Grupo Nominal (NGT)**

Esta técnica é geralmente utilizada na geração de idéias, identificação de problemas e possíveis soluções, promovendo o consenso. A NGT foca na discussão em grupo de uma questão em especial, encorajando a participação ativa de um grupo de pessoas, que respondem a questão individualmente e então em conjunto compilam as respostas e as listam em ordem de importância. (HAVERCAMP e REBORI, 2008)

A NGT é desenvolvida em duas fases. A primeira é chamada de Geração de Idéias e os participantes seguem os seguintes passos (OHIO STATE UNIVERSITY, 2009):

- O objetivo da aplicação da NGT é escrito num quadro de modo que possa ser lido por todos os participantes;
- Cada participante, trabalhando individualmente, elabora uma lista com todas as possíveis idéias que possam contribuir para alcançar o objetivo;
- As idéias de todos participantes são, então, escritas num quadro de maneira que todos possam ler. Neste momento não são discutidos os pontos favoráveis e desfavoráveis de cada idéia;

Inicia-se então a segunda fase, chamada de Priorização:

- É solicitado para que cada participante explique, de forma sucinta, cada uma de suas idéias. Cada idéia então é numerada, sendo que idéias com o mesmo significado devem receber a mesma numeração;
- Cada participante, individualmente, cria sua lista de prioridade, deixando claro qual critério foi usado na priorização. Para isso, cada pessoa recebe cinco pedaços de papel e, em cada um deles, anota o número referente às cinco idéias de maior prioridade;
- Os papéis contendo a priorização de cada participante são colados no quadro, ao lado da idéia correspondente, de forma a mostrar visualmente quais idéias foram consideradas de maior importância por todos os participantes. A idéia com o maior número de pedaços de papel corresponde à de maior importância;

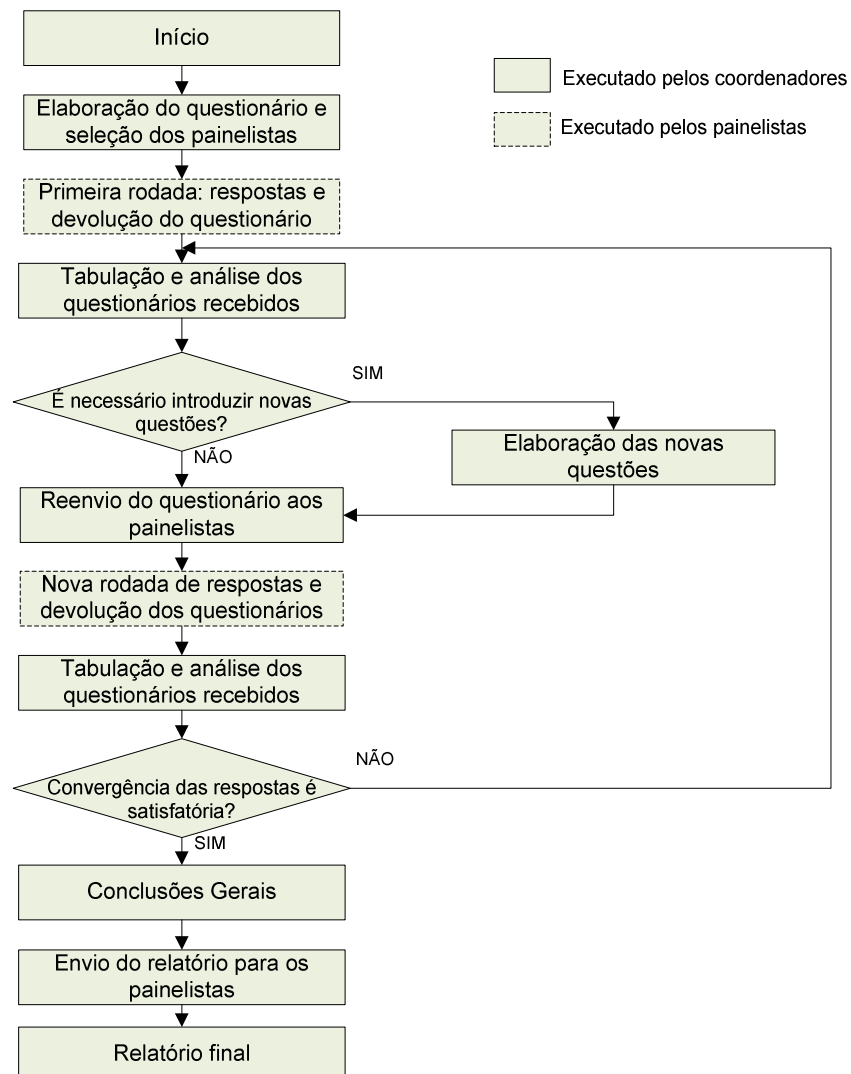
- Para finalizar, os resultados são discutidos para se ter certeza que nenhum engano foi cometido em todo o processo. É criado, então, um relatório final contendo todas as informações e resultados gerados pelo grupo.

- **Método Delphi**

O Método Delphi fornece um meio de fazer planejamentos em situações de carência de dados históricos ou nas quais se pretende estimular a criação de novas idéias. Em linhas gerais, este método consulta um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros através de um questionário, que é repassado continuadas vezes até que seja obtida uma convergência das respostas, um consenso (GIOVINAZZO e WRIGHT, 2000).

Este método baseia-se na aplicação de um questionário interativo, que circula repetidas vezes por um grupo de peritos, preservando o anonimato das respostas individuais. Na primeira rodada os especialistas recebem um questionário preparado por uma equipe de coordenação, que são solicitados a responder individualmente, usualmente com respostas quantitativas apoiadas por justificativas e informações qualitativas. Estas respostas são tabuladas recebendo um tratamento estatístico simples. A cada nova rodada, as perguntas são repetidas e os participantes devem reavaliar suas respostas à luz das respostas numéricas e das justificativas dadas pelos demais respondentes na rodada anterior. São solicitadas novas previsões com justificativas, particularmente se estas previsões divergem das respostas centrais do grupo. Este processo é repetido nas sucessivas rodadas do questionário, até que as divergências tenham se reduzido a um nível satisfatório, e a resposta da última rodada possa ser considerada como a previsão do grupo. (GIOVINAZZO e WRIGHT, 2000)

A seqüência básica de atividades envolvidas na execução do Método Delphi é ilustrada de maneira simplificada pela Figura 3.9.

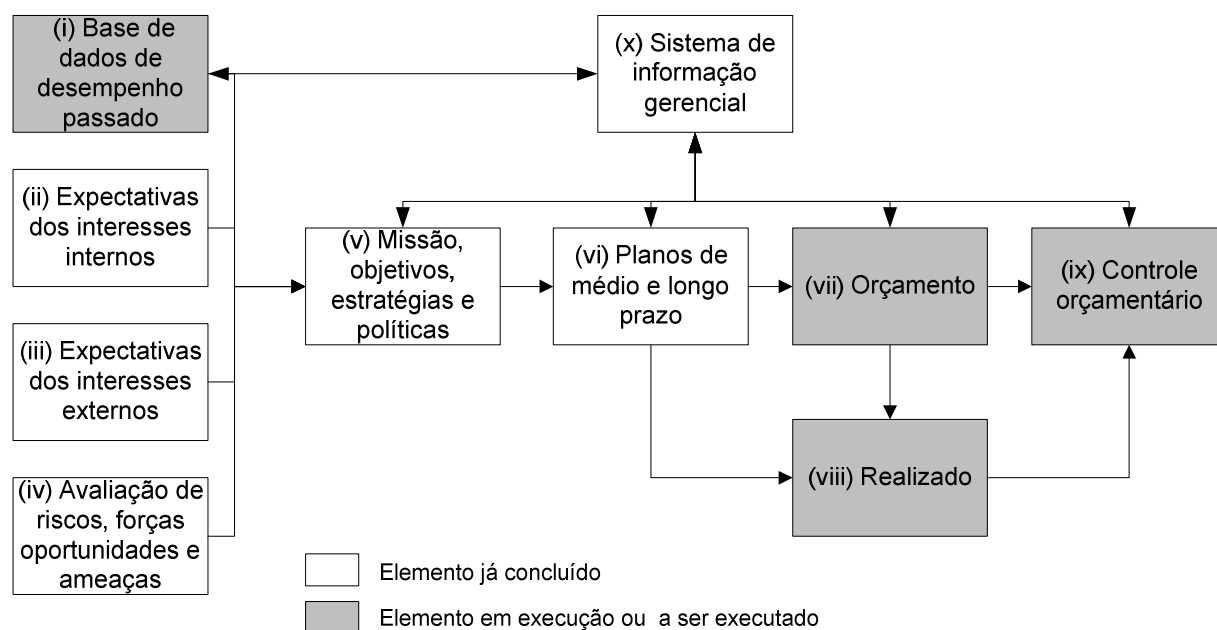


**Figura 3. 9:** Seqüência de atividades envolvidas na execução do método Delphi . Fonte: Giovinazzo e Wright (2000)

## 4. CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA DE INDICADORES

A abordagem adequada do planejamento de negócios é aquela que considera o orçamento como a forma de controle do resultado futuro. O controle é fundamental para o entendimento do grau de desempenho atingido e como o resultado se situou em relação ao planejado (FREZATTI, 2000). A Brenco baseia a realização de suas atividades em um planejamento e controle orçamentário, que é desdobrado de seus níveis hierárquicos mais altos até seus departamentos operacionais, como é o caso do Departamento Agrícola.

Utilizando-se a estrutura de relacionamentos dos elementos que compõem um plano de negócios, mostrada na Figura 3.1, conclui-se que a Brenco, e mais especificamente o Departamento Agrícola, tem seu plano de negócios estruturado conforme mostra a Figura 4.1.



**Figura 4. 1: Relacionamento entre os elementos no plano de negócios de uma organização. Fonte: adaptada pelo autor de Frezatti (2000)**

Pela Figura 4.1 nota-se que alguns elementos já foram concluídos e que alguns estão em execução ou ainda serão executados, a seguir será descrito cada um destes elementos.

- i. A base de dados de desempenho ainda está sendo formada, tendo em vista que a empresa concluiu em 2009 seu segundo ano de plantio de cana-de-açúcar e que ainda não possui

nenhuma operação industrial. O Departamento Agrícola da Brenco estima que para gerar uma base de dados confiável deve-se obter dados de pelo menos três anos de plantio.

- ii. Analisando as expectativas dos interesses internos sob a ótica de clientes internos, o Departamento Agrícola é responsável por entregar a cana-de-açúcar na usina de modo que as operações industriais não sejam interrompidas por falta desta matéria-prima. A cana entregue deve ter certa qualidade, de maneira que maximize a quantidade de sacarose e que não afete a eficiência do processo de produção de etanol.
- iii. As expectativas dos interesses externos estão bem definidas. Como exemplos pode-se citar a expectativa dos acionistas que buscam uma rentabilidade mínima para o capital investido na empresa, e também a comunidade local que busca, além de empregos e melhorias no âmbito social, impactos mínimos no meio ambiente.
- iv. A avaliação de riscos, forças, oportunidades e ameaças foi elaborada com base nos dados históricos e tendências do setor sucroalcooleiro, sendo a visão geral da indústria apresentada na Seção 1.3 deste trabalho.
- v. A visão, missão e os valores da Brenco também já foram abordados neste trabalho na Seção 1.1.2.
- vi. A empresa conta com um planejamento de longo prazo que serve como diretriz para o estabelecimento de metas departamentais. O Departamento de Planejamento Agro-industrial é o responsável por este plano com horizonte de 20 anos, que também é utilizado para a avaliação do valor da empresa.
- vii. Mesmo existindo um planejamento global da companhia para o médio e longo prazos, o Departamento Agrícola carece de uma ferramenta de planejamento orçamentário de curto prazo que permita uma visão detalhada da utilização de recursos, tanto físicos como econômicos.
- viii. A empresa já conta com sistemas de informações que armazenam os dados das atividades realizadas, porém ainda existem falhas na operacionalização destes sistemas.

- ix. Outra necessidade do Departamento Agrícola é uma ferramenta que permita a comparação do que foi realizado frente ao que havia sido planejado, para que ações de controle sejam tomadas.
- x. A empresa utiliza um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) que alimenta o nível gerencial com informações, permitindo que ações sejam tomadas, tanto no curto prazo como no longo prazo, podendo gerar mudanças em seu planejamento estratégico.

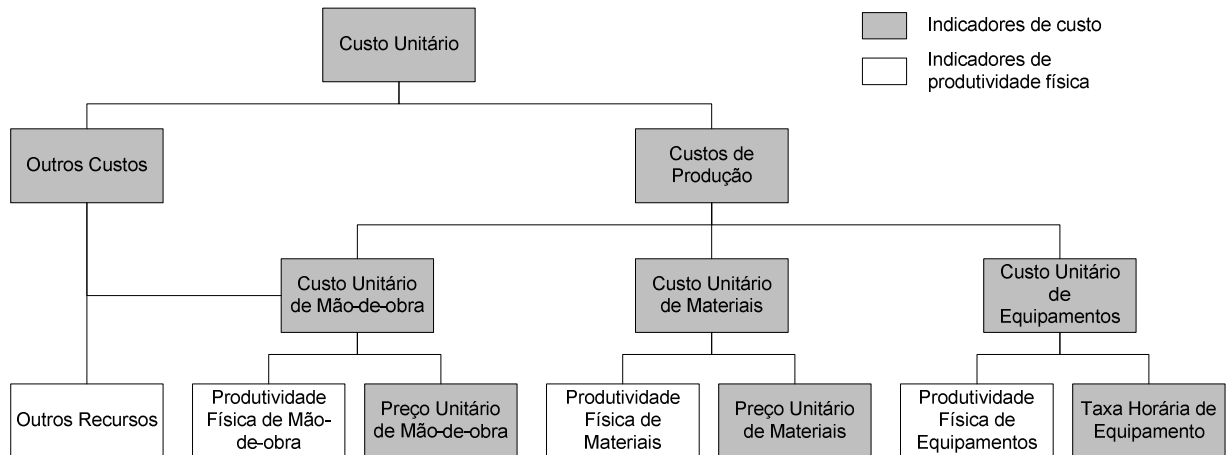
De maneira geral, a Brenco encontra-se em um estágio em que se faz necessário o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao planejamento e controle orçamentário de curto prazo. As próximas seções mostrarão a estruturação de um sistema de indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos que tem como objetivo suprir esta atual demanda.

#### **4.1 Estruturação da Rede de Indicadores de Produtividade**

O método escolhido para a estruturação do sistema de indicadores de produtividade foi o método de Muscat e Fleury (1992) devido ao fato de ser uma ferramenta de rápido e fácil desenvolvimento, não necessitando a atuação da cúpula estratégica na sua elaboração. Segundo este método, definir a estratégia competitiva da empresa e seus fatores críticos de sucesso (FCS's) são decisões que antecedem o desenvolvimento da rede de indicadores de produtividade. De acordo com Slack et al. (2002), as exigências dos clientes, também chamadas de fatores competitivos, definem os objetivos de desempenho das organizações.

No caso do setor sucroalcooleiro a estratégia competitiva das empresas é baseada em custo, uma vez que o etanol é um combustível com propriedades controladas por agências reguladoras e, portanto, com pouca diferenciação. Logo, os consumidores são bastante exigentes quanto ao preço, pois poderão adquirir o mesmo produto de diferentes produtores. Desta maneira, para uma estratégia competitiva genérica baseada em custos, Muscat e Fleury (1992) propõem a utilização da estrutura de indicadores mostrada na Figura 4.2.





**Figura 4. 2: Estrutura de indicadores baseada na estratégia de custo. Fonte: Adaptada de Muscat e Fleury (1992)**

A estrutura de indicadores de produtividade baseada na estratégia competitiva de custos consiste na decomposição de um indicador global de produtividade: o custo unitário do produto. Este indicador pode ser segregado em indicadores parciais de produtividade, que têm como características menor abrangência, porém um maior nível de detalhes.

Ainda na Figura 4.2 pode-se perceber que a decomposição do indicador global chega a um nível de detalhamento em que se pode evidenciar o Sistema Físico de Produção, mostrado na Figura 3.2, por meio dos indicadores de produtividade física e o Sistema Econômico de Produção, mostrado na Figura 3.3, por meio dos indicadores de preços e custos unitários.

A seguir será detalhado o processo de estruturação do sistema de indicadores de produtividade para o caso do plantio de cana-de-açúcar da Brenco, partindo do indicador global até chegar ao nível mais detalhado dos indicadores parciais de produtividade.

#### 4.1.1 Indicador global de Produtividade

Conforme mostrado na Equação 3.2, de maneira geral, o indicador global de produtividade mostra a relação entre o benefício obtido com a venda de dado produto e o esforço, ou custo, despendido na sua produção. No caso da estruturação da rede de indicadores de produtividade do processo de plantio da cana-de-açúcar, o indicador global será obtido por meio de adaptações deste conceito. Tais adaptações se devem às particularidades do processo de plantio frente ao

processo de manufatura para o qual foi desenvolvida a rede de indicadores de produtividade apresentada por Muscat (1987).

No caso dos processos de plantio da cana-de-açúcar, o produto final será a área plantada, mensurada em hectares. Neste caso, tendo em vista que a empresa comercializa etanol e energia elétrica, existe a dificuldade de se estimar a receita que determinada área plantada gerará, devido principalmente aos seguintes motivos:

- **A geração de receita é obtida com a venda do etanol e energia elétrica, e não da área plantada**

A área plantada, por ser um produto intermediário do processo de produção do etanol e da energia elétrica, não é comercializada, existindo assim uma dificuldade em se determinar a receita que certa área gerará. No Estado de São Paulo existe um sistema de precificação da cana-de-açúcar, criado pelo CONSECANA (Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), com base no mix de produção de açúcar e etanol, porém ainda não existe um sistema que precifique a área plantada, tampouco que considere a receita gerada pela venda de energia elétrica produzida a partir da queima do bagaço da cana.

- **A área plantada gerará receitas somente no próximo período**

Devido ao tempo necessário para a maturação da cana-de-açúcar, a área plantada gerará receita somente no próximo período (ano) quando a cana será processada e utilizada na produção do etanol e da energia elétrica.

- **O plantio da cana-de-açúcar gera receitas durante três, quatro anos ou mais**

De acordo com Marion (2007), um canavial tem sua parte extraída (cortada), mantendo-se sua parte contida no solo para a formação de novas árvores. Assim, uma vez plantado, poderá gerar, dependendo da região, de três a quatro cortes ou mais, sendo feita a exaustão do canavial durante este período. No caso da Brenco, é estimado pelos analistas do Departamento Agrícola que seu canavial renderá pelo menos cinco cortes. Após cada corte do canavial, sua produtividade agrícola, medida em toneladas de cana-de-açúcar por hectare, diminui. Desta maneira, o canavial

gerará receitas durante três, quatro ou mais anos, sendo o primeiro ano, na safra ou ano seguinte ao que foi plantado.

Portanto, como o objetivo deste trabalho é a estruturação de uma rede de indicadores que servirá para planejar e controlar os custos incorridos no plantio da cana-de-açúcar, e também devido à dificuldade de se estimar a receita de uma dada área plantada, foi adotado como indicador global o custo unitário total de produção, mensurado em R\$ por hectare, sendo este o inverso da produtividade de custo unitário  $P_r$ . Para tanto, foi feita uma adaptação da Equação 3.4 da seguinte maneira:

$$P^t = \text{custo unitário total de produção} = \frac{1}{P_r} \quad (4.1)$$

Pode-se perceber que a adoção do indicador de custo unitário de produção como o indicador global de produtividade vai de encontro ao que foi apresentado por Muscat e Fleury (1992) e mostrado na Figura 4.2.

Para adequar a rede de indicadores de produção proposta por Muscat (1987) para o caso do plantio da cana-de-açúcar, será feita a extrapolação da Equação 3.7 para um caso geral, mostrado pela Equação 4.2, em que o custo unitário de produção depende da soma de outros  $n$  custos unitários.

$$\frac{1}{P_{total}} = \frac{1}{P_1} + \dots + \frac{1}{P_i} + \dots + \frac{1}{P_n} \quad (4.2)$$

onde:

$\frac{1}{P_{total}}$  corresponde ao custo unitário de produção, medido em R\$ por hectare, formado pela soma de outros  $n$  custos de produção e

$\frac{1}{P_i}$  corresponde ao custo unitário parcial de produção qualquer  $i$ , sendo que  $i$  varia de um ao número de indicadores parciais  $n$ , que somados constituem o indicador de custo unitário  $\frac{1}{P_{total}}$ . Todos estes indicadores são medidos em R\$ por hectare.

A Equação 4.2 será utilizada no desenvolvimento de toda a rede de indicadores, desde o desdobramento do custo unitário total de plantio até o desdobramento do custo unitário de cada tipo de recurso utilizado nas atividades.

#### 4.1.2 Indicadores parciais por macroprocessos

Conforme apresentado no Capítulo 2, o plantio da cana-de-açúcar é dividido nos seguintes macroprocessos: preparo de solo, plantio e trato cana planta. Desta maneira, o custo unitário total de plantio pode ser decomposto da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. total de plantio} &= \\ &= \text{Custo unit. prep. do solo} + \text{Custo unit. plantio} + \\ &+ \text{Custo unit. trato cana planta} \end{aligned}$$

Logo, utilizando a Equação 4.2, chega-se à Equação 4.3 para o caso do plantio de cana-de-açúcar:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{1}{P_{r\text{ prep}}} + \frac{1}{P_{r\text{ plantio}}} + \frac{1}{P_{r\text{ trato}}} \quad (4.3)$$

onde:

$\frac{1}{P_r}$  corresponde ao custo unitário total de produção, mensurado em R\$ por hectare, conforme indica a Equação 4.1;

$\frac{1}{P_{r\text{ prep}}}$  corresponde ao custo unitário do macroprocesso de preparo de solo, mensurado em R\$ por hectare;

$\frac{1}{Pr_{plantio}}$  corresponde ao custo do unitário do macroprocesso de plantio, mensurado em R\$ por hectare e

$\frac{1}{Pr_{trato}}$  corresponde ao custo unitário do macroprocesso de trato cana planta, mensurado em R\$ por hectare.

O custo unitário dos macroprocessos de preparo de solo, plantio e trato cana planta são formados pelos custos dos recursos consumidos na realização de suas atividades, dentre eles recursos de mão-de-obra, materiais e equipamentos. Tendo em vista que o macroprocesso de plantio pode ser realizado de duas maneiras: (i) plantio semi-mecanizado e (ii) plantio mecanizado, conforme discutido no Capítulo 2, pode-se obter dois valores para o custo total unitário de plantio, os quais são mostrados nas Equações 4.4 e 4.5.

$$\frac{1}{Pr_{SEMI}} = \frac{1}{Pr_{prep}} + \frac{1}{Pr_{plantio\ SEMI}} + \frac{1}{Pr_{trato}} \quad (4.4)$$

Na Equação 4.4 o custo total unitário de plantio foi chamado de custo unitário de plantio semi-mecanizado, uma vez que o macroprocesso de plantio é realizado por operações semi-mecanizadas, conforme detalhado no Capítulo 2.

Da mesma forma, o macroprocesso de plantio pode ser executado de maneira mecânica, neste caso pode-se obter o custo total unitário do plantio mecanizado, conforme indica a Equação 4.5.

$$\frac{1}{Pr_{MEC.}} = \frac{1}{Pr_{prep}} + \frac{1}{Pr_{plantio\ MEC.}} + \frac{1}{Pr_{trato}} \quad (4.5)$$

Portanto,  $\frac{1}{Pr_{SEMI}}$  e  $\frac{1}{Pr_{MEC.}}$  correspondem aos dois indicadores globais da rede de indicadores de produtividade do processo de plantio da cana-de-açúcar. A escolha de qual área será plantada mecânica ou semi-mecanicamente é uma decisão estratégica do Departamento Agrícola da empresa e envolve diversos fatores técnicos que não serão discutidos neste trabalho.

### 4.1.3 Indicadores parciais por atividade

Da mesma maneira que o indicador de custo total unitário de plantio é decomposto em indicadores de macroprocessos (preparo de solo, plantio e trato cana planta), o indicador de custo de um macroprocesso também pode ser subdividido em indicadores de cada atividade que o compõe.

Para o caso do preparo de solo, pode-se chegar à seguinte composição de seu custo unitário:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. de prep. de solo} &= \\ &= \text{Custo unit. ativid. 1} + \text{Custo unit. ativid. 2} + \dots + \\ &+ \text{Custo unit. ativid. 12} \end{aligned}$$

As doze atividades que compõem o preparo de solo estão detalhadas na Tabela 2.1 e mostradas em forma de fluxograma na Figura 2.1.

Logo, utilizando a Equação 4.2, tem-se a Equação 4.6 para o macroprocesso de preparo de solo.

$$\frac{1}{Pr_{prep}} = \frac{1}{Pr_{ativid. 1}} + \frac{1}{Pr_{ativid. 2}} + \dots + \frac{1}{Pr_{ativid. 12}} \quad (4.6)$$

No caso do macroprocesso de plantio realizado de forma semi-mecanizada são realizadas dez atividades, conforme detalhado pela Tabela 2.2. Portanto, a composição do custo unitário deste macroprocesso é obtida somando os custos unitários destas dez atividades, da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. de plantio semi-mecanizado} &= \\ &= \text{Custo unit. ativid. 1} + \text{Custo unit. ativid. 2} + \dots + \\ &+ \text{Custo unit. ativid. 10} \end{aligned}$$

Utilizando a Equação Geral 4.2 da mesma maneira feita para o preparo de solo, tem-se a Equação 4.7 para a formação do custo unitário do plantio semi-mecanizado:

$$\frac{1}{Pr_{plantio SEMI}} = \frac{1}{Pr_{ativid. 1}} + \frac{1}{Pr_{ativid. 2}} + \dots + \frac{1}{Pr_{ativid. 10}} \quad (4.7)$$

O macroprocesso de plantio pode ser realizado de forma mecânica como foi detalhado pela Tabela 2.3 e mostrado na Figura 2.1. Considerando as oito atividades que compõem este macroprocesso, tem-se a seguinte composição de seu custo unitário:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. de plantio mecanizado} &= \\ &= \text{Custo unit. ativid. 1} + \text{Custo unit. ativid. 2} + \dots + \\ &+ \text{Custo unit. ativid. 8} \end{aligned}$$

De maneira análoga ao macroprocesso de plantio semi-mecanizado, chega-se à Equação 4.8.

$$\frac{1}{Pr_{\text{plantio MEC.}}} = \frac{1}{Pr_{\text{ativid. 1}}} + \frac{1}{Pr_{\text{ativid. 2}}} + \dots + \frac{1}{Pr_{\text{ativid. 8}}} \quad (4.8)$$

Por fim, tem-se a decomposição do custo unitário de trato cana planta considerando os custos unitários das seis atividades que compõem este macroprocesso:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. de trato cana planta} &= \\ &= \text{Custo unit. ativid. 1} + \text{Custo unit. ativid. 2} + \dots + \\ &+ \text{Custo unit. ativid. 6} \end{aligned}$$

De forma análoga feita para os demais macroprocessos, chega-se à Equação 4.9, que considera a composição do macroprocesso de trato cana planta em suas seis atividades, conforme mostra a Tabela 2.4.

$$\frac{1}{Pr_{\text{trato}}} = \frac{1}{Pr_{\text{ativid. 1}}} + \frac{1}{Pr_{\text{ativid. 2}}} + \dots + \frac{1}{Pr_{\text{ativid. 6}}} \quad (4.9)$$

É importante salientar que todos indicadores de custo unitário de cada atividade mostrados nas Equações 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 são mensurados em R\$ por hectare.

#### 4.1.4 Indicadores parciais por classe de recursos: mão-de-obra, equipamentos e materiais

Para a realização de cada atividade que compõe os macroprocessos de preparo de solo, plantio e trato cana planta, são utilizados recursos classificados em três classes: (i) mão-de-obra, (ii) equipamentos e (iii) materiais.

De maneira geral, tem-se que o custo para a execução de uma dada atividade  $n$  é composto da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. ativid. } n &= \\ &= \text{Custo unit. mão-de-obra} + \text{Custo unit. equipamento} + \\ &+ \text{Custo unit. material} \end{aligned}$$

Adaptando-se a Equação 3.7, chega-se à composição de custo para o caso geral da atividade  $n$ :

$$\frac{1}{P_r \text{ ativid. } n} = \frac{1}{P_h \text{ ativid. } n} + \frac{1}{P_m \text{ ativid. } n} + \frac{1}{P_e \text{ ativid. } n} \quad (4.10)$$

onde:

$\frac{1}{P_r \text{ ativid. } n}$  corresponde ao custo unitário da atividade  $n$ , sendo  $n$  uma atividade qualquer, mensurado em R\$ por hectare;

$\frac{1}{P_h \text{ ativid. } n}$  corresponde ao custo unitário de mão-de-obra gasta na realização da atividade  $n$ , mensurado em R\$ por hectare;

$\frac{1}{P_m \text{ ativid. } n}$  corresponde ao custo unitário de material gasto na atividade  $n$ , mensurado em R\$ por hectare e

$\frac{1}{P_e \text{ ativid. } n}$  corresponde ao custo unitário de recuperação do capital, manutenção e seguro dos equipamentos utilizados na realização da atividade  $n$ , mensurado em R\$ por hectare.



As classes de recursos (mão-de-obra, materiais e equipamentos) podem ainda ser compostas de diferentes tipos de recursos, por exemplo, no caso da mão-de-obra, podem-se empregar pessoas de diferentes cargos e funções na realização de uma mesma atividade, o mesmo vale para equipamentos e materiais, que podem ser de diferentes tipos.

#### 4.1.5 Indicadores parciais por tipo de recurso

Conforme já apresentado na Seção 4.1.4, cada classe de recursos é composta por diversos tipos de recursos, que são assim segregados pelas funções específicas que desempenham. Primeiramente serão explorados os recursos de mão-de-obra, em seguida os de equipamentos e por fim de materiais.

