**PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DO PREPARO MECANIZADO DO SOLO
PARA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS DE *Eucalyptus* spp UTILIZANDO O
MÉTODO DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)**

JOSÉ WANDMARK DUARTE BARROS

Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”, Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Máquinas Agrícolas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 2001

**PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DO PREPARO MECANIZADO DO SOLO
PARA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS DE *Eucalyptus* spp UTILIZANDO O
MÉTODO DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)**

JOSÉ WANDMARK DUARTE BARROS

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **Marcos Milan**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Máquinas Agrícolas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 2001

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

Barros, José Wandmark Duarte
Planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo para implantação de florestas de *Eucalyptus* spp
utilizando o método desdobramento da função qualidade (QFD) / José Wandmark Duarte Barros. - - Piracicaba, 2001.
117 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
Bibliografia.

1. Desdobramento da função qualidade 2. Eucalipto 3. Florestas 4. Mecanização florestal 5. Preparo do solo 6.
Solo florestal I. Título

CDD 634.9734

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

... à minha mãe Benedita,

à minha tia Maria, e

ao meu irmão Paulo,

fontes primárias da minha educação.

... aos meus irmãos e ao meu cunhado,
à minha esposa e às nossas filhas,
Fernanda e Letícia, pela solidariedade.

AGRADECIMENTOS

À Escola Agrotécnica Federal de Satuba-EAFS/AL, à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-ESALQ/USP por suas vocações educativas.

À Divisão de Biblioteca e Documentação da ESALQ/USP, pelo apoio, “segurando-me para os meus primeiros passos”.

À Companhia Suzano de Papel e Celulose, pela interação e apoio incontestáveis através de sua equipe de produção florestal.

Aos diretores da EAFS/AL, Francisco Amorim e Paulo de Oliveira, aos Professores, Claudivan Costa, Iedo Teodoro, e Nelson Júnior, pelo incentivo.

Ao Prof. Marcos Milan (ESALQ/USP), por sua função maior de educador, responsável pela minha conscientização e mudança profissional.

Aos Professores José Paulo Molin e Thomaz Caetano Rípoli (ESALQ/USP), pela minha aprendizagem e credibilidade que me concederam.

Ao Prof. Carlos Andriani, diretor da Diagrama Consultoria em Qualidade, pelo seu exemplo de liderança disseminado através do gerenciamento pela qualidade total.

Aos Eng^{os} Pedro Schiavuzzo e Juventino Bicudo Filho, consultores da Diagrama, pelo apoio e incentivo a cada dia.

Ao Prof. Gabriel Sarriés (ESALQ/USP), e ao Eng^o Florestal José Luiz Gava (Companhia Suzano) pela generosidade e contribuições acadêmicas.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural e da Biblioteca Central da ESALQ/USP, dos quais só recebi atenção e respeito.

Aos colegas do curso de Máquinas Agrícolas, especialmente ao Pedro Zambuzzi, que participaram comigo nessa caminhada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	xii
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Histórico do método QFD.....	3
2.2 Desenvolvimento do método QFD.....	4
2.3 Expansão do método QFD.....	7
2.3.1 Aplicação do método QFD.....	8
2.4 Importância do cliente para o método QFD.....	9
2.5 Negócio e gerenciamento.....	9
2.6 Gerenciamento do preparo do solo.....	10
2.7 Preparo do solo na área florestal.....	11
2.7.1 Métodos e máquinas.....	13
2.7.2 Problemas causados pelas operações anteriores.....	14
2.7.3 Qualidade total e qualidade do preparo do solo.....	17
2.8 Desdobramento da qualidade do solo.....	18
2.8.1 Indicadores da qualidade: informações básicas ao gerenciamento.....	19
2.8.2 Recomendações para adoção de indicadores da qualidade.....	19
2.9 Controle estatístico da qualidade e o ciclo de gerenciamento PDCA	20
2.9.1 As sete “ferramentas” do controle da qualidade.....	22

2.9.2	Controle estatístico da qualidade em operações agrícolas.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Método geral para o “planejamento da qualidade”	27
3.1.1	Obtenção da matriz da qualidade do produto - parte I.....	30
3.1.1.1	Seção A: qualidade exigida.....	32
3.1.1.2	Seção B: requisitos técnicos.....	34
3.1.1.3	Seção C: matriz de relações.....	38
3.1.1.4	Seção D: qualidade planejada.....	39
3.1.1.5	Seção E: qualidade projetada.....	42
3.1.1.6	Seção F: matriz de correlações.....	45
3.1.2	Obtenção dos fatores do processo- parte II.....	47
3.1.3	Matrizes auxiliares do modelo conceitual- parte III.....	49
3.1.3.1	Seção H e I: fatores do processo versus requisitos técnicos.....	50
3.1.3.2	Seção J e L: Avaliação dos fatores M do processo.....	52
3.1.4	Método de avaliação do preparo do solo- parte IV.....	53
3.1.4.1	Avaliação da umidade do solo, densidade e distribuição da resteva.	56
3.1.4.2	Avaliação dos indicadores prioritários do preparo do solo.....	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1	Matriz da qualidade do preparo do solo- parte I.....	63
4.1.1	Qualidade exigida.....	64
4.1.2	Requisitos técnicos.....	66
4.1.3	Matriz de relações: qualidade exigida versus requisitos técnicos.....	67
4.1.4	Qualidade planejada.....	69
4.1.4.1	Grau de importância.....	70
4.1.4.2	Avaliação competitiva e plano de melhoria.....	71
4.1.4.3	Peso relativo dos itens da qualidade exigida.....	72
4.1.5	Qualidade projetada.....	74
4.1.5.2	Classificação das prioridades e matriz de correlações.....	75
4.1.5.2	Metas especificadas para os indicadores da qualidade.....	76
4.1.6	Matriz de correlações.....	78

4.2	Fatores do processo- parte II.....	80
4.3	Matrizes auxiliares do modelo conceitual- parte III.....	81
4.3.1	Método operacional versus indicadores da qualidade.....	83
4.3.2	Máquinas versus Indicadores da Qualidade.....	85
4.3.3	Avaliação dos fatores desdobrados de métodos.....	86
4.3.4	Avaliação dos fatores desdobrados de máquinas.....	87
4.4	Avaliação do preparo do solo- parte IV.....	89
4.4.1	Umidade do solo e densidade.....	89
4.4.2	Distribuição da resteva superficial.....	93
4.4.3	Avaliação dos indicadores prioritários do preparo do solo.....	94
4.4.3.1	Largura e profundidade do sulco de plantio.....	94
4.4.3.2	Tamanho dos torrões.....	97
5	CONCLUSÕES.....	99
	ANEXOS.....	100
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Esboço da carta ou “casa da qualidade” destacando suas seções básicas (adaptada de Cauchick Miguel & Weidmann, 1999).....	5
2 Componentes básicos do negócio da empresa (adaptado de Campos, 1994 e Sarantópoulus & Guedes, 1995).....	12
3 Compactação do solo versus propriedades (adaptado de Seixas, 2000).....	15
4 Elementos básicos do gráfico de controle ou de Shewhart.....	23
5 Caracterização do ciclo de gerenciamento PDCA ou ciclo de Deming para as operações agrícolas mecanizadas (adaptado de Milan, 1998).....	25
6 Modelo conceitual do prepdo sol para mudas de <i>Eucalyptus spp</i>	28
7 Esquema de construção da matriz ou “casa da qualidade” do preparo mecanizado do solo para “mudas de <i>Eucalyptus spp</i> ”.....	31
8 Sistematização da qualidade exigida utilizando o “diagrama de árvores” (adaptado de Dellaretti Filho, 1996).....	33
9 Sistematização dos requisitos técnicos (RT) utilizando o “diagrama de árvores” (adaptado de Dellaretti Filho, 1996).....	35
10 Estrutura básica resultante dos “diagramas de árvores” da qualidade exigida (seção A) e requisitos técnicos (seção B).....	36
11 Diagrama de árvores ajustados à matriz ou “casa da qualidade”.....	37
12 Relações: itens da qualidade exigida versus requisitos técnicos.....	38

13 Valores e símbolos utilizados para identificar a intensidade das relações na matriz ou “casa da qualidade”	39
14 Estrutura gráfica da qualidade planejada (seção D).....	40
15 Componentes da qualidade projetada (seção E parcial).....	43
16 Matriz de correlações entre os requisitos técnicos específicos (RTE).....	46
17 Diagrama de causa e efeito (ou de Ishikawa) para os processos.....	47
18 Diagrama de árvores dos fatores M que compõem o processo.....	48
19 Obtenção das matrizes complementares do modelo conceitual.....	49
20 Fatores M do processo versus requisitos técnicos.....	50
21 Relações W das Matrizes H e I auxiliares ou complementares do modelo conceitual do preparo mecanizado do solo.....	51
22 Esquema para classificação dos fatores M do processo com base no grau de importância do custo e no peso relativo %.....	52
23 Esquema de avaliação em uma faixa/eito do preparo mecanizado do solo para mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	55
24 Esquema de avaliação da faixa de resteva ou “faixa de galhada”.....	57
25 Pontos transversais para inferência da profundidade do sulco de plantio- E-esquerda, C-centro e D-direita (Gava & Milan, 2001).....	57
26 Esquema para inferência da profundidade do sulco preparado.....	58
27 Esquema de avaliação do tamanho dos torrões do preparo do solo para mudas de <i>Eucalyptus</i> spp (adaptado de Laflen et al., 1981).....	59
28 Pontos de verificações para determinar o tamanho dos torrões.....	59
29 Modelo Conceitual do preparo mecanizado do solo para mudas de <i>Eucalyptus</i> spp, a partir do método QFD.....	61
30 Matriz da qualidade do preparo do solo para <i>Eucalyptus</i> spp.....	63
31 Qualidade exigida obtida neste trabalho versus requisitos da qualidade apresentados por Kelting et al. (1998).....	65
32 Requisitos técnicos oriundos do desdobramento da qualidade exigida pelas mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	67
33 Matriz de relações: indicadores versus itens da qualidade.....	68

34 Qualidade planejada em função das mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	69
35 Graus de importâncias dos itens da qualidade exigida pelas mudas de <i>Eucalyptus</i> spp referente ao preparo mecanizado do solo	70
36 Qualidade planejada em função do grau de importância do item e da avaliação do mérito de quem o produz.....	72
37 Peso relativo dos itens prioritários da qualidade exigida pelas mudas de <i>Eucalyptus</i> spp, referente ao preparo mecanizado do solo.....	73
38 Qualidade projetada para o preparo mecanizado do solo.....	74
39 Classificação das prioridades técnicas com base no peso relativo.....	75
40 Especificações dos indicadores prioritários do preparo do solo.....	76
41 Avaliação competitiva dos requisitos técnicos do preparo do solo	77
42 Coerência entre as avaliações do planejamento versus projeto	78
43 Matriz de correlações (“telhado”) dos indicadores da qualidade.....	79
44 Prioridades do processo utilizados nas matrizes complementares oriundos do desdobramento de “método e máquinas”.....	80
45 Matrizes auxiliares ou complementares do modelo conceitual.....	81
46 Matriz auxiliar “máquinas versus método” sugerida na pesquisa.....	82
47 Matriz de relações: método versus indicadores da qualidade.....	83
48 Matriz de relações: máquinas versus indicadores da qualidade.....	85
49 Parâmetros de avaliação dos itens desdobrados de métodos.....	87
50 A avaliação de “máquinas” do preparo mecanizado do solo para mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	88
51 Caracterização do solo na faixa de baldeio a ser sulcada.....	90
52 Gráfico de controle ou carta de Shewhart para amplitude da densidade (kg.m^{-3}) do solo de 5 eitos de plantio/5 faixas de baldeio.....	91
53 Gráfico de controle ou carta de Shewhart para média da densidade (Kg.m^{-3}) do solo de 5 eitos 5 faixas de baldeio de 5 eitos distintos.....	92
54 Frequência da largura da faixa de resteva em relação a fileira de tocos até o limite crítico (1,50m) para o sulcamento.....	93
55 Seção transversal do sulco de plantio de “mudas de <i>Eucalyptus</i> spp”	94

56 Gráfico de controle ou de Shewhart para amplitude da profundidade (m) do sulco de plantio de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	95
57 Gráfico de controle ou de Shewhart para média da profundidade (m) do sulco de plantio de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	96
58 Grau de satisfação referente ao “tamanho dos torrões” (diâmetro 0,10m) obtido no sulcamento realizado sem o rolo destorroador.....	97

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Desdobramento da qualidade do solo em níveis (adaptado de Karlen & Stott, 1994; e Kelting et al., 1998).....	18
2 Fatores M1 e M2 ajustados ao formato gráfico das matrizes.....	48
3 Qualidade exigida pelas mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....	64

PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DO PREPARO MECANIZADO DO SOLO PARA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS DE *Eucalyptus* spp UTILIZANDO O MÉTODO DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)

Autor: José Wandmark Duarte Barros

Orientador: Prof. Dr. Marcos Milan

RESUMO

A qualidade do ambiente das áreas destinadas às florestas é afetada pelos problemas de compactação do solo devido a causas naturais e induzidas pelo tráfego de veículos. O objetivo deste trabalho foi definir as prioridades do preparo mecanizado do solo a partir das exigências das mudas de *Eucalyptus* spp. A execução do trabalho foi realizada entre dezembro de 2000 a maio de 2001, na Companhia Suzano de Papel e Celulose, município de São Miguel Arcanjo (S.P). O método utilizado teve duas fases: Planejamento da Qualidade, e Avaliação da Qualidade. A primeira fase, consistiu em sistematizar o conceito emitido, por uma equipe especializada na produção florestal, sobre a qualidade do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp, utilizando-se do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), e a segunda fase, Avaliação da Qualidade, consistiu em verificar as prioridades técnicas através de histograma e carta de controle. Os resultados evidenciaram que os itens da qualidade exigida não possuir limitações físicas, e sem restevras que limitem a

mecanização tem respectivamente 19,4% e 15,0% de peso relativo. O requisito técnico profundidade do sulco de plantio relacionou-se fortemente com os itens da qualidade exigida, e apresentou 25,7% de peso relativo. Também, o indicador profundidade do sulco, correlacionou-se fortemente com a largura do sulco e com o tamanho dos torrões, cujos pesos relativos foram iguais a 26,4% e 23,0%. Os fatores operacionais do preparo mecanizado do solo, regulagens do sulcador/implemento e a distribuição da resteva superficial, apresentaram respectivamente 25,6% e 64,0% de pesos relativos, e os graus do custo econômico destes fatores foram respectivamente 1 e 5. As conclusões da pesquisa foram: os itens da qualidade exigida não possuir limitações físicas, e sem restevas que limitem a mecanização são prioritários para as mudas de *Eucalyptus* spp, sendo que a prioridade técnica foi a profundidade do sulco, tornando-se o indicador da qualidade do preparo mecanizado do solo, o qual será controlado através das regulagens do sulcador/implemento. Nas faixas de galhada, o controle da profundidade do sulco será determinado pela distribuição da resteva superficial.

**PLANNING OF THE QUALITY OF THE MECHANIZED SOIL
PREPARATION FOR *Eucalyptus* spp USING THE QUALITY FUNCTION
DEPLOYMENT**

Author: José Wandmark Duarte Barros

Adviser: Prof. Dr. Marcos Milan

SUMMARY

The quality of the environment of areas destined to artificial forest is reduced by the problems of soil compactation due to natural causes and induced by the traffic of vehicles. The aim of this work was to define the priorities of the mechanized preparation of the soil based on the demands of the *Eucalyptus* spp seedlings. The work was done during December 2000 to May 2001 at Companhia Suzano de Papel e Celulose, S.P. The method used had two steps : planning of the quality and evaluation of the quality. The first stage consisted of systematizing the concepts about soil preparation emitted by a team of experts in forest production using the Quality Function Deployment (QFD). The second stage, evaluation of the quality, consisted in checking the technical priorities in an experimental area. The results were analyzed using statistical quality tools mainly histograms and control charts. The results showed that the itens of the demanded quality, not having the physical limitation and without residue that limit the mechanization, have 19.4% and 15.0% respectively of relative weight. The technical requirement, depth of the planting furrow, was strongly related with the itens of demanded quality and it

represents 27.5% of relative weight. Also the indicator depth of furrow, was strongly connected with the furrow width and size of soil lumps which the relative weights were 26.4% and 23.0% respectively. The operational factors of soil mechanization, subsoiler adjust and the distribution of the superficial residue, showed respectively 25.6% and 64.0% of the relative weights and the degrees of economical cost of these factors were classified as 1 and 5. The conclusions of the work were: the items of the demanded quality, not having the physical limitation and without residue that limit the mechanization, are priority for the plants of *Eucalyptus*; the technical requirement, depth of the planting furrow, becoming the indicator of quality of the soil preparation and it will be controlled through the subsoiler adjustment; in the strips of the wood debris the depth control will be determined by the distribution of the superficial residue.

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é de grande importância econômica, considerando-se que participa com 4% do PIB (Produto Interno Bruto), equivalente a US\$21 bilhões, e responsabilizando-se por 8% das exportações. Também repassa US\$ 3 bilhões de impostos e mantém 2 milhões de empregos (diretos e indiretos), sendo que parte desses empregos (500 mil) está nas plantações. As áreas ocupadas pelos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* spp no Brasil são 1,8 e 3,0 milhões de hectares respectivamente (Garlipp, 2001), significando uma ocupação de 85% das áreas cultivadas com florestas. A dimensão dessa área é equivalente à área ocupada por cana-de-açúcar no Brasil (maior produtor mundial) com aproximadamente 4,86 milhões de hectares (Cunali de Felipe, 2001). Este comparativo reforça o conceito de importância econômica e social atribuído ao setor florestal brasileiro e especialmente às culturas de *Pinus* e *Eucalyptus* spp.

A perspectiva de diminuição do estoque de madeira no Brasil, previsto para o ano 2006, está exigindo da produção florestal a ampliação do plantio para 630 mil ha/ano (Garlipp, 2001). Atualmente o plantio anual de *Pinus* e *Eucalyptus* spp corresponde a 200 mil hectares, bem inferior à meta. Parte desse plantio ocorrerá em locais que apresentam ou apresentarão problemas oriundos do tráfego de veículos, que ao transitarem causam compactação do solo e redução da produtividade das florestas (Seixas, 2000).

Para evitar ou reduzir os impactos das práticas mecanizadas prejudiciais às propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos destinados às culturas foi desenvolvido o cultivo mínimo (Gonçalves & Stape, 2000). O

cultivo mínimo é considerado no setor florestal como um método de preparo mecanizado que consiste em sulcar o solo sem mobilização prévia por outra operação. Outra alternativa para controlar os problemas oriundos da compactação causada pelo tráfego de máquinas é a utilização de indicadores da qualidade do preparo mecanizado do solo. O indicador “profundidade” da seção do solo mobilizado foi utilizado por Corrêa et al. (1991) visando avaliar a qualidade da operação subsolagem. Trindad (1993) utilizou o indicador “profundidade” para avaliar a qualidade dos resultados da operação feita com grade. Essa operação foi avaliada em outras circunstâncias por Dallmeyer (1994), Boller et al. (1995), e Fernandes (2000) utilizando o tamanho dos torrões como indicador da qualidade.

As ressalvas sobre “método e indicadores” estão relacionadas à necessidade de definir primeiro “o que” as plantas exigem do preparo mecanizado do solo, depois “como” viabilizar essas exigências através da utilização dos indicadores da qualidade e dos meios disponíveis na empresa. Saber primeiro “o que” as plantas, cliente do preparo mecanizado do solo, necessitam para depois definir “como” atendê-las é um conceito inédito no setor agroflorestal apresentado neste trabalho. No entanto, especificamente no setor industrial este conceito (ouvir o cliente para realizar suas exigências integralmente) surgiu antes de 1960 no Japão, sendo atualmente denominado de Desdobramento da Função Qualidade, conhecido pela sigla QFD (do inglês Quality Function Deployment) e foi criado principalmente por Akao, que entre 1960 a 1965 apresentou o conceito e o método (Cheng, 1995).

Assim, o objetivo deste trabalho é definir as prioridades técnicas do preparo mecanizado do solo a partir da qualidade exigida pelas “mudas de *Eucalyptus spp*”, identificadas e sistematizadas em um modelo conceitual que servirá de base para implementação de melhorias contínuas ao processo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Desdobramento da Função Qualidade (Quality Function Deployment), conhecido pela sigla QFD, é um método básico utilizado no gerenciamento pela qualidade total (Hakes, 1992). O QFD fornece os meios para que pessoas de diferentes atribuições participem da resolução de um problema (Hauser & Clausing, 1988).

O QFD é um método para desenvolver a qualidade exigida visando a satisfação do cliente, traduzindo a sua demanda para objetivos do projeto e assegurar que a meta projetada seja efetivada através das etapas de produção (Akao, 1990, Kim et al., 2000 e American Society for Quality-ASQ, 2001). O QFD fundamenta-se na opinião do cliente a respeito da qualidade ideal a ser desenvolvida pelos responsáveis numa relação integrada e interativa.

