Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Planejamento da qualidade dos processos silviculturais na cultura do eucalipto no Brasil

Diana Carolina Vásquez Castro

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba 2017

Diana Carolina Vásquez Castro Ingeniera Forestal

Planejamento da qualidade dos processos silviculturais na cultura do eucalipto no Brasi
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. MARCOS MILAN

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Vásquez Castro, Diana Carolina

Planejamento da qualidade dos processos silviculturais na cultura do eucalipto no Brasil / Diana Carolina Vásquez Castro. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.- - Piracicaba, 2017.

121 p

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

1. QFD 2. Silvicultura 3. Qualidade florestal 4. Mecanização florestal I. Título $\,$

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e licença para fazer meu doutorado,

A toda minha família em especial meus pais Hernando Vásquez e Berenice Castro, meu irmão Javier Vásquez, meu avô Hernando Vásquez pelo apoio sempre.

Ao Prof. Dr Marcos Milan, pela valiosa orientação, dedicação, atenção, boas conversas e seu exemplo.

Ao programa de bolsas **PEC-PG – CAPES** (15062120) pela bolsa concedida.

Ao **Prof. Dr José Leonardo Goncalves,** pela ajuda, apoio, atenção e oportunidade de participar nas reuniões do PTSM.

Aos professores e funcionários do programa de Recursos Florestais.

A meus amigos da Colômbia

As **irmãs** da casa: Irma Lucia, Irma Inês (*in memoriam*), Irma Marta, Irma Lourdes, Irma Celia, Irma Maria Jose, e as **meninas** que moraram comigo no pensionato: Dai, Maris, Tati, Vanessa, Fly, Naty.

À Companhia Suzano de Papel e Celulose pela oportunidade para realização do trabalho e por todo apoio prestado, especialmente para Lindemberg Farias, Debora Camilo, Jose Luiz Gava, Thaina Lima, Mariana Possari, Renata Rodrigues, pela ajuda nas reuniões; aos funcionários de campo da empresa Suzano Papel e celulose: Gabriel, Luiz roberto Piscelli, Rafael, Rangel e ao pessoal da Tramaterra.

Aos meus amigos de sala, Argélio Paniago, Nelson Franco, Joao Sorto, Leonardo Vargas, Daniela Oliveira, Maria Carolina, Rafael Tieppo, pelas boas conversas e o convívio.

Ao meus amigos no Brasil Luis Carlos Zaccaro, Sandra Goncalves, Luiz Rocha, Suely Rocha, Ana, Estela Geraldin, Ilara Budzinski, Simone Castro, Penélope, Mariana Moreira, Leonardo Chiaranda, Renato Rodrigues, por fazer parte na minha vida durante minha estadia em Piracicaba.

A minhas queridas amigas que moraram no pensionato **Akenya Alkimim** e **Jayane Oliveira** obrigada por tudo o apoio.

Ao meus amigos Colombianos em Piracicaba especialmente ao Fredy Aguilar.

A fundação **ACIAR** (Australian Centre for International Agricultural Research) e ao **Dr. Roger Arnold** pela seleção do meu projeto para apoio financeiro nos cursos e participação na Conference do IUFRO Eucalipt 2015.

Ao meu noivo **Julian Giraldo**, por ser minha maior fonte de inspiração, muito obrigada pelo seu apoio, paciência, cuidados, por sempre acreditar em mim, obrigada pelas palavras de alento em todos os momentos.

A minha querida **Mayra Alejandra Pineda Quimbayo**, embora desde longe sempre tem estado ai apoiando com sábias palavras de amizade.

E a todas as pessoas que colaboraram nos últimos três anos e meio.

EPÍGRAFE

"A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos". Marcel Proust

"La mente que se abre a una nueva idea, Jamás volverá a su tamaño original."

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Cultura do Eucalipto	18
2.1.1. Processo de produção florestal	19
2.1.1.1. Preparo do solo	20
2.1.1.2. Plantio	21
2.1.1.3. Tratos silviculturais	21
2.1.1.4. Colheita	22
2.2. GESTÃO DA QUALIDADE	23
2.2.1. Planejamento da qualidade	24
2.2.2. Desdobramento da função da qualidade	25
2.2.2.1. Aplicação do método QFD no setor agrícola-florestal	26
2.3. FERRAMENTAS DA QUALIDADE	28
2.3.1. Controle estatístico do processo (CEP)	29
2.3.2. Cartas de controle	30
2.3.2.1. Aplicação das ferramentas da qualidade no setor florestal	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. FASE1- DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRIORITÁRIAS	35
3.1.1. Qualidade exigida (fase 1)	36
3.1.2. Qualidade Planejada (fase 2)	37
3.1.2.1. Grau de importância (GI)	37
3.1.2.2. Avaliação comparativa (AC)	38
3.1.2.3. Plano de melhoria (PM)	38
3.1.2.4. Índice de melhoria (IM)	39
3.1.2.5. Argumento técnico (AT)	39
3.1.2.6. Peso absoluto (PA)	39