- **Indicadores parciais por tipo de mão-de-obra**

Na realização de uma mesma atividade, podem ser consumidos diferentes tipos de mão-de-obra (MDO), dentre elas: (i) operador de equipamento; (ii) operador de implemento; (iii) mão-de-obra rural ou rurícola e (iv) fiscais de atividade. Cada tipo de recurso é utilizado em quantidades que atendam a demanda da atividade a ser executada. O custo unitário de mão-de-obra de uma atividade qualquer  $n$  pode ser calculado da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. MDO ativid. } n &= \\ &= \text{Custo unit. MDO tipo 1} + \text{Custo unit. MDO tipo 2} + \dots + \\ &+ \text{Custo unit. MDO tipo } \alpha \end{aligned}$$

Em que são necessários  $\alpha$  tipos de mão-de-obra para a execução da atividade genérica  $n$ . Logo, utilizando a Equação Geral 4.2 tem-se que:

$$\frac{1}{P_{h \text{ ativid. } n}} = \frac{1}{P_{h \text{ tipo 1}}} + \frac{1}{P_{h \text{ tipo 2}}} + \dots + \frac{1}{P_{h \text{ tipo } \alpha}} \quad (4.11)$$

Onde a soma dos custos unitários de todos os tipos de recursos de mão-de-obra utilizados na atividade  $n$ , mensurados em R\$ por hectare, compõe o custo unitário total de mão-de-obra, representado por  $\frac{1}{P_{h \text{ ativid. } n}}$ .

- **Indicadores parciais por tipo de equipamentos**

Da mesma maneira, também são utilizados diversos tipos de equipamentos na execução das atividades que compõem o processo de plantio da cana-de-açúcar, dentre eles: (i) retroescavadeira; (ii) trator de esteira – D6; (iii) trator 100 cv; (vi) trator 185 cv; (v) trator 240 cv; (vi) pá mecânica; (vii) motoniveladora; (viii) caminhão 230 cv; (ix) caminhão 300 cv; (x) caminhão calda pronta; (xi) caminhão coagril; (xii) carregadora e (xiii) colhedora.

Além dos equipamentos, podem ser utilizados implementos agrícolas para a realização das atividades. Os implementos diferem dos equipamentos descritos acima pelo fato de não serem automotrizes. Os tipos de implementos utilizados nas atividades de plantio são: (i) pulverizador tipo Falcon ; (ii) distribuidor de corretivo; (iii) grade aradora 30 x 32”; (vi) grade intermediária 40 x 28”; (v) grade niveladora 64 x 28”; (vi) munck 18 ton; (vii) sulcador adubador 3 linhas; (viii) sulcador adubador 2 linhas; (ix) conjunto de transbordos e (x) cultivador quebra-lombo.

Assim como no caso da mão-de-obra, mais de um tipo de equipamento pode ser utilizado na realização de uma mesma atividade. Assim o custo unitário de equipamentos empregado na execução de uma atividade  $n$  é formado pela soma do custo de recuperação do capital, manutenção e seguro de cada equipamento e implemento, da seguinte forma:

*Custo unit. equip. ativ. n =*

$$\begin{aligned}
 &= \text{Custo unit. equip. tipo 1} + \text{Custo unit. equip. tipo 2} + \dots + \\
 &\quad + \text{Custo unit. equip. tipo } \beta + \text{Custo unit. impl. tipo 1} + \\
 &\quad + \text{Custo unit. impl. tipo 2} + \dots + \text{Custo unit. impl. tipo } \gamma
 \end{aligned}$$

Sendo necessários  $\beta$  tipos de equipamentos e  $\gamma$  tipos de implementos na execução da atividade  $n$ . Novamente utilizando-se a Equação 4.2, chega-se à seguinte fórmula que ilustra de maneira genérica o cálculo do custo unitário de equipamento e implemento:

$$P_{e \text{ ativid. } n}^1 = P_{e \text{ equip. tipo } 1}^1 + \dots + P_{e \text{ equip. tipo } \beta}^1 + P_{e \text{ impl. tipo } 1}^1 + \dots + \frac{1}{P_{e \text{ impl. tipo } \gamma}^1} \quad (4.12)$$

- **Indicadores parciais por tipo de material**

Os materiais utilizados no plantio são: (i) diesel; (ii) lubrificantes; (iii) defensivos; (iv) fertilizantes e (v) corretivos. De maneira geral, para a realização de uma dada atividade  $n$ , pode-se chegar ao custo unitário de materiais pela soma dos custos dos  $\delta$  diferentes tipos de materiais utilizados na atividade, da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Custo unit. material. ativid. } n &= \\ &= \text{Custo unit. material tipo } 1 + \text{Custo unit. material tipo } 2 + \dots + \\ &+ \text{Custo unit. material tipo } \delta \end{aligned}$$

De modo análogo ao que foi feito com a mão-de-obra e equipamentos, utilizando a Equação 4.2, chega-se à Equação 4,13, que mostra a decomposição do custo unitário de material da atividade  $n$ , em R\$ por hectare, em indicadores de produtividade do custo unitário por tipo de material, que para a realização da atividade  $n$  sejam necessários  $\delta$  tipos:

$$\frac{1}{P_{m \text{ ativid. } n}} = \frac{1}{P_{m \text{ tipo } 1}} + \frac{1}{P_{m \text{ tipo } 2}} + \dots + \frac{1}{P_{m \text{ tipo } \delta}} \quad (4.13)$$

#### **4.1.6 Indicadores parciais de produtividade físicas e de custos por tipo de recurso**

Os indicadores de produtividade por tipo de recurso podem ser segregados em indicadores parciais de produtividade física e indicadores parciais de produtividade de custo, portanto, adaptando a Equação 3.20 têm-se as produtividades de cada tipo de recurso de mão-de-obra utilizado na execução de determinada atividade, obtendo-se assim a seguinte equação:

$$P_{h \text{ tipo } \alpha} = P_{h \text{ tipo } \alpha}^f \times P_{h \text{ tipo } \alpha}^c \quad (4.14)$$

onde:

$P_{h \text{ tipo } \alpha}$  corresponde à produtividade do custo unitário do recurso genérico  $\alpha$  de mão-de-obra, medida em hectares por R\$, utilizado na realização de uma determinada atividade;

$P_{h \text{ tipo } \alpha}^f$  corresponde à produtividade física do recurso genérico  $\alpha$  de mão-de-obra utilizado na execução de determinada atividade, medida em hectares por homem  $\times$  hora, utilizado na realização de uma determinada atividade e

$P_{h \text{ tipo } \alpha}^c$  produtividade do valor unitário do recurso  $\alpha$  de mão-de-obra, medida em homem  $\times$  hora por R\$, utilizado na realização de uma determinada atividade.

De modo análogo, adaptando a Equação 3.21 tem-se a decomposição das produtividades de equipamentos:

$$P_{e \text{ tipo } \alpha} = P_{e \text{ tipo } \alpha}^f \times P_{e \text{ tipo } \alpha}^c \quad (4.15)$$

onde:

$P_{e \text{ tipo } \alpha}$  corresponde à produtividade do custo unitário do recurso genérico  $\alpha$  de equipamento ou implemento, medida em hectares por R\$, utilizado na realização de uma determinada atividade;

$P_{e \text{ tipo } \alpha}^f$  corresponde à produtividade física de equipamento ou implemento genérico  $\alpha$  utilizado na execução de uma determinada atividade, medida em hectares plantados por hectares de capacidade do equipamento ou implemento e

$P_{e \text{ tipo } \alpha}^c$  corresponde à produtividade do valor de recuperação do capital investido e do custo de manutenção e seguro do equipamento ou implemento genérico  $\alpha$ , medida em hectares por R\$, utilizado na realização de uma determinada atividade.

Para os materiais consumidos nas atividades, pode-se chegar à seguinte equação geral:

$$P_{m \text{ tipo } \alpha} = P_{m \text{ tipo } \alpha}^f \times P_{m \text{ tipo } \alpha}^c \quad (4.16)$$

onde:

$P_{m \text{ tipo } \alpha}$  corresponde à produtividade do custo unitário do recurso genérico  $\alpha$  da classe de materiais, medida em hectares por R\$, utilizado na realização de uma determinada atividade;

$P_{m \text{ tipo } \alpha}^f$  corresponde à produtividade física do material  $\alpha$  utilizado na execução de uma determinada atividade, medida em hectares por unidade do material (toneladas, quilos, litros etc.) e

$P_{m \text{ tipo } \alpha}^c$  corresponde à produtividade do valor unitário do material  $\alpha$ , medida em unidades do material por R\$, utilizado na realização de uma determinada atividade.

#### 4.1.6.1 Produtividades Físicas

Os indicadores  $P_{h \text{ tipo } \alpha}^f$ ,  $P_{e \text{ tipo } \alpha}^f$  e  $P_{m \text{ tipo } \alpha}^f$ , indicadores de produtividade física de um recurso genérico  $\alpha$ , podem ser decompostos em indicadores parciais que visam um maior detalhamento da utilização dos recursos. No cálculo dos indicadores de produtividade física, foi elaborada pelo autor uma estrutura de dimensionamento de recursos de acordo com a necessidade de cada atividade, as fórmulas de cálculo utilizadas são apresentadas no Anexo C.

##### i. Mão-de-obra utilizada

Adaptando a Figura 3.4 para o caso particular do plantio de cana de açúcar, obtém-se a seguinte decomposição para cada tipo de recurso de mão-de-obra utilizado na realização de determinada atividade.

Homens × hora utilizadas ( $R$ )		
Homens × hora disponíveis ( $D$ )		Homens x hora não disponíveis
Homens × hora trabalhadas ( $O$ )	Homens x hora não trabalhadas	

**Figura 4. 3: Classificação da mão-de-obra utilizada nos processos de plantio da cana-de-açúcar. Fonte: Adaptada de Muscat (1987)**

Existe a dificuldade de se determinar a qualidade do plantio logo após a sua realização, devido ao tempo necessário para a maturação da planta. Desta maneira, o indicador homens × horas produtivas ( $P$ ) foi eliminado. Logo, por meio da adaptação da Equação 3.11, tem-se que os indicadores parciais de produtividade física de mão-de-obra podem ser decompostos da seguinte forma:

$$P_{h \text{ tipo } \alpha}^f = \frac{D}{R} \times \frac{O}{D} \times \frac{Q}{O} \quad (4.17)$$

A seguir será detalhado cada indicador de produtividade física de um recurso genérico de mão-de-obra  $\alpha$  utilizado em uma atividade qualquer.

- **Cálculo de Homens × hora utilizadas ( $R$ )**

O cálculo de homens × hora utilizadas ( $R$ ) no plantio de cana-de-açúcar baseia-se no cronograma de atividades definido pelo Departamento Agrícola, mostrado pela Figura 2.2, que o define segundo as condições edafoclimáticas das regiões e também visando à otimização dos ativos da empresa.

Logo, por meio dos dias corridos de realização das atividades, do número de colaboradores que realizarão a atividade, da quantidade de turnos por dia e das horas trabalhadas por turno, chega-se ao homens × hora utilizados ( $R$ ). Para um melhor entendimento, o cálculo de homens × hora utilizados ( $R$ ) é mostrado de forma detalhada no Anexo D.

- **Cálculo de Homens × hora disponíveis (*D*)**

O cálculo de homens × hora disponíveis (*D*) foi realizado baseando-se nos dias úteis, ou dias disponíveis de plantio, ou seja, dias sem chuva e dias em que mesmo com precipitação seja possível dar andamento às atividades agrícolas, e na porcentagem estimada de absenteísmo. O Departamento Agrícola da empresa determinou que em dias em que a precipitação for superior a 3mm, a realização das atividades agrícolas fica comprometida. A fórmula de cálculo deste indicador encontra-se detalhada no Anexo D.

- **Cálculo de Homens × hora trabalhadas (*O*)**

No cálculo de homens × hora trabalhadas desconsidera-se o tempo ocioso de mão-de-obra devido à superestimação do número de colaboradores necessários para a realização de determinada atividade. O detalhamento do cálculo deste indicador é mostrado no Anexo D.

## ii. Capacidade teórica das máquinas e equipamentos

De modo análogo ao que foi feito para a mão-de-obra utilizada (*R*), a classificação da capacidade teórica das máquinas, equipamentos e implementos será simplificada devido à dificuldade de avaliar a qualidade do plantio realizado. Assim, a capacidade utilizada (*U*) será igual ao uso produtivo (*Q*) do equipamento ou implemento, medida em unidades de produto final. Adaptando a Figura 3.5 para este caso, chega-se à Figura 4.4.

Capacidade nominal ( <i>C</i> )		
Capacidade disponível ( <i>A</i> )		Capacidade não disponível
Capacidade utilizada ( <i>U</i> ) = Uso Produtivo ( <i>Q</i> )	Capacidade não utilizada	

**Figura 4. 4:** Classificação da capacidade de equipamentos utilizada nos processos de plantio da cana-de-açúcar. Fonte: adaptada de Muscat (1987)

Por meio da adaptação da Equação 3.12, tem-se que os indicadores de produtividade física parciais de equipamentos e implementos utilizados em determinada atividade podem ser apresentados da seguinte forma:

$$P_{\text{e tipo } \alpha}^f = \frac{A}{c} \times \frac{Q}{A} \quad (4.18)$$

A seguir serão detalhados os indicadores de produtividade física que detalham a utilização da capacidade nominal dos equipamentos e implementos.

- **Cálculo da Capacidade Nominal (C)**

O valor da capacidade nominal dos equipamentos e implementos agrícolas (C) corresponde à produção máxima que tal maquinário poderia realizar caso fosse otimizada sua utilização, ou seja, caso não ocorressem paradas por nenhum motivo. A capacidade nominal considera: o período, em dias corridos, que o equipamento ou implemento poderá ser utilizado, levando em consideração o número de turnos diários e a jornada, em horas, por turno. O cálculo detalhado deste indicador é mostrado no Anexo D.

- **Cálculo da Capacidade Disponível (A)**

De maneira análoga aos recursos de mão-de-obra, a utilização de equipamentos e implementos agrícolas também é limitada devido aos dias de chuva. Assim, conforme definido pelo Departamento Agrícola, considera-se que em dias em que a precipitação supera 3mm não é possível utilizar equipamentos e implementos agrícolas. O Anexo D mostra a fórmula de cálculo da capacidade disponível (A).

- **Cálculo da Capacidade Utilizada (U)**

Para o cálculo da capacidade utilizada (U) desconsidera-se a ociosidade dos equipamentos e implementos. Como explicado anteriormente, devido à dificuldade em se avaliar a qualidade da área plantada, o valor da capacidade utilizada (U) será igualada ao valor de uso produtivo (Q).

### iii. Gastos com Materiais

Assim como os recursos de mão-de-obra e de equipamentos, os gastos com materiais não poderão ser decompostos em materiais aproveitados e não aproveitados como ocorre comumente



em sistemas de manufatura, portanto, a Figura 4.5 mostra a classificação dos materiais utilizados nas atividades de plantio da cana-de-açúcar, considerando uma adaptação da Figura 3.6.

Gasto de material (G)	
Material com qualidade aceitável (B)	Material com qualidade não aceitável

**Figura 4. 5:** Classificação dos materiais utilizada nos processos de plantio da cana-de-açúcar. Fonte: adaptada de Muscat (1987)

Logo, por meio da adaptação da Equação 3.13 segundo a classificação apresentada na Figura 4.5, pode-se decompor o indicador de material gasto em determinada atividade nos seguintes indicadores parciais de produtividade física:

$$P_{m \text{ tipo } \alpha}^f = \frac{B}{G} \times \frac{Q}{B} \quad (4.19)$$

A seguir serão detalhados estes indicadores parciais.

- **Cálculo de Gasto de Material (G)**

O gasto de material (G) corresponde à dosagem de material aplicado na terra no caso de fertilizantes, defensivos e corretivos, e no caso de diesel e lubrificante corresponde ao consumo por hectare dos equipamentos agrícolas. O cálculo deste indicador é detalhado no Anexo D.

- **Cálculo de Material com Qualidade Aceitável (B)**

O material com qualidade aceitável (B) é obtido subtraindo-se a parcela de material com qualidade não aceitável, que é estimada para os casos de fertilizantes, defensivos e corretiva pelo Departamento Agrícola da empresa. No caso de diesel e lubrificante, considera-se que o gasto de material é igual ao material com qualidade aceitável. O cálculo deste indicador também é mostrado no Anexo D.

#### 4.1.6.2 Produtividades dos Valores Unitários

Os indicadores  $P_{h\text{tipo } \alpha}^c$ ,  $P_{e\text{tipo } \alpha}^c$  e  $P_{m\text{tipo } \alpha}^c$  correspondem aos indicadores de produtividade do valor unitário de mão-de-obra, equipamentos e materiais respectivamente para um tipo de recurso genérico  $\alpha$ . A seguir será descrita a composição de cada um destes indicadores para o caso das atividades de plantio da cana-de-açúcar.

##### i. Produtividade do valor unitário de mão-de-obra - $P_{h\text{tipo } \alpha}^c$

Conforme mostrada na Equação 3.17, a produtividade do valor unitário da mão-de-obra corresponde ao valor de  $\frac{1}{\pi_h}$ , onde  $\pi_h$  é o preço, mensurado em R\$ por hora, pago pela mão-de-obra incluindo encargos sociais. No Anexo D será apresentado de forma detalhada o cálculo deste indicador para o caso da utilização de um tipo de mão-de-obra genérico  $\alpha$  em uma dada atividade.

##### ii. Produtividade do valor unitário de equipamentos e implementos - $P_{e\text{tipo } \alpha}^c$

De forma análoga ao recurso de mão-de-obra, a produtividade do valor unitário de equipamentos e implementos corresponde à  $\frac{1}{\pi_e}$ , conforme mostra a Equação 3.18, onde  $\pi_e$  é o custo dos equipamentos e implementos. Segundo Pacheco (2000), estes custos são normalmente divididos em dois componentes principais: custos fixos e custos variáveis.

- **Custos Fixos**

Ainda segundo Pacheco (2000), os custos fixos são aqueles que devem ser debitados, independentemente da máquina ser usada ou não. Entre os custos fixos são incluídos: depreciação, juros sobre o capital empregado na compra de equipamentos e implementos e seguros.

- **Depreciação**

A depreciação se refere à desvalorização da máquina em função do tempo, seja ela utilizada ou não. Se uma máquina for pouco utilizada durante o ano, sua depreciação ocorrerá principalmente devido à obsolescência, e se for intensamente utilizada, a depreciação se dará devido ao desgaste. A diferença é que, no segundo caso, a máquina proporcionou um retorno por meio do serviço prestado. (PACHECO, 2000). Não é um desembolso, porém é uma despesa e, como tal, pode ser abatida das receitas, diminuindo o lucro tributável e, conseqüentemente, o imposto de renda, este sim um desembolso real, e com os efeitos sobre o fluxo de caixa. A depreciação é estimada por meio de diversos métodos: método da linha reta, do saldo decrescente, da soma dos dígitos e depreciação dedutível. No caso dos equipamentos e implementos utilizados na realização das atividades de plantio da cana-de-açúcar será usado o método da linha reta ou linear, segundo critério recomendado pela CONAB (2009), conforme é mostrado no Anexo E.

- **Juros**

O capital empregado na aquisição de equipamentos e implementos agrícolas deve ser computado como retendo juros à base semelhante do que é obtido quando este capital é colocado no comércio. O cálculo destes juros é mostrado de forma detalhada no Anexo E.

- **Seguros**

No Brasil, não é muito comum fazer o seguro de máquinas agrícolas. Este fato pode levar à falsa impressão de que não é necessário calcular o custo desse seguro. Não se pode esquecer, porém, que se o proprietário não repassa o custo do seguro a uma seguradora, este é bancado pelo próprio proprietário, pois o risco de acidentes ou perdas sempre existe. Desta maneira, o mais aconselhável é utilizar uma porcentagem do custo inicial para o cálculo do seguro, seja ele feito ou não em uma companhia seguradora (PACHECO, 2000). O Anexo E mostra a fórmula de cálculo de alojamento e seguros.

- **Custos variáveis**

Segundo CONAB (2009), os custos variáveis ou operacionais são aqueles que dependem da quantidade de uso que se faz do equipamento ou implemento e são constituídos por: combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e salário de operadores de equipamentos. No caso da estrutura de indicadores proposta, os dados de combustíveis e lubrificantes foram classificados como indicadores de utilização de materiais, devido ao fato de se desejar manter uma visibilidade dos indicadores de diesel e lubrificante, uma vez que, se estes fossem considerados como custo de equipamentos, não se teria esta visibilidade. O mesmo ocorre com o indicador de desempenho de operadores de equipamentos e implementos, que foi considerado como indicador de mão-de-obra. Portanto, o custo variável de equipamentos e implementos resume-se no custo de manutenção destes.

- **Custo de manutenção**

Dentre as despesas de manutenção que devem ser computadas, para o cálculo do custo de operação de máquinas agrícolas, encontram-se aquelas realizadas para a manutenção preventiva e corretiva. Na manutenção preventiva, devem-se computar os gastos com componentes trocados a intervalos regulares, tais como filtros de ar, filtros de óleos lubrificantes, filtros de combustível, correias de polias etc. A manutenção corretiva é bem mais difícil de ser estimada, uma vez que depende de fatores de difícil controle, como a habilidade do operador, as condições do terreno etc. (CONAB, 2009)

Em face à dificuldade de se calcular os gastos com manutenção e também considerando que a Brenco ainda não possui um banco de dados que permita a consulta de um histórico confiável, o custo de manutenção foi estimado como uma porcentagem do custo inicial do equipamento ou implemento. Considerando a Equação 3.18 tem-se a formação do custo unitário de equipamento ou implemento mostrada de forma detalhada no Anexo E.

### iii. Produtividade do valor unitário de materiais - $P_{m \text{ tipo } \alpha}^c$

Conforme a Equação 3.19, a produtividade do valor unitário de materiais corresponde à  $\frac{1}{\pi_m}$ , onde custo unitário de materiais,  $\pi_m$ , corresponde ao preço pago pelos materiais utilizados no plantio da cana-de-açúcar, considerando impostos. Deste modo, não existe cálculos extras para obtê-lo, uma vez que se trata do valor de aquisição pago por estes materiais.

## 4.2 Estruturação da Rede de Análise da Variação dos Indicadores

A estrutura de indicadores de produtividade desenvolvida pode ser utilizada como ferramenta na construção de cenários, porém, para uma eficiente comparação entre eles, se faz necessário o desenvolvimento de uma estrutura de análise de variações entre os indicadores de produtividade destes cenários, permitindo a investigação dos impactos causados. Tal estrutura foi desenvolvida segundo sugerido por Muscat (1987) e apresentado no Capítulo 3.6, porém algumas adaptações foram feitas para o caso do processo de plantio da cana-de-açúcar. Para a estruturação da rede de análise de variação foram considerados dois cenários: um cenário base  $t_1$  e outro cenário qualquer  $t_2$  cujas variações frente ao cenário base desejam ser medidas.

Considerando que entre o cenário base  $t_1$  e o cenário  $t_2$  o volume de produção ( $Q$ ), que no caso do plantio da cana-de-açúcar corresponde à área plantada, medida em hectares, possa sofrer alterações, a partir da Equação 3.23 chega-se à seguinte equação:

$$\Psi_Q = \frac{Q_{t_1} - Q_{t_2}}{Q_{t_1}} \quad (4.20)$$

Onde  $\Psi_Q$  corresponde à variação relativa entre a área plantada do cenário base  $t_1$  e outro cenário  $t_2$ .

Também utilizando a Equação 3.23, podem ser obtidas as variações relativas dos indicadores de produtividade física de mão-de-obra para cada tipo de recurso utilizado na execução das atividades de plantio da cana-de-açúcar. A Equação 4.21 mostra a variação relativa do indicador de homens × hora utilizadas ( $R$ ).

$$\Psi_R = \frac{R_{t1} - R_{t2}}{R_{t1}} \quad (4.21)$$

De maneira análoga são calculadas as variações relativas dos indicadores de produtividade física de homens × hora disponíveis ( $D$ ) e homens × hora trabalhadas ( $O$ ), representadas respectivamente por  $\Psi_D$  e  $\Psi_O$ .

A Equação 3.27 mostra a variação relativa do faturamento total, sendo este formado pela multiplicação do preço unitário do produto final e da quantidade vendida. De maneira geral, quando um indicador é formado pela multiplicação de outros dois, será adotada a seguinte equação:

$$\Psi_{xy} = \Psi_y + \Psi_x + \Psi_y \times \Psi_x \quad (4.22)$$

onde  $x$  e  $y$  são indicadores quaisquer.

Portanto, a partir das variações relativas  $\Psi_R$ ,  $\Psi_D$  e da Equação 4.22, pode-se calcular a variação relativa do indicador de produtividade física parcial  $\Psi \frac{D}{R}$  da seguinte forma:

$$\Psi \frac{D}{R} = \Psi \left( \frac{1}{R} \times D \right) = \Psi \frac{1}{R} + \Psi D + \Psi \frac{1}{R} \times \Psi D \quad (4.23)$$

Por meio da Equação 3.30 chega-se ao indicador  $\Psi \frac{1}{R}$  utilizado na Equação 4.23, conforme mostra a Equação 4.24.

$$\Psi \frac{1}{R} = \frac{-\Psi_R}{1 + \Psi_R} \quad (4.24)$$

De forma análoga feita nas Equações 4.23 e 4.24, chega-se à variação relativa  $\Psi \frac{Q}{O}$  por meio da variação  $\Psi_Q$  e da variação de  $\Psi_O$ .

Portanto, pelas variações relativas  $\Psi \frac{O}{D}$  e  $\Psi \frac{Q}{O}$ , e por meio da Equação 4.22, calcula-se  $\Psi \frac{Q}{D}$  conforme mostra a equação 4.25.

$$\Psi \frac{Q}{D} = \Psi \left( \frac{Q}{D} \times \frac{Q}{Q} \right) = \Psi \frac{Q}{D} + \Psi \frac{Q}{Q} + \Psi \frac{Q}{D} \times \Psi \frac{Q}{Q} \quad (4.25)$$

Logo, utilizando  $\Psi \frac{D}{R}$  e  $\Psi \frac{Q}{D}$  obtidos respectivamente pelas Equações 4.23 e 4.25 e ainda utilizando a Equação 4.22, obtém-se a variação relativa do indicador de produtividade física de mão-de-obra para todos os tipos de recursos, representados na Equação 4.26 para um tipo genérico  $\alpha$ .

$$\Psi P_{h\text{ tipo } \alpha}^f = \Psi \left( \frac{Q}{D} \times \frac{D}{R} \right) = \Psi \frac{Q}{D} + \Psi \frac{D}{R} + \Psi \frac{Q}{D} \times \Psi \frac{D}{R} \quad (4.26)$$

De maneira análoga feita para os indicadores de produtividade física de mão-de-obra, obtém-se a variação relativa dos indicadores de produtividade física referentes aos equipamentos e implementos utilizados, a partir de  $\Psi C$  e  $\Psi A$ , variações da capacidade nominal e capacidade disponível respectivamente, e da variação relativa da área plantada  $\Psi Q$ . Desta forma chega-se às variações relativas dos indicadores de cada tipo de equipamento e implemento, conforme mostra a Equação 4.27 para o caso de um recurso de equipamento ou implemento genérico  $\alpha$ .

$$\Psi P_{e\text{ tipo } \alpha}^f = \Psi \left( \frac{Q}{A} \times \frac{A}{C} \right) = \Psi \frac{Q}{A} + \Psi \frac{A}{C} + \Psi \frac{Q}{A} \times \Psi \frac{A}{C} \quad (4.27)$$

Também analogamente, as variações relativas dos indicadores de produtividade física dos materiais utilizados são obtidas, conforme mostra a Equação 4.28 para o caso de um material genérico  $\alpha$ , a partir das variações relativas  $\Psi G$  e  $\Psi B$ , referentes ao material utilizado e o material aproveitado respectivamente, e da variação relativa da área plantada  $\Psi Q$ .

$$\Psi P_{m\text{ tipo } \alpha}^f = \Psi \left( \frac{Q}{B} \times \frac{B}{G} \right) = \Psi \frac{Q}{B} + \Psi \frac{B}{G} + \Psi \frac{Q}{B} \times \Psi \frac{B}{G} \quad (4.28)$$

Os indicadores de produtividade de custos dos recursos de mão-de-obra, equipamentos e implementos e materiais, por não possuírem subindicadores, são obtidos por meio da Equação 3.23. Logo, as Equações 4.29, 4.30 e 4.31 mostram como são obtidos estes indicadores para o caso de um recurso genérico  $\alpha$  de mão-de-obra, equipamento ou implemento e material respectivamente.

$$\Psi P_{h \text{ tipo } \alpha}^c = \frac{P_{h t_1}^c - P_{h t_2}^c}{P_{h t_1}^c} \quad (4.29)$$

$$\Psi P_{e \text{ tipo } \alpha}^c = \frac{P_{e t_1}^c - P_{e t_2}^c}{P_{e t_1}^c} \quad (4.30)$$

$$\Psi P_{m \text{ tipo } \alpha}^c = \frac{P_{m t_1}^c - P_{m t_2}^c}{P_{m t_1}^c} \quad (4.31)$$

Por meio das variações relativas dos indicadores de produtividade física obtidos pelas Equações 4.26, 4.27 e 4.28, e dos indicadores de produtividade de custo obtidos pelas Equações 4.29, 4.30 e 4.31, pode ser calculada a variação relativa do custo unitário, mensurado em R\$ por hectare, de cada tipo de recurso, conforme mostram as Equações 4.32, 4.33 e 4.34 para cada tipo genérico  $\alpha$  de mão-de-obra, equipamentos e implementos, e materiais respectivamente. Nestas equações foi utilizada como referência a Equação 4.22.

$$\Psi P_{h \text{ tipo } \alpha} = \Psi P_{h \text{ tipo } \alpha}^f + \Psi P_{h \text{ tipo } \alpha}^c + \Psi P_{h \text{ tipo } \alpha}^f \times \Psi P_{h \text{ tipo } \alpha}^c \quad (4.32)$$

$$\Psi P_{e \text{ tipo } \alpha} = \Psi P_{e \text{ tipo } \alpha}^f + \Psi P_{e \text{ tipo } \alpha}^c + \Psi P_{e \text{ tipo } \alpha}^f \times \Psi P_{e \text{ tipo } \alpha}^c \quad (4.33)$$

$$\Psi P_{m \text{ tipo } \alpha} = \Psi P_{m \text{ tipo } \alpha}^f + \Psi P_{m \text{ tipo } \alpha}^c + \Psi P_{m \text{ tipo } \alpha}^f \times \Psi P_{m \text{ tipo } \alpha}^c \quad (4.34)$$

Uma vez tendo as variações relativas do custo unitário de cada tipo recurso, pode-se calcular as variações relativas por classe, ou seja, variações que englobam todos os tipos de recursos de mão-de-obra, equipamentos e implementos, e materiais de uma determinada atividade. Para tanto, será utilizada uma adaptação da Equação 3.29, que mostra a variação relativa do indicador de custo total de produção para o caso em que este é formado pela soma de três componentes de custo: custo de mão-de-obra, custo de equipamentos e custo de materiais. Logo, para um caso geral em que um indicador de custo for formado pela soma de outros indicadores de custo, tem-se a Equação 4.35.



$$\Psi \frac{1}{P_{total}} = \left[ \frac{P_{total\ t_1}}{P_1\ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_1} \right] + \dots + \left[ \frac{P_{total\ t_1}}{P_i\ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_i} \right] + \dots + \left[ \frac{P_{total\ t_1}}{P_n\ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_n} \right] \quad (4.35)$$

onde:

$\Psi \frac{1}{P_{total}}$  corresponde à variação relativa do custo de um recurso ou atividade qualquer formado pela soma de  $n$  outros indicadores de custo ;

$P_{total\ t_1}$  corresponde ao indicador de produtividade do custo unitário de um recurso ou atividade qualquer em um cenário base  $t_1$ , em relação ao qual deseja-se medir as variações relativas;

$P_{i\ t_1}$  corresponde ao indicador de produtividade do custo de um recurso ou atividade qualquer  $i$ , sendo que  $i$  varia de um ao número de indicadores de custo  $n$ , que somados constituem o indicador de produtividade de custo  $P_{total\ t_1}$  para um cenário base  $t_1$  e

$\Psi \frac{1}{P_i}$  corresponde à variação relativa do custo unitário de um recurso ou atividade qualquer  $i$ .