2.1 Histórico do método QFD

Em 1946, após a II Guerra Mundial, o governo americano enviou W. Edward Deming para auxiliar a recuperação das indústrias japonesas. A introdução do Controle Estatístico da Qualidade (SQC-Statistical Quality Control), liderada por Deming no Japão, de acordo com ASQ (2001), tornou-se a principal atividade da gerência industrial nesse país, visando garantir a qualidade dos produtos através do controle estatístico do processo (Cheng, 1995). A base metodológica do trabalho foi a experiência de Walter Shewhart que em 1924 introduziu o controle estatístico da qualidade em empresas americanas (Gitlow, 1993).

Entre os anos 50 e início de 60, Armand V. Feigenbaum da GE (General Electric) publicou nos Estados Unidos o controle de qualidade total (TQC-Total Quality Control) (Gitlow, 1993). A publicação do controle da qualidade total influenciou às indústrias do Japão, provocando nesse país a transformação do controle estatístico em controle da qualidade total entre 1960 e 1965 (Akao, 1997 e Cheng, 1995). Nesse mesmo período, Akao apresentou o conceito e o método do Desdobramento da Função Qualidade (Akao, 1997).

Ao contrário de outros métodos que originaram-se nos Estados Unidos e foram levados ao Japão, o QFD surgiu do Controle da Qualidade Total no Japão nos anos 60 e tem sido transferido às companhias americanas (Cristiano et al., 2000). Segundo Cheng (1995), o QFD foi criado no Japão principalmente por Mizuno e Akao, quando as indústrias japonesas em dificuldades após o término da II Guerra Mundial faziam desenvolvimento de produtos através de cópias e imitações com base no original (Cauchick Miguel & Weidmann, 1999). O método QFD surgiu como um conceito incluído ao Controle da Qualidade Total com o objetivo de desenvolver novos produtos para superar a fase de cópias e imitações que predominava no Japão (Akao, 1997).

2.2 Desenvolvimento do método QFD

O histórico relatado por Temponi et al. (1999) sobre a origem do método QFD em 1972 nos Estaleiros Kobe das Indústrias Pesadas Mitsubishi está incompleto, merecendo algumas considerações. Antes de 1972 o método já existia e já era aplicado por outras empresas japonesas (Bode & Fung, 1998). Foi em 1972 nos Estaleiros da Mitsubishi que ocorreu a primeira aplicação sistematizada do método, quando Shigeru Mizuno e Yasishi Furukawa desenvolveram a “carta da qualidade”, tornando-a a parte principal do método QFD (Akao, 1997).

A primeira aplicação do método QFD em larga escala foi realizada por Kiyotaka Oshiume da indústria Bridgestone Tire em 1966, na qual utilizava-se

um diagrama de causas e efeitos (“espinha de peixe”) para identificar os requisitos do cliente (efeitos), as características da qualidade e os fatores de processo (causas) necessários para o controle, visando a garantia da qualidade do produto (Mazur, 2001). A carta da qualidade ou “casa da qualidade” (denominada nos Estados Unidos da América de “House of Quality”) foi desenvolvida pela Toyota e seus fornecedores de vários modos (Hauser & Clausing, 1988). A Figura 1 adaptada de (Cauchick Miguel & Weidmann, 1999) apresenta os elementos básicos da carta da qualidade ou “casa da qualidade”.

Figura 1 - Esboço da carta ou “casa da qualidade” destacando suas seções básicas (adaptada de Cauchick Miguel & Weidmann, 1999).

Na Figura 1, a seção denominada “o que” é reservada aos itens da qualidade exigida. No geral, esses itens são informações obtidas por entrevistas que servem para orientar à empresa de acordo com o ideal de qualidade que o

cliente atribui a determinado produto. Este conceito na maioria das vezes é subjetivo, requerendo interpretação e tradução para uma linguagem técnica.

Os itens “como” são oriundos dos itens “o que” (qualidade exigida) e compõem a seção dos requisitos técnicos e têm a função de indicadores, são objetivos e servem para auxiliar a avaliação da qualidade do produto, comparações com outras empresas e definições das metas técnicas.

A matriz de relações é a seção reservada para identificar a intensidade da influência de um determinado requisito técnico (item “como”) sobre um determinado item da qualidade exigida (item “o que”). Através dessa matriz, demonstra-se quanto o controle do requisito técnico pode contribuir para realizar a qualidade exigida pelo cliente. A intensidade de relação é simbolizada por círculos duplo (forte) e simples (média), e triângulo (fraca).

A qualidade planejada contém o “benchmark” feito pelo cliente, que é um comparativo entre as empresas que atuam com o mesmo produto. Através do “benchmark” estabelece-se metas de melhorias em função das prioridades atribuídas pelo cliente. Semelhante à qualidade planejada, tem-se a seção “quanto” (qualidade projetada). Essa seção contém o “benchmark” dos requisitos técnicos sob o ponto de vista técnico e as metas projetadas que quando atingidas proporcionarão satisfação ao cliente da empresa.

A matriz de correlações identificada no “telhado” serve para identificar a intensidade de cooperação de um determinado requisito. Através da matriz de correlações, demonstra-se qual é a influência que um requisito técnico ao ser controlado exerce sobre o controle dos demais, e tem o objetivo de racionalizar o controle da qualidade do produto por auxiliar na ponderação da classificação dos requisitos técnicos prioritários, prevalecendo na escolha aquele requisito que se correlaciona mais intensamente com os demais. A próxima fase é desdobrar os requisitos técnicos em requisitos dos planejamentos de processo, e de produção.

2.3 Expansão do método QFD

As primeiras empresas do grupo empresarial Toyota que aplicaram o método QFD foram a Hino Motors e a Toyota Auto Body respectivamente sob às lideranças de Akao e Nobuo Takezawa (Akao, 1997). As aplicações do método QFD ocorreram sucessivamente nos anos 70 em estudos de prevenção de ferrugem que estava afetando os automóveis produzidos pela Toyota (Wasserman, 1993). A expansão do QFD internamente ao grupo empresarial tem como referência a promoção de um seminário em 1979 com a participação de 100 gerentes que trabalhavam com garantia da qualidade, onde Takezawa abordou no evento os princípios do método QFD e foram apresentados os estudos de casos da Hino Motors. Logo após, o QFD foi disseminado rapidamente entre as afiliadas do grupo (Akao, 1997).

Nos Estados Unidos e na Europa o método QFD começou a se expandir em 1983, por intermédio de Akao publicando o artigo sob título “Quality Function Deployment and CWQC in Japan- A Strategy for Assuring That Quality Is Built Into New Products” (Desdobramento da Função Qualidade e Controle da Qualidade Amplo no Japão-CWQC- Uma Estratégia para Garantir a Qualidade em Novos Produtos) na revista Quality Progress (Progresso da Qualidade) pela American Society Quality Control (Sociedade Americana de Controle da Qualidade) (Akao, 1997 e Akao et al., 1990). Posteriormente, em 1986 as empresas Xerox e Ford iniciaram a utilização do método QFD nos Estados Unidos da América (Vairaktarakis, 1999).

No Brasil o método QFD foi primeiro introduzido em 1989 no Congresso Internacional de Controle da Qualidade (ICQC- International Congress Quality Control) realizado no Rio de Janeiro (Akao, 1997), e após isso, em 1996 houve um incremento 50% do número de empresas que aplicavam QFD (Cauchick Miguel & Carpinetti, 1999). Em 1999 foi realizado em Belo Horizonte o 5^o Simpósio Internacional sobre QFD.

2.3.1 Aplicação do método QFD

O método QFD pode ser aplicado a qualquer processo, novos produtos, negócios e engenharia. Muitas empresas dos Estados Unidos, tais como Procter & Gamble, Raychem, Hewlett-Packard, AT&T, ITT, GM e Ford aplicaram o método QFD para melhorar a comunicação, desenvolver produtos e dimensionar processos e sistemas (Park, 1998 e Kim et al., 1998). No Japão o QFD tem sido utilizado sucessivamente em indústrias (eletrônica, aparelhos domésticos, confecções, borracha sintética), empresas de serviços, escola de natação, construção civil e engenharia agrícola (Hauser & Clausing, 1988).

No Japão foi desenvolvido um modelo conceitual para a indústria de processos Nippon Zeon de produção de borracha sintética para pneus, utilizando um novo material. O modelo relacionava as características da qualidade com os fatores estruturais do polímero, e esses com os fatores de engenharia de produção (exemplo: tipo e quantidade de aditivos). Concluiu-se que a principal vantagem do método denominado “desdobramento tecnológico da qualidade” é que pode ser aplicado nos próximos desenvolvimentos de produtos devido às experiências acumuladas (Koyatzu & Kubota, 1990).

Em estudo de caso realizado pela Siderúrgica Belgo Mineira foi produzido um modelo conceitual para o desenvolvimento do produto aplicando-se QFD. Nesse estudo utilizou-se análises de falhas e relacionou-se as características técnicas com a estrutura metalográfica do produto, processos alternativos, matéria-prima e parâmetros de controle. Houve aumento de 120% de participação no mercado da empresa, redução de 20% das reclamações dos clientes e 23% de redução no custo de produção (Magri et al., 1995).

Para garantir a qualidade do preparo mecanizado do solo, modelos conceituais específicos podem ser desenvolvidos com base nos modelos de indústrias de processo com as devidas adaptações. A utilização de métodos da qualidade total na agropecuária e especialmente na produção florestal devem ser experimentados para saber se são adequados (Bonilla, 1994).

2.4 Importância do cliente para o método QFD

Cliente é a pessoa ou parte receptora de um fornecedor de um bem ou serviço produzido, com retorno econômico ou não. O conceito de cliente envolve as partes que estão relacionadas com o objetivo de qualidade de um produto, podendo ser classificado como interno, e externo à empresa. O cliente interno atua no interior da empresa (são pessoas ou partes subsequentes), e o cliente externo não pertence à organização sendo caracterizado pelas pessoas físicas, empresas do mercado, acionistas e pela comunidade (Juran, 1995).

O método QFD descreve as inter-relações entre os requisitos do cliente e atributos técnicos, visando maximizar a satisfação nos limites técnicos e econômicos (Bode & Fung, 1998). O QFD é um conjunto de planos e rotinas envolvendo especialistas de uma organização atuando no projeto, manufatura e mercado, visando atender ao cliente no presente e no futuro (Hauser & Clausing, 1988). A preocupação da empresa ao utilizar o método QFD está associada ao tempo de relação com o cliente para permanecer competitiva com suas atividades no mercado.

A proposta global do QFD é sistematizar a opinião verdadeira do cliente, de um bem ou serviço de uma dada etapa para que a integração e interação dos responsáveis do projeto, processo e produção promovam ao máximo a qualidade do produto demandado pelo cliente. As metas do plano de gerenciamento são definidas em função do cliente, razão de ser do método QFD e de qualquer negócio gerenciado pela qualidade total.

2.5 Negócio e gerenciamento

Negócio de uma empresa é o conjunto dos meios do processo de produção, fornecedores de matéria-prima e suas especificações, produtos vendáveis ou não (rejeitos) e suas especificações, e os clientes internos e

externos de cada produto que estão sob responsabilidade de cada um na empresa (Campos, 1994).

O QFD é um dos métodos básicos utilizado no gerenciamento pela qualidade total (Hakes, 1992). Por definição gerenciamento é uma atividade que visa atingir metas (compostas de um objetivo, um valor quantitativo e um prazo) ou solucionar problemas prioritários da empresa (vitais para a sobrevivência), e manter os resultados sob controle ou padronizados (Campos, 1996). O objetivo do gerenciamento é promover a qualidade total, ou seja a satisfação para todas as pessoas: clientes, acionistas, empregados, colaboradores e a comunidade ou sociedade com qual a empresa interage e faz parte (Campos, 1994).

A compreensão global do negócio da empresa por seus empregados é imperativa para a execução integrada de um modelo conceitual. Gerenciar é resolver problemas entre as partes interna e externa do processo. É a habilidade gerencial de cada um da empresa para maximizar as relações dos meios do processo de produção que irá resultar na satisfação do binômio cliente-fornecedor. O QFD é essencialmente um método de equipe multifuncional onde a preferência do grupo está em conflito freqüente com os vários objetivos individuais (Ho et al., 1999). O método QFD considera a opinião do cliente como uma referência para equacionar os problemas sobre a qualidade demandada.

2.6 Gerenciamento do preparo do solo

Os objetivos do preparo do solo agrícola são: desenvolver uma estrutura do solo desejável para as sementes, infiltração e retenção das chuvas; diminuir a resistência à penetração das raízes; controlar plantas daninhas; incorporar resíduos vegetais; segregar o solo, misturando-o e removendo os objetos estranhos (Cañavete & Hernanz, 1989 e Srivastava, 1993).

É comum a manipulação do solo com tratores e implementos visando melhorar a qualidade para servir aos vegetais e outros seres. Questiona-se: O

que é solo agrícola? Qual é a função do preparo mecanizado do solo? Será que as operações incluídas nesse processo mecanizado devem ser sempre realizadas? Sendo sim, deve-se repetir as mesmas especificações técnicas do preparo do solo do ano anterior? Qual é a meta atual? Como monitorar o plano? Qual é a frequência de revisão do plano?

Funcionalmente o solo agrícola é um sistema sensível e delicado que mantém uma rede de organismos em sua superfície e abaixo, sendo um filtro para proteção da água e do ar (Harris & Bezdicek, 1994). Do ponto de vista estrutural o solo é um sistema dinâmico, composto de matéria orgânica e inorgânica, água, gases e organismos vivos (Doran e Parkin, 1994).

O preparo do solo agrícola é um processo mecânico que pode resultar no corte, revolvimento e inversão da camada do solo pela ação dos órgãos ativos dos implementos, com o objetivo de proporcionar condições mínimas para o desenvolvimento das culturas (American Society of Agricultural Engineers-ASAE, 1997).

2.7 Preparo do solo na área florestal

Preparo do solo pode ser definido como um plano de obtenção da qualidade do solo, resultante de um processo gerenciado, pela ação mecanizada ou manual, cuja matéria-prima é solo a ser processado, o qual pode apresentar falta de condições físicas, químicas, biológicas e de superfície quanto aos restos vegetais pós-colheita, proporcionando o crescimento e o desenvolvimento da cultura, utilizando-se de mão-de-obra, máquinas, matéria-prima, métodos, medidas de controle, e “meio ambiente” (fatores climáticos como temperatura e umidade), visando a sustentabilidade empresarial e ambiental da atividade. A Figura 2 apresenta os elementos do gerenciamento.

A palavra “preparar” (do latim *praeparare*) verbo transitivo direto, no idioma português significa: dispor(-se) antecipadamente, planejar ou predispor. A palavra planejamento é a fase do gerenciamento que define um objetivo,

seleciona componentes, e prevê o desempenho esperado de um sistema (Peterson, 1998). Assim, de acordo com as definições de que preparar significa planejar, então o preparo do solo num sentido mais amplo é definido como o plano de obtenção da qualidade do solo, capaz de integrar e maximizar todas as ações do gerenciamento e os fatores gerais do processo, visando atender as exigências das plantas e de outros seres com sustentabilidade.

Figura 2 - Componentes básicos do negócio da empresa (adaptado de Campos, 1994 e Sarantópoulos & Guedes, 1995).

Deve-se manter o termo “Preparo do Solo”, bastante difundido na bibliografia técnica especializada, porém deve-se valorizar mais seu significado incluindo em sua definição características gerenciais, tornando o conceito técnico mais adequado para o momento administrativo e ambiental da empresa.

2.7.1 Métodos e máquinas

Os métodos de preparo mecanizado do solo no setor de produção florestal do Brasil são variáveis, mas podem ser agrupados em duas tendências, o cultivo mínimo e o convencional, caracterizados pela utilização de determinadas práticas e equipamentos que devem ser adaptados às condições pedológicas locais, devendo-se evitar generalizações (Costa, 2000).

Nos últimos trinta anos, constatou-se um desenvolvimento significativo dos métodos de preparo do solo com o objetivo de preservar, restaurar, e melhorar as condições referentes às propriedades físicas, químicas, e biológicas do solo. Esse desenvolvimento apresenta-se em três níveis (cultivo intensivo, intermediário, e mínimo), e sua causa está diretamente relacionada à evolução da consciência científica e técnica, ao desenvolvimento dos equipamentos de preparo do solo, e ao crescimento da demanda da sociedade por tecnologia com menor degradação ambiental (Gonçalves & Stape, 2000).

A eficiência dos métodos utilizados no preparo do solo depende de outros fatores do processo, entre eles os tratores e implementos. O trator é a fonte de potência do preparo mecanizado do solo de maior importância econômica. No setor florestal brasileiro a potência líquida predominante dos motores desses veículos é equivalente a 58,8kW com um preço de aquisição em torno de R\$50.000,00. Atualmente discute-se a ampliação dessa faixa de potência, sendo necessário avaliar os efeitos na força de tração, na capacidade operacional e custo, na compactação dos solos, e na adequação dos implementos disponíveis (Wichert & Moura, 2001).

Entre os vários implementos do preparo mecanizado do solo, destaca-se o subsolador, por ser bastante utilizado no cultivo mínimo do setor florestal, acumulando a função de sulcar, com as devidas adaptações mecânicas. Originalmente os subsoladores foram concebidos para promover a desagregação das camadas compactadas sob a superfície do solo, a fim de facilitar a penetração das raízes e retenção de umidade. Seu componente

básico, a haste subsoladora, é uma barra de aço plana, podendo possuir aletas próximas à extremidade inferior, servindo para ampliar o volume de solo mobilizado. Os formatos das hastes subsoladoras podem ser reto, curvo ou parabólico, e têm grande influência na força de tração (Balastreire, 1990).

2.7.2 Problemas causados pelas operações anteriores ao preparo do solo

Os problemas relacionados à compactação que devem ser resolvidos pelo preparo mecanizado do solo para florestas podem ser causados pelas operações que o antecedem, tais como corte, carregamento e transporte da madeira. Oliveira Júnior, (1998) define a compactação como o aumento da concentração de massa por deslocamento indiscriminado das partículas.

Os solos a uma dada densidade tem menor resistência com umidade elevada, no entanto, o aumento característico em resistência, com o aumento da compactação é encontrado com alta ou baixa umidade (Balastreire, 1990). A camada adensada do solo está situada entre 0,10m e 0,30m de profundidade, caracterizando-se pela maior densidade e resistência à penetração, e pela quantidade inferior de macroporos (Souza et al., 1987).

O tráfego de máquinas agrícolas é a principal causa de compactação dos solos (Seixas, 2000). Em florestas a presença de tocos, raízes e ramos superficiais pós-colheita dificultam a penetração dos órgãos ativos dos implementos, no entanto esses ramos servem de atenuantes aos efeitos prejudiciais do tráfego de veículos (Oliveira Júnior, 1998). Há um conflito entre o preparo mecanizado do solo e os aspectos positivos da resteva (restos culturais) superficial necessária para impedir a compactação. A Figura 3 é uma representação do comportamento cooperativo e conflitante entre as propriedades do solo e a compactação.

Figura 3 - Compactação do solo versus propriedades (adaptado de Seixas, 2000).

¹ setas que se afastam do centro representam aumento do índice.

As propriedades do solo apresentadas na Figura 3 (círculos menores) se relacionam entre si de forma conflitante ou cooperativa (Unger, 1994). Por exemplo: ao incorporar a resteva ao solo melhora-se a porosidade total (cooperação), mas pode ser desfavorável à agregação (conflito) porque a superfície do solo sem resteva o deixa vulnerável à erosão devido aos impactos das gotas de chuva.

Dependendo do objetivo de utilização do solo a compactação pode ser uma solução, como exemplo na operação de semeadura em solos arenosos que retém menos umidade nos microporos em relação aos solos argilosos. Nos solos arenosos a compactação diminui as perdas de umidade presente porque reduz os macroporos (Balastreire, 1990). No caso do tráfego de veículos sobre a superfície cultivada há um benefício pelo aumento da compactação por melhorar a capacidade de tração, enquanto para penetração dos órgãos ativos dos implementos e das raízes das plantas ocorrem dificuldades devido ao aumento da resistência do solo (Souza et al., 1987).

Um dos problemas mais graves que a compactação pode causar é o escoamento superficial, com conseqüências imediatas que degradam a camada superficial do solo de forma física e química, assoreando e poluindo as reservas hídricas (Karlen & Stott, 1994).

A compactação geralmente reduz a taxa de infiltração, podendo aumentar a erosão do solo, mas parte significativa do aumento do escoamento superficial é devida a remoção da cobertura vegetal (Seixas, 2000). A presença de resíduos da colheita de madeira nas florestas servem como elemento atenuante ao tráfego de máquinas (Oliveira Júnior, 1998).

Outro problema relativo ao preparo do solo para florestas é a quantidade e a distribuição da resteva superficial (restos vegetais) pós-colheita. O preparo reduzido do solo se baseia na manutenção da cobertura vegetal, mínimo 30%, ou 1t.ha^{-1} de matéria seca no período crítico de erosão (ASAE, 1997). Assim, o conjunto tratorizado deve ser capaz de operar em condição excessiva de resíduos superficiais (Dallmeyer, 1994). As máquinas e

implementos de preparo do solo sofrem restrições operacionais sob massa vegetal excessiva. A operação anterior, denominada de operação fornecedora, muito contribuirá se o “produto” fornecido possuir qualidade e não impedimentos para o preparo mecanizado do solo (operação cliente).

2.7.3 Qualidade total e qualidade do preparo do solo

Qualidade total tem como objetivo básico o atendimento das necessidades das pessoas: o cliente, quanto a qualidade, custo, atendimento e segurança; os empregados, quanto a remuneração, condições de trabalho e desenvolvimento humano; os acionistas, quanto ao custo; e a sociedade ou vizinhança, quanto ao ambiente de vida (Bonilla, 1994). Este conceito tem características de valorização humana bem acentuada, referindo-se à tentativa de equacionar as expectativas de todos. O conceito de qualidade do solo está em harmonia com o conceito de qualidade total.

No idioma português qualidade é também sinônimo de função (do latim *functione*) e função é sinônimo de serventia, uso, utilidade. O conceito de qualidade atribuído por Rothery, (1993) e Juran, (1995) refere-se à adequação do produto ao uso. O conceito de qualidade do solo é o que ele faz para nós, ou seja, é a capacidade do solo funcionar nos limites de um ecossistema natural ou gerenciado, para manter a produtividade das plantas e animais, manter e melhorar a qualidade da água e do ar (Burger & Kelting, 1999). Qualidade do solo sob o ponto de vista da gerência florestal é o conjunto de todas as funções ou serventias do solo causadas por processos naturais ou induzidos que agindo sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas, proporcionam o equilíbrio do ambiente em sentido amplo.

2.8 Desdobramento da qualidade do solo

O conceito de Desdobramento da Qualidade, do ponto de vista gerencial, é um processo que visa buscar, traduzir e transmitir as exigências dos clientes em características da qualidade do produto por intermédio de desdobramento sistemático (Cheng et al., 1995). O Quadro 1 exibe exemplos de desdobramentos da qualidade do solo a partir do nível primário. Geralmente a função primária é subjetiva, por isto carece ser desdobrada para os níveis posteriores. O terceiro nível do desdobramento reúne condições de avaliação porque são informações mais objetivas, podendo servir como indicadores da qualidade do solo.

Qualidade ou Função do Solo		
Primária	Secundária	Terciária (Indicadores)
1. Manter a produtividade das árvores	1.1. Promover o crescimento das raízes	1.1.1. Densidade volumétrica do horizonte A
	1.2. Reter, armazenar, e fornecer água	1.21. Profundidade média do lençol freático no inverno
	1.3. Armazenar, fornecer, e transformar nutrientes.	1.3.1. Nitrogênio mineralizado
	1.4. Promover troca gasosa ótima	1.4.1. Profundidade média de aeração durante a estação de crescimento
	1.5. Promover atividade biológica do solo	1.51. Índice de umidade do solo volumétrica/Porosidade total, ajustado para temperatura

Quadro 1 – Desdobramento da qualidade do solo em níveis (adaptado de Karlen & Stott, 1994; e Kelting et al., 1998).

2.8.1 Indicadores da qualidade: informações básicas ao gerenciamento

Como o gerente pode garantir que suas ações e de seu pessoal estão agregando valores ao produto, reconhecidos pelo seu cliente? Quais são os indícios desse fato e quais são os indicadores da qualidade? Para avaliar o processo utiliza-se indicadores mensuráveis para saber se o produto possui a qualidade exigida pelo cliente. A definição e seleção dos indicadores da qualidade e suas especificações devem ser feitas em conjunto com o corpo técnico da empresa ou oriundos de resultados da pesquisa (Milan, 1998).

Os indicadores da qualidade criam uma base racional para a ação gerencial segura (Main, 1994). É necessário que o consenso da equipe defina a metodologia de avaliação desses indicadores de acordo com a realidade da empresa. Indicadores impróprios quanto a operacionalidade e custos são desconsiderados temporariamente ou para sempre.

Para cada item de qualidade exigida ou demandada, uma característica técnica que seja mensurável é identificada, controlada e avaliada para um determinado produto ou serviço. Essa característica deve ser testada e compreendida pelos projetistas ou pessoas do processo e quando devidamente escolhidas e desdobradas proporcionarão a certeza que a qualidade demandada pelo cliente será realizada (Mazur et al., 1990).

2.8.2 Recomendações para adoção de indicadores da qualidade

Considerando-se os níveis de complexidade, os indicadores da qualidade do solo devem: possuir condições de mudanças, fornecer medidas sensíveis e momentâneas da capacidade do solo para função, ser aplicável em áreas extensas, porém bastante sensível e específico, suprir avaliações contínuas, baixo custo financeiro, fácil de utilizar, distinção entre mudanças naturais e induzidas ou gerenciadas (Burger & Kelting, 1999).

Quais são os indicadores adotados para auxiliar o controle do preparo mecanizado do solo? A profundidade de subsolagem foi utilizada por Corrêa et al., (1991) com o propósito de avaliar a qualidade do solo descompactado. Para avaliar o preparo do solo com grade, Trindad (1993) utilizou a informação da profundidade da camada revolvida. Dallmeyer (1994), Boller et al. (1995), e Fernandes (2000) avaliaram a operação com grade utilizando a informação do tamanho dos torrões.

Em uma visão mais ampla sobre controle para garantir a qualidade do solo e para identificar novas oportunidades de melhoramento, é necessário projetar sistemas de gerenciamento do solo voltados para sustentabilidade (Larson & Pierce, 1994). A visão gerencial do preparo do solo deve ser ampliada para a maximização da satisfação de todos: clientes, acionistas, empregados, colaboradores (fornecedores) e a sociedade ou comunidade.

2.9 Controle estatístico da qualidade e o ciclo de gerenciamento PDCA

O controle, segundo (Campos, 1996), é a fase do gerenciamento pela qualidade total incluída no ciclo PDCA (P-Plan: planejar; D-Do: fazer, realizar; C-Check: verificar; e A-Action: reflexão, ação corretiva, elaboração de conclusões, generalizações e previsões necessárias ao giro do novo ciclo PDCA). A aplicação e utilidade de se fazer funcionar o ciclo PDCA é importante ao sucesso da qualidade total pela noção do melhoramento contínuo, que quando a primeira volta do ciclo é realizada o trabalho está para começar (Wesner et al., 1995).

O controle estatístico da qualidade na indústria, é uma técnica que foi criada em 1924 por Walter Shewhart visando eficiência, produtividade e vendas. A repercussão da técnica ocorreu a partir do trabalho de Deming, estatístico que atuava nas forças armadas americanas durante a Segunda Guerra Mundial e após essa fase passou atuar no Japão (ESALQ, 2001).

A palavra Controle (ô) (do francês Contrôle), no idioma português, significa: ato de dirigir qualquer serviço, fiscalizando-o e orientando-o de modo mais conveniente. Fiscalização é sinônimo de vigiar, examinar, identificar irregularidade. O controle é um ciclo de “feedback” (avaliações contínuas) através do qual se mede o desempenho real, comparando com o padrão e age-se sobre as diferenças (Juran & Grina, 1992). O controle da qualidade é a fase de integração entre a execução e a melhoria do plano.

O principal objetivo do controle estatístico da qualidade é detectar as ocorrências das causas especiais, rotineiras, de âmbito operacional, que são responsáveis por mudanças no processo, para que a investigação e ação corretiva possam ser feitas antes da produção de itens de qualidade indesejável (Montgomery, 1985). Diz-se que um processo está fora de controle quando está operando com causas especiais de variação, cujos exemplos típicos são os defeitos repentinos nos equipamentos e desobediência aos procedimentos operacionais padronizados. É muito comum agir sobre causas comuns como se fossem especiais, aumentando a variação e comprometendo a qualidade do produto ou serviço (Dellaretti Filho & Drumond, 1994).

As variações nos processos ocorrem devido a duas causas: especiais e comuns. As causas especiais são potencialmente identificáveis e removíveis, capazes de ser controladas e susceptíveis à ações imediatas de responsabilidade operacional. As causas comuns são devidas às variações aleatórias inerentes ao processo, não identificáveis e impossíveis de controlar, sendo de responsabilidade gerencial. Nesse caso, o produto só pode ser melhorado com mudanças fundamentais no processo (Brocka & Brocka, 1994).

Gerenciar é obter resultados por intermédio da cooperação entre as pessoas. Isto implica que o controle deve ser delegado à equipe operacional proporcionando às pessoas o senso de responsabilidade de seu próprio processo, possibilitando-as a plenitude de suas funções, necessitando-se para isso que sejam criados os meios (Juran, 1995).

Em uma avaliação feita por Jacovine (2000), constatou-se que 25,6% das toras de madeira obtidas de um sistema de corte mecanizado e automatizado de um “harvester” (colhedora) apresentou comprimento fora do controle. O problema seria evitado se houvesse um sistema de controle simultâneo à operação que permitisse identificar e imediatamente corrigir a não conformidade. Da mesma forma, no preparo mecanizado do solo a causa da variação das metas deve ser analisada pelo operador imediatamente a constatação da irregularidade. Essa atitude será limitada, restrita às regulagens do implemento, manutenção e ajuste mecânico dos órgãos ativos. Quando o operador não puder controlar a qualidade demandada, esse deve comunicar a ocorrência imediatamente ao gerente ou encarregado da área de atuação.

2.9.1 As sete “ferramentas” do controle da qualidade

As sete “ferramentas” do controle da qualidade são um conjunto de recursos estatísticos difundidas principalmente por Karou Ishikawa, consistindo de: folha de verificação, estratificação, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de dispersão, gráfico de controle ou de Shewhart, e diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa (espinha de peixe) (ESALQ, 2001)

O histograma é um gráfico de barras que associa os valores de uma característica da qualidade em pequenos intervalos com o objetivo de resumir um conjunto de dados, ressaltando suas características globais, tais como faixa de valores observados, dispersão e padrão de variação. O histograma permite uma “compreensão visual rápida dos resultados” de uma característica da qualidade de um processo. A estratificação é uma “ferramenta” estatística utilizada na identificação das causas mais óbvias de variação tais como: diferenças entre pessoas, máquinas, materiais, métodos, condições ambientais e períodos de trabalho (Dellaretti Filho & Drumond, 1994 e Vieira, 1999).

Essencialmente a carta de controle é um teste de hipótese do processo que está sob controle estatístico, podendo ser utilizada como

informação gerencial com a finalidade de atingir objetivos específicos da qualidade, com valores das médias das amostras, limite médio, limites superior e inferior de controle (respectivas siglas LM, LSC e LIC) (Montgomery, 1985 e Stahl, 1995). Os elementos da carta de controle podem ser organizados em um gráfico de abscissa x e ordenada y, onde x representa as amostras e y as variáveis avaliadas. A Figura 4 apresenta os elementos do gráfico de controle.

Figura 4 - Elementos básicos do gráfico de controle ou de Shewhart.

Pontos do gráfico de controle que estão “aleatoriamente em torno de um valor médio e cuja amplitude é aproximadamente constante” são indícios de processo controlado. Para as médias das variáveis a análise pode ser feita observando-se nos gráficos de controle a condição de grupos de pontos que apresentam “tendências e mudanças bruscas” da característica. Para analisar a amplitude deve ser observada a condição de “alteração brusca” e “alteração gradual” por aumento ou por redução. Essas análises permitem avaliações prévias da qualidade de matéria-prima, mão-de-obra, equipamentos e sazonalidades (Dellaretti Filho & Drumond, 1994; Bonilla, 1995; e Vieira, 1999).

Ao utilizar gráficos de controle nas especificações dos indicadores, recomenda-se que antes se faça a estratificação para evitar sérios erros, especialmente no cálculo do LSC-limite superior de controle. Esse fato foi

comprovado em pesquisa sobre qualidade de matéria-prima para indústria sucroalcooleira, onde esse tipo de erro metodológico certamente prejudica possíveis acordos com os fornecedores de cana (Sarriés, 1997).

A carta ou gráfico de controle pode ser empregada para avaliar a dinâmica de qualidade do solo de um conjunto mínimo de indicadores necessários, pertencentes a um plano de controle estatístico da qualidade. É um “instrumento” estatístico que revela mudanças de qualidade do solo devido a fatores naturais ou gerenciados (Larson & Pierce, 1994). É necessário a implementação das cartas de controle no setor agrícola pela sua simplicidade gráfica, podendo ser construída pelo operador de máquinas devidamente treinado, permitindo uma “análise visual rápida e pontual” do seu trabalho, e possibilitando imediatamente a correção do indesejável ou prevenindo-se.

2.9.2 Controle estatístico da qualidade em operações agrícolas

Na agricultura e em especial nas operações agrícolas mecanizadas, pode-se afirmar que se faz o planejamento, realiza-se a operação, mas não se faz o controle sistemático e consequentemente as ações corretivas ou de melhorias não são implementadas (Milan, 1998). É necessário difundir mais intensamente a utilização do controle estatístico da qualidade, consagrados desde 1924 pelas indústrias americanas e posteriormente pelas japonesas.

Os gerentes agrícolas devem experimentar e utilizar mais os recursos que já estão dando certo no setor industrial (Bonilla, 1994). A Figura 5 adaptada de Milan, (1998) exhibe a situação gerencial das operações mecanizadas da agricultura ilustrada pelo ciclo PDCA, criado por Shewhart com a sigla PDSA (Plan-planejar, Do-fazer, Study-estudar e Action-agir) e denominado pelos japoneses em 1950 de ciclo de Deming (Gitlow, 1993).

Figura 5 - Caracterização do ciclo de gerenciamento PDCA ou ciclo de Deming para as operações agrícolas mecanizadas (adaptado de Milan, 1998).

Na agricultura brasileira o controle estatístico da qualidade está tendo repercussão pelos trabalhos pioneiros de: Trindad (1993), Bonilla (1994), Peche Filho et al. (1994), Bonilla (1995), Lopes et al. (1995), Pasqua et al. (1996), Sarriés (1997). Posteriormente a esses autores, surgiram os trabalhos de Dodson (1998), Fernandes (2000) e Jacovine (2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em duas fases básicas: A primeira, denominada de “Planejamento da Qualidade”, referiu-se ao desenvolvimento do modelo conceitual (plano ideal) visando garantir as exigências das mudas de *Eucalyptus* spp quanto ao preparo mecanizado do solo, e a segunda fase, “Avaliação da Qualidade do Preparo do Solo”, referiu-se as verificações das metas estabelecidas no modelo conceitual que poderá servir de base para implementar melhorias contínuas à qualidade preparo mecanizado do solo.

A primeira fase, “Planejamento da Qualidade”, constituiu-se de reuniões com o responsável da pesquisa (na função de facilitador do método QFD) e uma equipe (na função de planejamento), que no caso foi composta de 7 técnicos de níveis médio e superior vinculados à produção florestal do mesmo grupo empresarial. As reuniões foram realizadas na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-ESALQ, localizada em Piracicaba, e nas unidades de produção florestal da Companhia Suzano de Papel e Celulose, denominadas de Núcleos Florestais (NF), especificamente nas sedes do NF4A e NF5, localizados respectivamente nos municípios de Alambari e São Miguel Arcanjo, no estado de São Paulo. O Anexo A apresenta o cronograma de reuniões.

A segunda fase, “Avaliação da Qualidade do Preparo do Solo”, foi realizada no Núcleo Florestal NF5, município de São Miguel Arcanjo (SP), em torno da latitude 23°51'00”S e longitude 47°54'00”W, apresentando temperaturas médias anuais que variam entre 14,8 °C mínima e 26,4 °C máxima. Nessa região a precipitação média anual atinge 2145 mm e os solos, no geral, apresentam textura média-argilosa sendo cultivados com *Eucalyptus* spp. O Anexo B apresenta as características edafo-climáticas do NF5.

Os trabalhos da segunda fase foram realizados especificamente na Fazenda Boa Vista, na gleba G12B, talhão 15A que possui declividade média 10^0 . O talhão apresentava eitos de 4 fileiras (“linhas”) de plantas, foi cultivado com *Eucalyptus* sp no espaçamento 1,80m entre tocos da mesma fileira e 3,0m entre fileiras adjacentes (imediatamente próxima). A produção recente de madeira foi colhida com auxílio de motosserra e removida por tratores de baldeio (remoção para a parte lateral do talhão). Nessa fase da pesquisa, o talhão foi plantado com o Clone-278 oriundo de micro estacas de *Eucalyptus* sp.

O conjunto tratorizado utilizado no preparo do solo foi composto por um trator 4X2 TDA de marca comercial Valmet 985 (potência líquida no motor 73,5kW) acoplado a um implemento de múltiplas funções, marca comercial DMB, contendo: uma adubadora, um sulcador com uma haste de 0,70m de comprimento com aleta 0,28m, um disco de corte de 1,0m de diâmetro e um rolo destorroador com 0,60m de diâmetro e 0,60m de largura.

A densidade do solo foi caracterizada com auxílio de um trado coletor de amostras indeformadas, construído no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ, cujos anéis coletores têm diâmetro e altura respectivamente iguais a $4,8 \cdot 10^{-2}$ m e $5,3 \cdot 10^{-2}$ m. Para a determinação da umidade do solo utilizou-se balança eletrônica (10^{-5} kg) e estufa. Na avaliação do tamanho dos torrões do solo utilizou-se uma trena de 10 segmentos de 0,15m. Para obtenção do valor da resistência do solo, utilizou-se o penetrógrafo de registro contínuo marca Penetrographer SC-60 – Soilcontrol, possuindo um cone de $1,28 \cdot 10^{-2}$ m de diâmetro, conforme norma ASAE S 313.1, (1983).

3.1 Método geral para o planejamento da qualidade- modelo conceitual

O método consistiu na identificação das exigências das mudas de *Eucalyptus* spp, sistematizadas através de um modelo conceitual contendo 4 partes, e 6 ações básicas, visando proporcionar qualidade ao preparo mecanizado do solo, conforme Figura 6.

Figura 6 - Modelo conceitual do preparo mecanizado do solo.

Na Figura 6, a parte I denominada de “matriz ou casa da qualidade”, é um plano que foi obtido a partir da ação (1): interpretação da equipe técnica sobre as exigências das mudas de *Eucalyptus* spp (considerada cliente do preparo do solo). Essas exigências foram traduzidas para uma linguagem objetiva, e transmitidas aos responsáveis do processo, resultando em metas

para a obtenção da qualidade do preparo mecanizado solo. Na Figura 6, a seção A representa os itens da qualidade exigida. Esses itens foram desdobrados sucessivamente (detalhados) e agrupados por afinidades (reunião de itens de características semelhantes), após questionamento do facilitador à equipe sobre a “possibilidade de tornar a informação original (qualidade exigida pelas mudas) menos subjetiva”, resultando nos requisitos técnicos. A seção B é composta de requisitos técnicos que foram obtidos a partir da seção A ou qualidade exigida. A seção (C) é uma matriz que foi obtida a partir das relações entre os itens das seções (A) e (B). A seção D refere-se à qualidade planejada, que são metas para o preparo mecanizado solo, que foram definidas com o objetivo de atender às exigências das mudas de *Eucalyptus* spp. A seção (E) são as especificações quantitativas dos requisitos técnicos representados pela seção (B). Essas especificações foram informadas pela equipe técnica. A seção (F) é uma matriz de correlações entre os requisitos técnicos da seção (B). As matrizes de relações (seção C) e correlações (seção F) visaram identificar a intensidade (fraca, média ou forte) da relação ou correlação entre os itens, e foram obtidas utilizando a técnica de “brainwritting”.

A parte II da Figura 6 são os meios para obter a qualidade dos fins (produto: solo preparado). Refere-se aos 6 fatores do processo denominados de 6M (M1- Métodos; M2- Máquinas; M3- Matéria-Prima; M4- Medições; M5- “Meio Ambiente”; e M6- Mão-de-Obra) (Dellaretti Filho & Drumond, 1994). Especificamente, a parte II da Figura 6 é um diagrama de causas e efeitos (ou diagrama de Ishikawa) onde foram identificados os meios prioritários (causas) para obtenção da qualidade do preparo mecanizado do solo (efeitos).

A parte III da Figura 6 representa as matrizes auxiliares ou complementares do modelo conceitual, resultantes das ações (2 e 3). As matrizes auxiliares foram compostas de requisitos técnicos da seção (B) da parte I, e de fatores M do processo presentes na parte II. As matrizes (H) e (I) foram obtidas utilizando-se “brainwritting”, e visou identificar as relações entre os requisitos técnicos e os fatores M do processo. Para extrair (retirar da fonte)

os fatores mais importantes, fez-se uma análise de sua eficácia para o processo do preparo mecanizado do solo. Assim, o facilitador promoveu uma reflexão questionando à equipe sobre “quais dos 6 fatores do processo tem relação com a qualidade do preparo mecanizado do solo, e qual é a intensidade dessa relação”? A seguir discutiu-se as alternativas, e foi feito o desdobramento (detalhamento a partir de idéias gerais) dos fatores identificados. As seções (J) e (L) são as avaliações dos fatores M do processo. Essas avaliações tiveram o objetivo de identificar os fatores mais importantes do processo.