Assim, adaptando a Equação 4.35 para uma atividade genérica  $n$  em que seu custo unitário é formado pela soma do custo unitário de  $\alpha$  tipos de recursos de mão de obra,  $\beta$  tipos de recursos de equipamentos e  $\delta$  tipos de recursos de materiais, são calculadas as variações relativas conforme mostram as Equações 4.36, 4.37 e 4.38.

$$\Psi \frac{1}{P_{h\ ativid.\ n}} = \left[ \frac{P_{h\ ativid.\ n\ t_1}}{P_{h\ tipo\ 1\ t_1}} \times \Psi \frac{1}{P_{h\ tipo\ 1}} \right] + \dots + \left[ \frac{P_{h\ ativid.\ n\ t_1}}{P_{h\ tipo\ \alpha\ t_1}} \times \Psi \frac{1}{P_{h\ tipo\ \alpha}} \right] \quad (4.36)$$

$$\Psi \frac{1}{P_e \text{ ativid. } n} = \left[ \frac{P_e \text{ ativid. } n \ t_1}{P_e \text{ tipo } 1 \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_e \text{ tipo } 1} \right] + \dots +$$

$$+ \left[ \frac{P_e \text{ ativid. } n \ t_1}{P_e \text{ tipo } \beta \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_e \text{ tipo } \beta} \right] \quad (4.37)$$

$$\Psi \frac{1}{P_m \text{ ativid. } n} = \left[ \frac{P_m \text{ ativid. } n \ t_1}{P_m \text{ tipo } 1 \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_m \text{ tipo } 1} \right] + \dots +$$

$$+ \left[ \frac{P_m \text{ ativid. } n \ t_1}{P_m \text{ tipo } \delta \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_m \text{ tipo } \delta} \right] \quad (4.38)$$

Também utilizando uma adaptação da Equação 4.35, pode-se obter a variação relativa do custo unitário por atividade, sendo que este é formado pela soma dos custos unitários da classe de mão-de-obra, equipamentos e implementos e materiais. Desta forma, a Equação 4.39 mostra a fórmula para uma atividade genérica  $n$ , utilizando as variações relativas de mão-de-obra, equipamentos ou implementos, e materiais obtidas pelas Equações 4.36, 4.37 e 4.38.

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ ativ. } n} = \left[ \frac{P_r \text{ ativid. } n \ t_1}{P_h \text{ ativid. } n \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_h \text{ ativid. } n} \right] + \left[ \frac{P_r \text{ ativid. } n \ t_1}{P_e \text{ ativid. } n \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_e \text{ ativid. } n} \right] +$$

$$+ \left[ \frac{P_r \text{ ativid. } n \ t_1}{P_m \text{ ativid. } n \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_m \text{ ativid. } n} \right] \quad (4.39)$$

Desta forma é obtida a variação do custo unitário por atividade, porém ainda deve-se calcular a variação do custo unitário por macroprocesso, sendo eles preparo de solo, plantio semi-mecanizado, plantio mecanizado e trato cana planta. As variações relativas dos macroprocessos são obtidas por meio das variações relativas das atividades que os compõem e também são obtidas pela adaptação da Equação 4.35, conforme mostram pelas Equações 4.40, 4.41, 4.42 e 4.43.

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ prep}} = \left[ \frac{P_r \text{ prep } t_1}{P_r \text{ ativid. } 1 \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativ. } 1} \right] + \dots + \left[ \frac{P_r \text{ prep } t_1}{P_r \text{ ativ. } 12 \ t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativ. } 12} \right] \quad (4.40)$$

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ plantio SEMI}} = \left[ \frac{P_r \text{ plantio SEMI } t_1}{P_r \text{ ativid. 1 } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativid. 1}} \right] + \dots + \left[ \frac{P_r \text{ plantio SEMI } t_{10}}{P_r \text{ ativid. 10 } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativid. 10}} \right] \quad (4.41)$$

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ plantio MEC}} = \left[ \frac{P_r \text{ plantio MEC } t_1}{P_r \text{ ativid. 1 } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativid. 1}} \right] + \dots + \left[ \frac{P_r \text{ plantio MEC } t_8}{P_r \text{ ativid. 8 } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativid. 8}} \right] \quad (4.42)$$

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ trato}} = \left[ \frac{P_r \text{ trato } t_1}{P_r \text{ ativid. 1 } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativid. 1}} \right] + \dots + \left[ \frac{P_r \text{ trato } t_6}{P_r \text{ ativid. 6 } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ ativid. 6}} \right] \quad (4.43)$$

Nas Equações 4.40, 4.41, 4.42 e 4.43, foram considerados os números de atividades que compõem cada macroprocesso, assim, o preparo de solo é composto por doze atividades, conforme indica a Tabela 2.1, o plantio semi-mecanizado por dez atividades, conforme indica a Tabela 2.2, o plantio mecanizado por oito atividades, conforme indica a Tabela 2.3 e, por fim, o trato cana planta por seis atividades, conforme indica a Tabela 2.4.

Utilizando a Equação 4.35, obtém-se a variação relativa dos indicadores globais de plantio semi-mecanizado e mecanizado a partir das variações relativas dos macroprocessos, conforme indicam as Equações 4.44 e 4.45.

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ SEMI}} = \left[ \frac{P_r \text{ SEMI } t_1}{P_r \text{ prep } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ prep}} \right] + \left[ \frac{P_r \text{ SEMI } t_1}{P_r \text{ plantio SEMI } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ plantio SEMI}} \right] + \left[ \frac{P_r \text{ SEMI } t_1}{P_r \text{ trato } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ trato}} \right] \quad (4.44)$$

$$\Psi \frac{1}{P_r \text{ MEC}} = \left[ \frac{P_r \text{ MEC } t_1}{P_r \text{ prep } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ prep}} \right] + \left[ \frac{P_r \text{ MEC } t_1}{P_r \text{ plantio MEC } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ plantio MEC}} \right] + \left[ \frac{P_r \text{ MEC } t_1}{P_r \text{ trato } t_1} \times \Psi \frac{1}{P_r \text{ trato}} \right] \quad (4.45)$$

De maneira geral, a rede de análise de variação dos indicadores de produtividade permite verificar as variações relativas entre dois cenários desde um nível macro de indicadores globais - conforme indicam as Equações 4.44 e 4.45 – até um nível micro de indicadores por tipo de recurso específico consumido na realização das atividades de plantio da cana-de-açúcar - conforme indicam as Equações 4.32, 4.33 e 4.34.

## **5. APLICAÇÕES DA REDE DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE**

Uma vez desenvolvida a rede de indicadores de produtividade para o plantio da cana-de-açúcar, esta estrutura será utilizada tanto para suprir a demanda da empresa por uma ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário como também para auxiliar o acompanhamento e controle orçamentário. A seguir será detalhado o desenvolvimento da ferramenta de apoio ao planejamento e então serão mostrados casos de aplicação tanto no apoio ao planejamento como no apoio ao controle orçamentário.

### **5.1 *Desenvolvimento da ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário***

Foi elaborado um modelo utilizando o *software MS Excel* conforme a estruturação da rede de produtividade apresentada na Seção 4.1. Segundo Booch; Rumbaugh e Jacobson (2000) um modelo consiste na simplificação da realidade. O objetivo do modelo de rede de indicadores estruturado é representar todas as atividades de plantio da cana-de-açúcar, seu consumo de recursos físicos e econômicos, servindo como ferramenta de apoio ao planejamento e controle orçamentário. A Figura 5.1 mostra a estrutura do modelo construído segundo as planilhas do *MS Excel*, suas inter-relações e os dados de entrada de cada uma delas.

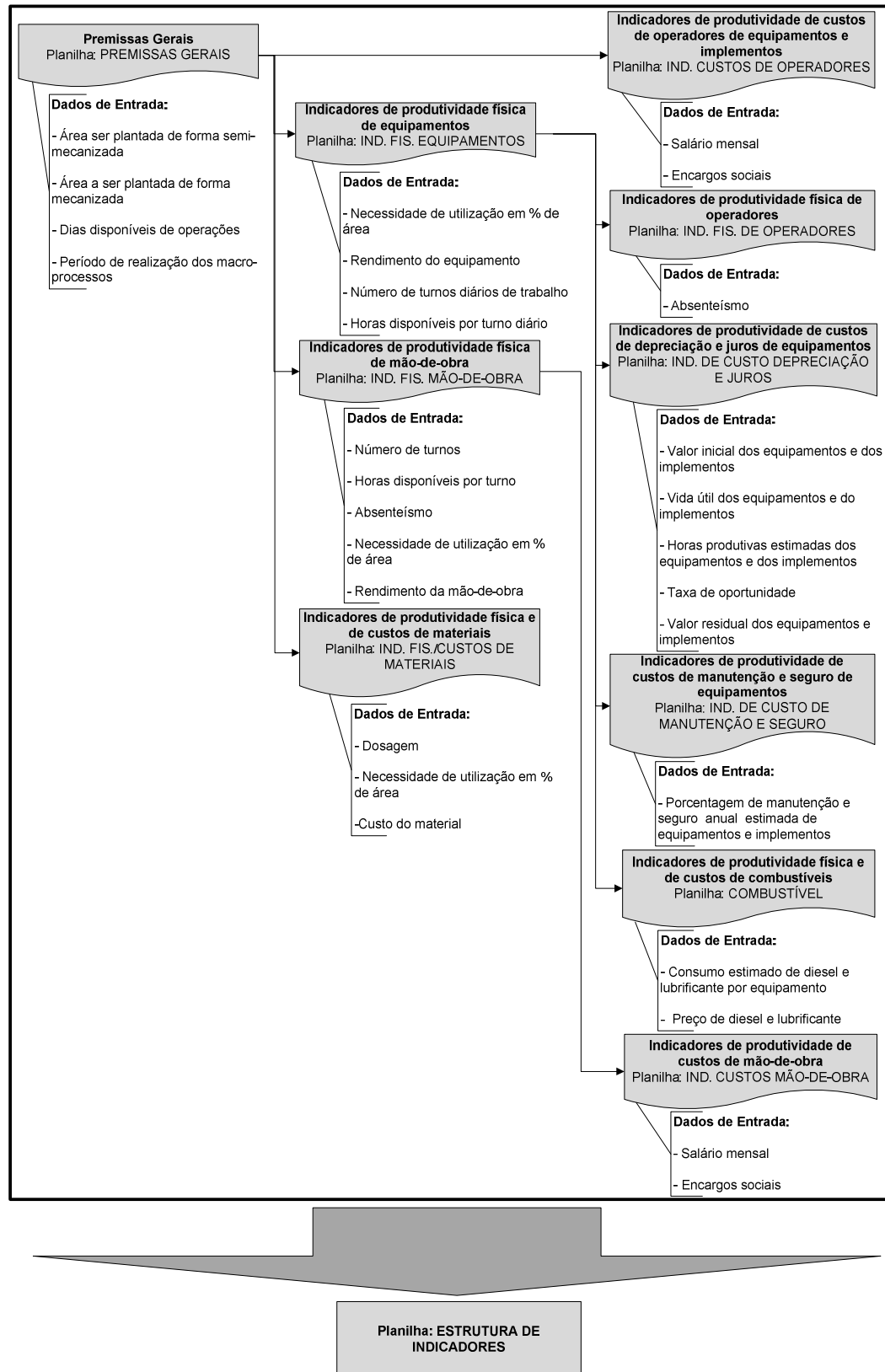


Figura 5. 1: Fluxo de informações da rede de indicadores de produtividade desenvolvida em *MS Excel*.

A seguir, serão descritas as informações de cada planilha, considerando a estrutura apresentada na Figura 5.1.

- **Premissas Gerais**

A planilha “Premissas Gerais” contém informações que serão utilizadas em todo o modelo e influenciarão a maioria dos indicadores de produtividade, sendo estas a quantidade de área que deverá ser plantada durante o período de plantio, a estimativa de dias em que a precipitação não paralisa as operações de plantio e o período do ano em que os processos de preparo de solo, plantio (semi-mecanizado e mecanizado) e trato cana planta serão realizados. A Figura 5.2 mostra a tela em que são inseridas estas informações, sendo as células em amarelo destinadas à inserção dos dados de entrada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		<b>Premissas Gerais</b>												
2														
3		<b>Premissa de Áreas</b>												
4														
5		Área a ser plantada semi-mecanicamente												
6		Área a ser plantada mecanicamente												
7														
8		<b>Premissas de Dias Úteis</b>												
9														
10		<b>Mês</b>	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
15		Dias úteis sem chuva por mês	16	16	18	23	28	29	30	29	25	23	18	16
16														
17		Dias corridos	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
18														
19		Início preparo de solo	1/10/2009											
20		Fim preparo de solo	1/3/2010											
21		Dias úteis (s/chuva)	90											
22		Dias corridos	152											
23		Meses	5											
24														
25		Início plantio semi-mecanizado	1/3/2010											
26		Fim plantio semi-mecanizado	1/6/2010											
27		Dias úteis (s/chuva)	70											
28		Dias corridos	93											
29		Meses	3											
30														
31		Início plantio mecanizado	1/3/2010											
32		Fim plantio mecanizado	1/6/2010											
33		Dias úteis (s/chuva)	70											
34		Dias corridos	93											
35		Meses	3											
36														
		<b>Premissas Gerais</b>	<b>Controle</b>	<b>Outputs</b>	<b>Resumo dos Indicadores</b>	<b>Estrutura de indicadores</b>	<b>Ind fis equipamentos</b>	<b>Ind fis opera</b>						

Figura 5. 2: Tela de premissas gerais desenvolvida em MS Excel.

- **Indicadores de Produtividade Física de Equipamentos**

Nesta planilha são inseridos os dados de entrada referentes aos indicadores de produtividade física de cada tipo de recurso consumido em cada atividade, sendo estes dados

indicados na Figura 5.1. Nesta mesma planilha é feito o dimensionamento de cada recurso consumido, conforme mostra o Anexo C. A Figura 5.3 mostra a tela em que são inseridos os dados de entrada, para o dimensionamento de recursos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Indicadores de produtividade física de equipamentos e implementos</b>									
2										
3		<b>Preparo de Solo</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Implemento</b>	<b>Necessidade de Utilização em % de Área</b>	<b>Rendimento o (ha/h)</b>	<b>Rendimento o Efetivo (ha/h)</b>	<b>Dias Corridos de Operação (dias)</b>	<b>Número de Turnos</b>	<b>Horas Disponíveis por Turno (h)</b>
4		Supressão de Árvores	Retroescavadeira		174%	0,4	0,23	152	2	8,33
5		Supressão de Árvores	Trator de Esteira - D6		140%	2	1,43	152	2	8,33
6		Limpeza de Área	Trator 100 cv		105%	2,4	2,29	152	2	8,33
7		Limpeza de Área	P3 Mecânica		105%	0,3	0,23	152	2	8,33
8		Confeção de Terraços	P3 Mecânica		81%	2,5	3,09	152	2	8,33
9		Acabamento de Terraços	Motoniveladora		81%	1	1,23	152	2	8,33
10		Sistematização do Solo	P3 Mecânica		79%	2	2,53	152	2	8,33
11		Construção de Carreadores / Lombadas	Motoniveladora		90%	3,57	3,97	152	2	8,33
12		Dessecação do Solo	Trator 100 cv	FALCON	80%	13,3	16,67	152	1	8,33
13		Aplicação de Calciário	Caminhão 230 cv	Distribuidor de Corretivo	100%	5,6	5,60	152	2	8,33
14		Gradagem Aradora	Trator 240 cv	Grade aradora 30 x 32"	71%	2,2	3,10	152	2	8,33
15		Gradagem Média	Trator 240 cv	Grade intermediária 40 x 28"	100%	4	4,00	152	2	8,33
16		Gradagem Niveladora	Trator 240 cv	Grade niveladora 64 x 22"	100%	5,4	5,40	152	2	8,33
17		Subsolagem	Trator 240 cv	Subsolador 5 hastas	40%	1,3	3,25	152	2	8,33
18		<b>Plantio Semi-Mecanizado</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Implemento</b>	<b>Necessidade de Utilização em % de Área</b>	<b>Rendimento o (ha/h)</b>	<b>Rendimento o Efetivo (ha/h)</b>	<b>Dias Corridos de Operação (dias)</b>	<b>Número de Turnos</b>	<b>Horas Disponíveis por Turno (h)</b>
19		Transporte de Insumos	Caminhão 230 cv	Munck 18 ton	100%	6,40	6,40	93	1	8,33
20		Transporte de Calda Pronta	Caminhão Calda Pronta		100%	25,61	25,61	93	1	8,33
21		Sulcação / Adubação	Trator 240 cv	Sulcador Adubador 3 linhas	100%	2,25	2,25	93	2	8,33
22		Carregamento de Muda	Carregadora		100%	2,22	2,22	93	1	8,33
23		Transporte de Muda	Caminhão 230 cv		100%	0,13	0,13	93	1	8,33
24		Cobrição	Trator 100 cv	Cobridor de 3 linhas	100%	1,20	1,20	93	2	8,33
		<b>Plantio Mecanizado</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Implemento</b>	<b>Necessidade de Utilização em % de Área</b>	<b>Rendimento o (ha/h)</b>	<b>Rendimento o Efetivo (ha/h)</b>	<b>Dias Corridos de Operação (dias)</b>	<b>Número de Turnos</b>	<b>Horas Disponíveis por Turno (h)</b>

**Figura 5.3: Tela de indicadores de produtividade física de equipamentos e implementos – visão dados de entrada - desenvolvida em MS Excel.**

O resultado final desta planilha são os indicadores de produtividade física de equipamentos: a capacidade nominal ( $C$ ), a capacidade disponível ( $A$ ) e a capacidade utilizada ( $U$ ) ou produção ( $Q$ ), para cada tipo de equipamento ou implemento utilizado em cada atividade dos macroprocessos de preparo de solo, plantio e trato cana planta. A Figura 5.4 mostra a tela com os indicadores de produtividade física de cada recurso consumido nas atividades do plantio.



	A	B	C	L	N	S
1	<b>Indicadores de produtividade física de equipamentos e implementos</b>					
2						
3	<b>Preparo de Solo</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Implemento</b>	<b>Capacidade e Nominal (ha) - ( C )</b>	<b>Capacidade e Disponível (ha) - ( A )</b>	<b>Produção (ha) ( Q=U )</b>
4	Supressão de Árvores	Retroescavadeira		16.882	9.978	7.482
5	Supressão de Árvores	Trator de Esteira -D6		18.088	10.691	7.482
6	Limpeza de Área	Trator 100 cv		17.364	10.263	7.482
7	Limpeza de Área	Pá Mecânica		17.364	10.263	7.482
8	Confeção de Terraços	Pá Mecânica		23.447	13.858	7.482
9	Acabamento de Terraços	Motoniveladora		18.758	11.087	7.482
10	Sistematização do Solo	Pá Mecânica		19.233	11.367	7.482
11	Construção de Carreadores / Lombadas	Motoniveladora		20.090	11.874	7.482
12	Dessecação do Solo	Trator 100 cv	FALCON	21.103	12.473	7.482
13	Aplicação de Caloário	Caminhão 230 cv	Distribuidor de Corretivo	28.362	16.763	7.482
14	Gradagem Aradora	Trator 240 cv	Grade aradora 30 x 32"	23.540	13.913	7.482
15	Gradagem Média	Trator 240 cv	Grade intermediária 40 x 28"	20.259	11.974	7.482
16	Gradagem Niveladora	Trator 240 cv	Grade niveladora 64 x 22"	27.349	16.164	7.482
17	Subsolagem	Trator 240 cv	Subsolador 5 hastes	24.690	14.593	7.482
18	<b>Plantio Semi-Mecanizado</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Implemento</b>	<b>Capacidade e Nominal (ha) - ( C )</b>	<b>Capacidade e Disponível (ha) - ( A )</b>	<b>Produção (ha) ( Q=U )</b>
19	Transporte de Insumos	Caminhão 230 cv	Munck 18 ton	14.874	11.257	5.982
20	Transporte de Calda Pronta	Caminhão Calda Pronta		19.842	15.017	5.982
21	Sulcação / Adubação	Trator 240 cv	Sulcador Adubador 3 linhas	13.944	10.554	5.982
22	Carregamento de Muda	Carregadora		12.053	9.122	5.982
23	Transporte de Muda	Caminhão 230 cv		10.575	8.003	5.982
24	Cobrição	Trator 100 cv	Cobridor de 3 linhas	11.156	8.443	5.982
	<b>Plantio Mecanizado</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Implemento</b>	<b>Capacidade e Nominal (ha) - ( C )</b>	<b>Capacidade e Disponível (ha) - ( A )</b>	<b>Produção (ha) ( Q=U )</b>

**Figura 5. 4: Tela de indicadores de produtividade física de equipamentos e implementos – visão dados de saída - desenvolvida em MS Excel.**

Os cálculos dos indicadores de produtividade física e dos indicadores de produtividade de custo dos demais recursos são feitos em telas semelhantes às mostradas nas Figuras 5.3 e 5.4, logo, não foram inseridas figuras ilustrativas destas telas.

- **Indicadores de Produtividade Física de Operadores**

Nesta planilha encontram-se os dados e cálculos dos indicadores de produtividade física de mão-de-obra de operadores de equipamentos e implementos, que são segregadas dos demais tipos de mão-de-obra devido ao fato de ser calculada com base no número de equipamentos, diferentemente dos demais. São calculadas as quantidades de homens × hora utilizadas (*R*), homens × hora disponíveis (*D*) e também homens × hora trabalhadas (*O*) dos operadores de equipamentos e implementos.

- **Indicadores de Produtividade Física de Mão-de-obra**

Nesta planilha são calculados os indicadores físicos de homens  $\times$  hora utilizadas ( $R$ ), homens  $\times$  hora disponíveis ( $D$ ) e homens  $\times$  hora trabalhadas ( $O$ ), exceto para os operadores de equipamentos que são calculados na planilha “Indicadores de Produtividade Física de Operadores”.

- **Indicadores de Produtividade Física e de Custos de Materiais**

Nesta planilha estão os dados e cálculos dos indicadores de produtividade física e dos indicadores de produtividade de custos dos materiais, exceto os indicadores referentes ao diesel e ao lubrificante utilizados nas atividades. Portanto, esta planilha calcula os indicadores de gasto de material ( $G$ ) e material aproveitado ( $F$ ), e insere seus preços unitários.

- **Indicadores de Produtividade Física e de Custo de Combustíveis**

Esta planilha contém os dados e cálculos dos indicadores de gasto de diesel e lubrificante ( $G$ ) e também seus preços unitários.

- **Indicadores de Produtividade de Custos de Operadores**

Esta planilha mostra o cálculo do preço unitário por homem  $\times$  hora dos operadores de equipamentos e implementos.

- **Indicadores de Produtividade de Custo de Depreciação e Juros de Equipamentos**

Nesta planilha são calculados os custos de depreciação e juros sobre o capital empregado em equipamentos e implementos.

- **Indicadores de Produtividade de Custos de Manutenção e Seguro**

Nesta planilha são mostrados os cálculos dos indicadores de custos unitários de manutenção e seguro dos equipamentos e implementos.

- **Indicadores de Produtividade de Custos de Mão-de-obra**

Nesta planilha são mostrados os cálculos dos custos unitários de mão-de-obra, desconsiderando operadores de equipamentos e implementos que são calculados na planilha “Indicadores de Produtividade de Custos de Operadores”.

- **Estrutura de Indicadores**

A planilha “Estrutura de Indicadores” consolida as informações de todas as planilhas que contêm indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos de cada tipo de recurso para cada atividade de plantio da cana-de-açúcar. A partir destas informações são calculados os indicadores de produtividade física e os indicadores de produtividade de custos para cada classe de recurso (mão-de-obra, equipamento ou implemento e materiais), que, agregados, geram os indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos de cada atividade. Por sua vez, os indicadores de cada atividade são agrupados, gerando indicadores de cada macroprocesso de plantio (preparo de solo, plantio e trato cana planta).

A Figura 5.5 mostra a rede de indicadores de produtividade em uma visão mais abrangente, no nível referente aos indicadores de produtividade dos macroprocessos, já a Figura 5.6 mostra uma visão mais detalhada de cada tipo de recurso consumido em cada atividade do plantio.

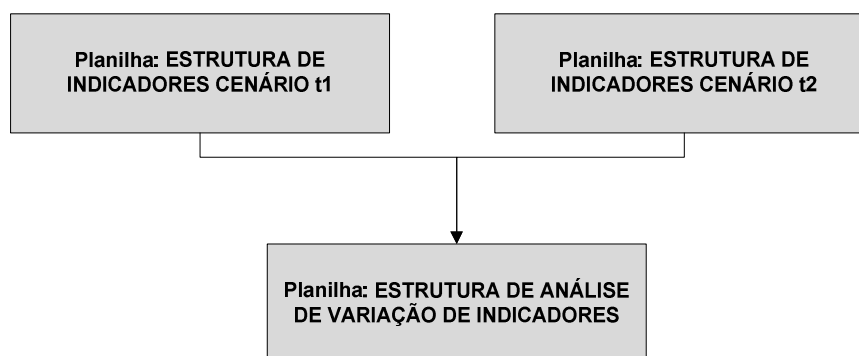
	A	B	C	D	BC	BD	BE	BF
1		<b>Rede de indicadores de produtividade</b>						
2								
3								
4		Custo do macroprocesso	2.334	\$/ha		Custo do macroprocesso	2.382	\$/ha
5		pr Preparo de Solo	0,0004	ha/\$		pr Plantio Semi-Mecanizado	0,0004	ha/\$
6								
7								
8								
9								
10								
11								

**Figura 5. 5: Tela da rede de indicadores de produtividade – visão macroprocessos - desenvolvida em MS Excel.**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
1	Rede de indicadores de produtividade															
2																
3																
4	Custo do macroprocesso		2.334 \$/ha													
5	pr Preparo de Solo		0,0004 ha/\$													
6																
7																
8	Supressão de Árvores						Limpeza de Área									
9	533						373									
10	pr 0,002 ha/\$						pr 0,003 ha/\$									
11	Q 7.482 ha						Q 7.482 ha									
12																
13	ph 0,004 ha/\$						ph 0,005 ha/\$									
14																
15	ph Operador 1 0,005 ha/\$						ph Operador 1 0,043 ha/\$									
16	pfn Operador 1 0,048 ha/hh						pfn Operador 1 0,422 ha/hh									
17	Q/D 0,085 ha/hh						Q/D 0,744 ha/hh									
18	D/R 56,7% %						D/R 56,7% %									
19	O/D 100,0% %						O/D 99,1% %									
20	Q/O 0,085 ha/hh						Q/O 0,751 ha/hh									
21	R 154.472 hh						R 17.726 hh									
22	D 87.648 hh						D 10.058 hh									
23	O 87.641 hh						O 9.964 hh									
24	pch Operador 1 0,10 hora/\$						pch Operador 1 0,10 hora/\$									
25																
26	ph Operador 2 0,027 ha/\$						ph Operador 2 0,006 ha/\$									
27	pfn Operador 2 0,269 ha/hh						pfn Operador 2 0,059 ha/hh									
28	Q/D 0,473 ha/hh						Q/D 0,104 ha/hh									
29	D/R 56,7% %						D/R 56,7% %									
30	O/D 97,6% %						O/D 99,0% %									
31	Q/O 0,485 ha/hh						Q/O 0,105 ha/hh									
32	R 27.856 hh						R 126.616 hh									
33	D 15.805 hh						D 71.842 hh									
34	O 15.430 hh						O 71.088 hh									
	Premissas Gerais		Controle		Outputs		Resumo dos Indicadores		Estrutura de indicadores		Ind fis equipamentos		Ind fis operadores		Ind fis	

**Figura 5. 6:** Tela da rede de indicadores de produtividade – visão tipos de recursos - desenvolvida em *MS Excel*.

A Figura 5.7 mostra o fluxograma simplificado da estrutura de análise de variações de indicadores. Por ela percebe-se que esta estrutura de indicadores compara a estrutura de indicadores de dois cenários,  $t_1$  e  $t_2$ , ambos gerados conforme indicado na Figura 5.1.



**Figura 5. 7:** Fluxo simplificado de informações da rede de análise de variações dos indicadores, desenvolvida em *MS Excel*.

A Figura 5.8 mostra a tela correspondente à rede de análise de variações de indicadores, sendo esta visualmente parecida com a tela da rede de indicadores, porém, seus dados consistem nas variações relativas dos indicadores de produtividade de dois cenários.