A parte IV da Figura 6 é o ciclo de gerenciamento PDCA pela qualidade total, resultante das ações (4 e 5). Essa seção tem o objetivo de estabelecer a rotina operacional e promover melhorias contínuas. Originou-se por extrações (retiradas) dos itens prioritários identificados nas partes I e III. As avaliações (Quadrante C do ciclo PDCA) dos requisitos técnicos foram feitas com base nas sete “ferramentas” da qualidade (no caso: histogramas e gráficos de controle). O quadrante A (Action- agir) visa promover melhorias contínuas, pequenas e grandes, integradas respectivamente às responsabilidades operacionais e de direção (ou gerência). As melhorias do produto (ação 6) serão obtidas pelo giro ou repetição do funcionamento do ciclo PDCA, e dependendo do nível de melhoria implementada (pequenas ou grandes melhorias), faz-se modificações nas partes I e/ou III.

As partes I, II, III e IV da Figura 6 integradas representam o planejamento geral da qualidade, desenvolvido para obtenção do modelo conceitual do preparo mecanizado para mudas de *Eucalyptus* spp. É um sistema obtido e adaptado pelo método proposto por Akao (1990), composto por outros elementos que terão seus métodos de obtenções discutidos a seguir.

3.1.1 Obtenção da matriz da qualidade do produto- parte I

A matriz da qualidade é a descrição do produto ideal na opinião do cliente, e a tradução desse ideal subjetivo para uma linguagem técnica. Serve

para identificar as prioridades do projeto do produto a ser desenvolvido pelos responsáveis dos planos de processo, e de produção. A Figura 7, extraída da Figura 6, exibe a seqüência de construção da matriz da qualidade do produto, composta de 6 seções, aqui nomeadas A, B, C, D, E e F.

Figura 7 - Esquema de construção da matriz ou “casa da qualidade” do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp.

No caso, para obtenção das seções A, B, C, D, E e F que compõem a matriz da qualidade do preparo do solo, necessitou-se de 4 reuniões (conforme cronograma presente no Anexo A) com uma equipe de planejamento, composta por sete técnicos de níveis médio e superior, vinculados à produção florestal do

mesmo grupo empresarial, coordenada por um representante do grupo e pelo responsável da pesquisa com a função de facilitador do método QFD.

As técnicas utilizadas variaram de acordo com o tema discutido, tendo como base o método proposto por Akao (1990), com as devidas adaptações para o caso. Na primeira reunião com a equipe de planejamento foi exposta e explicada a idéia de aplicação do método QFD, submetendo-a à discussão para esclarecimentos da proposta e definições das funções dos participantes (técnicos, coordenador da equipe e o facilitador). As demais reuniões foram consequência do desenvolvimento das anteriores.

Para a definição dos elementos do cenário da pesquisa (Anexo C), e para obtenção da terminologia adotada visando a unificação da linguagem do trabalho (Anexo D), utilizou-se as técnicas: exposição oral, e “brainstorming” (geração de várias idéias expressas verbalmente oriundas da equipe sobre o tema da ocasião). O facilitador (responsável da pesquisa) listou na lousa os conceitos emitidos e definiu com a equipe os mais adequados para o caso.

3.1.1.1 Seção A: qualidade exigida

A seção A, qualidade exigida, é a descrição do produto na linguagem do cliente. Nessa seção foram descritos os itens da qualidade exigida a partir do ideal do cliente referente ao produto. Foi perguntado à equipe “o que, idealmente, as mudas de *Eucalyptus* spp (o cliente) exigem do preparo mecanizado do solo”. Isto resultou em inúmeras respostas sem organização e incompletas. A consulta ao “cliente” sobre o que ele deseja foi a base do método QFD proposto por Akao (1990) aplicada para o planejamento do produto. A Figura 8, adaptada de Dellaretti Filho (1996), representa a metodologia de agrupamento por afinidades, e o desdobramento dos itens, composta de 4 ações básicas.

Figura 8 - Sistematização da qualidade exigida utilizando o “diagrama de árvores” (adaptado de Dellaretti Filho, 1996).

A ação (1) consistiu no agrupamento feito por afinidades dos itens da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp. A ação (2) foi a transformação do agrupamento para um diagrama de árvores. A ação (3) foi a ampliação do desdobramento utilizando os questionamentos : “o que”, para definir com a equipe o objetivo do cliente; e “como”, para viabilizar os objetivos

definidos, tornando-os executáveis ou mensuráveis. A condição inicial da informação (itens “o que”) ou da qualidade exigida tem geralmente natureza subjetiva, por isso, desdobrou-se o item para níveis mais objetivos, denominados de requisitos técnicos (itens “como”), resultando a seção B. A ação (4) serviu para verificar a lógica de construção do diagrama de árvores, fazendo-se a “leitura crítica” com perguntas em sentido inverso, do fim para o começo, com as questões: “que fazer”; e “por que”. A “leitura crítica” visou confirmar se os itens executáveis ou mensuráveis são suficiente para realizar o objetivo ou ideal do cliente (Dellaretti, 1996).

3.1.1.2 Seção B: requisitos técnicos

A seção B da Figura 8 foi composta pelos requisitos técnicos. Nessa seção descreveu-se a lista organizada e lógica dos itens técnicos desdobrados, oriundos da qualidade exigida (seção A). Esses itens servem para realizar o controle da qualidade do produto e possuem condição de execução pelo carácter mais objetivo, podendo ser medidos e avaliados. Foram obtidos conforme esquema apresentado na Figura 9, adaptado de Dellaretti Filho (1996), com duas ações básicas a partir do questionamento feito à equipe “se era possível ampliar o nível de objetividade do item da qualidade exigida, tornando-o executável ou mensurável?” Sendo a resposta sim, aplicou-se a técnica de “brainwritting” resultando em inúmeros itens sem organização e incompletos. A ação (1) consistiu no agrupamento por afinidades dos requisitos técnicos desdobrados. A ação (2) foi a diagramação, ou seja foi a transformação do agrupamento dos itens em seu formato original para árvores de ramos verticais. Verificou-se o desdobramento já realizado, ampliando-o quando possível, através das interrogações “o que” e “como”.

Figura 9 - Sistematização dos requisitos técnicos (RT) utilizando o “diagrama de árvores” (adaptado de Dellaretti Filho, 1996).

Para verificar a lógica do desdobramento dos requisitos técnicos, fez-se a “leitura crítica” em sentido inverso, utilizando-se as interrogações “o que fazer” e “por que”. A organização do diagrama com ramos na posição vertical foi para adequação gráfica à estrutura da matriz da qualidade do produto, conforme (Akao, 1990). A Figura 10 é um agrupamento dos diagramas das Figuras 8 e 9, que representa a qualidade exigida e os requisitos técnicos.

Figura 10 - Estrutura básica resultante dos “diagramas de árvores” da qualidade exigida (seção A) e requisitos técnicos (seção B).

² IG significa a idéia geral dos itens QE da qualidade exigida.

Para obter a matriz definitiva, as quadriculas e ramos dos diagramas de árvores foram substituídos por retículos adjacentes, conforme Figura 11.

Figura 11 - Diagramas de árvores ajustados à matriz ou "casa da qualidade".

Para cada item da qualidade exigida, pelo menos um requisito técnico foi identificado (Mazur et al., 1990). Este princípio foi adotado para viabilizar a seleção dos indicadores da qualidade. O fator determinante foi a facilidade metodológica e a estimativa dos custos de utilização dos indicadores selecionados de acordo com a realidade da empresa.

3.1.1.3 Seção C: matriz de relações

A seção C, matriz de relações, serviu para identificar a intensidade que a execução de cada requisito técnico pode exercer sobre a qualidade exigida. A Figura 12, extraída da Figura 7, exibe a matriz de relações, Seção C.

Figura 12 - Relações: itens da qualidade exigida versus requisitos técnicos.

^{3*} RTE- requisitos técnicos específicos. QE- itens da qualidade exigida.

Para obtenção das relações, questionou-se à equipe “se a execução de um determinado requisito técnico contribui para obter a qualidade exigida”. Sendo a resposta sim, “qual era a intensidade de relação: fraca, média ou forte?” As respostas foram dadas por “brainwritting” e o critério de aceitação foi a moda das opiniões. A Figura 13 exibe os valores e os símbolos que serviram para identificar a intensidade de cada relação.

Relação	Forte	Média	Fraca
Valor	9,0	3,0	1,0
Símbolo

Figura 13 - Valores e símbolos utilizados para identificar a intensidade das relações na matriz ou “casa da qualidade”.

3.1.1.4 Seção D: qualidade planejada

Na seção D da Figura 7 foram listados os parâmetros da qualidade planejada que permitem à empresa desenvolver melhorias contínuas com base na opinião do “cliente”. As metas que foram descritas na seção D, poderão ser monitoradas para avaliar a evolução do conceito da qualidade exigida, no caso, referente ao preparo mecanizado do solo. Esse monitoramento previsto será feito apenas submetendo à avaliação os itens prioritários, identificados com auxílio dos pesos relativos mais importantes, apresentados na qualidade planejada ou seção D.

Para obter os parâmetros da qualidade planejada, seção D, o facilitador do método inicialmente questionou “sobre o grau de importância (prioridade para as mudas de *Eucalyptus* spp) de cada item da qualidade exigida e sobre a avaliação da qualidade do preparo mecanizado do solo”. As

respostas da “pesquisa de opinião” foram apresentadas por “brainwritting”. A Figura 14 exibe os parâmetros da qualidade planejada (seção D).

Figura 14 - Estrutura gráfica da qualidade planejada (seção D).

A coluna (a) grau de importância foi preenchida com o objetivo de identificar os itens prioritários da qualidade exigida. A coluna (b) representa a avaliação ou o reconhecimento do mérito pela qualidade, no caso, resultante do preparo mecanizado do solo. As colunas (c) e (d) significam o estabelecimento do “benchmark” (referencial) em relação à coluna (b), sendo no caso, um comparativo entre a qualidade do preparo mecanizado do solo obtida respectivamente pelos Núcleos Florestais NF5, NF4A e NF6.

Na Figura 14, as colunas (a), (b), (c), e (d) são valores médios, variando de 1 a 5 (Akao, 1990), que no caso foram atribuídos pela equipe que participou da aplicação do método QFD, utilizando-se “brainwritting”. O facilitador explicou o significado dos termos das colunas, e pediu aos técnicos que apresentassem o grau de importância (“notas”) de cada item da qualidade exigida e da avaliação dos Núcleos Florestais NF5, NF4A e NF6.

A coluna (e), plano de melhorias, teve o objetivo de incrementar o mérito do Núcleo Florestal NF5 (referência de aplicação do método QFD), o qual foi obtido utilizando-se a técnica “brainwritting”. Assim, o facilitador perguntou à equipe “que incremento poderia ser atribuído à avaliação feita sobre cada item da qualidade exigida”. Antes de estipular os valores, a equipe fez uma análise das estruturas técnicas de cada Núcleo. Também, como princípio, foram discutidos os valores do grau de importância (coluna (a)) e da avaliação (colunas (b), (c), (d)). Os valores do IM- índice de melhoria (coluna (f)) foram calculados pela eq. (1).

$$\text{IMQE} = \text{PMQE} \div \text{AmQE} \quad (1)$$

onde, IMQE - índice de melhoria para cada item QE da qualidade exigida, PM- plano de melhoria, Am- avaliação do mérito sobre o item QE.

A coluna (g), destaque no mercado, varia entre 1,5 (destaque Forte), 1,2 (Fraco) e 1,0 (Neutro) (Akao, 1990). Os valores 1,5 e 1,2 significam níveis de qualidade oferecidos ao cliente em relação a um determinado item atrativo, visando a competitividade da empresa no mercado. Na determinação do destaque no mercado, utilizou-se “brainwritting” questionando-se sobre as pretensões e possibilidades de destaque da empresa que estava aplicando o método QFD, em relação aos concorrentes. No caso, a equipe analisou o potencial técnico e as condições gerais do Núcleo Florestal NF5 (referência de

do método QFD) para se destacar dos demais Núcleos em relação à qualidade do preparo mecanizado do solo.

A coluna (g) da Figura 14, é o peso absoluto PAQE do item da qualidade exigida. Os cálculos foram feitos utilizando-se da eq. (2).

$$PAQE = GRIQE \times IMQE \times DMQE \quad (2)$$

onde, PAQE é o peso absoluto do item QE da qualidade exigida, GRIQE- grau de importância, IM- índice de melhoria, DMQE - destaque no mercado.

O peso relativo PRQE(%) é um indicador de prioridades dos itens submetidos à avaliação feita por entrevistas para saber a opinião do cliente sobre a qualidade do produto. Considerou-se prioritários, os itens que apresentaram os pesos mais elevado. O peso relativo fornece a informação ponderada e foi calculado conforme a eq. (3).

$$PRQE (\%) = (PAQE / \sum PAQE) \times 100 \quad (3)$$

onde, PRQE - peso relativo em percentagem de cada item QE da qualidade exigida, PA- peso absoluto de cada item QE da qualidade exigida, $\sum PA$ - somatório dos pesos absolutos dos itens QE.

3.1.1.5 Seção E: qualidade projetada

A seção E, qualidade projetada, refere-se a tradução técnica da qualidade exigida, tendo o objetivo de definir o projeto do produto. No caso, a qualidade projetada foi composta por: pesos absolutos e relativos, classificação dos requisitos técnicos prioritários, avaliação das especificações, e metas técnicas relacionadas à qualidade do preparo mecanizado do solo. Para obter a qualidade projetada foram necessários requisitos técnicos específicos (RTE) da

seção B, grau de importância (coluna (a) da seção D), e os resultados da matriz de relações (seção C). O grau de importância presente na Seção D (denominada de qualidade planejada) teve a função de ponderar as relações definidas pelos técnicos ao multiplicar o valor da intensidade dessas relações. A Figura 15 exibe a seção E: qualidade projetada.

Figura 15 - Componentes da qualidade projetada (seção E parcial).

⁴ *RTE- requisitos técnicos específicos. **QE- itens da qualidade exigida.

A ponderação da intensidade das relações entre os requisitos técnicos versus itens da qualidade exigida (seção C) foi realizada utilizando a opinião do “cliente” ao citar o grau de importância de um determinado item de exigência. O valor (9; 3; ou 1) da intensidade (respectivamente forte; média; e fraca) de cada relação foi multiplicado pelo grau de importância, cujo cálculo resultou em pesos individuais descritos nas células da matriz de relações. O método (Akao, 1990) de cálculo do peso de cada relação entre requisitos técnicos específicos versus itens da qualidade exigida foi desenvolvido pela eq. (4).

$$W(\text{célula}) = \text{GRIQE} \times (\text{RTE versus QE}) \quad (4)$$

onde, $W(\text{célula})$ - peso da relação entre os requisitos técnicos RTE versus itens QE da qualidade, GRIQE - grau de Importância de cada item QE da qualidade exigida, e (RTE versus QE) é o valor da intensidade da relação RTE versus QE, sendo RTE os requisitos técnicos específicos ou executáveis.

O peso absoluto da coluna $W(\text{coluna})$ correspondente ao peso de cada requisito técnico específico (RTE) calculou-se conforme a eq. (5). O peso absoluto é a soma (na vertical) dos pesos $W(\text{célula})$ presentes em cada coluna.

$$W(\text{coluna}) = \sum W(\text{célula}) \quad (5)$$

onde, $W(\text{coluna})$ – peso absoluto ou soma (na vertical) dos pesos $W(\text{célula})$ presentes nas células da matriz de relações (seção D).

Para racionalizar o controle da qualidade do produto foi interessante classificar os requisitos técnicos. Para isto foram utilizados os pesos relativos, considerando-se os mais elevados. Os pesos relativos mais significativos dos requisitos técnicos específicos (RTE) foram indícios de prioridades, confirmadas pela equipe técnica ao analisar facilidade metodológica e custo para o controle

da qualidade. A classificação utilizando os valores dos pesos relativos foi ponderada pela análise das correlações entre os requisitos técnicos específicos (Seção F a seguir). O peso relativo foi calculado conforme a eq. (6).

$$WRTE (\%) = (W(\text{coluna}) \div W(\text{coluna})) \times 100 \quad (6)$$

onde, WRTE (%) - peso relativo em percentagem (%) de cada requisito técnico específico RTE; W(coluna) - peso absoluto parcial de cada relação coluna ponderada pela grau de importância (GRI) e W(coluna) significa a soma total dos pesos absolutos parciais.

As especificações técnicas foram obtidas por consulta à equipe em reunião de planejamento. O facilitador pediu à equipe que “descrevesse as especificações constatadas em campo”. Posteriormente essas especificações foram objetos de verificações em campo visando servir de base para o estabelecimento das metas. Para estabelecer as metas foram analisadas as especificações dos requisitos técnicos (RTE) da empresa que está implantando o método QFD (no caso o Núcleo Florestal NF5 que serviu de referência). O facilitador pediu a equipe que “fizesse comparações da qualidade obtida através do preparo mecanizado do solo no NF5 e seus concorrentes (NF4A e NF6), e analisasse as razões técnicas de cada Núcleo Florestal NF”. As metas estabelecidas para o NF5 tiveram como princípio superar os valores presentes, e quando possível superar os concorrentes (NF4A e NF6).

3.1.1.6 Seção F: matriz de correlações

A seção F representa as correlações dos requisitos técnicos específicos (RTE), e serviu para auxiliar a definição das prioridades através do conceito de cooperação definido por Unger (1994), ao ser considerada a influência de um determinado requisito sobre outros. Utilizou-se a matriz de

correlações associada à classificação obtida com base nos pesos relativos, conforme esquema apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Matriz de correlações entre os requisitos técnicos específicos *(RTE).

⁵ *os requisitos prioritários doravante foram renomeados para Indicadores.

As correlações foram obtidas através de “brainwritting”, questionando à equipe “se exercendo o controle de um determinado requisito técnico estaria controlando outro(s)”. A resposta que prevaleceu foi a moda das opiniões. Empregou-se o conceito de correlação fraca, média e forte representadas respectivamente pelas figuras triângulo, círculo simples e duplo. Assim, o requisito técnico que se correlacionava fortemente com os demais, mesmo tendo peso relativo inferior, poderia se tornar uma prioridade.

3.1.2 Obtenção dos fatores do processo- parte II

Os fatores dos processos das empresas (método; máquinas; matéria-prima; medições; “meio ambiente”; e mão-de-obra) apresentados por Dellaretti Filho & Drumond (1994), conforme Figura 17, extraída da Figura 6, serviram de base para o planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo.

Figura 17 - Diagrama de causa e efeito (ou de Ishikawa) para os processos.

No caso, o facilitador pediu à equipe “que identificasse as causas da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp”. O objetivo foi construir um diagrama com os fatores prioritários (causas específicas) capazes de proporcionar qualidade (efeitos) ao preparo mecanizado do solo. A Figura 18

exibe o desdobramento dos fatores M selecionados. A partir da identificação foi feito o desdobramento dos fatores M do preparo mecanizado do solo.

Figura 18 - Diagrama de árvores dos fatores M que compõem o processo.

Após o desdobramento dos fatores prioritários do processo fez-se um ajuste gráfico do diagrama de árvores da Figura 18, conforme o Quadro 2.

Fatores do Processo (M1 e M2)							
M1					M2		
M1,1		M1,2			M2,1		M2,2
M1,1-1	M1,1-2	M1,2-1	M1,2-2	M1,2-3	M2,1-1	M2,1-2	M2,2-1

Quadro 2 - Fatores M1 e M2 ajustados ao formato gráfico das matrizes.

3.1.3 Matrizes auxiliares do modelo conceitual- parte III

As Matrizes auxiliares ou complementares foram formadas relacionando-se os requisitos técnicos com os fatores do processo. A Figura 19, extraída da Figura 6, exibe o esquema geral de obtenção das matrizes H e I e a avaliação dos fatores M do processo do modelo conceitual. Este procedimento foi composto por 8 ações básicas.

Figura 19 - Obtenção das matrizes complementares do modelo conceitual.

⁶ os círculos significam seções e os números entre parênteses são as ações.

As ações (1) e (2) foram respectivamente as extrações dos fatores M1 e M2 do processo e dos requisitos técnicos. As ações (3), (4), (5), e (6) foram as relações dos fatores M versus requisitos técnicos. As ações (7) e (8) foram as avaliações dos fatores do processo, visando identificar os mais importantes.

3.1.3.1 Seção H e I: fatores do processo versus requisitos técnicos

Para compor as matrizes, questionou-se à equipe “se havia relação entre cada fator M com os requisitos técnicos”. Sendo a resposta sim, identificou-se a intensidade dessas relações. A Figura 20, extraída da Figura 19, exhibe o esquema obtenção das relações.

Figura 20 - Fatores M do processo versus requisitos técnicos.

As relações M1 e M2 versus requisitos técnicos foram classificadas em forte (9, círculo duplo), média (3, círculo simples) e fraca (1, triângulo). A Figura 21, extraída da Figura 19, exibe as relações obtidas das matrizes auxiliares ou complementares do modelo conceitual do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp, representadas pelas seções H e I.