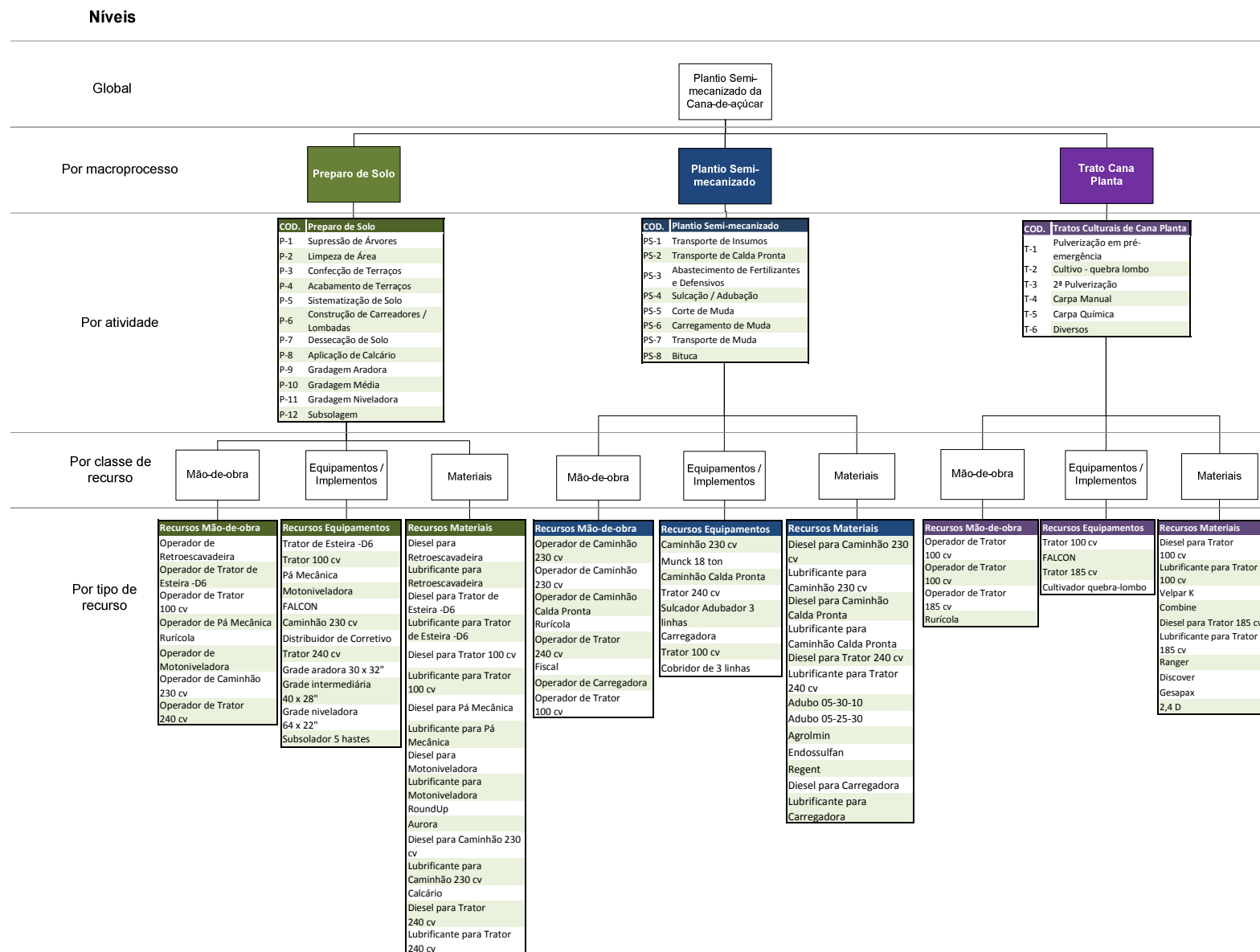
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Rede de análise das variações de indicadores</b>											
2												
3												
4			-80,39%									
5		Ψ lpr Preparo de Solo	80,39%	\$/ha								
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												

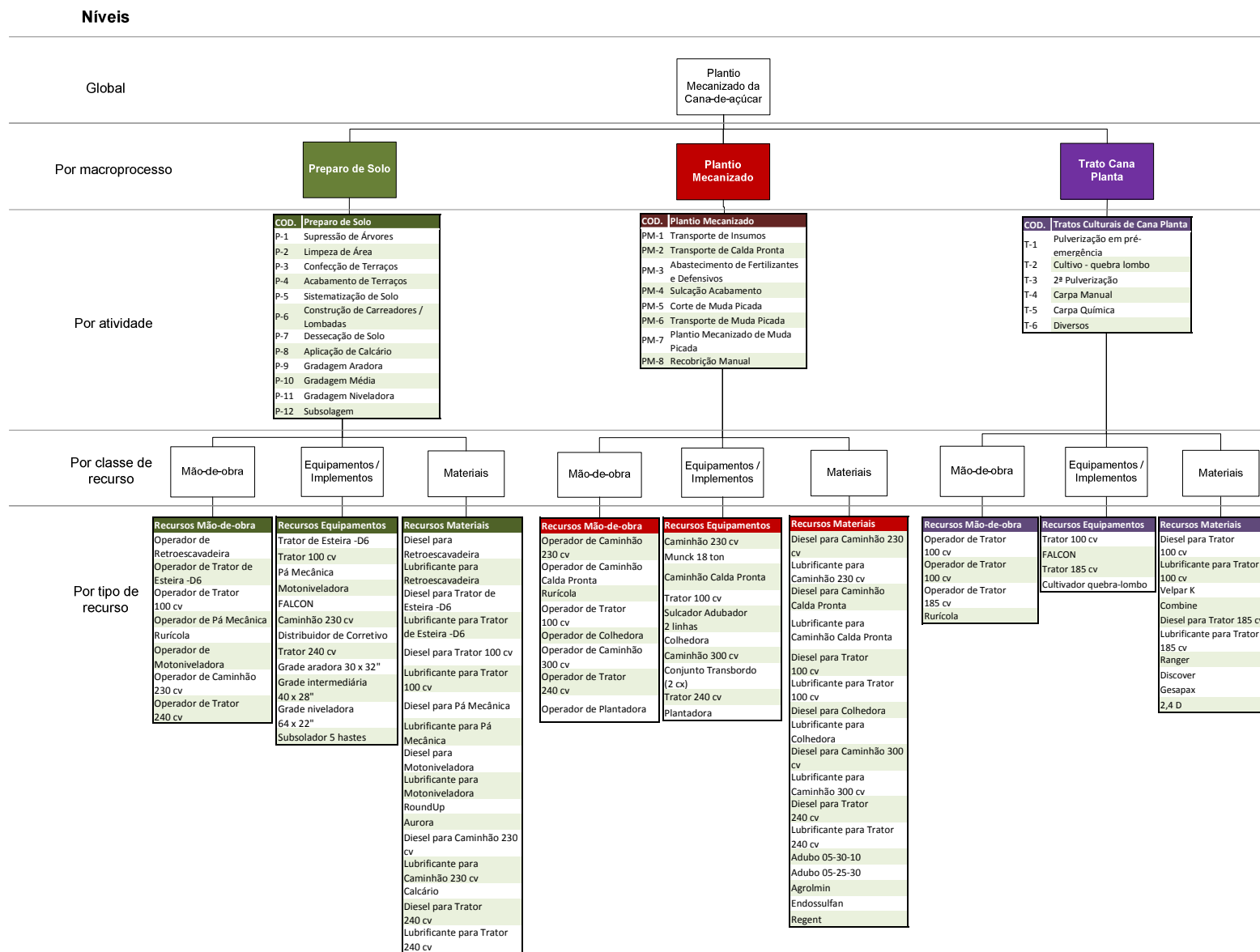
Supressão de Árvores			Limpeza de Área		
		-52,44%			
Ψ lpr	52,44%	\$/ha	Ψ lpr	132,41%	\$/ha
Ψ Q	-	ha	Ψ Q	-	ha
Ψ lph	0,00%	\$/ha	Ψ lph	153,15%	\$/ha
Ψ ph Operador 1	0,00%	haf\$	Ψ ph Operador 1	-58,82%	haf\$
Ψ pth Operador 1	0,00%	hafhh	Ψ pth Operador 1	-58,82%	hafhh
Ψ Q/D	0,00%	hafhh	Ψ Q/D	6,28%	hafhh
Ψ D/R	0,00%	%	Ψ D/R	-61,26%	%
Ψ O/D	0,00%	%	Ψ O/D	-1,25%	%
Ψ Q/O	0,00%	hafhh	Ψ Q/O	7,63%	hafhh
Ψ R	0,00%	hh	Ψ R	142,86%	hh
Ψ D	0,00%	hh	Ψ D	-5,91%	hh
Ψ O	0,00%	hh	Ψ O	-7,09%	hh
Ψ pch Operador 1	-	hora/\$	Ψ pch Operador 1	-	hora/\$
Ψ ph Operador 2	0,00%	haf\$	Ψ ph Operador 2	-60,63%	haf\$
Ψ pth Operador 2	0,00%	hafhh	Ψ pth Operador 2	-60,63%	hafhh
Ψ Q/D	0,00%	hafhh	Ψ Q/D	1,62%	hafhh
Ψ D/R	0,00%	%	Ψ D/R	-61,26%	%
Ψ O/D	0,00%	%	Ψ O/D	0,57%	%
Ψ Q/O	0,00%	hafhh	Ψ Q/O	1,04%	hafhh
Ψ R	0,00%	hh	Ψ R	154,00%	hh
Ψ D	0,00%	hh	Ψ D	-1,59%	hh

**Figura 5. 8:** Tela da rede de análise das variações de indicadores de produtividade, desenvolvida em *MS Excel*.

A estrutura de indicadores de produtividade para o plantio da cana-de-açúcar utilizado como ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário é mostrada, de forma simplificada, na Figura 5.9 para o caso do plantio semi-mecanizado e pela Figura 5.10 para caso do plantio mecanizado.



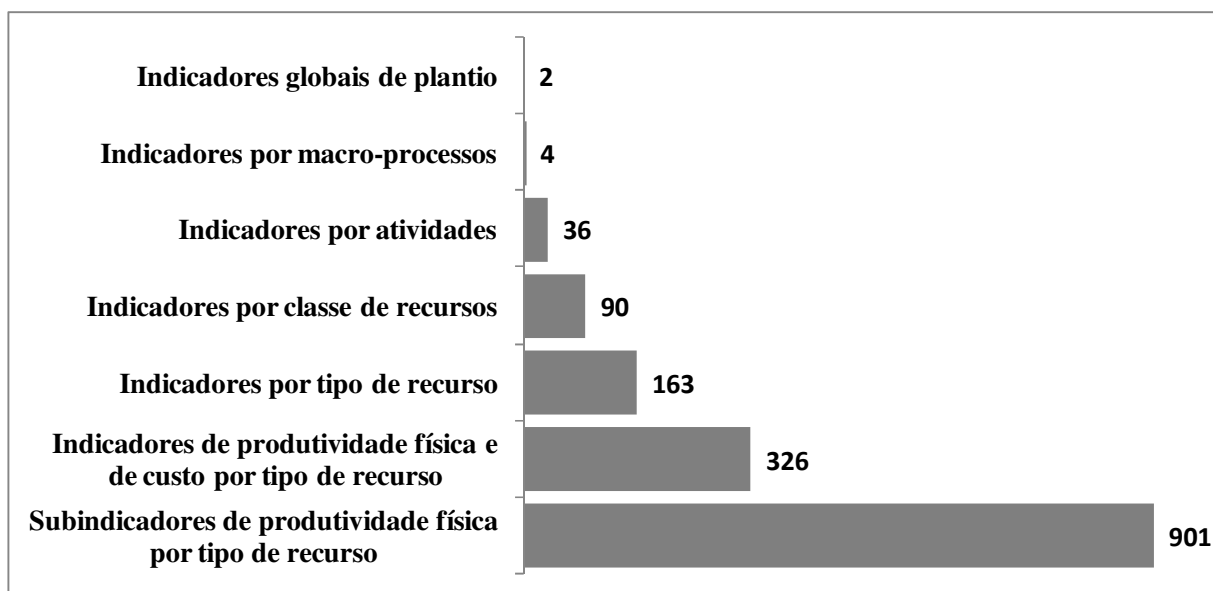
**Figura 5. 9: Visão simplificada da estrutura de indicadores de produtividade para o caso do plantio semi-mecanizado.**



**Figura 5. 10: Visão simplificação da estrutura de indicadores de produtividade para o caso do plantio mecanizado.**

As Figuras 5.9 e 5.10 mostram os níveis que formam a estrutura de indicadores de produtividade, sendo que o de maior abrangência são os indicadores globais de plantio semi-mecanizado e mecanizado. O próximo nível consiste nos macroprocessos de preparo de solo, plantio semi-mecanizado ou mecanizado e trato cana planta. Cada macroprocesso pode ser decomposto em atividades, sendo que para cada atividade podem ser obtidos os indicadores dos recursos de mão-de-obra, equipamentos e implementos, e materiais. Finalmente, as classes de recursos podem ser detalhadas segundo cada tipo de recurso empregado. Os indicadores de produtividade física de cada tipo de recurso podem ser divididos em subindicadores conforme indicam as Figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

De maneira geral, cada cenário gerado pelo modelo fornece um total de 1.522 (mil quinhentos e vinte e dois) indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos referentes às atividades que compõem o processo de plantio de cana-de-açúcar, permitindo uma análise detalhada do custo unitário de plantio, medido em R\$ por hectare. O Gráfico 5.1 mostra o número de indicadores por nível, mostrado nas Figuras 5.9 e 5.10.



**Gráfico 5. 1: Número de indicadores gerados por nível**

Pelo Gráfico 5.1 ainda fica evidente que quanto maior o detalhamento dos indicadores globais de produtividade, maior é o número de indicadores parciais. Isto ocorre devido ao fato de que apesar do detalhamento do indicador ser maior, sua abrangência é menor.



## **5.2 Aplicação como ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário**

O principal objetivo da ferramenta, quando aplicada como apoio ao planejamento orçamentário, é a obtenção dos custos unitários de plantio semi-mecanizado e mecanizado, medidos em R\$ por hectare, assim, sua aplicação será feita neste trabalho em dois casos distintos: (i) na elaboração do orçamento base dos processos agrícolas que serão realizados no próximo período de plantio e (ii) na construção de um cenário em que a variação dos principais fatores será simulada de maneira desfavorável e os impactos verificados por meio da ferramenta de análise de variações.

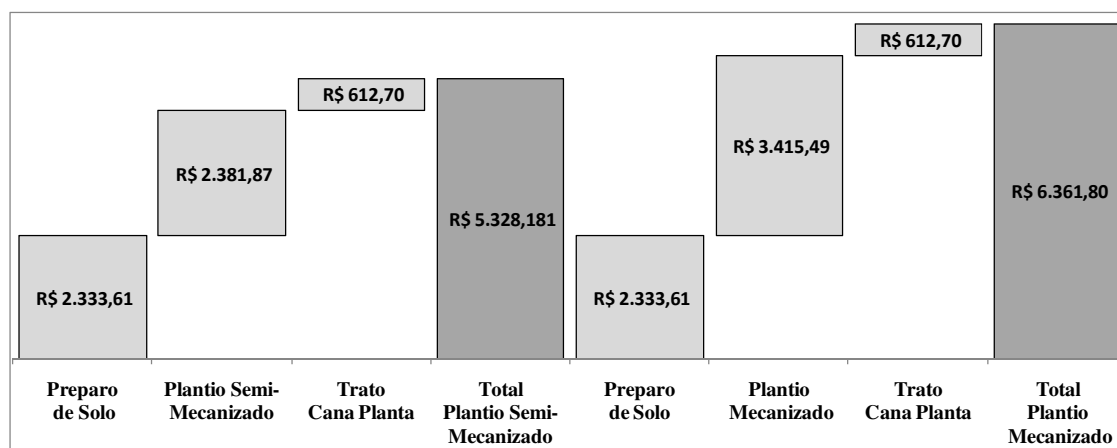
### **5.2.1 Elaboração do orçamento base dos processos agrícolas de plantio da cana-de-açúcar**

A ferramenta foi alimentada com dados que correspondem à melhor estimativa do próximo plantio, feita pelos analistas de planejamento do Departamento Agrícola e do Departamento de Suprimentos da empresa, porém, a pedido da diretoria da empresa, os dados apresentados neste trabalho são dados fictícios. Desta maneira será obtido o cenário que será adotado como orçamento base dos processos de plantio da cana-de-açúcar para o próximo período de plantio da empresa, servindo para o estabelecimento de metas físicas e econômicas. A seguir serão apresentados os indicadores do orçamento base, partindo-se do indicador global do plantio, medido em R\$ por hectare, até os indicadores de produtividade física e de custo de cada tipo de recurso consumido.

#### **5.2.1.1 Indicadores globais de plantio e indicadores por macroprocesso**

Conforme mostrado nas Figuras 5.9 e 5.10, os indicadores globais de plantio semi-mecanizado e mecanizado são formados pelos indicadores dos macroprocessos de preparo de solo, plantio semi-mecanizado ou mecanizado e trato cana planta. Portanto, chega-se a estes indicadores globais do custo unitário somando o custo de cada macroprocesso, conforme mostra o Gráfico 5.2, sendo todos estes custos medidos em R\$ por hectare. Embora expressos em R\$ por

hectare, deve-se subentender que os valores apresentados correspondem a “R\$ por hectare por safra”.



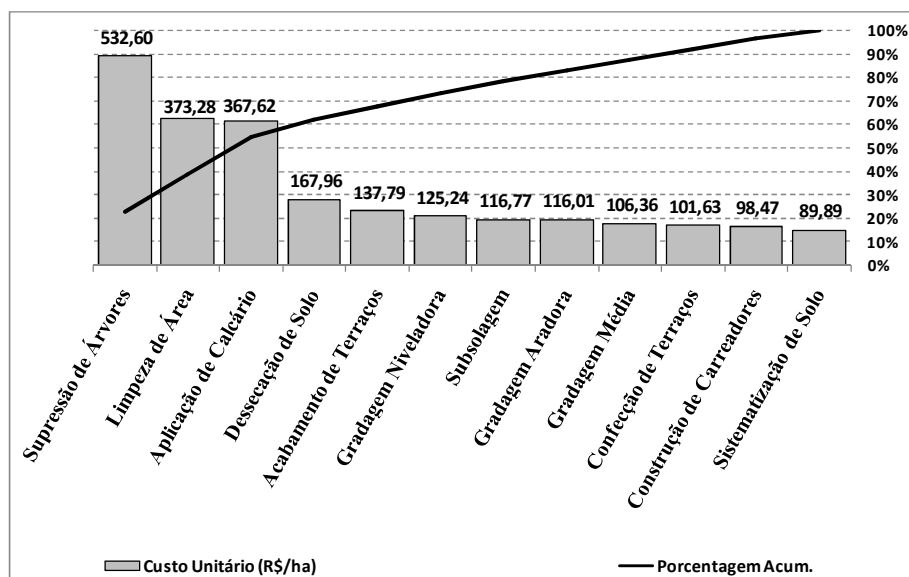
**Gráfico 5. 2: Contribuição dos macroprocessos na formação dos custos de plantio semi-mecanizado e mecanizado em R\$ por hectare**

Analisando o Gráfico 5.2 conclui-se que, para as condições de plantio definidas pela Brenco, é economicamente melhor realizar o plantio semi-mecanizado, uma vez que o seu custo unitário total é de R\$ 5.328,18 por hectare enquanto o custo total unitário do plantio mecanizado é de R\$ 6.361,80 por hectare. Esta diferença se deve ao fato do macroprocesso de plantio semi-mecanizado ter um custo unitário de R\$ 2.381,87 por hectare e o macroprocesso de plantio mecanizado ter um custo de R\$ 3.415,49 por hectare, ou seja, 43,4% superior.

### 5.2.1.2 Indicadores por atividade

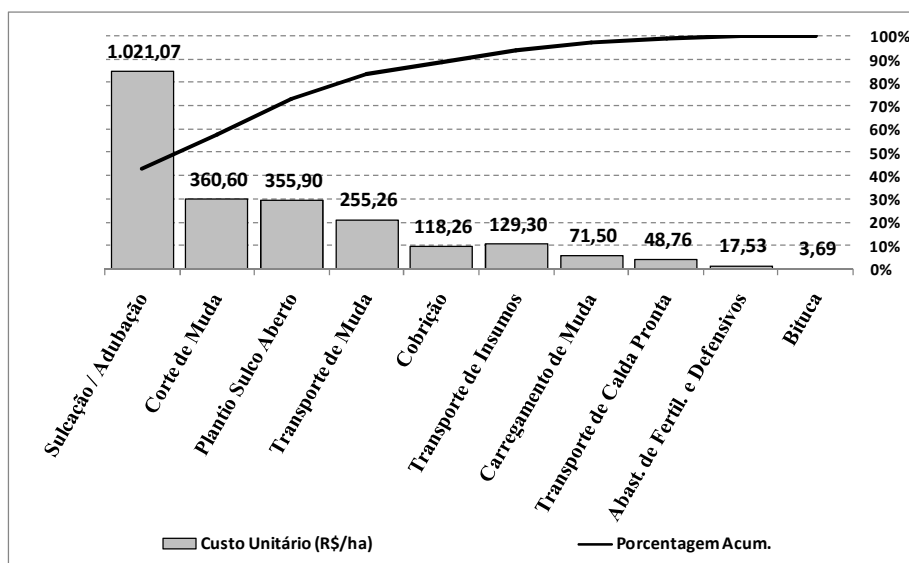
Conforme mostrado na Figura 2.1 e detalhado nas Tabelas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4, os macroprocessos são formados por atividades, logo o detalhamento dos indicadores de cada macroprocesso é feito por meio dos indicadores de suas atividades.

O Gráfico 5.3 mostra a contribuição de cada atividade no custo unitário do macroprocesso de preparo de solo, que conforme mostrado no Gráfico 5.2 é de R\$ 2.333,61 por hectare. Analisando o gráfico fica evidenciado que as atividades que têm maior custo unitário são as atividades de supressão de árvores e de limpeza de área e aplicação de calcário, contribuindo respectivamente com 22,8% e 16,0% do custo de preparo de solo.



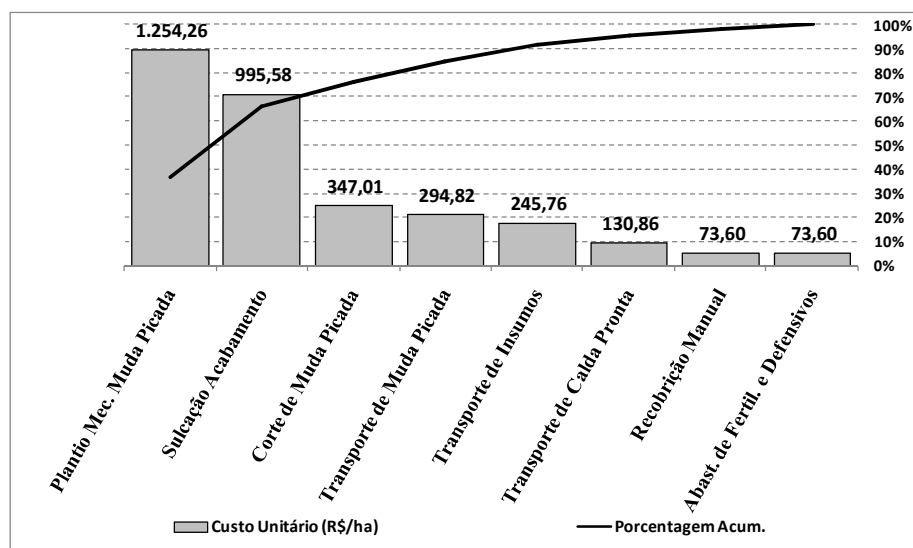
**Gráfico 5. 3: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total de preparo do solo**

De forma análoga, o Gráfico 5.4 mostra a composição do custo do macroprocesso de plantio semi-mecanizado, que conforme o Gráfico 5.2 tem um custo unitário de R\$ 2.381,87 por hectare. Pode-se concluir que a atividade de sulcação/adubação tem o maior peso na formação do custo do macroprocesso, sendo responsável por 42,9% deste, já a atividade de corte de muda é a segunda atividade com maior custo unitário, porém contribui apenas com 15,1% do custo unitário total do macroprocesso.



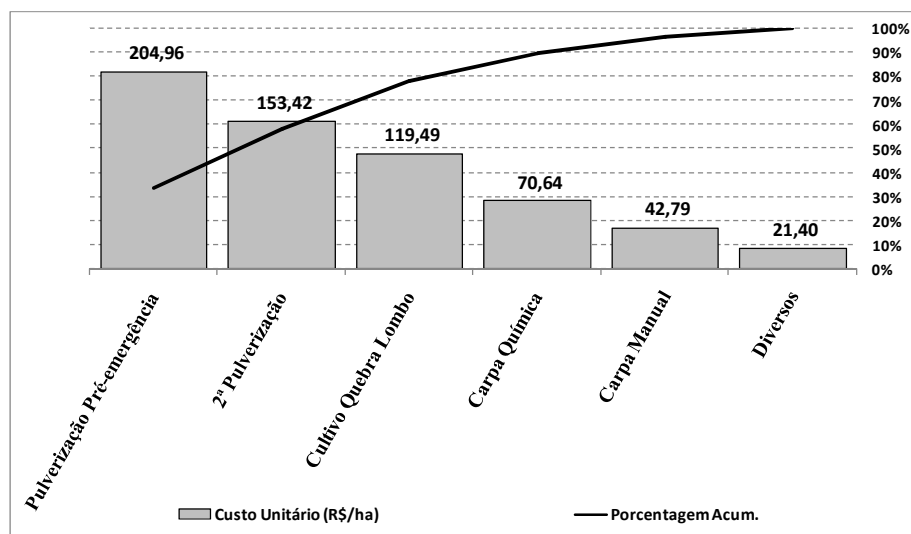
**Gráfico 5. 4: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total do macroprocesso de plantio semi-mecanizado**

Conforme apresentado no Gráfico 5.2, o custo unitário do macroprocesso de plantio mecanizado é de R\$ 3.415,49 por hectare, assim, por meio do Gráfico 5.5 chega-se à composição deste custo por suas atividades, sendo que as atividades de plantio mecanizado de muda picada e sulcação acabamento correspondem aos maiores custos, responsáveis por 36,7% e 29,1% respectivamente do custo do macroprocesso.



**Gráfico 5. 5: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total do macroprocesso de plantio mecanizado**

Por fim, ainda pode-se analisar a contribuição de cada atividade no custo de trato cana planta, conforme mostra o Gráfico 5.6. As atividades com maior custo unitário deste macroprocesso são as atividades de pulverização em pré-emergência e segunda pulverização que correspondem, respectivamente, a 33,5% e 25,0% do custo total do macroprocesso que é de R\$ 612,70 por hectare, conforme mostra a Figura 5.2.



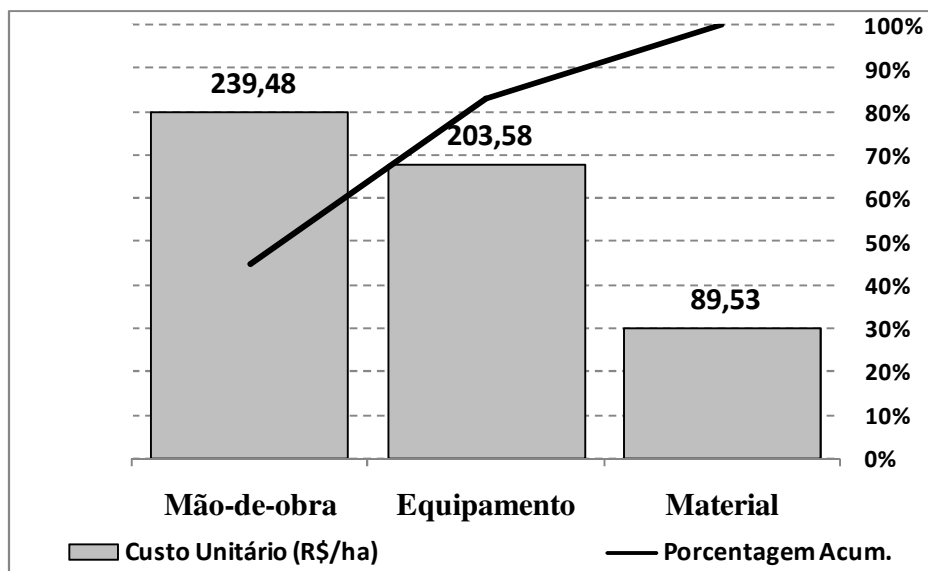
**Gráfico 5. 6: Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo total de trato cana soca**

Conforme mostrado pelos Gráficos 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6, a planilha permite analisar qual o impacto de cada atividade no custo dos macroprocessos e conseqüentemente no custo unitário global de plantio. Os custos unitários de cada atividade podem ser detalhados ainda mais, conforme mostrado nas Figuras 5.9 e 5.10, porém, como esta análise será análoga para todas as atividades do plantio da cana-de-açúcar, será utilizada como exemplo a atividade de supressão de árvores do macroprocesso de preparo de solo, isto devido ao fato do macroprocesso de preparo de solo ser empregado tanto no plantio semi-mecanizado como no plantio mecanizado e também devido ao fato de a atividade de supressão de árvores ser a atividade de maior custo deste macroprocesso, conforme indica o Gráfico 5.3.

### 5.2.1.3 Indicadores por classe de recurso

O custo unitário de cada atividade pode ser analisado segundo as contribuições de cada classe de recurso (mão-de-obra, equipamentos e materiais). Para o caso da supressão de árvore, atividade do macroprocesso de preparo de solo, seu custo unitário de R\$ 532,60 por hectare, conforme o Gráfico 5.3, é formado pelos gastos com mão-de-obra, que corresponde a 45,0% do custo unitário da atividade, seguido pelos gastos com equipamentos e implementos, que correspondem a 38,2% e, por fim, os gastos com materiais, que correspondem a 16,8%. O

Gráfico 5.7 mostra o custo unitário, em R\$ por hectare, de cada classe de recurso e sua contribuição percentual no custo total desta atividade.

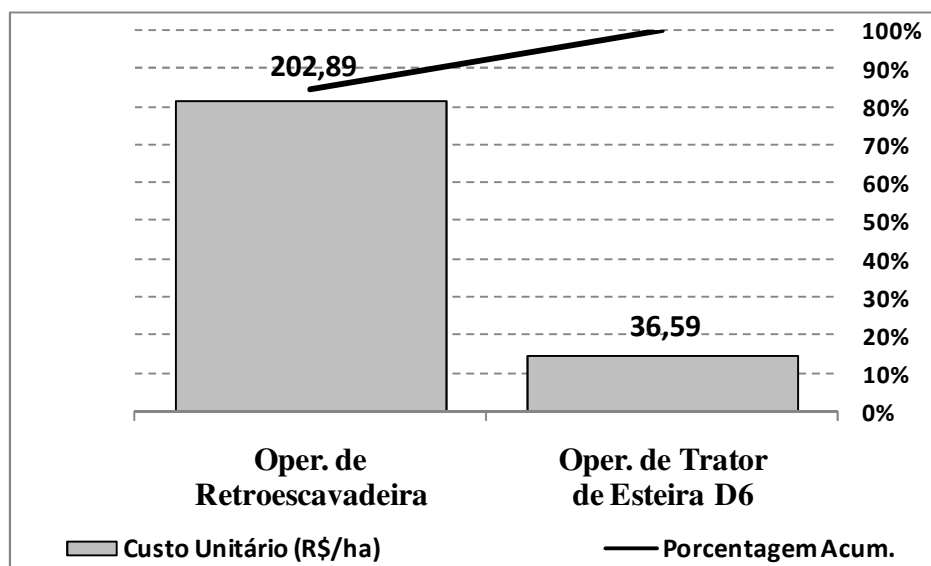


**Gráfico 5. 7:** Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo da atividade de supressão de árvores

Devido ao fato dos recursos de mão-de-obra ter a maior contribuição no custo unitário da atividade de supressão de árvores, conforme Gráfico 5.7, o detalhamento desta classe de recursos será feito verificando-se os tipos de mão-de-obra que contribuem na formação do custo desta classe. A mesma análise pode ser feita para as demais classes de recursos empregados em cada atividade do processo de plantio da cana-de-açúcar.

#### 5.2.1.4 Indicadores por tipo de recurso

Conforme mostrado nas Figuras 5.9 e 5.10, a estrutura de indicadores de produtividade ainda permite verificar quais tipos de recursos contribuem na formação do custo de cada classe de recursos, sendo que para o caso da mão-de-obra empregada na supressão de árvores são necessários operadores de retroescavadeira e operadores de trator esteira modelo D6. O Gráfico 5.8 mostra que a contribuição destes tipos de mão-de-obra é de 84,7% e 15,3% respectivamente no custo unitário de mão-de-obra de R\$ 239,48 por hectare, apresentado no Gráfico 5.7.



**Gráfico 5. 8:** Gráfico de Pareto dos custos, em R\$ por hectare, na composição do custo de mão-de-obra da atividade de supressão de árvore

A análise dos indicadores por tipo de recurso pode ser ainda mais detalhada, verificando-se a contribuição dos preços dos recursos e também dos volumes empregados na realização de cada atividade. Como exemplo será utilizado os recursos de mão-de-obra empregados na realização da atividade de supressão de árvores.

#### 5.2.1.5 Indicadores de produtividade física e de custos por tipo de recurso

Os indicadores de produtividade física permitem a verificação do consumo de determinado tipo recurso, assim, se comparado com valores históricos ou com valores de *benchmark*, mostram a eficiência na utilização destes recursos. Já os indicadores de produtividade de custos permitem a verificação se o preço pago pelo recurso está condizente com os preços praticados no mercado ou no passado pela empresa. A Tabela 5.1 mostra os indicadores de produtividade física e os indicadores de produtividade de custos dos tipos de mão-de-obra utilizados na atividade de supressão de árvores.

**Tabela 5. 1: Indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custos dos tipos de recursos de mão-de-obra utilizados na atividade de supressão de árvores**

Macro-processo	Atividade	Classe de recurso	Tipo de recurso	Tipo de produtividade	Valor	Unidade de medida
Preparo de Solo	Supressão de Árvores	Mão-de-obra	Oper. de Retroescavadeira	Física	0,05	ha/hh
				Custo	0,10	hh/\$
			Oper. de Trator de Esteira D6	Física	0,23	ha/hh
				Custo	0,10	hh/\$

Pela Tabela 5.1 verifica-se que, apesar do indicador de produtividade de custo, medido em homens  $\times$  hora por R\$, de um operador de retroescavadeira e um operador de trator esteira modelo D6 ser igual, utilizando-se uma unidade de homem  $\times$  hora o operador de trator esteira realiza a operação em uma quantidade maior de hectares (0,23 hectares por homem  $\times$  hora frente a 0,10 hectares por homem  $\times$  hora). Isto justifica o custo de um operador de retroescavadeira, medido em R\$ por hectare, ser maior que o custo de um operador de trator esteira D6, conforme indica o Gráfico 5.8,. A ferramenta ainda possibilita a análise detalhada de cada indicador de produtividade física dos recursos empregados, da maneira mostrada nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

As análises feitas para o caso da mão-de-obra empregada na atividade de supressão de árvores podem ser feitas, de forma análoga, para as demais atividades e recursos necessários na realização do plantio da cana-de-açúcar.

### 5.2.2 Construção de cenários e análise de variações

A aplicação da estrutura de análise de variações, apresentada na Seção 4.2, como ferramenta de planejamento foi aplicada para a simulação de um caso em que os principais fatores que influem no processo de plantio da cana-de-açúcar variam de forma desfavorável. Este exemplo de aplicação da ferramenta mostra como a partir da análise destas variações pode-se elaborar de um plano de mitigação de riscos.



### 5.2.2.1 Seleção de principais fatores a serem variados

Dentre as duas metodologias apresentadas na Seção 3.7, optou-se pela aplicação do Método Delphi pelo fato desta se basear no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo (GIOVINAZZO e WRIGHT, 2000). Além disso, o *feedback* estabelecido através das diversas rodadas de questionamentos permite a troca de informações entre os diversos participantes e, em geral, conduz a uma convergência rumo a uma posição de consenso (ESTES e KUESPERT, 1976).

Na identificação dos fatores que podem causar maiores impactos, caso sofram variações frente ao orçamento base, foi utilizado o procedimento proposto por Giovinazzo e Wright (2000) apresentado na Figura 3.9. A Figura 5.11 mostra o fluxo simplificado do Método Delphi que foi adotado para o caso da Brenco.

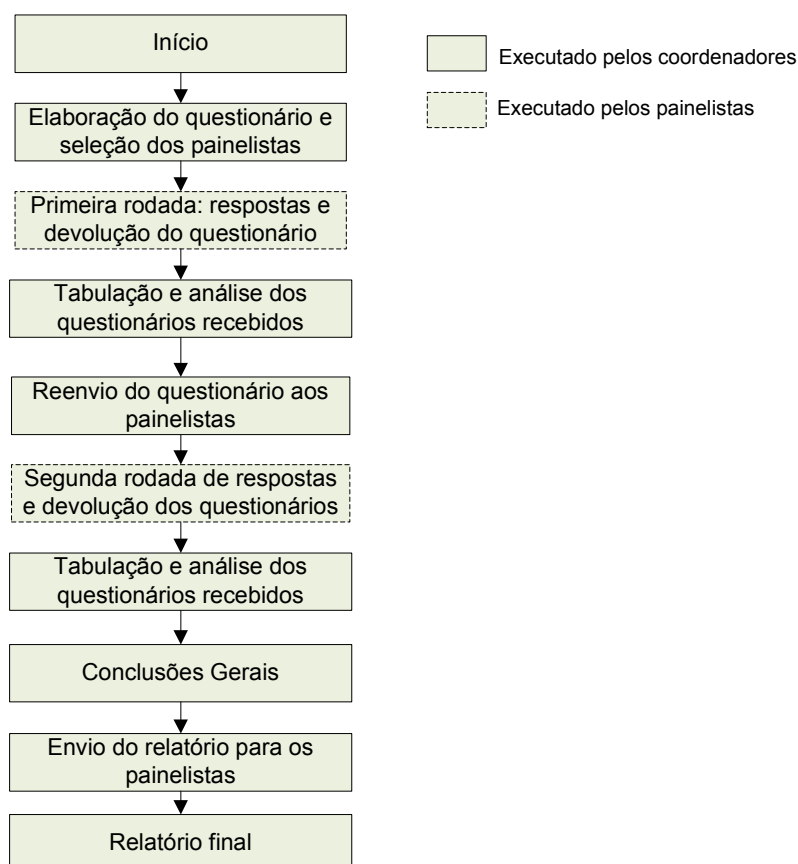


Figura 5. 11: Fluxo do Método Delphi adotado para o caso do plantio da cana-de-açúcar da Brenco.

A seguir serão detalhadas as etapas do Método Delphi aplicadas para o caso do plantio de cana-de-açúcar da Brenco, segundo apresentado na Figura 5.11.

- **Elaboração do questionário e seleção dos painelistas**

A elaboração do questionário foi feita de maneira que fosse simples de ser respondido e que permitisse comentários dos painelistas, conforme sugerido por Giovinazzo e Wright (2000). Foram selecionados os dez principais fatores que influenciam em cada um dos macroprocessos do plantio da cana-de-açúcar e solicitado aos painelistas que respondessem qual seria o impacto que a variação de cada fator considerado poderia causar ter frente ao planejamento. O questionário foi elaborado pelo autor e validado pelo gerente de planejamento agro-industrial da empresa e é mostrado no Anexo F.

A decisão de quantas e quais pessoas responderiam o questionário foi tomada conjuntamente com o Departamento de Planejamento da empresa, do qual o autor faz parte, e a diretoria agrícola da mesma. Desta forma, foram selecionadas dez pessoas para responder o questionário, sendo estas de diferentes setores da empresa, conforme mostrado na Tabela 5.2.

**Tabela 5. 2: Número de painelistas por departamento e localização**

Departamento	Localização	
	São Paulo (SP)	Mineiros (GO)
<b>Agrícola</b>	2	5
<b>Suprimentos</b>	2	0
<b>Planejamento</b>	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

A equipe selecionada tem envolvimento direto na elaboração do orçamento e também na execução das atividades de plantio da cana-de-açúcar, por isso esta apresenta plena competência para responder o questionário e ainda, por atuarem em diferentes departamentos, isso evitou que fossem coletadas respostas baseadas em crenças do mercado ou restritas a determinadas áreas da organização.

- **Primeira rodada: respostas e devolução do questionário**

O questionário foi enviado eletronicamente, via e-mail, para todos os painelistas, com um prazo de uma semana para responderem. Juntamente com questionário, foi enviada uma mensagem que continha as instruções para o preenchimento do mesmo e também com ressalvas de que as respostas deveriam ser preenchidas individualmente e não poderiam ser comunicadas a outras pessoas, desta maneira garantiu-se a individualidade das respostas.

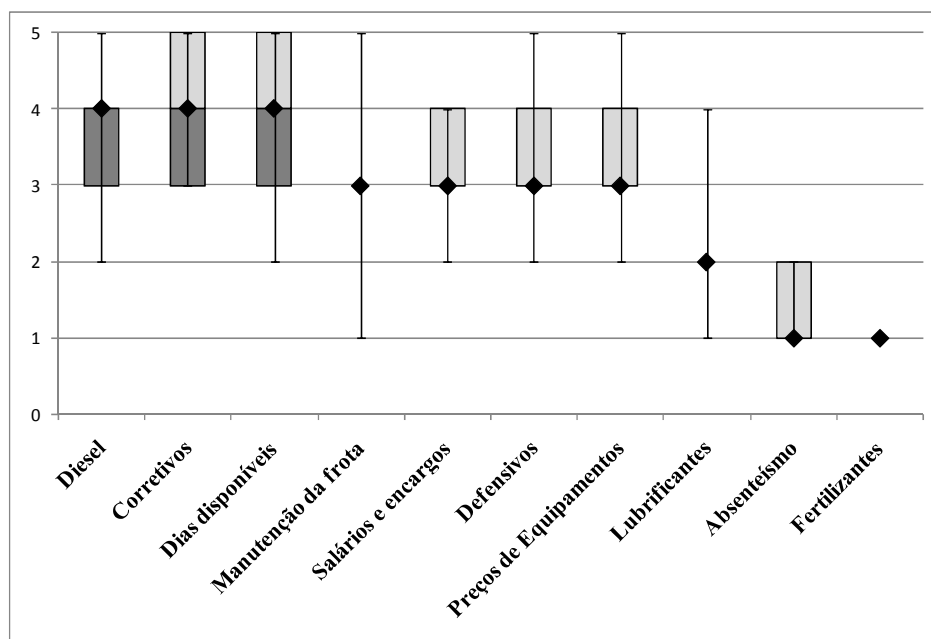
Conforme mostrado no Anexo F, as respostas dos painelistas foram dadas qualitativamente em uma *Escala Likert* que variava entre impacto baixo até impacto alto, sendo que para cada possível resposta foi atribuído um valor quantitativo, conforme indica a Tabela 5.3.

**Tabela 5. 3: Valores quantitativos atribuídos às respostas dos painelistas.**

Impacto	Valor quantitativo
Baixo	1
Baixo-médio	2
Médio	3
Médio-alto	4
Alto	5

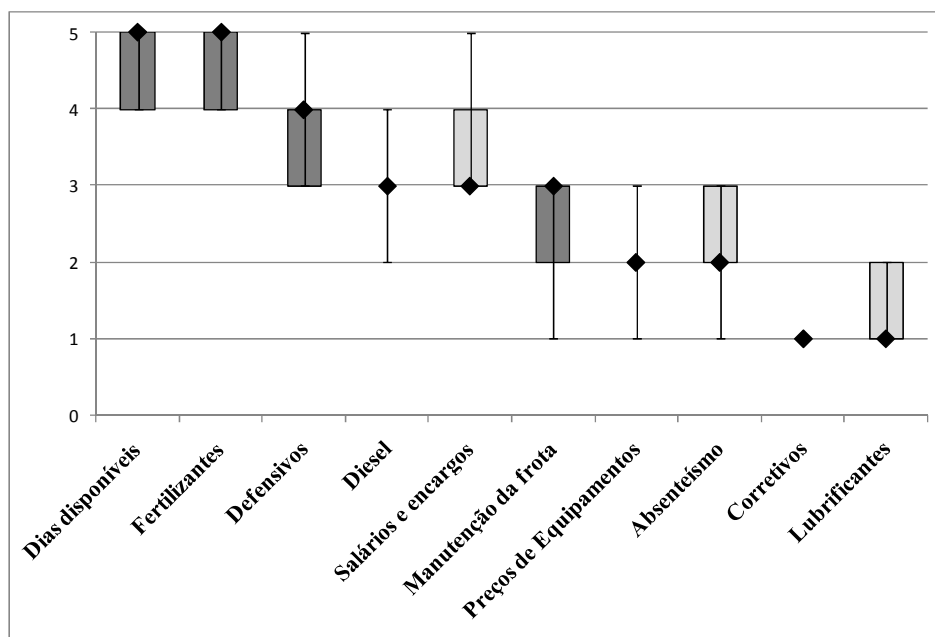
O tratamento estatístico utilizado no Método Delphi consiste em análises estatísticas simples, ou seja, serão analisadas as medianas, quartis e extremos inferior e superior. Segundo Giovinazzo e Wright (2000), a mediana deve ser utilizada quando os painelistas têm grande liberdade de opções e os quartis permitem uma avaliação do grau de convergência das respostas e segundo Costa Neto (1977), a mediana é, em geral, um melhor indicador do centro da distribuição que a média, pois não sofre influência de valores extremos. A análise das respostas dos painelistas será apresentada por meio de gráficos do tipo *box plot*, que, conforme proposto por Tukey (1977), descrevem as características de uma distribuição por meio de estatísticas de ordem, que consistem na mediana, os quartis e os extremos. Estes gráficos apontam a tendência central, dada pela mediana, a dispersão, dada pela diferença entre quartil superior e inferior, e assimetria, dada pela diferença entre a mediana e cada um dos quartis, tanto inferior como superior.

O Gráfico 5.9 apresenta um *box plot* em que se verifica que os painelistas consideram que o diesel, corretivos e os dias disponíveis sem chuva são os fatores que mais podem influir nas atividades do macroprocesso de preparo de solo.



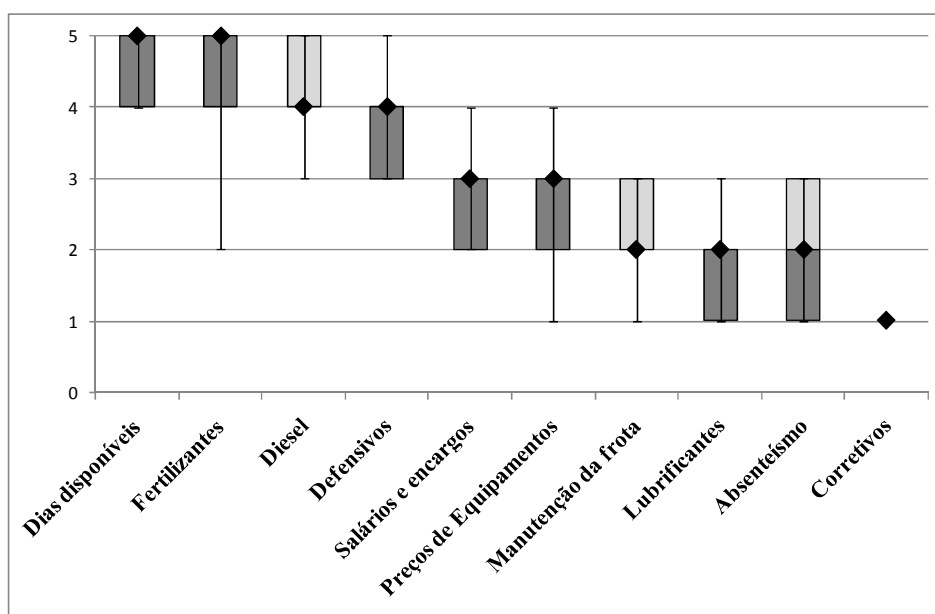
**Gráfico 5. 9: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de preparo de solo**

Por sua vez, a variação dos dias disponíveis e dos custos de fertilizantes são os fatores cujas variações mais podem influir nas atividades do macroprocesso de plantio semi-mecanizado, como mostra o Gráfico 5.10.



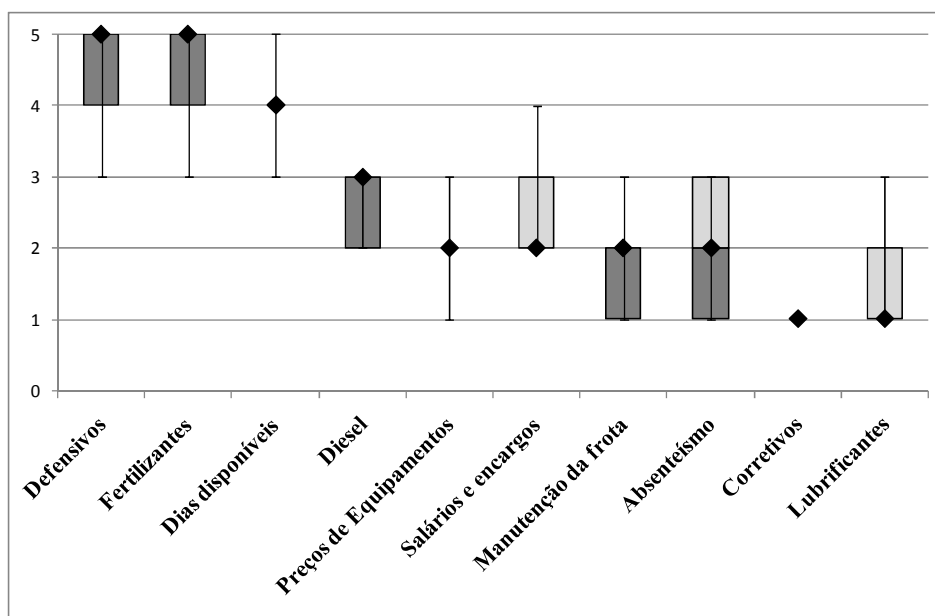
**Gráfico 5. 10: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de plantio semi-mecanizado**

Para o caso do macroprocesso de plantio mecanizado, os fatores cujas variações podem influir mais fortemente também são os dias disponíveis e o custo dos fertilizantes, conforme apresenta o Gráfico 5.11.



**Gráfico 5. 11: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de plantio mecanizado**

Finalmente, para o caso do macroprocesso de trato cana planta, os fatores cujas variações mais podem influir são os defensivos e os fertilizantes, como mostra o Gráfico 5.12.



**Gráfico 5. 12: Resultado da primeira rodada para o macroprocesso de trato cana planta**

Apesar dos dados apresentados nos Gráficos 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12 serem os resultados da primeira rodada de envio do questionário, de maneira geral, pode-se observar que as respostas dos painelistas não apresentara grande dispersão. Isto pode ser notado nos gráficos de *box plot* e analisando a Tabela 5.4, que mostra um resumo dos resultados obtidos na primeira rodada. Esta tabela apresenta para os dois fatores de cada macroprocesso cuja variação pode causar maiores impactos, suas medianas, medidas de dispersão e assimetria.

**Tabela 5. 4: Resumo dos resultados dos principais fatores escolhidos na primeira rodada.**

Macro-processo	Fator	Mediana	Medida de Dispersão	Assimetria Quartil Superior	Assimetria Quartil Inferior
Preparo de solo	Diesel	4	1	0	1
	Corretivos	4	2	1	1
Plantio semi-mecanizado	Dias disponíveis	5	1	0	1
	Fertilizantes	5	1	0	1
Plantio mecanizado	Dias disponíveis	5	1	0	1
	Fertilizantes	5	1	0	1
Trato cana planta	Defensivos	5	1	0	1
	Fertilizantes	5	1	0	1

- **Reenvio do questionário aos painelistas**

As análises estatísticas e comentários foram apresentados aos painelistas também via e-mail e foi solicitado que cada um reavaliasse as respostas dadas na primeira rodada. Desta vez o questionário foi enviado somente a nove painelistas, isto se deve ao fato de um deles não ter respondido durante a primeira rodada, também foi dado um novo prazo, de uma semana, para que as respostas fossem enviadas.

- **Segunda rodada: respostas e devolução dos questionários**

Novamente os questionários foram devolvidos de forma eletrônica, porém desta vez todos os participantes responderam as perguntas.

- **Segunda rodada: tabulação e análise dos questionários recebidos**

O tratamento estatístico adotado na análise dos dados da primeira rodada foi novamente aplicado na análise dos dados da segunda rodada. Os resultados obtidos são apresentados nos Gráficos 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16.

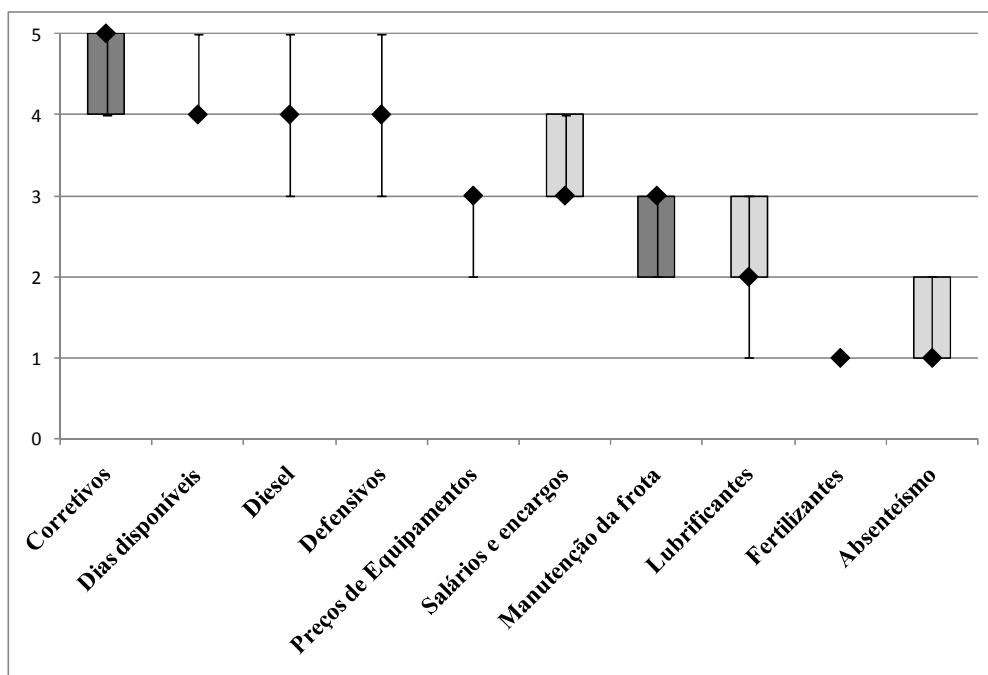


Gráfico 5.13: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de preparo de solo

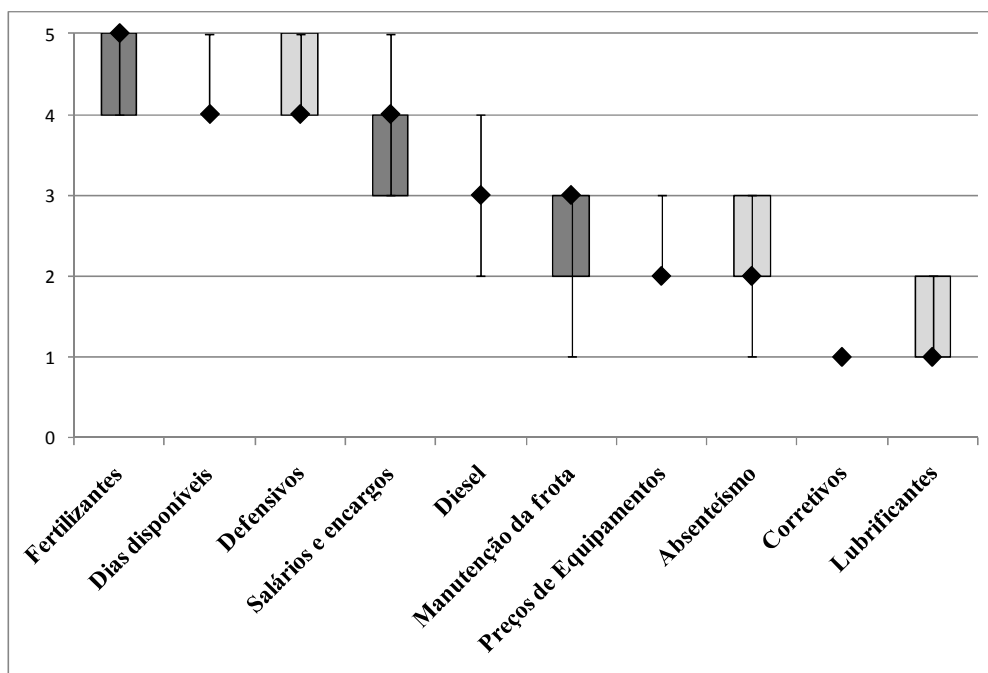
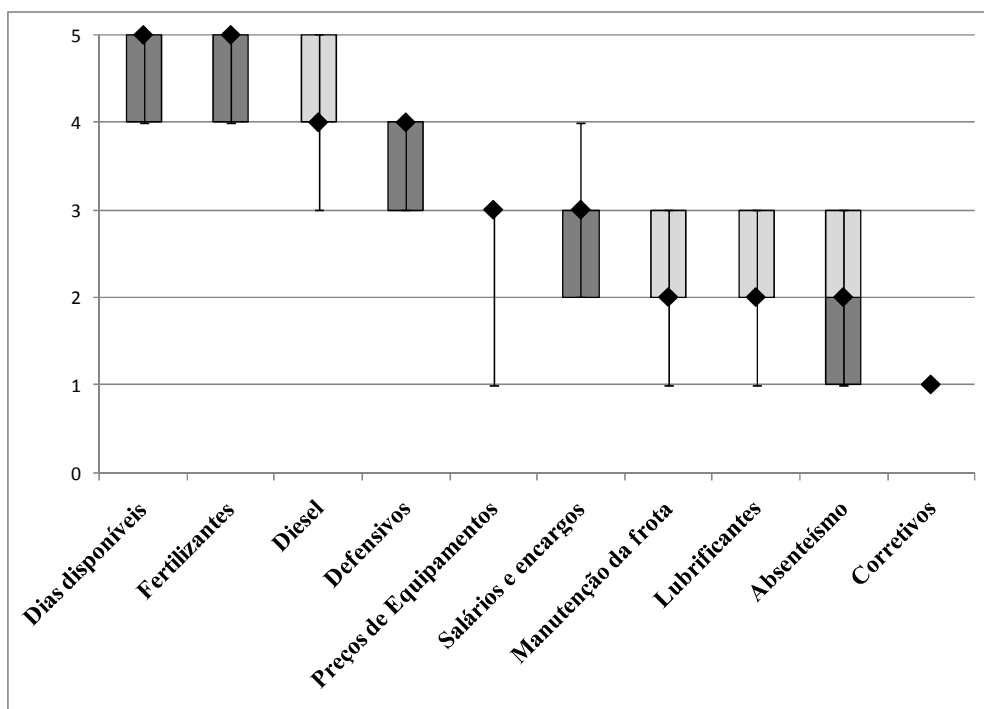
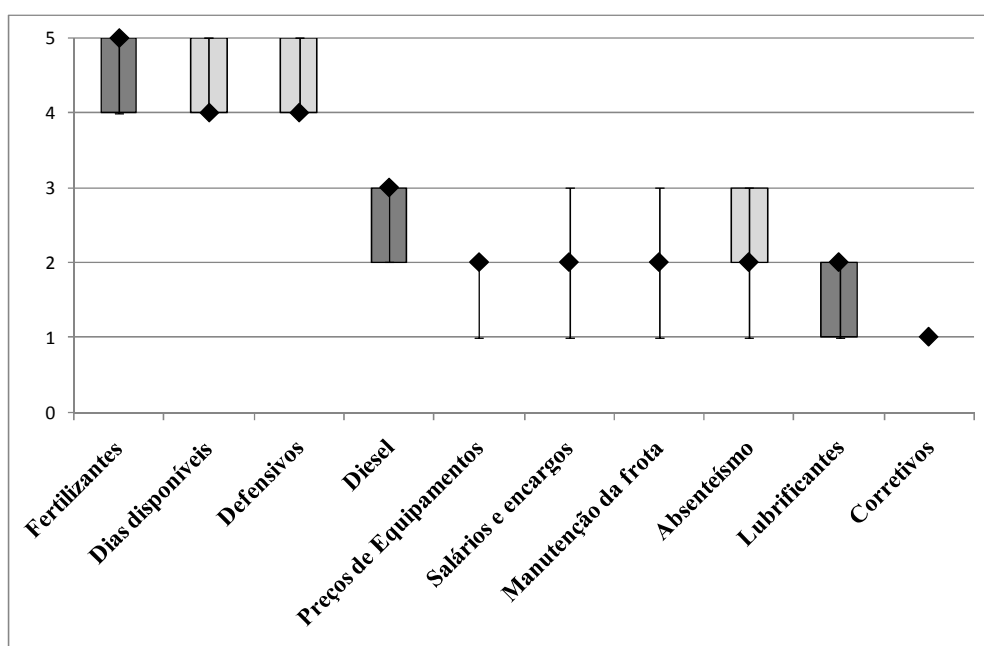


Gráfico 5.14: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de plantio semi-mecanizado





**Gráfico 5. 15: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de plantio mecanizado**



**Gráfico 5. 16: Resultado da segunda rodada para o macroprocesso de trato cana planta**

De maneira geral, pode-se concluir que o consenso foi alcançado, uma vez que, se comparados com os resultados apresentados na Tabela 5.4 referentes à primeira rodada, as medidas de dispersão dos dados em relação à mediana da segunda rodada se reduziram. A Tabela

5.5 mostra os dois fatores que segundo os painelistas causam maior impacto se variados frente aos dados do plano orçamentário.