Figura 21 - Relações W das Matrizes H e I auxiliares ou complementares do modelo conceitual do preparo mecanizado do solo.

⁷ *RTE refere-se aos requisitos técnicos específicos. O espaço tracejado (...) significa a existência de outros elementos.

3.1.3.2 Seção J e L: Avaliação dos fatores M do processo

As seções J e L da Figura 22 representam a avaliação dos fatores M do processo. A avaliação teve o objetivo de classificação dos fatores M através do peso relativo, resultando na identificação daqueles prioritários. As seções J e L foram obtidas pelo mesmo método. O facilitador questionou à equipe “qual era a nota de 1 a 5 que cada fator M desdobrado merecia em relação aos seus custos”. A resposta foi dada por “brainwriting”. Utilizou-se uma escala numérica (1 a 5) denominada de importância do custo, linha (a) da Figura 22, visando ponderar a classificação dos fatores M do processo.

Figura 22 - Esquema para classificação dos fatores M do processo com base no grau de importância do custo e no peso relativo %.

A classificação foi feita analisando o peso absoluto/relativo (linhas (b) e (c) da Figura 22) de cada fator M do processo. O peso absoluto foi calculado pela soma (na vertical) de todas as relações W contidas nas células multiplicadas pelo grau de importância do custo (linha (a)) do fator M do processo, utilizando-se da eq. (7).

$$PAM = W \times GRIM \quad (7)$$

onde, PAM é o peso absoluto de cada fator M desdobrado, W é a soma (na vertical) de cada relação W entre o fator M desdobrado versus requisitos técnicos (RTE) e GRIM é o grau de importância do custo de cada fator M.

Os pesos absolutos/relativo de cada fator foram obtidos em duas etapas distintas: obtenção das seções J, e L. Na seção J foram registrados os cálculos dos fatores M desdobrados de M1 e na seção L os fatores oriundos de M2. A equação 8 serviu para calcular os pesos relativos de cada fator M. Os pesos superiores foram a referência para definir as melhores classificações.

$$PRM(\%) = (PAM \div PAM) \times 100 \quad (8)$$

onde, PRM(%) é o peso relativo calculado em percentagem (%) referente ao fator M, PAM é a soma dos pesos absolutos de todos os fatores M desdobrados pertencentes a cada seção (H ou I).

3.1.4 Método de avaliação do preparo do solo- parte IV

No ciclo PDCA, parte IV da Figura 6, a avaliação (C) referiu-se à verificação dos resultados operacionais em relação aos requisitos. O objetivo da avaliação foi verificar as especificações técnicas em campo, utilizando-se histogramas e cartas de controle por proporcionarem uma “análise visual

rápida” a respeito da operação (Dellaretti Filho & Drumond, 1994). Foram utilizados simultaneamente os gráficos de controle para média e para amplitude das variáveis. Os limites médio, superior e inferior dos gráficos foram calculados conforme Vieira (1999), onde o limite médio (LM) foi estimado através da média global da amostra, definida pela eq. (9).

$$LM = (x_1 + x_2 + \dots + x_m)/m \quad (9)$$

onde LM significa limite médio global de controle e x_i , $i = 1, 2, \dots, m$ é a média da i -ésima amostra.

A amplitude (diferença entre o maior e menor valor de uma amostra) foi calculada de acordo com a eq. (10).

$$RG = (R_1 + R_2 + \dots + R_m)/m \quad (10)$$

onde RG significa a amplitude média global das amostras e R_i , $i = 1, 2, \dots, m$ é a amplitude da i -ésima amostra.

O limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) do gráfico que representa as médias $\bar{x}$ das amostras foram calculados respectivamente conforme as eq. (11) e (12).

$$LSC = LM + A_2RG \quad (11)$$

$$LIC = LM - A_2RG \quad (12)$$

onde, LSC e LIC são respectivamente os limites superior e inferior de controle, A_2 é uma constante tabelada em função do tamanho n das amostras, e RG é a amplitude média global das amostras.

Para os gráficos de amplitude, os limites superior controle (LSC) e inferior (LIC) foram calculados respectivamente através das eq. (13) e (14).

$$\text{LSC} = D_4 \text{RG} \quad (13)$$

$$\text{LIC} = D_3 \text{RG} \quad (14)$$

onde, LSC e LIC são respectivamente os limites superior e inferior do gráfico de controle para amplitudes, D_3 e D_4 são constantes tabeladas em função do tamanho n das amostras, e RG é a amplitude média global das amostras.

O método para verificação das especificações em campo foi desenvolvido em cinco eitos, conforme esquema da Figura 23.

Figura 23 - Esquema de verificação em uma faixa/eito do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp.

Os cinco eitos do talhão, cada um deles tinha cinco pontos básicos para avaliação e em cada ponto básico foram feitas três verificações, totalizando no 75 verificações (5x5x3). Os pontos básicos de amostragem posicionados na mesma faixa estavam distantes um do outro 27m e as faixas distanciavam-se 60m. As verificações foram feitas nas faixas de baldeio (superfície que serviu de suporte para o tráfego de veículos durante a colheita) localizada em altitude inferior no mesmo eito. No caso da distribuição da resteva (restos vegetais), considerou-se a faixa destinada à deposição dos ramos pós-colheita.

3.1.4.1 Avaliação da umidade e densidade do solo, distribuição da resteva

Para caracterização do solo antes de ser sulcado e da resteva superficial remanescente, considerou-se a umidade e densidade do solo, e a distribuição da resteva superficial um dia antes do sulcamento. Em cada ponto básico do eito de plantio foram coletadas três amostras indeformadas de solo entre 0,0m e 0,10m, 0,10m e 0,20m, e 0,20m e 0,30m de profundidade. Essas amostras foram acondicionadas em papel alumínio e saco plástico, e conduzidas para remoção de umidade em estufa a 105 °C por 24h (Dallmeyer, 1994 e Seixas, 2000). A densidade do solo foi calculada pela relação massa/volume (kg.m^{-3}).

Para avaliar a distribuição da faixa a ser sulcada ocupada pela resteva pós-colheita (“faixa de galhada”) no talhão, considerou-se apenas os ramos com aspecto novo que ainda possuíam folhas e estavam entrelaçados. Foi estabelecido como limite crítico da faixa de resteva, o ponto médio (no caso 1,50m) entre as fileiras de tocos remanescentes. A avaliação foi feita em cinco pontos básicos de verificações, e em cada um desses pontos considerou-se mais dois pontos secundários que estavam distantes 1,80m em posição anterior e posterior (conforme Figura 24), obtendo-se assim três avaliações, resultando em quinze por eito e setenta e cinco no talhão, conforme esquema adaptado de Peche Filho et al. (1994) e Lino et al. (1999).

Figura 24 - Esquema de avaliação da faixa de resteva ou "faixa de galhada".

3.1.4.2 Avaliação dos indicadores prioritários do preparo do solo

A avaliação da profundidade e largura do sulco foi feita conforme esquema da Figura 25 proposto por (Gava & Milan, 2001).

Figura 25 - Pontos transversais para inferência da profundidade do sulco de plantio- E-esquerda, C-centro e D-direita (Gava & Milan, 2001).

Para caracterização do solo sulcado foram considerados os requisitos técnicos (profundidade e largura do sulco, e o tamanho dos torrões), de acordo com os resultados do planejamento (parte I do modelo conceitual). A avaliação da profundidade do sulco foi feita por inferência através da resistência do solo obtida com o penetrógrafo de registro contínuo. A verificação da resistência do solo à penetração foi realizada imediatamente ao sulcamento. O critério para inferir a profundidade de cada seção E, C e D (Direita, Centro e Esquerda) consistiu em identificar nos gráficos produzidos pelo penetrógrafo a profundidade do sulco nos intervalos que não apresentassem incrementos da resistência. Verificou-se no gráfico produzido em campo qual era a profundidade máxima resultante do sulcamento, considerando-se como zona preparada o intervalo a partir do ponto que a resistência tem seus valores invertidos até o limite mínimo. A Figura 26 representa o critério de inferência da profundidade do sulco preparado.

Figura 26 - Esquema para inferência da profundidade do sulco preparado.

Para avaliar o tamanho dos torrões foi utilizada uma trena de 1,50m dividida em 10 segmentos iguais, adaptado de Laflen et al. (1981), posta no ponto de verificação na mesma direção longitudinal e aproximadamente no

centro do sulco. A Figura 27 exibe o esquema de avaliação da qualidade do preparo mecanizado do solo quanto ao tamanho dos torrões.

Figura 27 - Esquema de avaliação do tamanho dos torrões do preparo do solo para mudas de *Eucalyptus* spp (adaptado de Laflen et al., 1981).

Estabeleceu-se como coincidente o torrão que estava na projeção vertical das marcas intermediárias da trena. Para a definição do tamanho, estipulou-se um valor provisório de referência. No caso, o tamanho do torrão admitido foi no máximo 0,10m. Assim, os torrões que apresentaram tamanho igual ou menor que 0,10m foram considerados satisfatórios para o preparo mecanizado do solo. As verificações foram feitas conforme esquema apresentado na Figura 28. Em cada sulco foram verificados 15 pontos e no talhão 75 pontos no total (3x5x5).

Figura 28 - Pontos de verificações para determinar o tamanho dos torrões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 29 apresenta o resultado geral do planejamento do preparo mecanizado do solo sistematizado em um modelo conceitual dividido em quatro partes: I- matriz da qualidade (principal); II- fatores do processo; III- matrizes auxiliares ou complementares; e IV - ciclo PDCA de gerenciamento.

A parte I da Figura 29, matriz da qualidade, apresenta os resultados da matriz de relações da qualidade exigida versus requisitos técnicos. Também está presente na mesma Figura a qualidade planejada e a qualidade projetada. A matriz de relações (área reticulada central) evidenciou a intensidade que cada requisito técnico se relacionava com os itens da qualidade exigida, fornecendo indícios que a largura/profundidade do sulco de plantio e tamanho dos torrões foram as prioridades técnicas, porque se relacionaram mais intensamente que os outros indicadores. A qualidade planejada mostrou o grau de importância que cada item da qualidade exigida tem para manter a produtividade das árvores, e estabeleceu a comparação (benchmark) entre o Núcleo Florestal NF5 (referência de aplicação do método QFD) e os demais (NF4A e NF6). Também definiu as metas e as prioridades, com evidências que o item principal da qualidade exigida do preparo do solo foi “não possuir limitações físicas” com 19,4% de peso relativo. Os parâmetros da qualidade projetada serviram para definir as metas técnicas, quando realizadas, proporcionarão a obtenção da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp, com evidências que os resultados obtidos para a “profundidade do sulco” de 0,22m em situações críticas foi indesejável tecnicamente, desde que a meta estabelecida pela empresa era obter no mínimo 0,30m de profundidade.

Figura 29 - Modelo Conceitual do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp a partir do método QFD.

A parte II da Figura 29, fatores do processo, refere-se ao diagrama de causa e efeito (diagrama de Ishikawa). Nesta Figura consta as causas (meios) prioritárias sob o ponto de vista técnico, que proporcionarão a qualidade exigida (efeitos ou fins) em relação ao preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp. Entre as seis causas (método, máquinas, matéria-prima, medições, “meio ambiente, e mão-de-obra) possíveis de utilização no planejamento, foram selecionadas duas: método (cultivo mínimo) e máquinas (“tratores e implementos”). A inclusão de outras causas pode ser feita a qualquer momento porque o modelo conceitual proposto tem característica cíclica. Isto não aconteceu, porque a formação técnica e atuação profissional da equipe que participou do plano é específica para produção florestal, assim limitando temporariamente a consolidação do conceito apresentado por Ho et al. (1999) que se refere ao QFD como um método desenvolvido essencialmente para equipes multifuncionais.

A Parte III, matrizes auxiliares do modelo conceitual são as relações entre os fatores (causas) prioritários do processo versus requisitos técnicos específicos. A parte III foi composta por duas matrizes que relaciona os fatores do cultivo mínimo versus requisitos técnicos, e tratores e implementos versus requisitos técnicos, evidenciando assim qual foi a intensidade de relação e quanto cada fator influencia as metas projetadas. Na parte III, a avaliação dos fatores desdobrados, permitiu estabelecer uma classificação visando definir as prioridades com base nas relações e no custo econômico. As causas prioritárias com baixo custo foram as regulagens do sulcador, apresentando um grau de importância do custo igual a 1.

A parte IV, ciclo PDCA de gerenciamento, referiu-se especificamente a avaliação (C) do preparo mecanizado do solo. Avaliou-se a densidade do solo antes do sulcamento, a distribuição da resteva (restos vegetais), a profundidade, e o tamanho dos torrões. A avaliação fez parte do controle da qualidade, e possibilita a reflexão e a interferência (A) para melhorias contínuas no preparo do solo, exigindo-se a realização de outro ciclo PDCA.

4.1 Matriz da qualidade do preparo do solo- parte I

A Figura 30 foi o plano elaborado a partir das prioridades. Refere-se a matriz da qualidade, parte I do modelo conceitual apresentado na Figura 29.

Figura 30 - Matriz da qualidade do preparo do solo para *Eucalyptus* spp.

Na Figura 30 apresentada, a matriz da qualidade contém seis seções básicas: qualidade exigida, requisitos técnicos ou indicadores da qualidade, matriz de relações, qualidade planejada, qualidade projetada, e matriz de correlações. Estas seções serão discutidas uma a uma.

4.1.1 Qualidade exigida

As exigências das mudas de *Eucalyptus* spp tiveram como idéia geral-IG (termo geral) “manter a produtividade das árvores”. De acordo com a equipe, o preparo mecanizado deve proporcionar qualidade aos fenômenos físicos, químicos e biológicos do solo. Observou-se duplicidade do item Reter/Fornecer água e nutrientes, conforme apresentado no Quadro 3, extraído da Figura 30. No aspecto químico, refere-se às reações químicas da água com os agregados do solo, e no aspecto físico refere-se ao fluxo da água nos macroporos.

Qualidade Exigida		
1- Manter a produtividade das árvores	1.1- Química	1.1.1- Promover transformação química
		1.1.2- Degradar resíduos químicos
		1.1.3- Reter/Fornecer água e nutrientes
	1.2- Física	1.2.1- Possuir torrões uniformes
		1.2.2- Servir de suporte físico para as plantas
		1.2.3- Possuir drenagem satisfatória
		1.2.4- Não possuir limitações físicas
		1.2.5- Reter/fornecer água e nutrientes
		1.2.6- Sem restevas que limitem a mecanização
	1.3-Biológica	1.3.1- Promover transformações biológicas
		1.3.2- Ser livre de pragas e doenças

Quadro 3 - Qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp.

⁸ as descrições dos termos deste Quadro, encontram-se no Anexo E.

Os resultados obtidos no Quadro 3 foram semelhantes aos resultados que constam na bibliografia especializada, conforme a Figura 31.

Requisitos da qualidade do solo obtidos no Brasil através do método QFD para <i>Eucalyptus</i> spp			Promover o crescimento das raízes	Reter, armazenar e fornecer água	Armazenar, fornecer e transformar nutrientes	Promover troca gasosa	Promover atividade biológica
1- Manter a produtividade das árvores	1.1. Química	1.1.1. Promover transformação química					
		1.1.2. Degradar resíduos químicos					
		1.1.3. Reter/Fornecer água e nutrientes					
	1.2. Física	1.2.1. Possuir torrões uniformes					
		1.2.2. Servir de suporte físico para as plantas					
		1.2.3. Possuir drenagem satisfatória					
		1.2.4. Não possuir limitações físicas					
		1.2.5. Reter/fornecer água e nutrientes					
		1.2.6. Sem restevras que limitem a mecanização					
	1.3. Biológica	1.3.1. Promover transformações biológicas					
		1.3.2. Ser livre de pragas e doenças					

Figura 31 - Qualidade exigida obtida neste trabalho versus requisitos da qualidade do solo apresentados por Kelting et al. (1998).

⁹ o símbolo “círculo duplo” significa relação forte entre os itens.

Comparando-se os resultados desta pesquisa com os obtidos por Kelting et al. (1998) que realizaram estudo com *Pinus taeda* na Carolina do Sul (EUA), observou-se conforme a Figura 31 que em um universo de 14 itens de exigências obtidos através do método QFD, apenas dois itens (possuir torrões uniformes, e sem restegas que limitem a mecanização) não foram correlacionados com os itens apresentados na bibliografia, ou seja aproximadamente 84% dos itens foram correlacionados. Na Figura 31, as células que estão em branco poderiam conter outras correlações, dependendo da percepção de quem está analisando. Por exemplo: há correlação forte do item 1.1.1 promover transformações químicas (linha) versus reter, armazenar e fornecer água (coluna), porque a umidade retida no solo é de extrema importância para a ocorrência das reações químicas do solo.

4.1.2 Requisitos técnicos

O desdobramento da qualidade exigida resultou em 44 características técnicas (Anexo E) que podem ser utilizadas para diversos processos da produção florestal, sendo que deste número, apenas 6 interessaram ao preparo mecanizado do solo. A simplificação quantitativa visou racionalizar o controle da qualidade. A idéia geral (RTG- Requisito Técnico Geral) destes 6 requisitos, conforme a Figura 32, foi representada pelo conjunto tratorizado (Trator/implemento/operador), desdobrando-se para: resultados operacionais, e ocorrências registradas. O último nível do desdobramento, denominado por Dellaretti Filho, (1996) de Requisito Técnico Específico (RTE), foi utilizado para avaliação da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp.

A opção de utilizar a profundidade do sulco como indicador da qualidade do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp está de acordo com Corrêa et al. (1991) que utilizaram o indicador “profundidade” com o propósito de avaliar a qualidade do solo descompactado, e Trindad (1993) que o utilizou para avaliar o preparo do solo com grade. Também o

indicador tamanho dos torrões obtido neste trabalho está de acordo com Dallmeyer (1994), Boller et al. (1995), e Fernandes (2000), que o utilizaram para a qualidade do preparo do solo com grade.

REQUISITOS TÉCNICOS / INDICADORES DA QUALIDADE	Trator/Implemento/Operador					
	Resultado operacional				Ocorrência	
	Distância fileira Atual / anterior	Sulco		Tamanho dos torrões	Interrupções das operações	Trator/implemento (falhas mecânicas)
		Largura	Profundidade			

Figura 32 - Requisitos técnicos oriundos do desdobramento da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp.

4.1.3 Matriz de relações: qualidade exigida versus requisitos técnicos

A matriz de relações foi um recurso utilizado para identificar a intensidade que cada indicador pode influenciar a obtenção da qualidade exigida. A Figura 33, extraída da Figura 30, apresenta a matriz de relações do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp. A relação do indicador “distância da fileira atual/anterior versus não possuir limitações físicas” (item 1.2.4 da qualidade exigida) foi fraca (símbolo: triângulo) porque a variabilidade da distância da fileira anterior e atual não altera as limitações físicas do solo, sendo estas descritas pela equipe técnica como a “característica do solo de ser livre de obstáculos estruturais que impedem o crescimento das raízes” (Anexo E). No entanto a relação do indicador “profundidade versus não possuir limitações físicas” foi forte (símbolo: círculo duplo) porque a

variabilidade da profundidade do sulco de plantio pode modificar a estrutura do solo mobilizada na faixa de sulcamento, reduzindo ou eliminando os obstáculos físicos que impedem o crescimento das raízes das mudas de *Eucalyptus* spp.

QUALIDADE EXIGIDA	REQUISITOS TÉCNICOS / INDICADORES DA QUALIDADE	Trator/Implemento/Operador					
		Resultado operacional				Ocorrência	
		Distância fileira Atual / anterior	Sulco		Tamanho dos torrões	Interrupções das operações	Trator/implemento (falhas mecânicas)
			Largura	Profundidade			
							Grau de

1. Manter a produtividade das árvores	1.2- Física	1.2.1- Possuir torrões uniformes
		1.2.2- Servir de suporte físico para as plantas
		1.2.3-Possuir drenagem satisfatória
		1.2.4- Não possuir limitações físicas
		1.2.5-Reter/fornecer água e nutrientes
		1.2.6-Sem restevras que limitem

QUALIDADE PROJETADA	m				
---------------------	---	--	--	--	--

Figura 33 - Matriz de relações: indicadores versus itens da qualidade.

¹⁰ as faixas transversais e longitudinais significam supressão de itens para ajuste de espaço.

4.1.4 Qualidade planejada

A qualidade planejada originou-se na obtenção do grau de importância do item da qualidade exigida (coluna (a)), e da avaliação (colunas (b), (c), e (d)) resultando em um “plano” (colunas (e), (f), e (g)) de cada item. A Figura 34, extraída da Figura 30, exhibe a qualidade planejada.