**Tabela 5. 5: Resumo dos resultados dos principais fatores escolhidos na segunda rodada.**

Macro-processo	Fator	Mediana	Medida de Dispersão	Assimetria Quartil Superior	Assimetria Quartil Inferior
Preparo de solo	Corretivos	5	1	0	1
	Dias disponíveis	4	0	0	0
Plantio semi-mecanizado	Fertilizantes	5	1	0	1
	Dias disponíveis	4	0	0	0
Plantio mecanizado	Dias disponíveis	5	1	0	1
	Fertilizantes	5	1	0	1
Trato cana planta	Fertilizantes	5	1	0	1
	Dias disponíveis	4	1	1	0

- **Conclusões gerais**

Com base nos dados tabulados e analisados obtidos após a segunda rodada, conclui-se que os três fatores que podem causar variações de maior impacto são os dias disponíveis, preço de fertilizantes e preço de corretivos. A distribuição destes indicadores têm a maior mediana, as medidas de dispersão e os menores valores de assimetria do quartil inferior.

- **Envio do relatório para os painelistas**

Um relatório com as conclusões gerais foi enviado aos painelistas para que pudessem ter uma percepção geral do resultado final das respostas. Nenhum dos resultados informados foi questionado.

- **Relatório final**

Um relatório final, em forma de apresentação, foi elaborado para comunicar o Departamento de Planejamento e o Departamento Agrícola os resultados obtidos.

### 5.2.2.2 Análise dos impactos da variação dos principais fatores

Uma vez verificado que os fatores cujas variações têm maior impacto no processo de plantio da cana-de-açúcar são: preço de fertilizantes, dias disponíveis e preço dos corretivos, foi feita uma simulação de um cenário de plantio atípico em que todos os três fatores variam de forma desfavorável, para assim verificar o seu impacto no custo unitário global do plantio.

- **Variação do preço dos fertilizantes**

No processo de plantio da cana-de-açúcar, são utilizados fertilizantes de duas formulações diferentes: a 05-30-10 e a 05-25-30. A formulação de cada fertilizante corresponde à porcentagem, em peso, de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) contidos no fertilizante. Logo, o fertilizante com a formulação 05-30-10 contém 5% de nitrogênio, 30% de fósforo e 10% de potássio em sua composição, enquanto o fertilizante 05-25-30 contém 5% de nitrogênio, 25% de fósforo e 30% de potássio.

O Gráfico 5.17 mostra a evolução histórica dos preços do fertilizante 05-30-10 sem considerar frete. Durante o período considerado, o maior valor do preço deste fertilizante foi de R\$ 1.678,92 por tonelada em novembro de 2008.

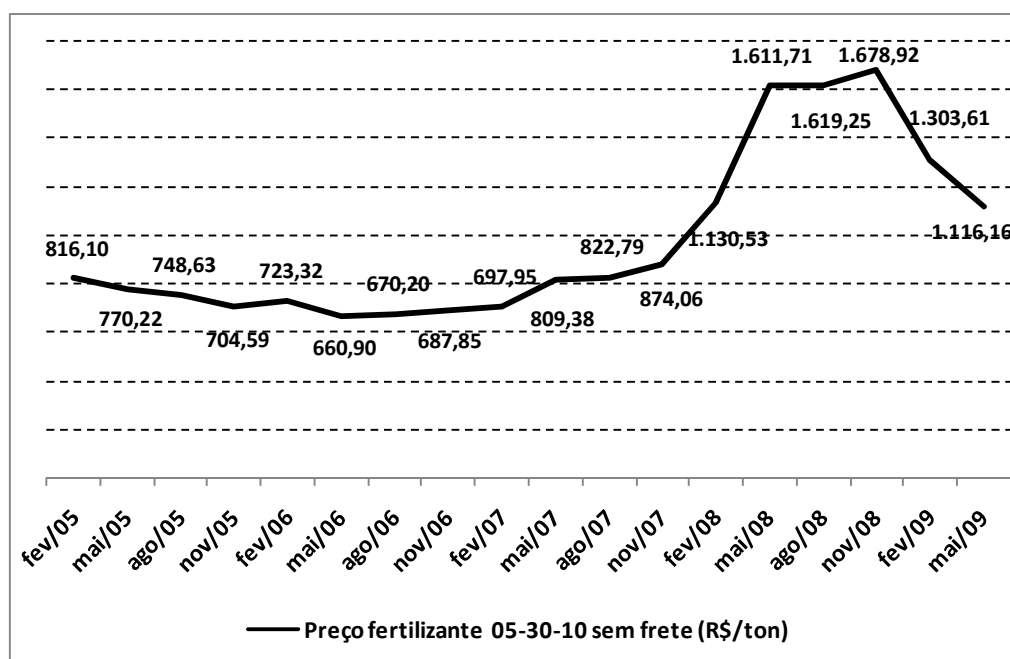


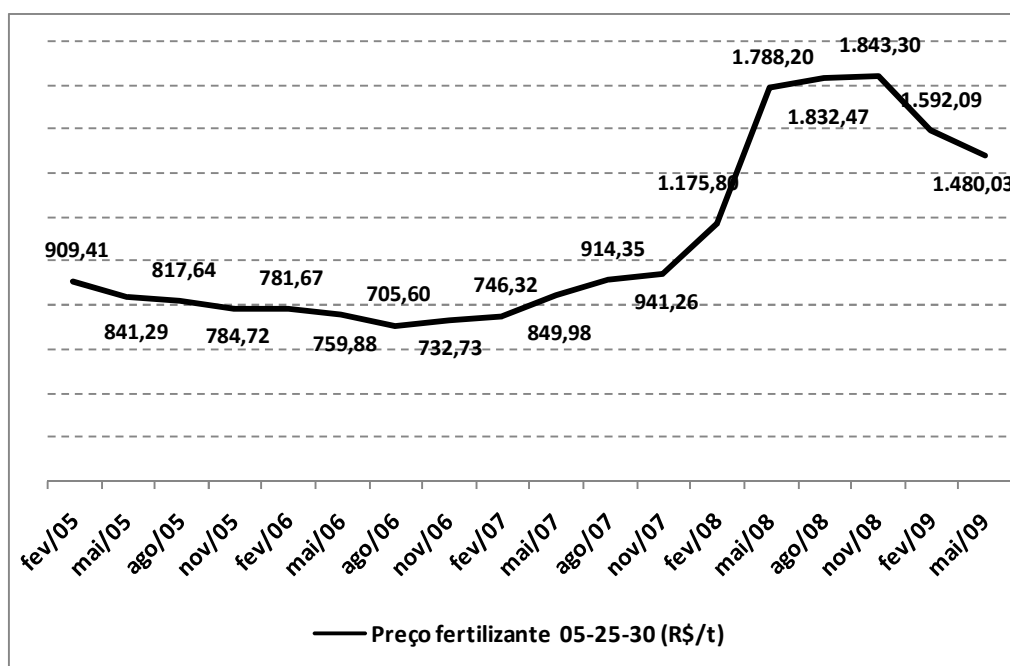
Gráfico 5. 17: Evolução histórica do preço do fertilizante 05-30-10. Fonte: SEAB (2009)

Considerando o preço médio de frete pago pela empresa, chega-se ao preço máximo histórico de R\$ 1.785,29 por tonelada. Portanto, caso ocorra uma variação desfavorável do preço do fertilizante 05-30-10 em que este chegue ao maior preço histórico, ocorreria um aumento de 75,4% sobre o preço considerado no planejamento orçamentário, conforme mostra a Tabela 5.6.

**Tabela 5. 6: Formação do preço histórico máximo com frete do fertilizante 05-30-10.**

Preço histórico máximo sem frete (R\$/t)	1.678,92
Frete médio (dado interno) (R\$/t)	106,37
<b>Máximo preço histórico com frete (R\$/t)</b>	<b>1.785,29</b>
<b>Preço considerado no planejamento (R\$/t)</b>	<b>1.018,00</b>
<b>Variação</b>	<b>+75,4%</b>

O Gráfico 5.18 mostra a evolução histórica do preço do fertilizante 05-25-30 sem considerar o custo com frete, sendo que o maior valor histórico do preço deste fertilizante foi de R\$ 1.843,30 em novembro de 2008.



**Gráfico 5. 18: Evolução histórica do preço do fertilizante 05-25-30. Fonte: SEAB (2009)**

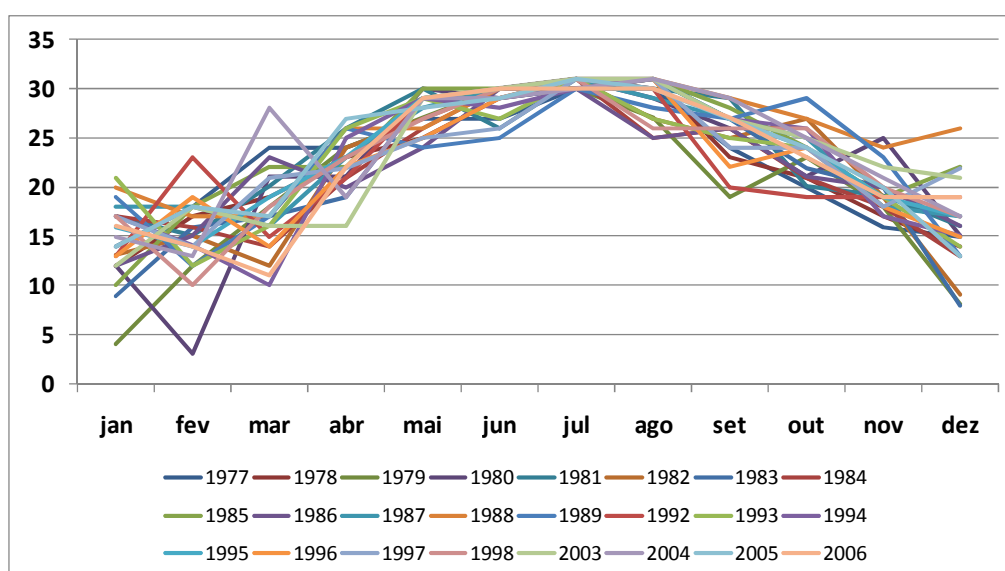
O preço histórico máximo do fertilizante 05-25-30 com frete, considerando valor de frete médio, é de R\$ 1.949,67. A ocorrência de tal patamar de preço causaria um aumento de 27,8% sobre o preço considerado no planejamento orçamentário, conforme mostra a Tabela 5.7.

**Tabela 5. 7: Formação do preço histórico máximo com frete do fertilizante 05-25-30.**

Preço histórico máximo sem frete (R\$/t)	1.843,30
Frete médio (dato interno) (R\$/t)	106,37
<b>Máximo preço histórico com frete (R\$/t)</b>	<b>1.949,67</b>
<b>Preço considerado no planejamento (R\$/t)</b>	<b>1.525,00</b>
<b>Variação</b>	<b>+27,8%</b>

- **Variação dos dias disponíveis**

Para o caso dos dias disponíveis, ou seja, dias em que a precipitação diária não supera três milímetros, foi feita uma pesquisa das séries históricas da região onde o plantio é realizado, utilizando dados da ANA (2009). O Gráfico 5.19 mostra a evolução mensal dos dias disponíveis. Os anos para os quais não existiam informações foram desconsiderados.



**Gráfico 5. 19: Evolução histórica dos dias disponíveis. Fonte: ANA (2009).**

Os macroprocessos de preparo de solo, plantio e trato cana planta têm seus períodos de realização definidos pelo Departamento Agrícola, conforme o cronograma da Figura 2.2. O macroprocesso de preparo de solo é realizado de primeiro de outubro à primeiro de março e os demais macroprocessos, plantio semi-mecanizado, plantio mecanizado e trato cana planta, são realizados de primeiro de março a trinta de junho. A Tabela 5.8 mostra a comparação entre os dados utilizados na elaboração do planejamento orçamentário e os dados referentes aos anos em que ocorreram as menores disponibilidades de dias para a realização dos macroprocessos.

**Tabela 5. 8: Dias disponíveis utilizados no planejamento e menores dados históricos. Fonte: LENTZ (2008)<sup>13</sup> e ANA (2009).**

<b>Preparo de solo (outubro a fevereiro)</b>		
<b>Planejado</b>	90	dias disponíveis
<b>Menor dado histórico (1979)</b>	65	dias disponíveis
<b>Variação</b>	-27,8%	
<b>Plantio Semi-mecanizado/ Plantio mecanizado/ Trato cana planta (março a junho)</b>		
<b>Planejado</b>	70	dias disponíveis
<b>Menor dado histórico (1996)</b>	62	dias disponíveis
<b>Variação</b>	-11,4%	

Logo, na geração do cenário desfavorável, serão considerados os menores dados históricos de dias disponíveis em ambos períodos de realização dos macroprocessos.

- **Variação do preço de corretivos**

O calcário é o corretivo adotado pela Brenco para corrigir a acidez do solo<sup>14</sup>. O Gráfico 5.20 mostra a evolução histórica do preço do calcário, sem considerar frete, usado como corretivo de solo, sendo que o preço máximo registrado foi de R\$ 61,46 por tonelada em maio de 2009.

---

<sup>13</sup> Informação de estudo interno realizado por: LENTZ CONSULTORES EM MEIO AMBIENTE. **Análise de dados de precipitação para determinação de dias úteis de CCT.** São Paulo, 2008.

<sup>14</sup> Outro tipo de corretivo comumente utilizado na agricultura é o gesso.

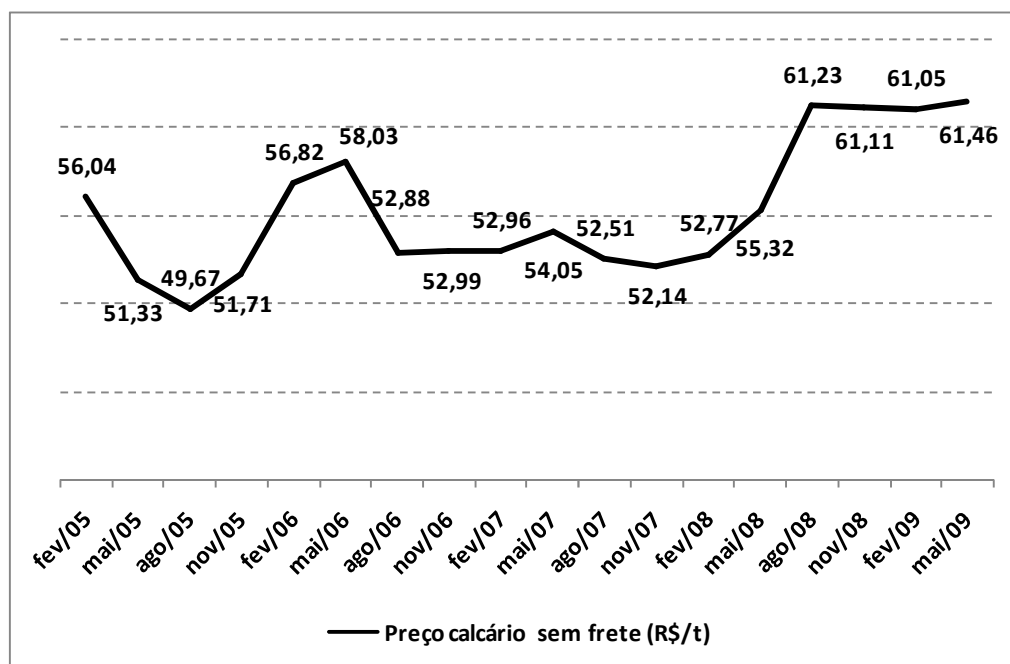


Gráfico 5. 20: Evolução histórica do preço do fertilizante 05-25-30. Fonte: SEAB (2009).

Considerando o frete médio da empresa para transporte de calcário, chega-se ao máximo preço histórico com frete de R\$ 104,46 por tonelada de calcário, que corresponderia a um aumento de 22,9% frente ao planejado, conforme mostra a Tabela 5.9.

Tabela 5. 9: Formação do preço histórico máximo com frete do calcário.

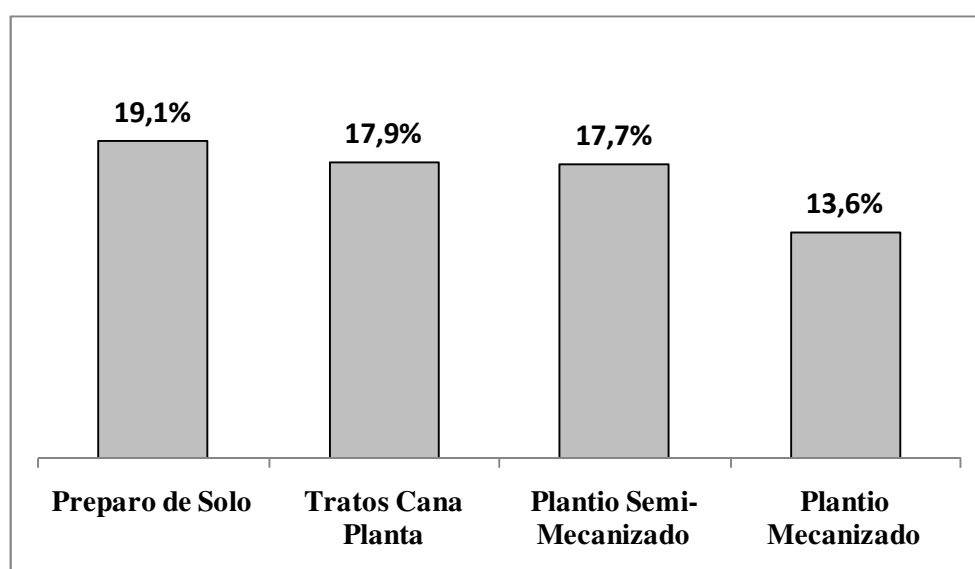
Preço histórico máximo sem frete (R\$/t)	61,46
Frete médio (dato interno) (R\$/t)	43,00
<b>Máximo preço histórico com frete (R\$/t)</b>	<b>104,46</b>
<b>Preço considerado no planejamento (R\$/t)</b>	<b>85,00</b>
<b>Variação</b>	<b>+22,9%</b>

A Tabela 5.10 resume os valores e as variações consideradas acima, frente ao planejado, para simular um cenário atípico em que os principais fatores variam de forma desfavorável à realização do processo de plantio da cana de açúcar.

Tabela 5. 10: Variação dos principais fatores frente ao planejado.

	Planejado	Cenário desfavorável	Variação
<b>Preço do fertilizante 05-30-10</b>	1.018,00	1.785,29	+75,4%
<b>Preço do fertilizante 05-25-30</b>	1.525,00	1.949,67	+27,8%
<b>Dias disponíveis - preparo de solo</b>	90	65	-27,8%
<b>Dias disponíveis - plantio e trato cana planta</b>	70	62	-11,4%
<b>Preço do calcário</b>	85,00	104,46	+22,9%

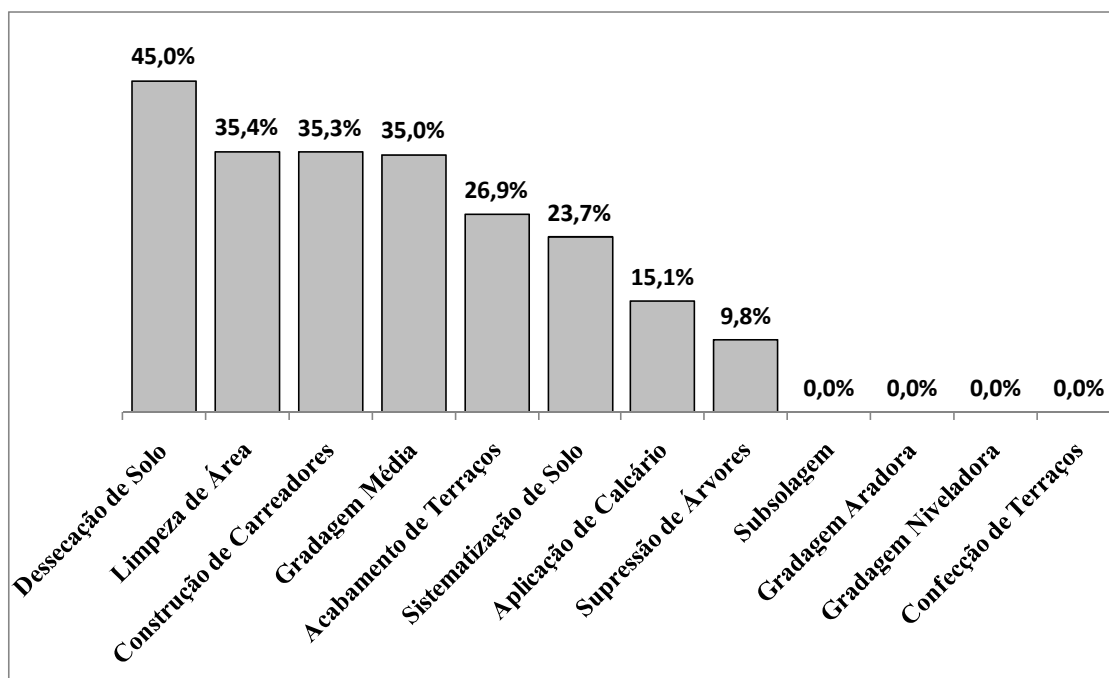
O Gráfico 5.21 mostra as variações no custo unitário por macroprocesso caso ocorressem as variações do preço dos fertilizantes, dias disponíveis e preço dos corretivos conforme o cenário desfavorável mostrado na Tabela 5.10. O macroprocesso que sofreria a maior variação seria o preparo de solo, que teria seu custo unitário, medido em R\$ por hectare, aumentado de 19,1% frente ao orçamento base.



**Gráfico 5. 21: Impactos no custo unitário, medido em R\$ por hectare, por macroprocesso.**

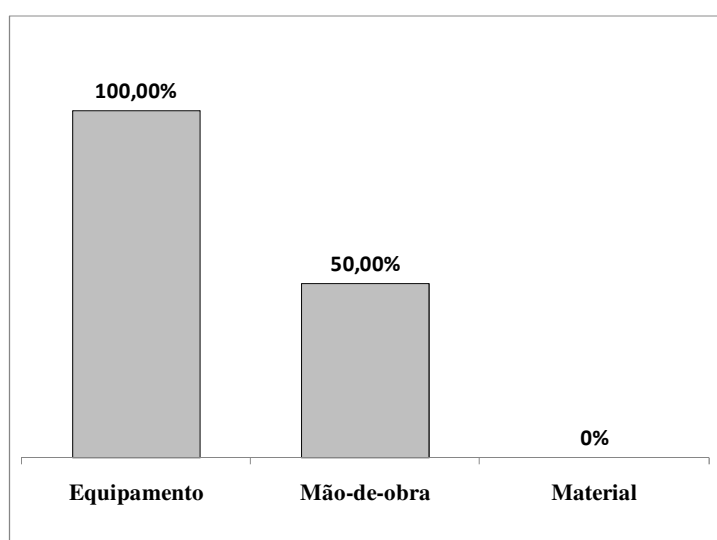
Analisando com maior profundidade os impactos no macroprocesso de preparo de solo, verifica-se pelo Gráfico 5.22 que os maiores impactos aconteceriam nas atividades de dessecação de solo seguida pela limpeza de área, que teriam um incremento de 45,0% e 35,4% respectivamente em seus custos unitários, medidos em R\$ por hectare.





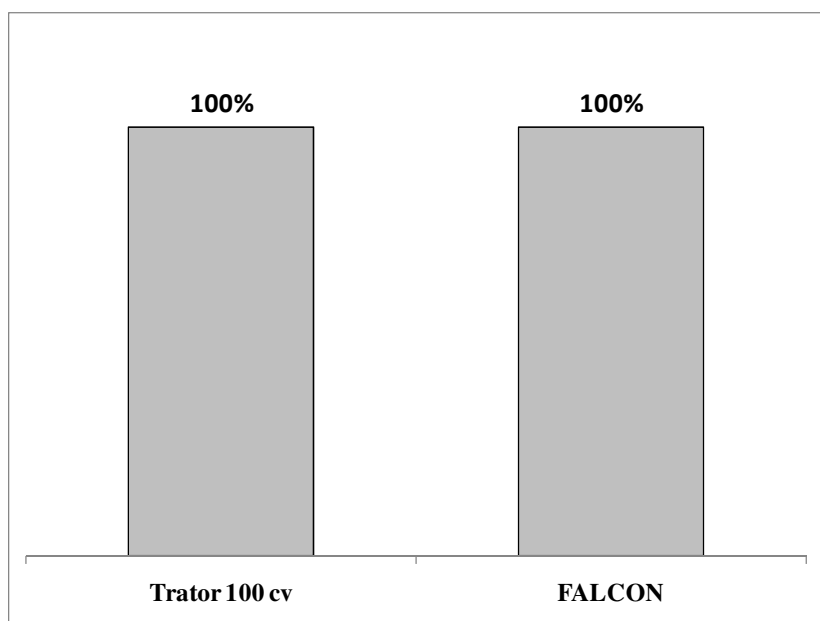
**Gráfico 5. 22: Impactos no custo unitário, medido em R\$ por hectare, das atividades de preparo de solo.**

Aumentando o nível de detalhe da análise da atividade de dessecação de solo, percebe-se que o maior impacto seria causado pelo aumento do custo unitário de equipamento e de mão-de-obra, correspondendo a uma variação de 100,0% e 50,0% respectivamente, conforme o Gráfico 5.23. Observa-se também que o custo do material utilizado na execução desta atividade não sofreria alterações.



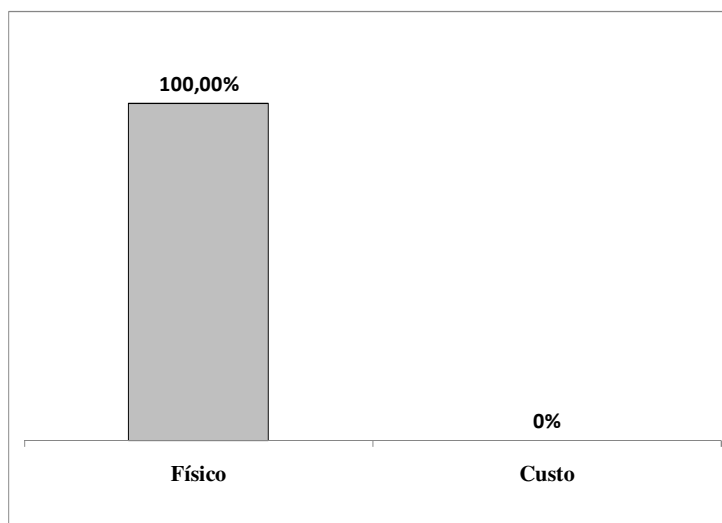
**Gráfico 5. 23: Impactos nos custos unitários, medidos em R\$ por hectare, das classes de recursos utilizados na atividade de dessecação de solo.**

Dentre os tipos de equipamentos e implementos utilizados na atividade de dessecação de solo, o Gráfico 5.24 mostra que sofreriam impactos em seus custos unitários o trator 100cv e o implemento FALCON, sendo que a variação no custo unitário destes seria de 100%.



**Gráfico 5. 24: Impactos nos custos unitários, medidos em R\$ por hectare, dos tipos de recursos de equipamentos utilizados na atividade de dessecação de solo**

Detalhando ainda mais a análise do impacto da variação do custo do Trator 100cv, observa-se que esta variação seria causada somente pela variação de sua utilização física e não dos custos de cada equipamento, conforme mostra o Gráfico 5.25. Isto se deve ao fato de que, caso os dias disponíveis diminuíssem e o período de realização do preparo de solo e o volume de área em que o macroprocesso seria realizado fossem mantidos, seria necessário contar com um número maior de equipamentos, neste caso tratores 100 cv para a execução da atividade de dessecação do solo. Ainda, pelo aumento de 100% no indicador de produtividade física, conclui-se que foi necessário o dobro de tratores 100 cv.



**Gráfico 5. 25: Impactos nos custos unitários, medidos em R\$ por hectare, da utilização física dos equipamentos e seus custos utilizados na atividade de limpeza de área**

A mesma análise feita para a atividade de dessecação do solo, do macroprocesso de preparo de solo, poderia ser feita para todas as demais atividades que compõem o plantio da cana-de-açúcar, permitindo a verificação detalhada dos impactos da variação de cada fator no custo unitário de plantio.

### **5.2.2.3 Plano de mitigação de riscos para o cenário gerado**

Verifica-se pelo Gráfico 5.25 que o aumento do custo unitário da atividade de dessecação de solo seria causado somente pela variação dos dias disponíveis. Isto se deve ao fato desta atividade não consumir nenhum recurso de fertilizante ou corretivo e, portanto, não sofreria aumento em seu custo unitário devido ao aumento dos preços destes, conforme mostra o Gráfico 5.23.

Logo, um plano de mitigação de riscos deve ser elaborado com o objetivo de diminuir os impactos dos dias disponíveis no processo de plantio da cana-de-açúcar, e mais precisamente na dessecação do solo do macroprocesso de preparo de solo. O plano de mitigação contemplaria:

- **Alteração do período de realização do macroprocesso de preparo de solo**

O período considerado para a realização das atividades de preparo de solo foi de outubro a fevereiro, conforme mostra o cronograma da Figura 2.2, tanto na elaboração do orçamento base

como na geração do cenário simulado em que os fatores foram variados desfavoravelmente. Logo, para se evitar um aumento da demanda por equipamentos causada pela diminuição dos dias disponíveis, poderia ser revisto o período de realização do macroprocesso de preparo de solo, começando em uma data anterior a primeiro de outubro e tendo seu possível término postergado para depois de primeiro de março.

- **Monitoramento constante dos dados meteorológicos por região**

O monitoramento meteorológico deveria ser segregado em pequenas regiões, a fim de se monitorar e prever o comportamento da chuva em áreas cada vez menores, podendo cada uma delas ter um plano de ação de acordo com sua característica meteorológica.

- **Deslocamento de frentes de trabalho**

Uma vez contando com o acompanhamento meteorológico de cada região de plantio, deveria ser criado um plano de ação com o objetivo de maximizar a utilização dos equipamentos, realizando seus deslocamentos para áreas com menores probabilidades de ocorrer chuva em determinado dia.

### **5.3 *Aplicação como ferramenta de apoio ao controle orçamentário***

A rede de indicadores de produtividade ainda pode ser utilizada como ferramenta de apoio ao controle orçamentário, permitindo a comparação entre o orçamento base, mostrado na Seção 5.2.1, e dados do plantio realizado.

#### **5.3.1 Controle do orçamento mensal**

A rede de indicadores permite o controle do orçamento mensal, ou seja, permite o acompanhamento mês a mês dos custos incorridos com a realização de todos os macroprocessos de plantio da cana-de-açúcar. A Tabela 5.11 mostra os dados do planejamento considerados na elaboração do orçamento base.

Tabela 5. 11: Custo mensal planejado por macroprocesso, medido em mil R\$.

Macroprocesso	Custo mensal planejado (mil R\$)									
	ANO (A)			ANO (A+1)						TOTAL
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	
Preparo de Solo	4.483	3.508	3.119	3.119	3.119	113	-	-	-	17.460
Plantio Semi-mecanizado	-	-	-	-	-	3.666	4.684	5.702	197	14.248
Plantio Mecanizado	-	-	-	-	-	1.318	1.684	2.050	71	5.123
Trato Cana Planta	-	-	-	-	-	1.179	1.507	1.835	63	4.584
<b>TOTAL</b>	<b>4.483</b>	<b>3.508</b>	<b>3.119</b>	<b>3.119</b>	<b>3.119</b>	<b>6.276</b>	<b>7.875</b>	<b>9.587</b>	<b>331</b>	<b>41.416</b>

A Tabela 5.12 mostra os dados realizados, que correspondem a dados fictícios que foram gerados com o objetivo de exemplificar a aplicação da rede de indicadores como ferramenta de controle orçamentário.

Tabela 5. 12: Custo mensal realizado por macroprocesso, medido em mil R\$.

Macroprocesso	Custo mensal realizado (mil R\$)									
	ANO (A)			ANO (A+1)						TOTAL
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	
Preparo de Solo	5.658	4.074	2.074	4.548	1.948	-	-	-	-	18.302
Plantio Semi-mecanizado	-	-	-	-	-	1.835	4.909	7.547	75	14.366
Plantio Mecanizado	-	-	-	-	-	557	2.295	1.864	456	5.172
Trato Cana Planta	-	-	-	-	-	950	2.031	2.136	152	5.269
<b>TOTAL</b>	<b>5.658</b>	<b>4.074</b>	<b>2.074</b>	<b>4.548</b>	<b>1.948</b>	<b>3.342</b>	<b>9.234</b>	<b>11.547</b>	<b>683</b>	<b>43.108</b>

O Gráfico 5.26 mostra a evolução do custo mensal total realizado frente ao planejado, por ele observa-se que somente durante os meses de dezembro, fevereiro e março o custo realizado foi inferior ao planejado.

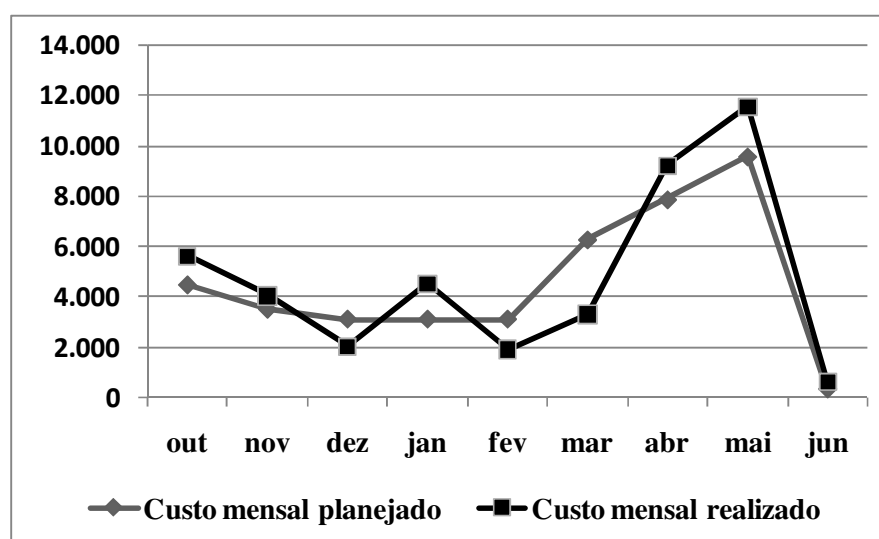


Gráfico 5. 26: Evolução do custo total mensal realizado e planejado, medido em mil R\$

As informações mensais dos custos incorridos no processo de plantio da cana-de-açúcar permitem que o nível gerencial elabore planos de ação, buscando a aderência ao orçamento base do próximo mês. Contudo, o controle do custo mensal total não é a melhor forma de se controlar o orçamento, uma vez que existe a influência tanto de fatores físicos como de fatores econômicos. Assim, deve ser considerada tanto a visão fornecida pelo Sistema Físico de Produção, mostrado na Figura 3.2, como a visão fornecida pelo Sistema Econômico de Produção, mostrado na Figura 3.3.

### 5.3.2 Controle do sistema físico de produção

Pela Figura 3.2, o Sistema Físico de Produção considera somente os volumes envolvidos no sistema de produção, assim, a Tabela 5.13 mostra a produção mensal planejada por macroprocesso, medida em hectares, considerada na elaboração do orçamento base.

**Tabela 5. 13: Área mensal planejada por macroprocesso, medida em hectares.**

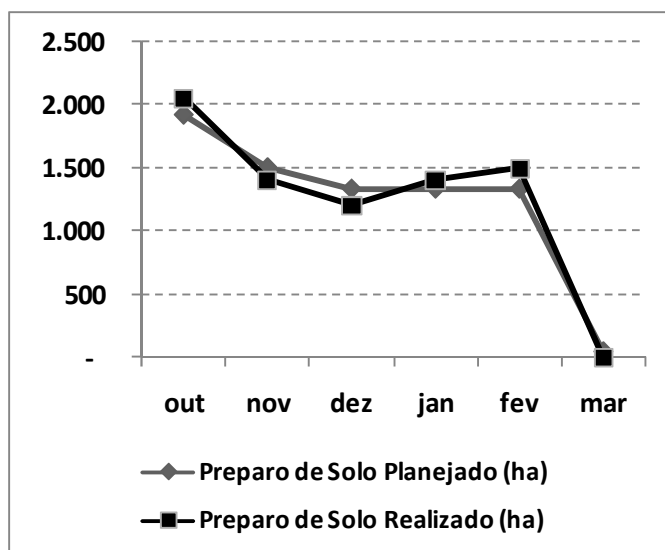
	Área mensal planejada (ha)									
	ANO (A)			ANO (A+1)						
Macroprocesso	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	TOTAL
Preparo de Solo	1.921	1.503	1.336	1.336	1.336	48	-	-	-	7.482
Plantio Semi-mecanizado	-	-	-	-	-	1.539	1.966	2.394	83	5.982
Plantio Mecanizado	-	-	-	-	-	386	493	600	21	1.500
Trato Cana Planta	-	-	-	-	-	1.925	2.460	2.994	103	7.482

A Tabela 5.14 mostra valores fictícios do volume de hectares realizados, que foram gerados apenas para exemplificar a aplicação da rede de indicadores como ferramenta de controle orçamentário.

**Tabela 5. 14: Área mensal realizada por macroprocesso, medida em hectares.**

Área mensal realizada (ha)										
Macroprocesso	ANO (A)			ANO (A+1)						TOTAL
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	
Preparo de Solo	2.050	1.400	1.200	1.400	1.500	-	-	-	-	7.550
Plantio Semi-mecanizado	-	-	-	-	-	1.300	2.000	2.630	30	5.960
Plantio Mecanizado	-	-	-	-	-	200	500	550	100	1.350
Trato Cana Planta	-	-	-	-	-	2.000	2.300	2.700	350	7.350

O Gráfico 5.27 mostra a comparação dos dados planejados e dos dados realizados mensais da área em que foram realizadas as atividades de preparo de solo, que será utilizado como exemplo, permitindo a tomada de decisões pelo nível gerencial.



**Gráfico 5. 27: Evolução do volume planejado e realizado de preparo de solo, medido em hectares**

Pelo Gráfico 5.27 observa-se que o preparo de solo teve seu desempenho inferior ao planejado durante os meses de novembro e dezembro. Com esta informação, neste caso hipotético, o nível gerencial foi capaz de elaborar planos de ação para que o desempenho fosse superior ao planejado, como aconteceu nos meses seguintes de janeiro e fevereiro, porém o desempenho voltou a piorar no mês de março.

### 5.3.3 Controle do sistema econômico de produção

Além do controle da produção e do controle do custo total mensal, a rede de indicadores também pode ser aplicada no controle dos custos unitários incorridos no processo de plantio da cana-de-açúcar. A Tabela 5.15 mostra os custos unitários mensais por macroprocesso considerados na elaboração do orçamento base.

**Tabela 5. 15: Custo unitário planejado por macroprocesso, medido em R\$.**

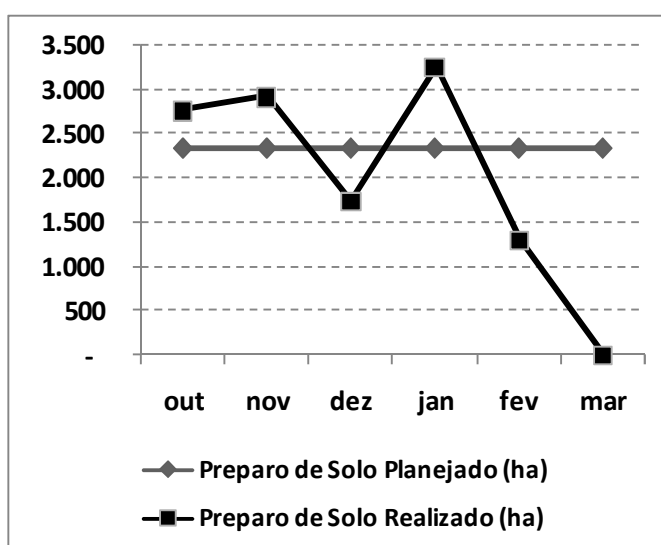
Macroprocesso	Custo unitário planejado (mil R\$/ha)									
	ANO (A)			ANO (A+1)						
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	
Preparo de Solo	2.334	2.334	2.334	2.334	2.334	2.334	-	-	-	
Plantio Semi-mecanizado	-	-	-	-	-	2.382	2.382	2.382	2.382	
Plantio Mecanizado	-	-	-	-	-	3.415	3.415	3.415	3.415	
Trato Cana Planta	-	-	-	-	-	613	613	613	613	

A Tabela 5.16 mostra valores fictícios dos custos unitários realizados, que foram gerados somente para exemplificar a aplicação da ferramenta no controle orçamentário.

**Tabela 5. 16: Custo unitário realizado por macroprocesso, medido em R\$.**

Macroprocesso	Custo unitário realizado (mil R\$)								
	ANO (A)			ANO (A+1)					
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Preparo de Solo	2.760	2.910	1.728	3.248	1.299	-	-	-	-
Plantio Semi-mecanizado	-	-	-	-	-	1.412	2.454	2.869	2.508
Plantio Mecanizado	-	-	-	-	-	2.783	4.589	3.390	4.563
Trato Cana Planta	-	-	-	-	-	475	883	791	434

Analisando o preparo de solo, macroprocesso selecionado para exemplificar a ferramenta, percebemos que seu custo unitário realizado, medido em R\$ por hectare, foi superior ao planejado nos meses de outubro, novembro e janeiro, como mostra o Gráfico 5.28.



**Gráfico 5. 28: Evolução do custo unitário planejado e realizado de preparo de solo, medido em R\$ por hectare**

A rede de indicadores ainda permite o controle mensal, tanto dos fatores físicos como dos custos de produção, em níveis mais detalhados: em atividades, classe de recursos e tipos de recursos. O controle destes níveis mais detalhados é feito de forma análoga à apresentada para o macroprocesso de preparo de solo.



## 6. CONCLUSÃO

O planejamento e controle dos processos agrícolas das empresas do setor sucroalcooleiro têm grande importância devido ao fato destes processos contribuírem com a maior parcela do custo de produção do etanol e também pelo fato de que, por tratar de um combustível com características definidas, os consumidores são bastante exigentes quanto ao preço. Além disso, no caso da Brenco, o controle dos custos é ainda mais importante devido ao fato da empresa ser pré-operacional e, portanto, não poder financiar suas atividades com o resultado de suas operações. Logo, o objetivo central do presente trabalho é estruturar uma rede de indicadores de produtividade física e indicadores de produtividade de custo do processo de plantio da cana-de-açúcar, visando fornecer ao nível gerencial informações para tomadas de decisões.

A rede de indicadores de produtividade foi estruturada para o processo de plantio da cana de açúcar adaptando o trabalho apresentado por Muscat (1987). Neste trabalho é mostrada a estruturação de uma rede de indicadores de produtividade para o caso de um processo de manufatura, em que é produzido um único tipo de produto final e, em sua produção, é consumido um tipo de recurso de mão-de-obra, um tipo de recurso de equipamento e um tipo de recurso de material. A rede de indicadores de produtividade para este caso é formada por 37 indicadores, divididos em dois níveis: indicadores globais e indicadores por classe de recursos (mão-de-obra, equipamentos e materiais).

Foram necessárias adaptações de Muscat (1987) devido ao fato do produto final do processo de plantio ser a área plantada, medida em hectares, e não um produto manufaturado. As principais adaptações se devem à dificuldade de se apurar a receita que determinada área plantada gerará e também à dificuldade de se apurar a qualidade da área plantada logo após a realização do plantio.

A estruturação da rede de indicadores de produtividade foi feita por meio da decomposição dos indicadores globais do custo unitário de plantio, medidos em R\$ por hectare, chegando-se à um nível detalhado que considera cada tipo de recurso utilizado nas atividades do processo de plantio, conforme mostrado na Seção 4. Portanto, por meio da utilização do *software MS Excel*, foi desenvolvido um modelo que: (i) calcula a utilização dos recursos de todas as atividades do

processo de plantio, (ii) consolida as informações e disponibiliza os dados na forma de uma rede de indicadores de produtividade e (iii) possibilita a análise de variações entre cenários. O modelo elaborado foi mostrado na Subseção 5.1.

Logo, para o processo de plantio da cana-de-açúcar, a rede de indicadores é formada por 1.522 indicadores de produtividade, divididos em cinco níveis: indicadores globais, indicadores por macroprocesso, indicadores por atividade, indicadores por classe de recursos e indicadores por tipo de recurso. Além disso, a rede de indicadores considerou vários períodos de tempo, o que não aconteceu no caso apresentado por Muscat (1987).

A rede de indicadores de produtividade desenvolvida pode ser aplicada como ferramenta de apoio ao planejamento orçamentário, permitindo tanto a elaboração do orçamento base do processo de plantio como a análise de variações entre cenários. Na Subseção 5.2 foi mostrado um exemplo de aplicação da ferramenta na elaboração do orçamento base do próximo plantio e ainda foi elaborado um cenário em que as variações dos fatores que causam maiores impactos no orçamento são simuladas. Estes fatores foram selecionados por meio da aplicação do Método Delphi e variados conforme seus piores resultados históricos. Portanto, por meio deste cenário desfavorável, foi possível analisar as variações frente ao cenário do orçamento base e elaborar um plano de mitigação de riscos.

A rede de indicadores ainda pode ser utilizada como ferramenta de controle orçamentário, conforme mostrado na Subseção 5.3, gerando dados para confrontação dos valores planejados com os realizados, fornecendo, assim, informações para a elaboração de planos de ações.

A rede de indicadores desenvolvida neste trabalho tem seu escopo limitado ao processo de plantio da cana-de-açúcar. Portanto, o autor sugere como proposta de trabalho futuro o desenvolvimento de uma rede de indicadores que permita uma visão de todo o processo agro-industrial de produção de etanol e energia elétrica. O autor sugere também que seja incluída a análise das receitas obtidas com a venda de etanol e energia elétrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C.; NEELY A. **Perspectives on Performance: The Performance Prism**. Int. J. Bussiness Performance Management, Cranfield, v.5, n.1, 2003.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acessado em diversas datas.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML: guia do usuário**. Trad. Fábio Freitas. Riode Janeiro: Campus, 2000.

BOURNE, M.; NEELY A. **Implementing performance measurement systems: a literature review**. Int. J. Bussiness Performance Management, Cranfield, v.5, n.1, 2003.

CONAB. **Metodologia de Cálculo de Custo de Produção da CONAB**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf>>. Acessado em diversas datas.

COSTA NETO, P. L.O.. Estatística. São Paulo, Edgar Blücher. 1977.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética. Perspectivas para o Etanol no Brasil**. Brasília, 2008.

ESTES, G. M e KUESPERT, D. **Delphi in industrial forecasting**. Chemical and Engineering News, EUA, 1976.

FRANCISCHINI, P.. **Produtividade**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO-2421.

LOPES, J. A. E.. **Indicadores de Produtividade da Mão-de-obra em Projetos de Estruturas Metálicas**. São Paulo, 2001.

FREZATTI, F. **Orçamento Empresarial: Planejamento e Controle Gerencial**. São Paulo: Atlas, 2000.

GIOVINAZZO, R. A.; WRIGHT J. T. C. **Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v.1, n.12, 2000.

HAVERCAMP M.; REBORI, M. **Nominal Group Technique (NGT)**. Disponível em <<http://www.unce.unr.edu/publications/files/cd/2003/fs0321.pdf>>. Acessado em 05 de maio de 2009.

INFOINVEST. Brasil. Disponível em: <<http://www.infoinvest.com.br/modulos/doc.asp?arquivo=02128073.WAN&doc=ian480.doc&language=ptb.>> Acesso em 20 de outubro 2008.

KAYO, E. K.; SECURATO, J. R. **Método Delphi: Fundamentos, Críticas e Vieses**. Caderno de Pesquisa em Administração, São Paulo, v.1, n.4, p. 51-61, 1997.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D.P.. **The Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance**. Boston, 1992.

KOTLER, P.. **Pensar globalmente atuar localmente**. HSM Management, n.2, mai/jun 1997.

MARION. J. C.. **Contabilidade Rural: contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária, imposto de renda pessoa jurídica**. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTINS. E.. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas, 2003.

MUSCAT, A. R. N.. **Produtividade e Gestão da Produção**: Administração da Produtividade. São Paulo: NPGCT-USP, 1987. Apostila.

MUSCAT, A. R. N.; FLEURY, A. C. C. **Indicadores da qualidade e produtividade na indústria brasileira**. Revista indicadores da qualidade e produtividade, Brasília, v.1,n.1, fev.1992.

NASCIMENTO. D.. **Acompanhamento da Safra 2004/2005 no Centro-Sul**. Boletim Especial IDEA . n. 15

OHIO STATE UNIVERSITY. **Building Dynamic Groups – Nominal Group Technique**. Disponível em: < [http://www.ag.ohio-state.edu/~bdg/pdf\\_docs/d/F06.pdf](http://www.ag.ohio-state.edu/~bdg/pdf_docs/d/F06.pdf)>. Acessado em: 14 de novembro de 2009.

PACHECO. E.. **Seleção e Custo Operacional de Máquinas Agrícolas**. EMBRAPA, Rio Branco, 2000.

SEAB. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Pesquisa de preços pagos pelos produtores**. Disponível em <[www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/ppp.xls](http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/ppp.xls)>. Acessado em 24 de outubro de 2009.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002, 2. ed.

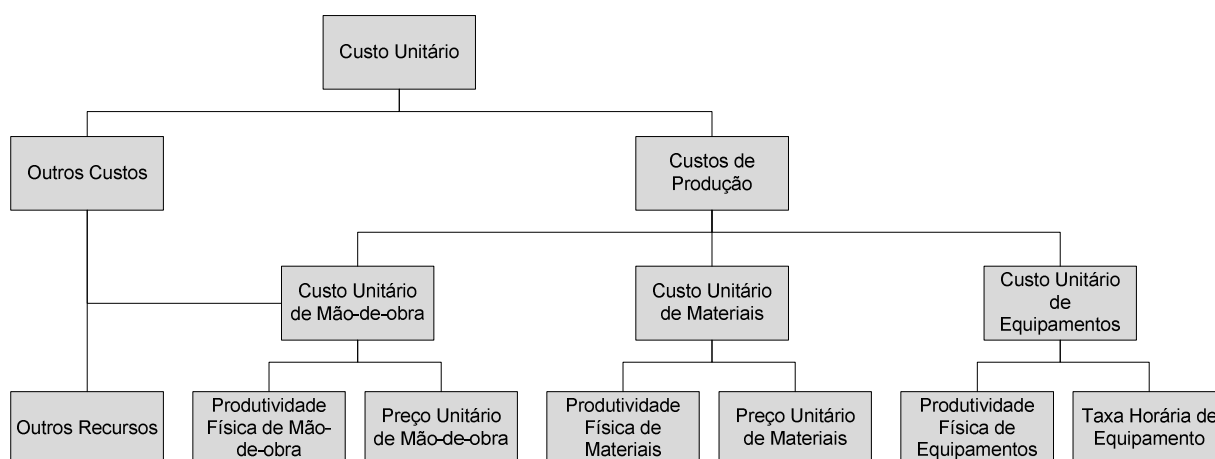
TANGEN, S..**Demystifying productivity and performance**. International Journal of Productivity and Performance Management, vol. 54, n1, 2005.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**. Addison-Wesley, Reading, MA. 1977.

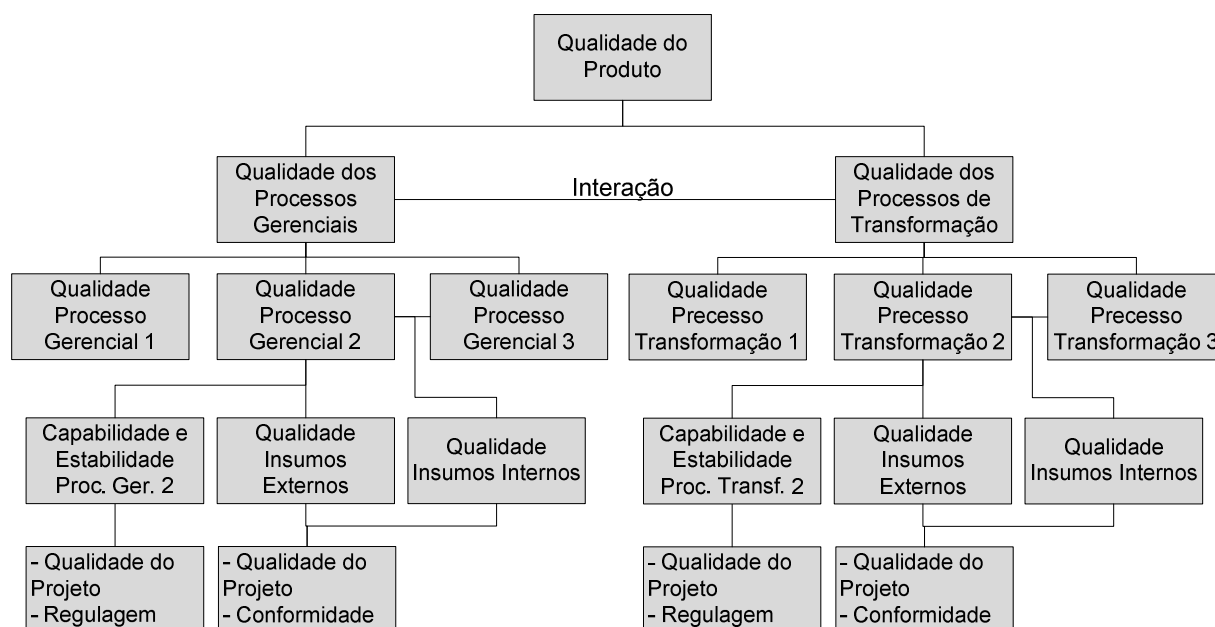
UNICA. União da Indústria da Cana-de-açúcar. **A Indústria da Cana-de-açúcar**. São Paulo, 2009.

## ANEXO A – TIPOS DE ESTRUTURAS DE REDES DE INDICADORES

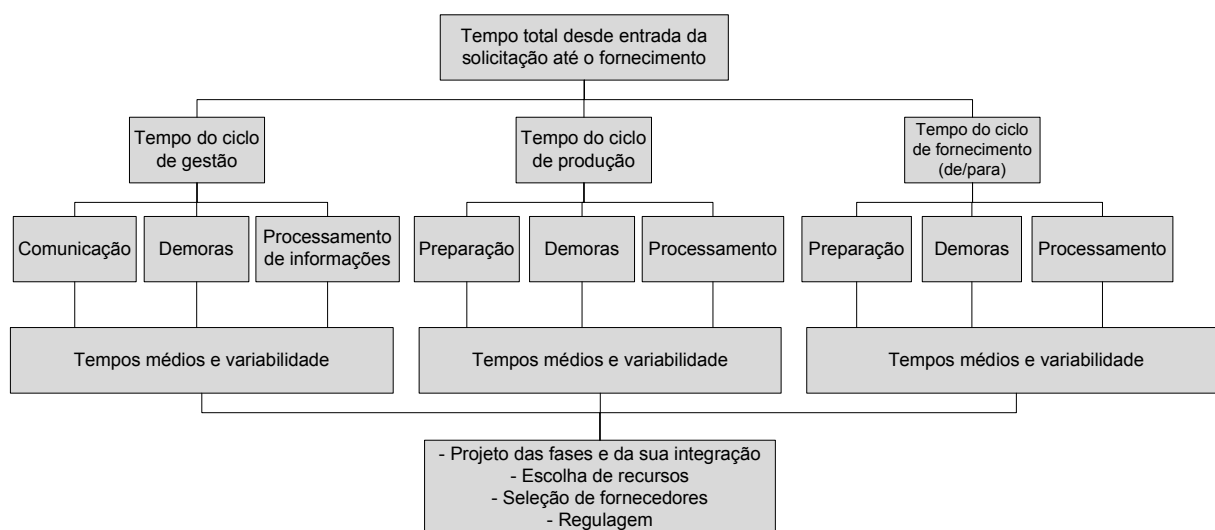
As Figuras A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5 mostram as estruturas de rede de indicadores sugeridas por Muscat e Fleury (1992) para cada estratégia competitiva.



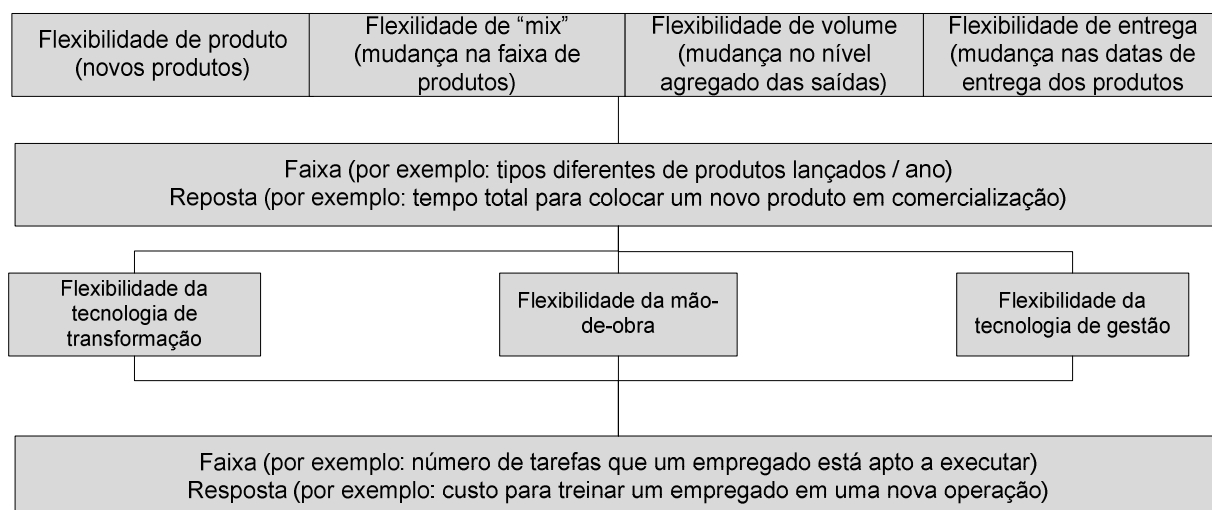
**Figura A. 1:** Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em custos. Fonte: Muscat e Fleury (1992).



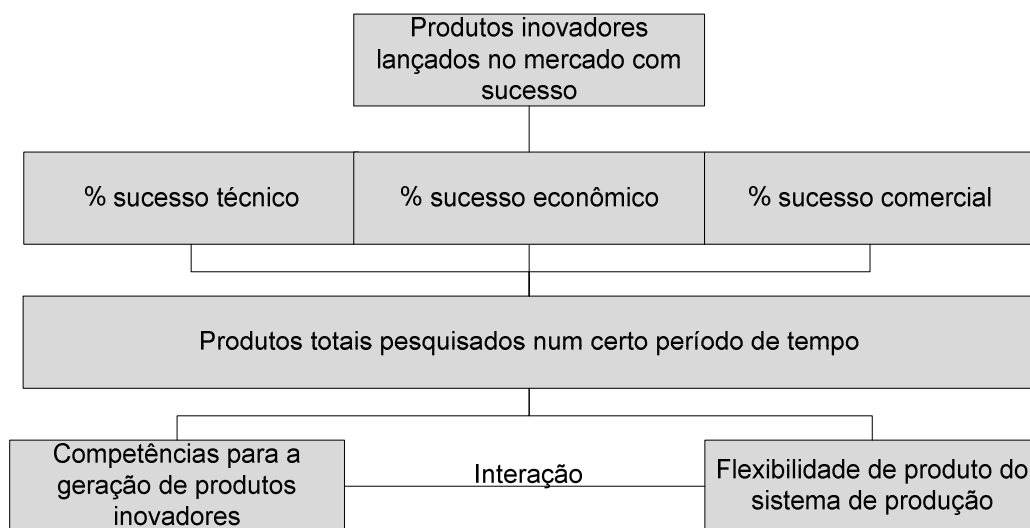
**Figura A. 2:** Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em qualidade do produto. Fonte: Muscat e Fleury (1992).