INDICADORES DA QUALIDADE QUALIDADE EXIGIDA PELO CLIENTE			QUALIDADE PLANEJADA								
			Grau de Importância (a)	AVALIAÇÃO			PLANO			PESO	
				Núcleos			Plano de Melhoria (e)	Índice de Melhoria (f)	Destaque no Mercado (g)	Absoluto (h)	Relativo % (i)
				NF5 (b)	NF4A (c)	NF6 (d)					
1.Manter a Produtividade das Árvores	1.2- Física	1.2.1- Possuir torrões uniformes	3,7	2,7	3,7	4,7	3,7	1,4	1,2	6,1	12,0
		1.2.2- Servir de suporte físico para as plantas	4,7	4,0	3,7	3,7	4,5	1,1	1,0	5,3	10,5
		1.2.3- Possuir drenagem satisfatória	4,0	3,3	4,0	4,7	4,0	1,2	1,2	5,8	11,5
		1.2.4- Não possuir limitações físicas	5,0	2,3	3,7	4,7	3,0	1,3	1,5	9,8	19,4
		1.2.5- Reter/fornecer água e nutrientes	4,0	4,3	2,7	2,0	4,0	0,9	1,0	3,7	7,4
		1.2.6- Sem restevras que limitem a mecanização	4,3	1,7	3,7	4,3	2,5	1,5	1,2	7,6	15,0
		e doenças	3	2,7	3,7	4,7	3,7	1,4	1,2	6,1	12,0

Figura 34 - Qualidade planejada em função das mudas de *Eucalyptus* spp.

As prioridades das mudas de *Eucalyptus* spp (cliente do preparo mecanizado do solo) foram os itens: “1.2.1.possuir torrões uniformes, 1.2.4. não possuir limitações físicas, e 1.2.6. sem restevas que limitem a mecanização”. Estes itens apresentaram graus de importâncias elevados, e baixos valores das avaliações atribuídos pela equipe técnica que participou do planejamento.

4.1.4.1 Grau de importância

O grau de importância representa quanto cada item da qualidade exigida é prioritário para as mudas de *Eucalyptus* spp. A Figura 35, extraída da Figura 34, exibe os graus de importâncias referentes às prioridades físicas do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp.

Figura 35 - Graus de importâncias dos itens da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp referente ao preparo mecanizado do solo.

Os itens: “1.2.2- servir de suporte físico para as plantas” (grau de importância 4,7) e “1.2.4- não possuir limitações físicas” (grau de importância 5,0) foram mais prioritários que os outros porque condicionam o desenvolvimento das raízes das plantas e a fixação dessas ao solo. Além disto,

o item “1.2.4- não possuir limitações físicas” foi de extrema prioridade porque condiciona a obtenção das dimensões do sulco (largura e profundidade), e o tamanho dos torrões de forma cooperativa (Unger, 1994). Esta cooperação significa que em condições ideais para o sulcamento do solo, quando a profundidade do sulco estiver controlada, também estarão controladas a largura e o tamanho dos torrões. O item “1.2.6- sem restevas que limitem a mecanização” (grau de importância igual a 4,3) também é prioritário porque condiciona a uniformidade da largura do sulco da faixa de resteva (faixa de “galhada”), devido ao acúmulo de galhos arrastados pelo conjunto tratorizado na ocasião da operação de sulcamento.

Pelo método QFD para planejamento proposto por Akao (1990), para definir as metas, além do grau de importância, deve-se considerar a avaliação competitiva (comparativo ou “benchmark”) com as empresas de produtos semelhantes referente aos itens da qualidade exigida pelo cliente.

4.1.4.2 Avaliação competitiva e plano de melhoria

O plano de melhoria originou-se do grau de importância e da avaliação competitiva conforme Figura 36, extraída da Figura 34. As avaliações dos itens: “1.2.1- possuir torrões uniformes” (avaliação igual a 2,7), “1.2.4- possuir drenagem satisfatória” (avaliação igual a 3,3), e “1.2.1- sem restevas que limitem a mecanização” (avaliação igual a 1,7) foram indícios que o Núcleo Florestal NF5 tem condições inferiores indesejáveis às mudas de *Eucalyptus* spp, os quais devem ser reduzidas ou atenuadas pelo preparo mecanizado do solo. Os motivos das valores inferiores segundo a equipe foram: a presença de impedimentos físicos estruturais do solo, textura (média-argilosa em 100% das áreas de cultivo), e a distribuição da resteva na superfície do terreno.

As metas definidas no Plano de Melhoria para os itens “1.2.4- não possuir limitações físicas” e “1.2.6- sem restevas que limitem a mecanização” (cujos respectivos valores são 3,0 e 2,5) representam uma proposta do Núcleo

Florestal NF5 (referência do método QFD) de superar o presente, e essas metas foram inferiores à concorrência. Isto demonstrou a limitação temporária perante os impedimentos sinalizados pelos valores baixos da avaliação destes itens (item 1.2.4- avaliação 2,3 e o item 1.2.6- avaliação 1,7). Também demonstrou a preocupação ao propor (através do preparo mecanizado do solo) a melhoria dos itens: 1.2.1, 1.2.4, e 1.2.6 com os respectivos incrementos de 1,4, 1,3 e 1,5 em relação às suas avaliações originais.

Figura 36 - Qualidade planejada em função do grau de importância do item e da avaliação do mérito de quem o produz.

4.1.4.3 Peso relativo dos itens da qualidade exigida

A utilização do peso relativo dos itens da qualidade exigida visou classificar as prioridades, com o objetivo de identificar as oportunidades de melhorias no Núcleo Florestal NF5 (referência do método QFD). O item “1.2.4- não possuir limitações físicas” apresentou 19,4% de peso relativo, seguido dos itens “1.2.6- sem restegas que limitem a mecanização” (15,0%), e “1.2.1-

possuir torrões uniformes” (12,0%). A primeira classificação atribuída ao item 1.2.4- não possuir limitações físicas, foi porque o grau de importância (5,0) deste item superou os graus dos itens 1.2.6 e 1.2.1 (4,3 e 3,7 respectivamente). Além disto, o valor 2,3 atribuído na avaliação do item 1.2.4 motivou à equipe a estabelecer índices de melhorias, incrementando 30% sobre a avaliação atual. O maior índice de melhoria, 50% foi atribuído ao item “1.2.6- sem restegas que limitem a mecanização”, justificado pelo valor (1,7) da avaliação deste item.

A ponderação destes parâmetros (grau de importância, avaliação e índice de melhoria) fez com que o item” 1.2.4. Não possuir limitações físicas” assumisse a primeira classificação, tornando-se a principal prioridade da qualidade planejada pelo Núcleo Florestal NF5 em relação ao preparo mecanizado do solo. A Figura 37, extraída da Figura 34, apresenta o peso relativo das prioridades para as mudas de *Eucalyptus* spp, referente ao preparo mecanizado do solo. Observa-se na Figura 37 uma relação direta entre o grau de importância e o peso relativo.

Figura 37 - Grau de importância e peso relativo dos itens prioritários da qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp.

4.1.5 Qualidade projetada

Os resultados da qualidade projetada evidenciaram que os pesos relativos dos indicadores “largura, e profundidade do sulco” são os mais importantes, conforme Figura, 38 extraída da Figura 30.

Figura 38 - Qualidade projetada para o preparo mecanizado do solo.

Na Figura 38, os resultados correspondentes aos pesos relativos 26,4% e 25,7% relacionados a largura e profundidade do sulco, demonstraram que na percepção da equipe estes indicadores influenciavam mais na obtenção dos itens da qualidade exigida, porque se relacionavam mais intensamente com as exigências das mudas de *Eucalyptus* spp. Para a equipe, a especificação da “profundidade do sulco de plantio” (0,22m) obtida no Núcleo Florestal NF5 foi inferior à meta de 0,30m porque a estrutura do solo em áreas críticas do Núcleo Florestal NF5 prejudica os resultados da operação.

4.1.5.2 Classificação das prioridades e matriz de correlações

Os pesos relativos dos indicadores largura” (26,4%), profundidade (25,7%), e tamanho dos torrões (23,0%) evidenciaram que estes itens foram as prioridades técnicas, conforme Figura 39, extraída da Figura 38.

<div>INDICADORES DA QUALIDADE</div> <div>QUALIDADE PROJETADA: PARÂMETRO</div>		Trator/Implemento/Operador					
		Resultado operacional			Ocorrência		
		Distância fileira Atual / anterior	Sulco		Tamanho dos torrões	Interrupções das operações	Trator/implemento (falhas mecânicas)
			Largura	Profundidade			
Peso	Absoluto	71,9	269,6	261,8	234,8	94,8	87,7
	Relativo (%)	7,0	26,4	25,7	23,0	9,3	8,6
Classificação		6º	1º	2º	3º	4º	5º
Unidades das medidas		m					

Figura 39 - Classificação das prioridades técnicas com base no peso relativo.

As Metas para os indicadores (largura 0,60m e profundidade 0,30m) foram as mesmas para os Núcleos Florestais (NF5, NF4A e NF6), porém os resultados relatados são diferentes, conforme Figura 40, extraído da Figura 38.

Figura 40 - Especificações dos indicadores prioritários do preparo do solo.

A ausência da especificação do “tamanho dos torrões” obtidos no preparo mecanizado do solo foi porque naquela ocasião a empresa não tinha nenhuma referência da meta relacionada a este indicador.

Na Figura 40, observa-se que apenas o Núcleo Florestal NF5 não atingiu a meta (0,30m) do indicador profundidade, apresentando valores de 0,22m. Isto sob o ponto de vista da equipe técnica aconteceu porque o Núcleo Florestal NF5 tem estrutura de solo em alguns locais que impedem a realização das metas referentes a estes indicadores. O Núcleo Florestal NF5 espera resolver este problema sobre a profundidade do sulco utilizando um protótipo de sulcador com uma haste de comprimento igual a 0,90m, sendo que atualmente o sulco é feito com uma haste convencional com comprimento igual a 0,70m. A Figura 41, extraída da Figura 40, exhibe o comparativo gráfico e as metas dos indicadores (largura e profundidade) prioritários para qualidade do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp.

Figura 41 - Avaliação competitiva dos requisitos técnicos do preparo do solo.

A especificação técnica indesejável da profundidade do sulco (0,22m) está de acordo com a avaliação do item “1.2.4- não possuir limitações físicas” cujo valor foi 2,3 (as notas variam de 1 a 5). Se esta coerência não ocorresse

estaria havendo uma contradição entre as duas formas de avaliações. O raciocínio é extensivo ao item “1.2.6- sem restevras que limitem a mecanização”, avaliado em 1,7. A Figura 42, extraída da Figura 30, exhibe a relação entre as duas avaliações feitas para o planejamento e projeto da qualidade exigida.

<div>INDICADORES DA QUALIDADE</div> <div>QUALIDADE EXIGIDA</div>		Prioridade		Avaliação para planejamento no NF5 (b)
		Sulco		
		Largura	Profundidade	
Itens críticos sob o ideal do cliente	1.2.4- Não possuir limitações físicas	45,0	45,0	- 2,3
	1.2.6- Sem restevras que limitem a mecanização	38,7	38,7	1,7
Especificações	Avaliação para projeto no NF5 (Referência do método QFD)- Valores críticos sob o ideal técnico	0,45	0,22	Relação Forte
	Meta	0,60	0,30	
	Unidades das medidas	m		

Figura 42 - Coerência entre as avaliações do “planejamento” versus “projeto”.

4.1.6 Matriz de correlações

A matriz de correlações serve para auxiliar a escolha dos indicadores prioritários da qualidade. Observa-se na Figura 43 uma correlação forte (círculo duplo) entre os indicadores largura do sulco versus profundidade. Isto aconteceu porque em condições ideais o conjunto tratorizado obtém a largura do sulco e a profundidade, de acordo com a relação 2:1 apresentada por

Fernandes et al. (1983) para trabalhos realizados com haste subsoladora com aletas de 0,30m de largura, operando a 0,45m de profundidade.

Figura 43 - Matriz de correlações ("telhado") dos indicadores da qualidade.

O indicador largura do sulco foi classificado em 1º lugar com 26,4% de peso relativo. No entanto, a equipe optou pelo indicador profundidade que apresentou 25,7% de peso relativo. Isto é justificado com base no conceito de "indicadores cooperativos" apresentado por Unger (1994), e pela facilidade metodológica para verificar a profundidade do sulco em relação aos demais indicadores (largura do sulco e tamanho dos torrões). A adoção do indicador deve ser ponderada por critérios econômicos de cada empresa.

4.2 Fatores do processo- parte II

A escolha dos fatores do processo ficou restrita a método (cultivo mínimo) e máquinas (tratores e implementos). Estes dois fatores na percepção da equipe são as causas prioritárias eficazes para proporcionar a qualidade exigida. A inclusão de outros fatores como matéria-prima, medições, “meio ambiente”, e mão-de-obra, visando melhorias contínuas, pode ser feita a qualquer momento. Isto é previsível porque o modelo conceitual proposto tem característica cíclica. Para racionalizar mais o processo, a equipe de planejamento deve ser composta por especialistas em cada um dos fatores, proporcionando ao plano mais recursos para garantir a qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp, referente ao preparo mecanizado do solo. A Figura 44, extraída da Figura 29- parte II, apresenta o desdobramento dos fatores selecionados: método, e máquinas.

1. Método: Cultivo Mínimo					2. Máquinas*				
Operação Sulcamento					2.1. Trator		2.2.Implemento		
1.1.1. Acoplamento Trator e Implemento	1.1.2.Regulagens			1.1.3. Distribuição da Resteva Superficial	1.1.4. Velocidade do Conjunto Tratorizado	2.1.1. Valmet 1580	2.1.2. Valmet 985	2.2.1.Sulcador	
	1.1.2.1. Terceiro Ponto	1.1.2.2. Estabilizadores	1.1.2.3. Fixador de Profundidade					2.2.1.1.Haste convencional 0,70m	2.2.1.2.Haste longa 0,90m (Protótipo)

Figura 44 - Prioridades do processo utilizados nas matrizes complementares, oriundos do desdobramento de “método e máquinas”.

¹¹ as descrições dos itens da Figura encontram-se no anexo F.

4.3 Matrizes auxiliares ou complementares do modelo conceitual- parte III

Os itens desdobrados dos fatores, método e máquinas, foram relacionados com os indicadores da qualidade resultando em duas matrizes auxiliares: método versus indicadores da qualidade, e máquinas versus indicadores da qualidade, conforme Figura 45, extraída da Figura 29 parte III.

MÉTODO & MÁQUINAS			1. Método: Cultivo Mínimo						2. Máquinas					
			Operação Sulcamento						2.1. Trator		2.2. Implemento			
			1.1.1. Acoplamento Trator e Implemento	1.1.2.Regulagens			1.1.3. Distribuição da Resteva Superficial	1.1.4. Velocidade do Conjunto Tratorizado	2.1.1. Valmet 1580	2.1.2. Valmet 985	2.2.1. Sulcador			
				1.1.2.1. Terceiro Ponto	1.1.2.2. Estabilizadores	1.1.2.3. Fixador de Profundidade					2.2.1.1.Haste 0,70m	2.2.1.2.Haste 0,90m (Protótipo)		
INDICADORES DA QUALIDADE	Trator/Implemento/Operador	Resultado Operacional	Distância da fileira de atual / anterior											
			Sulco	Largura										
				Profundidade										
		Tamanho dos torrões												
		Ocorrências	Interrupções das operações											
			Trator e implemento (falhas mecânicas)											
		Avaliação dos fatores do processo	Importância do Custo (a)		1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	3,0	1,0	1,0
Peso	Absoluto (b)		6,0	32,0	22,0	30,0	210,0	28,0	0,0	0,0	26,0	38,0		
	Relativo (%) (c)		1,8	9,8	6,7	9,1	64,0	8,5	0,0	0,0	40,6	59,4		
Classificação (d)			6º	2º	5º	3º	1º	4º			2º	1º		

Figura 45 - Matrizes auxiliares ou complementares do modelo conceitual.

A utilidade das matrizes auxiliares foi identificar a influência que cada fator do processo exerce sobre as metas da qualidade do preparo mecanizado do solo. Os resultados evidenciaram que, na percepção da equipe as metas do preparo mecanizado do solo será maximizada através das relações entre método versus indicadores da qualidade, e máquinas versus indicadores da qualidade. As colunas em branco na Figura 45, são indefinições ocasionadas pela falta de influência dos tratores e modelos na realização das metas. Para solucionar este problema, outras matrizes devem ser formadas, como exemplo: métodos versus máquinas, conforme sugestão apresentada na Figura 46.

<div> <div>MÉTODOS</div> <div>MÁQUINAS</div> </div>			2. Máquinas*			
			2.1. Trator		2.2. Implemento	
			2.1.1. Valmet 1580	2.1.2. Valmet 985	2.2.1. Sulcador	
					2.2.1.1.Haste 0,70m	2.2.1.2.Haste 0,90m (Protótipo)
1. Método: Cultivo Mínimo	Operação Sulcamento	1.1.1. Acoplamento Trator e Implemento				
		1.1.2. Regulagens	1.1.2.1. Terceiro Ponto			
			1.1.2.2. Estabilizadores			
			1.1.2.3. Fixador de Profundidade			
		1.1.3. Distribuição da Resteva Superficial				
		1.1.4. Velocidade do Conjunto Tratorizado				

Figura 46 - Matriz auxiliar, sugerida na pesquisa: máquinas versus método.

4.3.1 Método operacional versus indicadores da qualidade

A opção pelo “método cultivo mínimo/sulcamento” foi em função das normas técnicas da organização. A matriz de relações composta por método versus indicadores da qualidade não apresentou células em branco, demonstrando que todos os itens da operação sulcamento influenciam as metas. A Figura 47, extraída da Figura 45, apresenta as relações obtidas.

MÉTODO & MÁQUINAS			1. Método: Cultivo Mínimo						2. Má
			Operação Sulcamento						2.1.
			1.1.1. Acoplamento Trator e Implemento	1.1.2.Regulagens			1.1.3. Distribuição da Resteva Superficial	1.1.4. Velocidade do Conjunto Tratorizado	2.1.1. Valmet 1580
				1.1.2.1. Terceiro Ponto	1.1.2.2. Estabilizadores	1.1.2.3. Fixador de Profundidade			
Trator/Implemento/Operador	Resultado Operacional	Distância da fileira de atual / anterior	△	△	○	△	⊗	△	
		Sulco	△	⊗	⊗	△	○	○	
			△	⊗	○	⊗	⊗	⊗	
		Tamanho dos torrões	△	⊗	○	⊗	○	⊗	
	Ocorrências	Interrupções das operações	△	○	○	△	⊗	○	
		Trator/implemento (falhas)	△	△	△	⊗	⊗	○	

Av	Classificação (d)	6°	2°	5°	0°				
----	-------------------	----	----	----	----	--	--	--	--

Figura 47 - Matriz de relações: método versus indicadores da qualidade.

Na Figura 47, a presença de relações com intensidade fraca entre o item “1.1.1.acoplamento trator e implemento” versus indicadores da qualidade, demonstrou que o simples fato de acoplar o trator ao sulcador não garante a qualidade exigida. O item “1.1.2.1. terceiro Ponto”, refere-se aos procedimentos de regulagem do implemento através do recurso mecânico denominado terceiro ponto, cuja execução compete ao operador, e por ser imprescindível apresentou forte relação (círculo duplo) com a profundidade do sulco. A influência do terceiro ponto é porque a sua regulagem, encurtar ou alongar, faz variar a penetração da haste do sulcador no solo.

As regulagens adicionais estão associadas à função do terceiro ponto. O item “1.1.2.2. estabilizadores” apresentou relação forte com a largura do sulco. Isto aconteceu porque os estabilizadores permitem controlar a direção do trator, deixando a largura do sulco constante. O dispositivo “1.1.2.3. fixador de profundidade” tem o objetivo de limitar o aprofundamento da haste sulcadora, relacionando-se fortemente com a profundidade do sulco de plantio.

O item operacional “1.1.3. distribuição da Resteva Superficial” refere-se aos procedimentos necessários à distribuição dos restos vegetais da colheita. A relação forte com indicador profundidade do sulco, apenas na faixa na “faixa de galhada”, aconteceu porque nessa faixa a qualidade do sulco depende do êxito da distribuição da resteva na superfície que será sulcada. O aspecto qualitativo (espacial) da distribuição da resteva pode se tornar mais importante que o quantitativo, porque se a resteva estiver fora da faixa de ação do sulcador não haverá obstruções ou “embuchamentos” durante a operação.

A relação do item “1.1.4. velocidade do conjunto tratorizado” versus “tamanho dos torrões” foi forte. Isto aconteceu porque, em condições ideais de solo para o sulcamento, o rompimento dos torrões pode ser proporcionado quando a operação ocorrer com velocidades mais elevadas. O valor da velocidade da operação é uma adequação mecânica e econômica do conjunto trator/implemento. Deve-se considerar as condições do solo (umidade, textura e estrutura do solo), profundidade desejada para o sulco, e os restos vegetais.

4.3.2 Máquinas versus Indicadores da Qualidade

O desdobramento de “máquinas” resultou em trator e implemento. A Figura 48, extraída da Figura 45, apresenta a matriz das relações entre “máquinas” versus indicadores da qualidade do preparo mecanizado do solo.