**Figura A. 3: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em tempo. Fonte: Muscat e Fleury (1992).**



**Figura A. 4: Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em flexibilidade. Fonte: Muscat e Fleury (1992).**



**Figura A. 5:** Rede de indicadores para uma estratégia competitiva baseada em inovação. Fonte: Muscat e Fleury (1992).



## ANEXO B – DEDUÇÃO DE FÓRMULAS DA REDE DE ANÁLISE DE VARIAÇÃO DE INDICADORES

A Equação 3.29 é deduzida da seguinte maneira:

Tem-se que a variação do custo unitário de produção consiste na soma das variações dos custos unitários de mão-deobra, equipamentos e materiais, conforme mostra a Equação B.1.

$$\Delta \frac{1}{P_r} = \Delta \frac{1}{P_h} + \Delta \frac{1}{P_e} + \Delta \frac{1}{P_m} \quad (B.1)$$

Logo, dividindo os termos por  $\frac{1}{P_r}$  tem-se a Equação (B.2).

$$\Psi \frac{1}{P_r} = P_r \times \Delta \frac{1}{P_h} + P_r \times \Delta \frac{1}{P_e} + P_r \times \Delta \frac{1}{P_m} \quad (B.2)$$

Para cada termo da Equação B.2, tem-se as Equações B.3, B.4 e B.5, correspondente à classe de mão-de-obra, equipamentos e materiais respectivamente.

$$P_r \times \Delta \frac{1}{P_h} = P_r \times \frac{P_h}{P_h} \times \Delta \frac{1}{P_h} = \frac{P_r}{P_h} \times \Psi \frac{1}{P_h} \quad (B.3)$$

$$P_r \times \Delta \frac{1}{P_e} = P_r \times \frac{P_e}{P_e} \times \Delta \frac{1}{P_e} = \frac{P_r}{P_e} \times \Psi \frac{1}{P_e} \quad (B.4)$$

$$P_r \times \Delta \frac{1}{P_m} = P_r \times \frac{P_m}{P_m} \times \Delta \frac{1}{P_m} = \frac{P_r}{P_m} \times \Psi \frac{1}{P_m} \quad (B.5)$$

Portanto, combinando as Equações B.3, B.4 e B.5 com a Equação B.2, chega-se à Equação 3.29, mostrada neste anexo como Equação B.6

$$\Psi \frac{1}{P_r} = \left[ \frac{P_r}{P_h} \times \Psi \frac{1}{P_h} \right] + \left[ \frac{P_r}{P_e} \times \Psi \frac{1}{P_e} \right] + \left[ \frac{P_r}{P_m} \times \Psi \frac{1}{P_m} \right] \quad (B.6)$$

A Equação 3.30 é deduzida da seguinte maneira:

A variação relativa de um indicador  $\frac{1}{x}$  qualquer entre dois cenários  $t_1$  e  $t_2$  é mostrada em B.7, utilizando a Equação 3.23..

$$\Psi \frac{1}{x} = \frac{\frac{1}{x_{t2}} - \frac{1}{x_{t1}}}{\frac{1}{x_{t1}}} \quad (\text{B.7})$$

Logo, tem-se a Equação B.8.

$$\Psi \frac{1}{x} = \frac{\frac{x_{t2} - x_{t1}}{x_{t2} \times x_{t1}}}{\frac{1}{x_{t1}}} = \frac{x_{t2} - x_{t1}}{x_{t2}} \quad (\text{B.8})$$

Sabendo que:

$$x_{t2} = x_{t1} + \Psi x \times x_{t1} \quad (\text{B.9})$$

Substituindo B.9 em B.8, tem-se:

$$\Psi \frac{1}{x} = \frac{x_{t2} - x_{t1}}{x_{t1} \times (1 + \Psi x)} \quad (\text{B.10})$$

Portanto, chega-se à Equação 3.30, mostrada neste anexo na Equação B.11.

$$\Psi \frac{1}{x} = \frac{-\Psi x}{1 + \Psi x} \quad (\text{B.11})$$

## ANEXO C – FÓRMULAS DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS

A estruturação da rede de indicadores de produtividade considera o dimensionamento de recursos de mão-de-obra e de equipamentos. O dimensionamento baseia-se na necessidade de recursos para a realização da produção determinada.

Tabela C. 1: Fórmula de cálculo do número de equipamentos e implementos.

Nº	Número de equipamentos e implementos	
1	Descrição do indicador	Mostra o número necessário de equipamentos ou implementos para a realização de determinada atividade
	Fórmula	$EQPTO = \text{ARREDONDAR PARA CIMA} \left[ \frac{Q}{EFIC OPERAC \times (\sum_{m=1}^m DU_m) \times T \times J} \times HSTRAB \right]$
	Periodicidade	Medido anualmente
	Método de Análise	Pode-se comparar este valor com os equipamentos já adquiridos, definindo-se assim a quantidade de equipamentos a ser comprada

onde:

*EQPTO*: corresponde ao número de equipamentos ou implementos que serão necessários para a realização da atividade;

*EFIC OPERAC*: corresponde à porcentagem de tempo em que o equipamento opera desconsiderando o tempo de manobra e manutenção no campo;

*m*: corresponde aos meses durante os quais serão realizadas as atividades de plantio;

*DU<sub>m</sub>*: dias úteis com precipitação inferior a 3mm em determinado mês *m*;

*T*: número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio;

*J*: jornada de trabalho em horas (por turno) de um equipamento ou implemento;

*HS TRAB*: corresponde às horas trabalhadas por hectare de um equipamento ou implemento, sendo este dado estimado pelo Departamento Agrícola da empresa;

*Q*: corresponde à produção, medida em hectares.

**Tabela C. 2: Fórmula de cálculo do número de operadores de equipamentos e implementos.**

Nº	Número de operadores de equipamentos	
2	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra o número necessário de operadores de equipamentos ou implementos para a realização de determinada atividade
	<b>Fórmula</b>	<b><i>OPER = ARREDONDAR PARA CIMA</i></b> <b><i>[EQPTO × T × (1 – ABS)]</i></b>
	<b>Periodicidade</b>	Medido anualmente
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se comparar este valor com o número de operadores já contratados, definindo-se assim a quantidade de equipamentos a ser contratada

onde:

*OPER*: corresponde ao número de operadores de equipamentos ou implementos que serão necessários para a realização da atividade;

*EQPTO*: corresponde ao número de equipamentos ou implementos que serão necessários para a realização da atividade;

*T*: número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio e

*ABS*: % estimada de absenteísmo.

Tabela C. 3: Fórmula de cálculo do número de recursos de mão-de-obra (exceto operadores).

Nº	Número de recursos de mão-de-obra (exceto operadores)	
3	Descrição do indicador	Mostra o número necessário de colaboradores para a realização de determinada atividade, exceto operadores de equipamentos e implementos
	Fórmula	$CO = \text{ARREDONDAR PARA CIMA} \left[ \frac{Q \times \text{REND MDO} \times (1 - \text{ABS})}{\left[ \sum_{m=0}^n DU_m \right]} \right] \times T$
	Periodicidade	Medido anualmente
	Método de Análise	Pode-se comparar este valor com o número de colaboradores já contratados, definindo-se assim a quantidade de equipamentos a ser contratada

onde:

*CO*: corresponde ao número de colaboradores que serão necessários para a realização da atividade;

*DU<sub>m</sub>*: dias úteis, ou disponíveis, com precipitação inferior a 3mm em determinado mês *m*;

*Q*: corresponde à produção, medida em hectares;

*REND MDO*: rendimento estimado da mão-de-obra empregada em determinada atividade. Corresponde ao inverso do número de hectares realizados por um colaborador padrão em um turno diário;

*ABS*: % estimada de absenteísmo e

*T*: número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio.

## ANEXO D – FÓRMULAS DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE FÍSICA

Nos cálculos dos indicadores de produtividade física é considerada a necessidade de recursos para a realização do processo de plantio de cana-de-açúcar. A seguir serão detalhados estes cálculos para as classes de recursos: mão-de-obra, equipamentos e implementos e materiais.

### i. Indicadores físicos de mão-de-obra

O cálculo de homens × hora ( $R$ ) utilizados nas atividades de plantio considera a demanda de colaboradores para sua realização, sendo este indicador calculado para cada tipo de recurso de mão-de-obra.

**Tabela D. 1: Fórmula de cálculo de homens × hora utilizados ( $R$ )**

Nº	Homens x hora utilizados ( $R$ )	
1	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra a quantidade total de homens x hora utilizados na realização de determinada atividade
	<b>Fórmula</b>	$R = \left[ \sum_{m=0}^M DC_m \right] \times T \times J \times CO$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Quanto maior este indicador mais recursos foram consumidos, resultando em um maior custo

onde:

$m$ : corresponde aos meses durante os quais serão realizadas as atividades de plantio;

$DC_m$ : número de dias corridos em determinado mês  $m$ ;

$T$ : número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio;

*J*: jornada de trabalho em horas (por turno) e

*CO*: número de colaboradores de determinado tipo utilizados em determinada atividade.

**Tabela D. 2: Fórmula de cálculo de homens x hora disponíveis (*D*)**

Nº	Homens x hora disponíveis ( <i>D</i> )	
2	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra a quantidade total de homens x hora que podem ser aproveitados na realização das atividades
	<b>Fórmula</b>	$D = \left[ \sum_{m=0}^n DU_m \right] \times T \times J \times CO \times (1 - ABS)$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se apurar o aproveitamento do tempo se comparado ao homens x hora utilizados ( <i>R</i> )

onde:

*m*: corresponde aos meses durante os quais serão realizadas as atividades de plantio;

*DU<sub>m</sub>*: dias úteis, ou disponíveis, com precipitação inferior a 3mm em determinado mês *m*;

*T*: número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio;

*J*: jornada de trabalho em horas (por turno);

*CO*: número de colaboradores de determinado tipo utilizados em determinada atividade e

*ABS*: % estimada de absenteísmo.

Tabela D. 3: Fórmula de cálculo de homens x hora trabalhadas (*R*)

Nº	Homens x hora trabalhadas ( <i>O</i> )	
3	Descrição do indicador	Mostra a quantidade total de homens x hora efetivamente trabalhados
	Fórmula	$O = D \times (1 - OCI)$
	Periodicidade	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	Método de Análise	Pode-se apurar o aproveitamento do tempo se comparado ao homens x hora utilizados ( <i>R</i> ) e homens x hora disponíveis ( <i>D</i> )

onde:

*D*: homens x hora disponíveis para a realização de determinada atividade;

*OCI*: % de tempo ocioso devido à superestimação do número de colaboradores.

## ii. Indicadores físicos de equipamentos

A capacidade nominal de equipamentos e implementos é calculada, sendo este indicador calculado para cada tipo de equipamento e implemento utilizado na realização de cada atividade do plantio da cana-de-açúcar.

Tabela D. 4: Fórmula de cálculo da capacidade nominal (*C*)

Nº	Capacidade Nominal ( <i>C</i> )	
4	Descrição do indicador	Mostra a capacidade nominal de equipamentos e implementos, ou seja, a capacidade máxima de produção medida em hectares plantados
	Fórmula	$C = [\sum_{m=0}^n DC_m] \times T \times J \times EQPTO$
	Periodicidade	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	Método de Análise	Quanto maior este indicador mais recursos foram consumidos, resultando em um maior custo

onde:



$DC_m$ : número de dias corridos em determinado mês  $m$ ;

$m$ : corresponde aos meses em que serão realizadas as atividades de plantio;

$T$ : número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio;

$J$ : jornada de trabalho em horas (por turno) e

$EQPTO$ : número de equipamentos ou implementos de determinado tipo utilizado em determinada atividade.

A capacidade disponível considera que os equipamentos não operaram caso a precipitação diária supera 3 milímetros.

**Tabela D. 5: Fórmula de cálculo da capacidade disponível (A)**

Nº	Capacidade Disponível (A)	
5	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra a capacidade dos equipamentos e implementos que podem ser aproveitado na realização das atividades
	<b>Fórmula</b>	$A = [\sum_{m=0}^x DU_m] \times T \times J \times EQPTO$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se apurar o aproveitamento da capacidade se comparado ao homens x hora utilizados (C)

onde:

$DU$ : dias úteis com chuvas inferiores a 3mm;

$m$ : corresponde aos meses em que serão realizadas as atividades de plantio;

$T$ : número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio;

$J$ : jornada de trabalho em horas (por turno) e

$EQPTO$ : número de equipamentos ou implementos de determinado tipo utilizado em determinada atividade.

No caso do plantio da cana-de-açúcar, devido ao fato de ser difícil perceber a qualidade do plantio logo após realizada as atividades, a capacidade utilizada ( $U$ ) é considerado igual ao uso produtivo ( $Q$ ) dos equipamentos e implementos.

**Tabela D. 6: Fórmula de cálculo da capacidade utilizada ( $U$ ) e uso produtivo ( $Q$ )**

Nº	Capacidade Utilizada (U) e Uso Produtivo (Q)	
6	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra a capacidade dos equipamentos e implementos que podem ser utilizado produtivamente na realização das atividades. Não será considerada a qualidade do plantio.
	<b>Fórmula</b>	$U = Q = A \times (1 - OCI)$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se apurar o aproveitamento da capacidade nominal se comparado ao indicador (C) e também mensurar a ociosidade de equipamentos se comparado ao indicador (A)

onde:

$DU$ : dias úteis com chuvas inferiores a 3mm;

$m$ : corresponde aos meses em que serão realizadas as atividades de plantio;

$T$ : número de turnos diários em que serão realizadas as atividades de plantio;

$A$ : corresponde à capacidade disponível e

$OCI$ : corresponde à porcentagem de tempo ocioso.

### iii. Indicadores físicos de materiais

A fórmula mostra o cálculo do indicador de gasto de material para o caso do plantio da cana-de-açúcar, sendo diferenciada a fórmula para defensivos, fertilizantes e corretivos e a fórmula para diesel e lubrificante.

Tabela D. 7: Fórmula de cálculo do material gasto (G)

Nº	Material Gasto (G)	
7	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra a quantidade de material gasto na realização das atividades
	<b>Fórmula</b>	$G = \text{dosagem de } \left\{ \begin{array}{l} \text{defensivo,} \\ \text{fertilizante ou} \\ \text{corretivo} \end{array} \right\}$ ou $G = \text{consumo de } \left\{ \begin{array}{l} \text{diesel ou} \\ \text{lubrificante} \end{array} \right\}$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se acompanhar a quantidade aplicada de defensivos, corretivos e fertilizantes e também o consumo de diesel e lubrificantes pelos equipamentos utilizados

A fórmula de cálculo do indicador de material com qualidade aceitável considera a porcentagem de material com qualidade não aceitável estimada pelo Departamento Agrícola da empresa.

Tabela D. 8: Fórmula de cálculo do material com qualidade aceitável (B)

Nº	Material com Qualidade Aceitável (B)	
8	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra a quantidade de material que pode ser aproveitado na realização das atividades, desconsiderando materiais com qualidade não aceitável
	<b>Fórmula</b>	$B = G \times (1 - QUAL)$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se apurar a quantidade de material que não está adequado para ser utilizado

onde:

*QUAL*: corresponde à porcentagem estimada de material com qualidade não aceitável

## ANEXO E – FÓRMULAS DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE CUSTO

Os indicadores de produtividade de custo são calculados para cada tipo de recurso de mão-de-obra, equipamentos e implementos, e materiais por meio dos preços unitários de cada recurso.

### i. Indicador de produtividade do custo unitário de cada tipo de recurso de mão-de-obra

O indicador de produtividade do custo unitário de cada tipo de mão-de-obra é calculado por meio do preço do homem × hora consumido na realização das atividades de plantio. A fórmula de cálculo deste indicador para um tipo de mão-de-obra genérica  $\alpha$ .

**Tabela E. 1: Fórmula de cálculo do indicador de produtividade do valor unitário da mão-de-obra.**

Nº	Custo unitário da mão-de-obra	
1	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra o valor da hora de trabalho que deve ser paga
	<b>Fórmula</b>	$P_{h\text{tipo } \alpha}^c = \frac{1}{\pi_h} = \frac{[\sum_{m=0}^n DC_m] \times J}{M \times SAL \times (1 + ENC)}$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se verificar este valor frente ao praticado no mercado e também frente a outros custos da empresa

onde:

$M$ : corresponde ao número de meses em que a atividade é executada;

$SAL$ : corresponde ao salário mensal, considerando treze pagamentos anuais;

*ENC*: corresponde aos encargos sociais pagos aos colaboradores, nesta rubrica enquadram-se as despesas com férias, 13º salário, INSS, FGTS e benefícios referentes à mão-de-obra fixa.;

*DC<sub>m</sub>*: corresponde aos dias corridos no determinado mês *m* e

*J*: corresponde à jornada diária em horas por turno.

## ii. Indicador de produtividade do custo unitário de cada tipo de recurso de equipamento e implemento

O indicador de produtividade do custo unitário de equipamentos e implementos pode ser dividido em três partes: uma referente à depreciação, uma referente aos juros do capital empregado na aquisição dos equipamentos e implementos e uma referente à manutenção destes.

**Tabela E. 2: Fórmula de cálculo do indicador de produtividade do valor unitário de equipamento e implemento.**

Nº	Custo unitário de Equipamento	
2	Descrição do indicador	Mostra o valor gasto com depreciação, juros e manutenção dos equipamentos e implementos
	Fórmula	$P_{\text{tipo } \alpha}^c = \frac{1}{\pi_e} = \frac{1}{(\pi_{e \text{ deprec.}} + \pi_{e \text{ juros}} + \pi_{e \text{ manut. e seg.}})}$
	Periodicidade	Medido anualmente
	Método de Análise	Pode-se verificar este valor frente ao praticado no mercado e também frente a outros custos da empresa

onde:

$\pi_{e \text{ deprec.}}$ : corresponde ao custo com depreciação do equipamento ou implemento  $\alpha$ ;

$\pi_{e \text{ juros}}$ : corresponde ao custo com juros do equipamento ou implemento  $\alpha$ ;

$\pi_{e \text{ mant. e seg.}}$ : corresponde ao custo com manutenção e seguros do equipamento ou implemento  $\alpha$ ;

O cálculo do custo de depreciação de equipamentos e implementos segundo CONAB (2009) é feito da seguinte maneira:

**Tabela E. 3: Fórmula de cálculo do custo unitário de depreciação.**

Nº	Custo de Depreciação	
2.1	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra o valor de desvalorização do equipamento e implemento em função do tempo, seja este utilizado ou não.
	<b>Fórmula</b>	$\pi_{e \text{ deprec.}} = \left[ \frac{(VL \text{ INI} - VL \text{ RES})}{VD \text{ ÚTIL HS}} \right] \times HS \text{ TRAB}$
	<b>Periodicidade</b>	Medido anualmente
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se verificar este valor frente ao praticado no mercado e também frente a outros custos da empresa

Onde:

$VL \text{ INI}$ : corresponde ao valor inicial do equipamento ou implemento;

$VL \text{ RES}$ : corresponde ao valor residual do equipamento ou implemento, calculado como porcentagem do valor inicial, utilizando a Tabela E.4;

$VD \text{ ÚTIL HS}$ : corresponde à vida útil em horas, tendo como base os valores da Tabela E.4;

$HS \text{ TRAB}$ : corresponde às horas trabalhadas por hectare do equipamento ou implemento, sendo este dado estimado pelo Departamento Agrícola da empresa.

Tabela E. 4: Vida útil e valor residual de equipamentos e implementos. Fonte: CONAB (2009).

ESPECIFICAÇÃO	VIDA ÚTIL		VALOR RESIDUAL (% do valor novo)
	Anos	Horas	
<b>MÁQUINAS:</b>			
Trator	10	12.000	25
Colheitadeira	10	5.000	25
Retroescavadeira	10	12.000	-
Motor (elétrico e diesel)	10	20.000	-
<b>IMPLEMENTOS:</b>			
Arado 2 discos – terraço	15	2.500	5
Arado 3 discos – hidráulico	15	2.500	-
Arado 4 discos – terraço	15	2.500	-
Arado 4 discos – arrasto	15	2.500	-
Cultivador mecânico - 5/7 linhas	12	2.500	-
Carreta com pneus - 3 toneladas	15	5.000	5
Carreta com pneus - 4 toneladas	15	5.000	5
Carreta com pneus - 5 toneladas	15	5.000	5
Bomba d'água - 300 mm	10	20.000	-
Distribuidor de calcário até 1.000 Kg	10	2.000	5
Grade simples - 24 discos	15	2.500	-
Grade aradora acima 18 discos	15	2.500	5
Grade niveladora - 30 discos	15	2.500	-
Grade niveladora - 32/36 discos	15	2.500	5
Plantadeira/adubadeira - 6 linhas	15	1.200	-
Plantadeira/adubadeira mecânica - 6 linhas	15	1.200	-
Pulverizador de barra - 400/1.000 litros	8	2.000	-
Carpideira tração animal - 3 enxadas	8	2.000	-
Debulhador - 50 sacas/hora	10	2.000	-
Plaina terraceadora - lâmina 7"	12	5.000	-
Rolo compactador - 1.200 Kg	12	5.000	-
Semeadeira a lança	7	2.500	-
Semeadeira/adubadeira mecânica - acima 15 linhas	15	1.200	5
Entaipadeira - 2 discos	12	2.500	-
Trilhadeira - acima 50 sacas/hora	10	2.000	-
Roçadeira de arrasto	12	2.500	-
Carreta Graneleira - 1 eixo 3 toneladas	15	5.000	-
Grade de dentes – tapadeira	8	2.500	-

Fonte: CONAB

O cálculo do custo com juros, ou seja, o custo de remuneração do capital empregado na aquisição de cada equipamento ou implemento, segundo CONAB (2009).

Tabela E. 5: Fórmula de cálculo dos juros.

Nº	Juros (custo de oportunidade)	
2.2	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra o custo de oportunidade do capital empregado na aquisição de equipamentos e implementos
	<b>Fórmula</b>	$\pi_{\text{e juros}} = \left\{ \left[ \frac{\left( \frac{VL\ INI}{2} \right)}{\left( \frac{VD\ UTIL\ HS}{VD\ UTIL\ ANOS} \right)} \right] \times HS\ TRAB \right\} \times JU$
	<b>Periodicidade</b>	Medido anualmente
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se verificar este valor frente ao praticado no mercado e também frente a outros custos da empresa

onde:

*VL INI*: corresponde ao valor inicial do equipamento ou implemento;

*VD ÚTIL HS*: corresponde à vida útil em horas, tendo como base os valores da Tabela E.4;

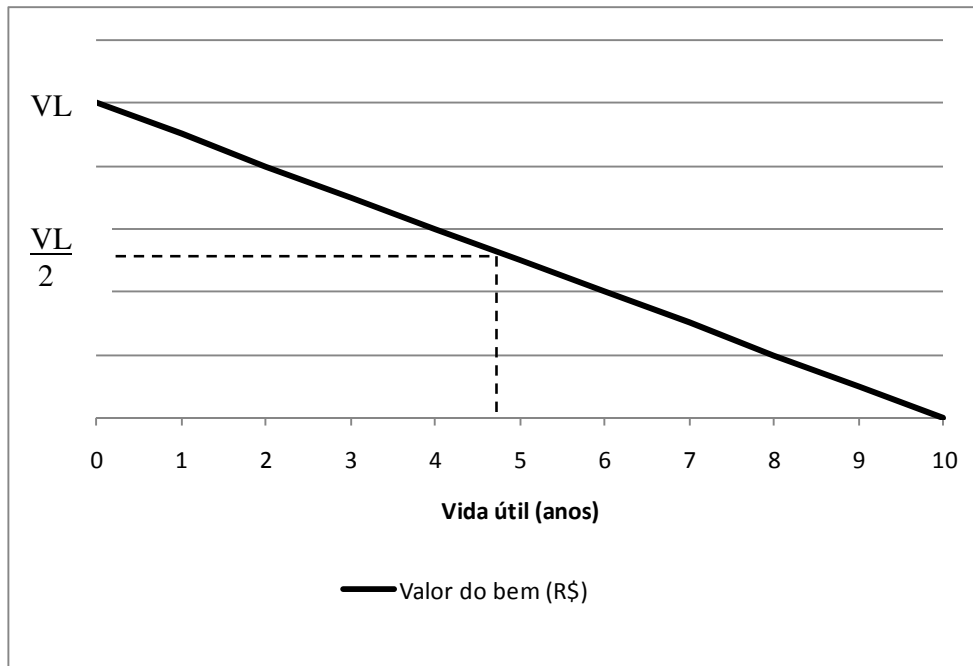
*VD UTIL ANOS*: corresponde à vida útil em anos, tendo como base os valores da Tabela 9.4;

*HS TRAB*: corresponde às horas trabalhadas por hectare do equipamento ou implemento numa safra, sendo este dado estimado pelo Departamento Agrícola da empresa;

*JU*: corresponde à taxa de juros da empresa.

Nesta fórmula, o valor de  $\left( \frac{VL\ INI}{2} \right)$  corresponde ao valor médio do bem ao longo do tempo, considerando uma depreciação linear, como no Gráfico D.1.





**Gráfico D. 1: Valor do bem ao longo de sua vida útil.**

Portanto, os juros (custo de oportunidade) médio anual do capital empregado na aquisição do equipamento será (durante os anos da vida útil):

$$\left(\frac{VL_{INI}}{2}\right) \times JU \quad [R\$/ano] \quad (D.1)$$

Porém, deve-se transformar este valor anual para valor horário, sendo assim, considera-se a razão entre a vida útil anual e a vida útil em horas da seguinte maneira:

$$\left(\frac{VL_{INI}}{2}\right) \times JU \times \left(\frac{VD_{UTIL\ ANOS}}{VD_{UTIL\ HS}}\right) \quad [R\$/hora] \quad (D.2)$$

Assim, tendo o valor dos juros por hora, considera-se o rendimento horário do equipamento, medido em hectares por hora, para chegar ao valor unitário dos juros, medido em R\$ por hectare.

$$\left(\frac{VL_{INI}}{2}\right) \times JU \times \left(\frac{VD_{UTIL\ ANOS}}{VD_{UTIL\ HS}}\right) \times HS\ TRAB \quad [R\$/hectare] \quad (D.3)$$

A fórmula de cálculo do custo com manutenção de cada tipo de equipamento ou implemento. Devido ao fato da empresa ainda não possuir um histórico confiável sobre a manutenção de equipamentos, o custo de manutenção foi estimado, segundo sugerido por CONAB (2009), como porcentagem do valor inicial do equipamento ou implemento. Os valores sugeridos para alojamento e seguro de máquinas, variam de 0,75% a 1% do custo inicial ao ano. Sendo assim, aconselha-se uma taxa de 2% ao ano para cálculos do custo com alojamento e seguro.

**Tabela E. 6: Fórmula de cálculo do custo com manutenção e seguros.**

Nº	Custo de Manutenção e Seguros	
9.3	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra o valor gasto na conservação de equipamentos ou implementos
	<b>Fórmula</b>	$\pi_{e\text{manut. e seg.}} = \frac{VL\text{ INI} \times (MANUT + SEG) \times HS\text{ TRAB}}{HS\text{ PROD ESTIMADAS}}$
	<b>Periodicidade</b>	Medido mensalmente durante os meses de realização da atividade
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se verificar este valor frente ao praticado no mercado e também frente a outros custos da empresa

onde:

*VL INI*: corresponde ao valor inicial do equipamento ou implemento;

*MANUT.* : corresponde à porcentagem do valor inicial referente ao custo de manutenção, estima-se que ao longo de sua vida útil, o valor estimado pelo Departamento Agrícola da empresa foi de 10% ao ano;

*HS TRAB*: corresponde às horas trabalhadas por hectare do equipamento ou implemento, sendo este dado estimado pelo Departamento Agrícola da empresa;

*SEG*: corresponde à porcentagem do valor inicial referente ao custo com seguros, o valor estimado pelo Departamento Agrícola da empresa foi de 2% ao ano;

*HS PROD ESTIMADAS*: horas produtivas anuais de determinado equipamento, estimadas pelo Departamento Agrícola da empresa.

### iii. Indicador de produtividade do custo unitário de cada tipo de material

O indicador do custo unitário consiste na produtividade, em quantidade de material, do valor unitário de cada insumo.

**Tabela E. 7: Fórmula de cálculo do indicador de produtividade do valor unitário de materiais (insumos).**

Nº	Custo unitário de Insumo	
10	<b>Descrição do indicador</b>	Mostra o valor empregado na compra de insumos
	<b>Fórmula</b>	$P_{m \text{ tipo } \alpha}^c = \frac{1}{\pi_m}$
	<b>Periodicidade</b>	Medido anualmente
	<b>Método de Análise</b>	Pode-se verificar este valor frente ao praticado no mercado e também frente a outros custos da empresa

onde:

$\pi_m$ : corresponde ao preço do material de um tipo genérico  $\alpha$ .

## ANEXO F – QUESTIONÁRIO APLICADO SEGUNDO MÉTODO DELPHI

Exemplo do questionário Delphi aplicado para o caso do macroprocesso de plantio de preparo de solo.

PREPARO DE SOLO					
1. No processo de preparo de solo, a variação do <u>custo com salários e encargos</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
2. No processo de preparo de solo, a variação do <u>custo do diesel</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
3. No processo de preparo de solo, a variação do <u>custo do lubrificantes</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
4. No processo de preparo de solo, a variação dos <u>dias disponíveis sem chuva</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
5. No processo de preparo de solo, a variação do <u>absenteísmo</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
6. No processo de preparo de solo, a variação do custo de manutenção da frota terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
7. No processo de preparo de solo, a variação dos <u>preços dos equipamentos</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
8. No processo de preparo de solo, a variação do <u>custo dos defensivos</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
9. No processo de preparo de solo, a variação do <u>custo dos fertilizantes</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					
10. No processo de preparo de solo, a variação do <u>custo dos corretivos</u> terá um impacto no custo total do plantio:					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio-alto	Alto	
Comentários: _____					

Figura F. 1: Questionário utilizado segundo o Método Delphi para o preparo de solo.