INDICADORES DA QUALIDADE		MÉTODO & MÁQUINAS	
Trator/Implemento/Operador	Resultado Operacional	Distância da fileira atual / anterior	
		Sulco	Largura
Profundidade			
Ocorrências		Tamanho dos torrões	
		Interrupções das operações	
		Trator e implemento (falhas mecânicas)	

2. Máquinas			
2.1. Trator		2.2.Implemento	
2.1.1. Valmet 1580	2.1.2. Valmet 985	2.2.1.Sulcador	
		2.2.1.1.Haste convencional 0,70m	2.2.1.2.Haste longa 0,90m (Protótipo)

AV	Classificação (d)
----	-------------------

Figura 48 - Matriz de relações: máquinas versus indicadores da qualidade.

Na Figura 48, as colunas em branco na matriz significam que a marca e o modelo do trator não garantem a qualidade do preparo mecanizado do solo. A condição requisitada é que o trator possua adequação mecânica à operação. No entanto a marca e o modelo do trator pode ter influência no método operacional, como foi sugerido na Figura 45. A razão do pressuposto é porque marcas e modelos de tratores se diferenciam pelos seus recursos operacionais, dificultando ou facilitando a rotina dos operadores.

Observa-se na Figura 48 que o item “2.2 implemento” apresentou relações com todos os indicadores da qualidade. Isto aconteceu porque a qualidade do preparo mecanizado do solo depende do implemento que está sendo utilizado. O protótipo de sulcador com haste 0,90m de comprimento, possui relação forte, círculo duplo, com a profundidade do sulco e com a largura, enquanto o sulcador convencional com haste 0,70m de comprimento possui relação média, círculo simples, com a largura, e tem relação forte com a profundidade. Isto aconteceu porque a utilização do sulcador com haste 0,70m de comprimento em áreas críticas não garante a meta 0,60m de largura definida pela empresa. Também é observado na Figura 48 que o protótipo de sulcador foi relacionado mais fortemente com indicador “interrupções das operações”. Na opinião da equipe de planejamento isto aconteceu porque a operação com esse sulcador não será interrompida por causa da estrutura do solo nas áreas críticas do Núcleo Florestal NF5.

4.3.3 Avaliação dos fatores desdobrados de método

A avaliação foi ponderada pelos parâmetros: peso relativo em percentagem (%), e através da importância do custo, cujos valores variam entre 1 a 5. A Figura 49, extraída da Figura 45, exhibe os parâmetros de avaliação do fator método. Os resultados evidenciam que item “1.1.3. Distribuição da resteva superficial” classificou-se em 1^o lugar, apresentando um grau de importância do custo igual a 5,0 e peso relativo 64%.

Figura 49 - Parâmetros de avaliação dos itens desdobrados de métodos.

A “distribuição da resteva superficial” foi a prioridade no planejamento, com 64% de peso relativo, porque esta operação requisita mais recursos financeiros que as demais, e porque tem o objetivo de resolver o problema referente ao acúmulo de ramos pós-colheita, os quais causam “embuchamentos” durante o sulcamento, interrupções, e variações indesejáveis à largura do sulco.

4.3.4 Avaliação dos fatores desdobrados de máquinas

A Figura 50, extraída da Figura 45, apresenta os parâmetros para classificação dos itens desdobrados de máquinas. Os resultados obtidos evidenciaram que os “tratores”, integrados ao modelo conceitual do preparo

mecanizado do solo foram mais importantes sob o ponto de vista econômico do que os implementos.

Figura 50 - A avaliação de “máquinas” do preparo mecanizado do solo para mudas de *Eucalyptus* spp.

Os tratores Valmet modelos 1580, e 985 apresentaram graus de importância do custo iguais a 3,0 e a 5,0 e peso relativo igual a 0 (zero). Os valores nulos dos pesos relativos demonstraram a falta de influência dos tratores/modelo na realização das metas referente do preparo mecanizado do solo, sendo que esta afirmação é incompleta e deve ser discutida, pois conforme sugerido na Figura 46, os tratores e seus modelos podem influenciar a qualidade do preparo mecanizado do solo, proporcionado regulagens mais adequadas aos implementos através de seus recursos mecânicos e eletrônicos específicos.

A avaliação dos sulcadores utilizados no modelo de preparo do solo, especificamente o de haste longa com comprimento 0,90m foi considerado ideal porque têm forte influência na qualidade exigida, e por apresentar custo inferior aos tratores. Isto, na percepção da equipe técnica, justificou o desenvolvimento do protótipo pelo Núcleo Florestal NF5, que trará contribuições significativas para reduzir os impedimentos presentes em situações críticas, onde a estrutura do solo compromete a qualidade do preparo mecanizado.

4.4 Avaliação do preparo do solo- parte IV

4.4.1 Umidade do solo e densidade

A avaliação da umidade e densidade está apresentada na Figura 51. As Figuras 51 (A), (B), e (C) representam a umidade do solo, e as Figuras 51 (D), (E), e (F) representam a densidade. Estes resultados foram obtidos de amostras de solo das faixas de baldeio (faixas de tráfego de tratores utilizados na colheita da madeira) um dia antes do sulcamento, em 3 níveis de profundidade (entre 0,00m a 0,10m; 0,10m a 0,20m e 0,20m a 0,30m).

Os histogramas que representam a umidade do solo (Figuras A, B, e C) são assimétricos com apenas um pico, e isto sugere que a umidade na camada do solo entre 0,00m e 0,10m de profundidade (Figura 51 A) é menos regular (destaque para 16% de umidade com mais de 70% de frequência relativa), podendo ser atribuída à ausência da resteva superficial na faixa de baldeio. De acordo com a Figura 34 (item “1.2.5. reter/fornecer água e nutrientes”), a umidade do solo no Núcleo Florestal NF5 não apresentou-se como um fator crítico para as mudas de *Eucalyptus* spp, porque este item (1.2.5. reter/fornecer água e nutrientes) na avaliação tem o valor igual 4,3, significando que a qualidade exigida relacionada com a umidade do solo está sendo atendida quase plenamente (a avaliação varia de 1 a 5).

Figura 51- Caracterização do solo na faixa de baldeio antes do sulcamento.

O controle da qualidade do solo antes do sulcamento demonstrou que entre as faixas de baldeio a variabilidade da densidade é diferenciada. Esta análise permite definir estratos específicos para o controle da qualidade do preparo mecanizado do solo. A Figura 52 apresenta a amplitude da densidade (kg.m^{-3}) do solo um dia antes do sulcamento.

Figura 52 - Gráfico de controle ou carta de Shewhart para *amplitude da densidade (kg.m^{-3}) do solo de 5 eitos de plantio/5 faixas de baldeio.

Analisando os intervalos (1 a 5; 6 a 10; 11 a 15; 16 a 20; e 21 a 25) que representam as faixas de baldeio, observa-se “alterações bruscas”, ou seja transposição brusca do limite médio (LM) sem pontos intermediários, especificamente entre os intervalos de 2 a 6; 8 a 9; e 18 a 19. Estas alterações na densidade do solo, são indícios de mudanças na qualidade (Dellaretti Filho & Drumond, 1994). No caso quando a alteração na amplitude é ascendente pode estar associada à presença de solos mais densos. Estas alterações confirma a variabilidade da densidade do solo na mesma faixa a ser sulcada.

¹¹ *LM (limite médio), LSC (limite superior de controle), LIC (limite inferior).

O controle da qualidade do solo antes do sulcamento demonstrou que entre as faixas de baldeio a variabilidade da densidade é diferenciada. Esta análise permite definir estratos específicos para o controle da qualidade do preparo mecanizado do solo. A Figura 52 apresenta a amplitude da densidade (kg.m^{-3}) do solo um dia antes do sulcamento.

Figura 52 - Gráfico de controle ou carta de Shewhart para *amplitude da densidade (kg.m^{-3}) do solo de 5 eitos de plantio/5 faixas de baldeio.

Analisando os intervalos (1 a 5; 6 a 10; 11 a 15; 16 a 20; e 21 a 25) que representam as faixas de baldeio, observa-se “alterações bruscas”, ou seja transposição brusca do limite médio (LM) sem pontos intermediários, especificamente entre os intervalos de 2 a 6; 8 a 9; e 18 a 19. Estas alterações na densidade do solo, são indícios de mudanças na qualidade (Dellaretti Filho & Drumond, 1994). No caso quando a alteração na amplitude é ascendente pode estar associada à presença de solos mais densos. Estas alterações confirma a variabilidade da densidade do solo na mesma faixa a ser sulcada.

¹¹ *LM (limite médio), LSC (limite superior de controle), LIC (limite inferior).

Também na Figura 52, observa-se em relação ao limite médio-LM a presença de “pontos isolados” nos intervalos de 1 a 5; 6 a 10; 11 a 15; 16 a 20 e 21 a 25, especificamente os pontos 1; 9; 19; e 25, assim confirmando o indício que na mesma faixa de baldeio surgem diferenças quanto à densidade do solo. Isto implica dizer que no mesma faixa ocorre estratos diferenciados quanto a densidade do solo. Para completar a análise, a Figura 53 apresenta o gráfico de controle para as médias da densidade do solo em 25 pontos básicos de amostragem.

Figura 53 - Gráfico de controle ou carta de Shewhart para média da densidade (Kg.m^{-3}) do solo de 5 eitos 5 faixas de baldeio de 5 eitos distintos.

Nas seqüências dos pontos 6 a 10, e 11 a 15 da Figura 53, observa-se “mudança brusca” (deslocamento de uma série de pontos em relação ao limite médio-LM). Há indícios que a densidade do solo varia de uma faixa à outra, reforçando a necessidade de estratificar as metas e o método de controle do preparo mecanizado do solo, caso sejam viáveis tecnicamente. Deve-se pesquisar as causas desses problemas, se induzidos pelo tráfego de veículos ou naturais, e tratá-los especificamente.

No geral, a densidade do solo está controlada, sendo que apenas o ponto 1 da Figura 53 apresentou-se atípico, acima do LSC-limite superior de controle, assim considerado fora de controle. Quando a origem do problema for tráfego durante o baldeio, a operação fornecedora (colheita) pode contribuir para resolução do problema reduzindo o impacto do tráfego de veículos. A operação sulcamento (cliente da colheita) pode contribuir adequando-se à época, e maximizando os fatores cooperativos de cada realidade edafo-climática e econômica (Unger, 1994).

4.4.2 Distribuição da resteva superficial

No planejamento do preparo do solo (Figura 34), o item “1.2.6. sem restevas que limitem a mecanização” apresentou grau de importância igual a 4,3 (os valores variam de 1 a 5), e a avaliação do mérito do Núcleo Florestal NF5 foi igual a 1,7. A Figura 54 apresenta a frequência (%) de distribuição da resteva superficial na “faixa de galhada” antes do sulcamento .

Figura 54 - Frequência da largura da faixa de resteva em relação a fileira de tocos até o limite crítico (1,50m) para o sulcamento.

Na Figura 55, os resultados evidenciaram que apenas 24% da resteva superficial situava-se entre 0,00m e 0,90m de largura a partir da fileira de tocos. Este percentual baixo de 24% justificou a nota 1,7 da avaliação atribuída ao mérito do Núcleo Florestal NF5 pela qualidade do item “1.2.6. sem restevas que limitem a mecanização”. Nas condições do talhão avaliado, o ponto ideal de passagem do sulcador corresponde a 1,5m em relação à fileira de tocos. Deve - se estabelecer os limites admissíveis da faixa com resteva, visando evitar interrupções ao conjunto tratorizado e não comprometer qualidade do sulco.

4.4.3 Avaliação dos indicadores prioritários do preparo do solo

4.4.3.1 Largura e profundidade do sulco de plantio

As especificações técnicas de 0,60m de largura e 0,30m de profundidade do sulco de plantio foram superadas pelo preparo mecanizado do solo, conforme apresentado na Figura 55.

Figura 55 - Seção transversal do sulco de plantio de mudas de *Eucalyptus* spp.

¹² *a largura de cada seção (E; C; D) foi igual 0,10m .

Observa-se também na Figura 55, que houve superação da relação 2:1 (largura:profundidade) apresentada por Fernandes et al. (1981), considerando-se que a pesquisa desses autores foi com subsolagem a 0,45m de profundidade e a haste possuía aletas de 0,30m de largura. A superação verificada da relação 2:1 não significa que a qualidade do preparo mecanizado do solo está sob controle. As seções parciais posicionadas à esquerda (E1, E2), em média, apresentam-se mais profundas quando comparadas às seções à direita (D1 e D2). Esse fato também foi constatado por Gava & Milan (2001). Sabe-se que as seções (E-esquerda) estão posicionadas em altitude mais elevada em relação ao centro (C-seção central).

Constatou-se para o indicador profundidade amplitudes superiores a 0,10m na maioria nas 25 seções transversais avaliadas do sulco de plantio, conforme apresentado na Figura 56. Considerou-se para fazer os gráficos a profundidade das seções E1(Esquerda 1), C (Central) e D1 (Direita 1), especificamente nos pontos onde iniciava-se a redução da resistência do solo.

Figura 56 - Gráfico de controle ou de Shewhart para amplitude da profundidade (m) do sulco de plantio de mudas de *Eucalyptus* spp.

De acordo com a relação 2:1 apresentada por Fernandes et al. (1981), esperava-se amplitudes iguais a 0,10m para os sulcos de seções triangulares, significando se assim ocorresse, que a qualidade do preparo mecanizado do solo estava controlada. A avaliação da profundidade do sulco de plantio foi auxiliada pelo gráfico de controle para médias, apresentado na Figura 57.

Figura 57 - Gráfico de controle ou de Shewhart para média da profundidade (m) do sulco de plantio de mudas de *Eucalyptus* spp.

Observa-se na Figura 57, que apesar do limite médio (0,32m) verificado ter sido superior ao padrão (0,30m) definido pelas normas da empresa, não há “distribuição aleatória” dos pontos que correspondem aos valores médios da profundidade. Esses pontos não aleatórios apresentam mudanças bruscas (deslocamento de uma serie de pontos consecutivos em relação ao limite médio-LM), por isso há indícios que o controle é insatisfatório (Dellaretti Filho & Drumond, 1994 e Vieira, 1999). Para evitar embaraços gerenciais e operacionais, o estabelecimento dos limites de controle do processo devem ser definidos tecnicamente por estratos, considerando-se as limitações econômicas de cada empresa (Sarriés, 1997). As “mudanças

bruscas” faixa à faixa (deslocamento em relação ao limite médio-LM da seqüência de pontos 6 a 10, e 11 a 15) são indícios que houve mudança intencional das condições operacionais do processo (Dellaretti Filho & Drumond, 1994).

4.4.3.2 Tamanho dos torrões

Além da profundidade do sulco de plantio, foi avaliado o tamanho dos torrões, considerando-se aceitáveis os torrões de diâmetros iguais ou menores que 0,10m, sendo que a operação sulcamento foi realizada excepcionalmente sem o auxílio do rolo destorroador. Através desta avaliação pode ser afirmado quanto é homogêneo o preparo do solo. A Figura 58 exibe a freqüência relativa (%) e a freqüência acumulada para o grau de satisfação relacionado ao indicador da qualidade “tamanho dos torrões”, resultante do método QFD.

Figura 58 - Grau de satisfação referente ao “tamanho dos torrões” (diâmetro 0,10m) obtido no sulcamento realizado sem o rolo destorroador.

Verificou-se, conforme apresentado na Figura 58, que o grau de satisfação é muito regular para as classes que variam de 0 a 9 (eixo horizontal do gráfico). A presença de torrões acima de 0,10m de diâmetro significa que a operação foi insuficiente para atender a qualidade exigida pelas mudas de *Eucalyptus* spp. Constatou-se que 9% dos torrões obtidos apresentaram tamanho superior a 0,10m (padrão provisório), ou seja: 9% das amostras apresentaram um grau de satisfação igual a 0 (Zero). Constatou-se também, que 51% dos torrões proporcionaram um grau de satisfação igual ou superior a 6,0 e que 21% apresentaram grau 10,0 (qualidade máxima).

5 CONCLUSÕES

De acordo com o modelo conceitual resultante desta pesquisa, concluiu-se que:

- As prioridades referentes à qualidade exigida foram: não possuir limitações físicas, sem restevas que limitem a mecanização, e possuir torrões uniformes, com respectivamente 19,4%, 15%, e 12,0% de peso relativo.
- A prioridade técnica relacionada à qualidade exigida foi a profundidade do sulco, quando controlada influenciará a largura o tamanho dos torrões.
- Os fatores prioritários do processo foram método e máquinas, que proporcionarão qualidade ao preparo mecanizado do solo.
- Os fatores, mão-de-obra, matéria-prima, “meio ambiente”, e medições devem ser revisados para ser incluídos ao plano original.
- Em relação à qualidade do sulco na “faixa de galhada”, o fator operacional prioritário foi a distribuição da resteva superficial com 64% de peso relativo.
- O item regulagem do implemento possui custo inferior à distribuição da resteva e está fortemente relacionado com a qualidade exigida.
- A utilidade de cada trator e modelo será maximizada pelas relações desses com os fatores do método operacional do preparo mecanizado do solo.
- A qualidade será controlada pela profundidade do sulco de plantio, e será obtida pelas regulagens adequadas do conjunto tratorizado.
- A qualidade do sulcamento em solo com estrutura crítica, será obtida através de um sulcador alternativo com haste 0,90m de comprimento.
- O modelo sistematizado pelo método QFD, por ser cíclico, servirá de base para implementar as melhorias contínuas ao preparo mecanizado do solo através do ciclo PDCA de gerenciamento pela qualidade total.

ANEXOS

Anexo A - Cronograma de reuniões para obter o modelo conceitual

O que		Onde	Quando
1	Apresentação do plano da pesquisa e definir as funções da equipe	Itapetininga/S.P	23/11/00
2	Definir o cenário da pesquisa, obter as exigências do cliente (mudas de <i>Eucalyptus</i> spp) sobre preparo do solo e desdobrá-las		02/02/01
3	Desdobrar as funções secundárias da qualidade do preparo do solo para níveis executáveis	Piracicaba	21/02/01
4	Compor a matriz ou casa da qualidade do preparo do solo	São Miguel Arcanjo	15/03/01
5	Compor as matrizes auxiliares do modelo conceitual	Itapetininga	22/03/01

Anexo B - Perfil dos Núcleos Florestais NF5, NF4A e NF6

Coordenadas geográficas e clima.

Núcleo Florestal	Município	Coordenadas		Clima		
		Latitude	Longitude	Precipitação mm/ano	Temperatura °C	
					Máxima	Mínima
NF5	S. Miguel-SP	23°51'00" S	47°54'00" W	2145	26,4	14,8
NF4A	Alambari- SP	23°32'11"S	47°50'57"W	1200	23,0	16,0
NF6	Itatinga-SP	23° 02'00"S	48° 38'00"W	1230	31,0	8,0

Classificação do solo.

Núcleo Florestal	Área (há)	% da área	Textura do solo
NF5	11200	100	Média-argilosa
NF4A	1659	20	Média/argilosa
		80	Arenosa/média
NF6	1300	10	Argiloso
	10000	90	Arenoso

Especificações técnicas dos conjuntos tratorizados.

Núcleo Florestal	Trator			Implemento		
	Marca/Modelo	Motor		Dimensão (m)		Marca
		Marca	Potência	Disco*	Sulcador*	
NF5	Valmet 985	MWM	73,5kW	1,0	0,70	DMB
NF4A	Valmet 985	MWM	73,5kW	1,0	0,70	DMB
NF6	Valmet 1280	MWM	94,1kW	1,0	0,70	DMB

Nota- * Diâmetro, ** comprimento na vertical da monohaste com aletas.

Perfil profissional dos operadores dos conjuntos tratorizados

Núcleo Florestal	Tempo mínimo de experiência na Operação	Treinamento específico	Nível de escolaridade
NF5	2 anos	Sim	Fundamental completo
NF4A	5 anos		
NF6	8 anos		

Anexo C - Elementos do cenário da pesquisa

- Clientes: são as mudas de *Eucalyptus* spp que demandam solo de qualidade o bastante para promoverem o seu arranque e crescimento, representadas pela equipe técnica dos Núcleos Florestais.
- Empresa produtora de solo: Núcleo Florestal NF5.
- Empresas concorrentes: Núcleos Florestais NF4A e NF6, pertencentes ao mesmo grupo empresarial e possuindo negócios semelhantes ao NF5.
- Fornecedores da matéria-prima (solo e resteva): representados pela natureza e pelas operações anteriores ao preparo mecanizado do solo, que no geral, são as operações de colheita.

Anexo D- Terminologia básica adotada para unificar a linguagem

- Clientes- são empresas, pessoas e processos parciais que recebem dos fornecedores produtos e serviços.
- Desdobrar a função- é entendê-la. É a transformação de cada função primária do solo para níveis menos subjetivos ou para indicadores da qualidade.
- Fatores de produção (6M)- contribuem para a obtenção do produto, são: máquinas, métodos operacionais, mão-de-obra, matéria-prima, “meio ambiente”, e medições.
- Fornecedores- são empresas e processos parciais ou pessoas que fornecem produtos e serviços aos clientes, podendo ser externo e interno à empresa.
- Indicadores da qualidade do solo- são as características técnicas que dão indícios de fatos. São oriundos das funções primárias do solo. Podem ser avaliados de forma direta ou indireta, permitindo inferências sobre a

qualidade do solo, de fácil utilização, obtenção, cálculo e de baixo custo econômico (Burger & Kelting, 1999).

- Matéria prima – é a matéria básica para a obtenção do produto. É o solo e a resteva (ou restos culturais) sem funções imediatas para as mudas de *Eucalyptus* spp.
- Modelo Conceitual- é o procedimento sistematizado para atingir as metas da qualidade estabelecida (Prates & Krafetuski, 1995).
- Preparo do solo para mudas de *Eucalyptus* spp- é o plano de obtenção da qualidade do produto solo, resultante de um processo gerenciado, por intermédio da manipulação mecânica ou manual da matéria-prima (solo e resteva) a princípio sem qualidade, cujo objetivo é proporcionar as condições químicas, físicas e biológicas necessárias à produtividade das árvores, com especificações técnicas bem definidas, passíveis de mensurações e controle.
- Produtos- são os resultados gerais do processo, comercializáveis ou não. No caso específico, o produto é o solo para implantação da cultura florestal.
- Qualidade do solo- é a função ou serventia do solo.
- Responsabilidade - é a competência funcional integrada aos meios e aos fins do processo. A responsabilidade dos meios compete ao pessoal operacional, enquanto a responsabilidade dos fins compete ao gerente do processo.

Anexo E- Definição dos termos da matriz da qualidade e características técnicas para preparo do solo

Primária		Secundária	Terciária (Características Técnicas ou Requisitos Técnicos)
1- Manter a produtividade das árvores- é proporcionar as condições mínimas para o estabelecimento das florestas cultivadas e manutenção de seu crescimento e desenvolvimento, resultando em colheitas ricas em celulose com qualidade industrial	1.1- Química- é servir às plantas através dos fenômenos químicos	1.1.1- Promover a transformação química dos nutrientes- é processar devidamente os nutrientes por mineralização ou mobilização	1.1.1.1- Teor de óxido de ferro e/ou alumínio, 1.1.1.2- Umidade do solo, 1.1.1.3- Teor de matéria orgânica, 1.1.1.4- Temperatura do solo, 1.1.1.5- Declividade do solo
		1.1.2- Promover a degradação de resíduos químicos- é modificar a estrutura molecular dos fitotóxicos e outros, tornando-os indisponíveis para as plantas e outros seres	1.1.2.1- Cor do solo, 1.1.2.2- Textura do solo, 1.1.2.3- Óxido de ferro e/ou alumínio do solo
		1.1.3- Reter/Fornecer água e nutrientes- é a capacidade de adsorção e disponibilização de água e nutrientes pelas partículas do solo para as plantas	1.1.3.1- Capacidade de troca de cátions do solo, 1.1.3.2- Teor de matéria orgânica do solo
	1.2- Física- é servir através dos fenômenos físicos	1.2.1- Possuir torrões uniformes- é ter torrões de diâmetros que possibilite a agregação do solo para conservação e disponibilização de água e nutrientes para as plantas	1.2.1.1- Tamanho dos torrões, 1.2.1.2- Largura dos sulcos de plantio, 1.2.1.3- Profundidade do sulco de plantio
		1.2.2- Servir de suporte físico para as plantas- é permitir que as plantas não tombem ou inclinem seu caule	1.2.2.1- Árvores tombadas, 1.2.2.2- Raízes expostas, 1.2.2.3- Substrato/torrão exposto, 1.2.2.4- Plantas afogadas ou coletores soterrados, 1.2.2.5- Volume explorado pelas raízes, 1.2.2.6- Plantas com raízes enoveladas, 1.2.2.7- Altura da planta, 1.2.2.7- Profundidade do preparo do solo, 1.2.2.8- Consistência do solo, 1.2.2.9- Umidade do solo, 1.2.2.10- Profundidade do lençol freático, 1.2.2.11- Profundidade do solo
		1.2.3- Possuir drenagem satisfatória- é drenar o excesso de água gradativamente após a saturação do solo com erosão física e química reduzidas ou inexistentes.	1.2.3.1- Granulometria, 1.2.3.2- Profundidade do sulco, 1.2.3.3- Profundidade do solo, 1.2.3.4- Presença de mosqueado, 1.2.3.5- Plantas deficientes, 1.2.3.6- Altura das plantas, 1.2.3.7- Taxa de infiltração, 1.2.3.8- Tamanho da raiz, 1.2.3.9- Número de plantas tombadas, 1.2.9.10- Umidade do solo
		1.2.4- Não possuir limitações físicas- é ser livre de obstáculos estruturais do solo que impeçam o crescimento das raízes	1.2.4.1- Interrupções das operações mecanizadas, 1.2.4.2- Profundidade do solo, 1.2.4.3- Profundidade do lençol freático, 1.2.4.4- Resistência do solo, 1.2.4.5- Presença de seixos ou rochas, 1.2.4.6- Afloramento de rochas, 1.2.4.7- Umidade do solo
		1.2.5- Reter/fornecer água e nutrientes- é possuir uma situação porosa que regule a retenção e fornecimento de água para as plantas	1.2.5.1- Estrutura do solo, 1.2.5.2- Capacidade de troca de cátions, 1.2.5.3- Umidade do solo, 1.2.5.4- Profundidade do solo, 1.2.5.5- Teor de matéria orgânica, 1.2.5.6- Taxa de infiltração, 1.2.5.7- Resistência do solo, 1.2.5.8- Declividade do terreno
		1.2.6- Não possuir resíduos vegetais que limitem a mecanização- é possuir esses resíduos sem resistência ao movimento dos implementos	1.2.6.1- Distância entre a linha atual e a anterior, 1.2.6.2- Disponibilidade mecânica do trator e implemento, 1.2.6.3- Número de ocorrências de danos mecânicos ao trator e implemento, 1.2.3.4- Cobertura vegetal com tocos
	1.3- Biológica- é servir por fenômenos biológicos	1.3.1- Promover transformações de natureza biológica- é possuir microorganismos que auxiliem a agregação e o fornecimento dos nutrientes para as plantas	1.3.1.1- Respiração do solo, 1.3.1.2- Presença de mesofauna, 1.3.1.3- Matéria orgânica, 1.3.1.4- Temperatura do solo, 1.3.1.5- Umidade do solo, 1.3.1.6- Vegetação de sub-bosque
		1.3.2- Ser livre de pragas- é estar isento total ou parcialmente de patógenos e outros seres da mesofauna em níveis que possam causar danos econômicos	1.3.2.1- Presença de cupins, 1.3.2.2- Presença de formigas, 1.3.2.3- Danos físicos às plantas, 1.3.2.4- Doenças das plantas

Anexo F- Definição dos termos da matriz do modelo conceitual para preparo do solo

1- Métodos	1.1- Operação Sulcamento	1.1.1- Acoplamento Trator e Implemento- É a união mecânica por pinos e hastes formando um só corpo	
		1.1.2- Regulagem do Sulcador	1.1.2.1- Terceiro Ponto- É uma das três barras que segura o implemento ao trator, fundamental para a regulagem de profundidade do sulcador
			1.1.2.2- Estabilizadores- São 2 tensores unidos às barras inferiores do sistema hidráulico do trator. São reguláveis e responsáveis pela estabilidade lateral do conjunto
			1.1.2.3- Dispositivo de fixação de Profundidade- Pode ser mecânico ou eletrônico, servindo para fixar a profundidade de sulcamento
		1.1.3- Distribuição da Resteva Superficial- É a deposição em faixas estreitas e paralelas que permitam a passagem livre do sulcador sobre a área	
2- Máquinas* - Termo adequado para tratores e adaptado para o sulcador	2.1- Trator	1.1.4- Estratégia	
		1.4.1- Velocidade do Conjunto Tratorizado- É o padrão técnico recomendado para a operação	
	2.2- Implemento	2.1.1- Valmet 1580- Modelo de trator agrícola comercializado	
		2.1.2- Valmet 985- Modelo de trator agrícola comercializado	
		2.2.1- Sulcador (Suzano)	2.2.1.1- Haste Convencional 0,70m- Especificação do sulcador que vem atendendo aos casos gerais do preparo do solo do NF5
			2.2.1.2- Haste Alternativa Longa (Protótipo)- Opção de sulcador para os casos específicos de gargalos que o convencional não pode resolver

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAO, Y. **Quality function deployment:** integrating customer requirements into product design. Portland: Maple-Vail, 1990. 369p.

AKAO, Y. Qfd: past, present and future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QFD '97, Linköping, 1997. Linköping: Quality Function Deployment Institute, 1997. www.qfdi.org/QFD_History.pdf. (02 nov. 2001).

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships.** St. Joseph, 1997.117p. (ASAE. EP, 229-1).

AMERICAN SOCIETY QUALITY. **Asq glossary of terms.** www.asq.org/info/glossary/definition.html#o. (02 de nov. 2001).

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 307p.

BODE, J.; FUNG, R.Y.K. Cost engineering with quality function deployment. **Computers & Industries Engineering**, v.35, n.3/4, p.587-590, 1998.

BONILLA, J. A. **Qualidade total na agricultura:** fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 344p.

BONILLA, J. A. **Métodos quantitativos para a qualidade total na agricultura.** Contagem: Littera Maciel, 1995. 250p.

BOLLER, W.; GAMERO, C.A.; MACIEL, A. J. S. Qualidade do preparo de solo com grade em função das regulagens e da utilização de discos esféricos e cônicos. **Engenharia Rural**, v.6, n.2, p.1-9, 1995.

BROCKA, B.B.; BROCKA, S. **Gerenciamento da qualidade.** São Paulo: Makron Books, 1994. 457p.

BURGER, J.A., KELTING, D. L. Using soil quality indicators to assess forest stand management. **Forest Ecology and Management**, v.122, p.155-166, 1999.

CAMPOS, V. C. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** Belo Horizonte: Bloch, 1994. 276p.

CAMPOS, V. C. **Gerenciamento pelas diretrizes.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni; Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 334p.

CAÑAVETE, J.O.; HERNANZ. J.L. **Técnica de la mecanización agrária.** Madrid: Mundi-presa, 1989. 756p.

CAUCHICK MIGUEL, P.A.; CARPINETTI, L.C.R. Some brazilian experiences on qfd application (compact disc). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QFD '99, Belo Horizonte, 1999. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.

CAUCHICK MIGUEL, P.A.; WEIDMANN, A. Construção da casa da qualidade: exemplo didático para o ensino do desdobramento da função qualidade(qfd). **Revista de Ensino de Engenharia**, v.18, n.1, p.41-50, 1999.

CHENG, L.C.; SCAPIN, C.A.; OLIVEIRA, C.A.; KRAFETUSKI, E.; DRUMOND, F.B.; BOAN, F.S.; PRATES, L.B.; VILELA, R.M. **QFD**: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995. 262p.

CORRÊA, I.M.; YANAI, K.; PECHE FILHO, A.; MAZIERO, J.V.G.; MENEZES, J.F.; PECHE, A.T.M. Subsolador vibratório II: mobilização do solo com e sem acionamento do mecanismo de vibração. **Engenharia Rural**, v.2, n.2, p.15-18, 1991.

COSTA, L.M.; NACIF, P.G.F.; OLSZEWSKI, N.; COSTA, O.V. Adequação do método e equipamento de preparo do solo às condições morfológicas, estruturais, e texturais do solo (compact disc). In: SEMINÁRIO SOBRE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE PREPARO DO SOLO PARA PLANTIO DE FLORESTAS, Piracicaba, 2000. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000.

CRISTIANO, J.J.; LIKER, J.K.; WHITE, C.C. Customer-driver product development through quality function deployment in the U.S. and Japan. **Journal of Product Innovation Management**, v.17, n.4, p.286-308, 2000.

CUNALI DE FELIPE, E. Tendências mundiais para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR '2001, 3., Ribeirão Preto, 2001. Ribeirão Preto: Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial, 2001. 1v.

DALLMEYER, A.U. Avaliação energética e desempenho operacional de equipamentos de preparo de solo. Botucatu, 1994. 156p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias do Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

DELLARETTI FILHO. **As sete ferramentas do planejamento da qualidade.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni,1996. 173p.

DELLARETTI FILHO, O.; DRUMOND, F.B. **Itens de controle e avaliação de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni,1994. 151p.

DODSON, M.S. Avaliação da influência de indicadores no custo operacional de um sistema de produção de milho (*Zea mays* L.). Jaboticabal, 1998. P.87. Monografia (Graduação) – Faculdade de Ciências Veterinárias e Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. **Qualidade total:** controle estatístico da qualidade. www.esalq.usp.br/qualidade/qttotal.html. (02 nov. 2001).

FERNANDES, J.; FURLANI NETO,V.L.; STOLF, R. Dimensionamento do subsolador alado. **Brasil Açucareiro**, v.97, n2, p.32-38, fev. 1981.

FERNANDES, R.A.T. Aplicação de conceitos da qualidade em operações mecanizadas na produção de milho (*Zea mays* L.) para silagem. Piracicaba, 2000. 81p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

GARLIPP, R.C. Projetos florestais de seqüestro de carbono: qualificações . In: SEMANA FIESP/CIESP DE MEIO AMBIENTE, 3., São Paulo, 2001. www.sbs.org.br/mudancas_climaticas_internet.ppt. (02 nov. 2001).

GAVA, J.L.; MILAN, M. **Avaliação da qualidade do preparo do solo em áreas planas**. Piracicaba: DRN/SUZANO/ESALQ, Divisão de Recursos Naturais, 2001. 11p. (Parecer Técnico apresentado à Companhia Suzano de Papel e Celulose, São Paulo).

GITLOW, H.S. **Planejando a qualidade, a produtividade e a competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993. 190p.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Métodos de preparo do solo e manejo de resíduos culturais em plantações florestais (compact disc). In: SEMINÁRIO SOBRE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE PREPARO DO SOLO PARA PLANTIO DE FLORESTAS, Piracicaba, 2000. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000.

HAKES, C. (Ed.) **Total quality management**: the key to business improvement. London; a Pera International Executive. London: Chapman & Hall, 1992. 182p.

HARRIS, R. F., BEZDICEK, D. F. Descriptive aspects of soil quality. In: DORAN, J. W. **Defining soil quality for a sustainable enviromenty**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.23-35.

HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, p.63-73, May/June 1988.

HO, E.S.S.A.; LAI, Y.; CHANG, S. Integrated group decsion-making approach to quality functio deployment. **IEE Transactions**, v.31, n.6, p.553-567, 1999.

JACOVINE, L.A.G. Gestão da qualidade na colheita de madeira em povoamentos equiâneos. Viçosa, 2000. 136p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

JURAN, J. M. **Managerial breakthrough**: the classic book on improving management performance. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 429p.

JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. **Controle de qualidade**: do marketing à assistência técnica. São Paulo: Makron Books, 1992. 260p.

KARLEN, D. L.; STOTT, E. D. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.53-71.

KELTING, D.L.; BURGER, J.A.; PATTERSON, S. C.; AUST, W.M.; MIWA,M.; TRTTIN, C.C. Soil quality: assessment in domesticated forest – a southern pine example. **Forest Ecology and Management**, v.122, n.1/2, p.167-185, 1998.

KIM, J.K.; HAN, C.H.; CHOI, S.H.; KIM, S.H. A knowledge-based approach to the quality function deployment. **Computers Industries Engineers**, v.35, n.1/2, p.233-236, 1998.

KIM, K.; MOSCKOWITZ, H.; DHINGRA, A.; EVANS, G. Fuzzy multicriteria models for quality function deployment. **European Journal of Operational Research**, v.121, n.3, p.504-518, 2000

KOYATZU, M.; KUBOTA, I. Quality function deployment in process industries. In: AKAO, Y. **Quality function deployment**: integrating customer requirements into product design. Portland: Maple-Vail, 1990. p.238-262.

LAFLEN, J.M.; ANEMIYA, M.; HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. Ankeny. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.36, n.6, p.341-343, 1981.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.37-51.

LINO, A.C.L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Análise de fragmentação de fitomassa realizada por uma roçadora em uma área com predominância de capim-colonião. **Bragantia**, v.58, n.2, p.401-407, 1999.

LOPES, B. L.; LUNARDI FILHO, D.; PECHE FILHO, A.; COELHO, D. J. L.; MILAN, M. Qualidade em operações agrícolas mecanizadas na cultura de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.13, n.3, p.26-30, 1995.

MAGRI, W.; TORRES, I.V.; OLIVEIRA, C.A.; CUNHA, A.; BOSCO, M.A.M.; CAIXETA, A. QFD na belgo mineira: experiência inédita de aplicação na indústria siderúrgica brasileira. In: CHENG, L.C.; SCAPIN, C.A.; OLIVEIRA, C.A.; KRAFETUSKI, E.; DRUMOND, F.B.; BOAN, F.S.; PRATES, L.B.; VILELA, R.M. **QFD: planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia; Fundação Christiano Ottoni, 1995. p.235-250.

MAIN, J. **Guerras pela qualidade**: os sucessos e os fracassos da revolução da qualidade. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 459p.

MAZUR, G. **Brief introduction to qfd: history.** 2001. www.mazur.net/htm#HISTORY. (02 nov. 2001).

MAZUR, G.; KING, B.; SLABELY, B. A glossary of quality deployment terminology. In: AKAO, Y. **Quality function deployment: integrating customer requirements into product design.** Portland: Maple-Vail, 1990. p.357-361.

MILAN, M. Controle de qualidade em operações agrícolas. In: CÂMARA, G. M. **Tecnologia da produção.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, 1998. p.113-120.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Controle da qualidade nas operações de preparo do solo (compact disc). In: SEMINÁRIO SOBRE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE PREPARO DO SOLO PARA PLANTIO DE FLORESTAS, Piracicaba, 2000. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control.** New York: John Wiley, 1985. 489p.

OLIVEIRA JÚNIOR, E.D. Compactação do solo devido ao tráfego de carretas florestais com dois tipos de pneus inflados à diferentes pressões. Piracicaba, 1998. 67p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PARK, K. Determination of an optimal set design requirements using house quality. **Journal of Operations**, v.16, n.5, p.569-581, 1998.

PASQUA, S. L.; MILAN, M.; PECHE FILHO, A. Controle de qualidade de operações agrícolas mecanizadas na cultura do milho (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25.; CONGRESSO LATINO

AMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA, 2., **Resumos**, Bauru: Unesp/Sbea/Alia, 1996.

PECHE FILHO, A.; COSTA, J.A.; FERRETI, G.; STORINO, M. Avaliação do grau de picagem de material orgânico: uma proposta de metodologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., Campinas, 1994. **Resumos**. Campinas: UNICAMP, SBEA, 1994. p.252.

PETERSON, C. L. **Agricultural machinery management**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers-ASAE, 1998. 170p.

ROTHERY, B. **Controle da qualidade**: ISSO 9000. São Paulo: Makron Books, 1993. 262p.

SARANTÓPOULUS, I.A.; GUEDES, L.B.R. Implantação de qfd em uma indústria de alimentos: sadia concórdia s.a. In: CHENG, L.C.; SCAPIN, C.A.; OLIVEIRA, C.A.; KRAFETUSKI, E.; DRUMOND, F.B.; BOAN, F.S.; PRATES, L.B.; VILELA, R.M. **QFD**: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: UFMG; Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995. p.213-250.

SARRIÉS, G.A. Controle estatístico da qualidade para impurezas minerais em carregamentos de cana-de-açúcar. Piracicaba, 1997. 88p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido á colheita de madeira. Piracicaba, 2000. 75p.
Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SOUZA, F.L.C.; TREIN, C.R.; CANPANI, D.B. Determinação do perfil do solo mobilizado pela ação do subsolador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2., Jundiaí, 1987. **Anais**. Jundiaí: SBEA, 1987. p.329-335.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E., ROHRBACH, R. P. **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph: Pamela de Vore-Hansen, 1993. 601p.

STAHL, M. J. **Management total quality in global enviroment**. Cambridge: Blackwell, 1995. 546p.

TEMPONI, C.; YEN, J.; TIAO, W.A. House quality: a fuzzy logic-based requirements analysis. **European Journal of Operations Research**, v.117, n.2, p.340-354, 1999.

TRINDAD, C. Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal. Viçosa, 1993. 164p. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal de Viçosa.

UNGER, P.W. Common soil and water conservation practices. In: AGASSI, M. **Soil erosion, conservation, and reahabilitation**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.230-265.

VAIRAKTARAKIS, G.L. Optimization tools for design and marketing of new/improved products using the house of quality. **Journal of Management**, v.17. p.645-663, 1999.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 198p.

WASSERMAN, G.S. On how to prioritize design requirements during the qfd planning process. **IEE Transactions**, v.25, n.3. p.59-65, 1993.

WESNER, J.W., HIATT, J.M., TRIMBLE, D.C. **Winning with quality**: applying quality principles in product development. Massachusetts: Addison-Wesley, 1995. 300p.

WICHERT, M.C.P., MOURA, I.M. Relação entre potência x capacidade operacional de carga dos tratores utilizados na silvicultura (compact disc). In: REUNIÃO TÉCNICA DO PROGRAMA DE MANEJO E SILVICULTURA, 15., Botucatu, 2001. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2001.