3.1.2.7. Peso relativo (PR)	40
3.1.3. Características técnicas (fase 3)	40
3.1.4. Matriz de relações (fase 4)	41
3.1.5. Qualidade projetada (fase 5)	42
3.1.6. Matriz de correlação (fase 6)	43
3.2. Avaliação das características técnicas prioritárias do	PROCESSO
SILVICULTURAL DA PRODUÇÃO DE EUCALIPTO	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Etapa 1- Definição das características técnicas prioritárias	45
4.1.1. Qualidade Exigida (fase 1)	46
4.1.2. Qualidade planejada (fase 2)	49
4.1.2.1. Grau de Importância	49
4.1.2.2. Avaliação Comparativa	50
4.1.2.3. Plano da Qualidade	53
4.1.2.4. Índice de Melhoria	55
4.1.2.5. Argumento Técnico	57
4.1.2.6. Peso Absoluto e Relativo- Qualidade Planejada	57
4.1.3. Características técnicas do produto - "COMO's" (fase 3)	62
4.1.4. Matriz de relações- "O QUE's versus COMO's" (fase 4)	
4.1.5. Qualidade Projetada (Fase 5)	66
4.1.5.1. Benchmarking da qualidade projetada	68
4.1.6. Matriz de correlação (fase 6)	70
4.2. Avaliação das características técnicas prioritárias do	PROCESSO
SILVICULTURAL DA PRODUÇÃO DE EUCALIPTO	76
4.2.1. Profundidade da subsolagem em áreas com preparo do solo convencion	al 77
4.2.2. Profundidade da subsolagem em áreas com preparo do solo savannah	86
4.2.3. Qualidade do plantio	96
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS DA PESQUISA	101
6. CONCLUSÕES	
REFERÊNCIAS	105
APÊNDICES	

RESUMO

Planejamento da qualidade dos processos silviculturais da cultura do eucalipto no Brasil

O setor florestal tem grande importância econômica na formação do PIB interno do Brasil e o reflorestamento contribui para a redução do desmatamento das florestas nativas. A demanda crescente pela cultura do eucalipto exige do setor florestal a busca pela competitividade, e essa competitividade está associada à produtividade. A produção do eucalipto é uma atividade complexa que envolve inúmeras variáveis interligadas e o bom desempenho dessas variáveis garante o sucesso da cultura. Nesse contexto o planejamento do processo produtivo é de fundamental importância para definir as variáveis que podem influir no desenvolvimento das arvores e consequentemente na produtividade e assim contribuir na otimização dos recursos. Para tanto, é necessário conhecer as demandas da cultura definindo as variáveis que podem influenciar tanto na produtividade quanto na qualidade. Com isso, o objetivo principal do trabalho foi identificar as características técnicas prioritárias para atender as exigências das operações silviculturais para a produção de eucalipto e avaliar se essas características estão sendo atendidas dentro dos padrões necessários na fase de execução dos processos. A metodologia empregada foi a função desdobramento da qualidade (QFD) tendo como cliente o eucalipto. O trabalho foi realizado na Companhia Suzano de Papel e Celulose, localizada no Estado de São Paulo, BR. A metodologia permitiu traduzir as demandas do eucalipto em características técnicas, 79 no total, e os valores a serem atribuídos a essas características devem ser avaliados, devido às correlações existentes entre elas. Essas correlações podem trazer benefícios quando positivas, mas também podem influenciar negativamente o desenvolvimento da cultura. Com base nos resultados da identificação das características técnicas prioritárias, a profundidade de subsolagem e a qualidade do plantio foram avaliadas a campo em duas áreas, localizadas na região de Itirapina e Agudos no estado de São Paulo. Os resultados mostram que embora as profundidades de subsolagem atendem ao especificado, o processo não está sob controle. Já para a qualidade do plantio o processo está sob controle nas áreas avaliadas.

Palavras-chave: QFD; Silvicultura; Qualidade florestal; Mecanização florestal

ABSTRACT

Quality planning for silviculture operations involving eucalyptus culture in Brazil

The forestry sector is one of the primary sectors that contribute significantly to the Brazilian GDP and reforestation contributes to the reduction of deforestation of native forests in the country. The growing demand for eucalyptus crop requires the forestry sector to be competitive, and this competitiveness is associated with productivity. Eucalyptus production is a complex activity that includes several interrelated variables, and the good performance of these variables ensures the success of the crop. In this context the planning of the productive process is fundamental importance to define the variables that can influence the development of the trees and consequently in the productivity and thus contribute with the optimization of the resources. To define the variables that can influence both productivity and quality, it is necessary to know the crop demand. Therefore, the main objective of this study was to identify the priority technical characteristics in order to meet the silvicultural operations requirements for eucalyptus production, and to evaluate whether or not these characteristics meet the standards in the process execution phase. The methodology used was the quality function deployment (QFD), and the customer was the eucalyptus. The search was carried out at Suzano Pulp and Paper Company, located in the State of São Paulo, Brazil. The demand for eucalyptus was converted into technical characteristics, 79 total, and the values to be attributed to these characteristics should be evaluated, due to the correlation between them. These correlations can bring benefits when positive, but they can also negatively impact the development of the crop. The results obtained from the priority technical characteristics show that the subsoiling depth and the quality of the planting were evaluated in the field in two areas in the region of Itirapina and Agudos in the state of São Paulo. The outcomes show that although the subsoiling depths meet the specified depths, the process is not under control. On the other hand, in regards to the quality of the planting, the process is under control.

Keywords: QFD; Forestry; Forest quality; Forest mechanization

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA GERAL DO GRAFICO DE CONTROLE DE PROCESSOS. LSC: LIMITE SUPERIOR DE CONTROLE, LC: LIMITE CENTRAL, LIC: LIMITE
INFERIOR DE CONTROLE30
FIGURA 2. FASES DA MATRIZ DA QUALIDADE ADAPTADO DE CHENG ET AL. (1995) E GOVERS (1996)
FIGURA 3. ESTRUTURA DO DIAGRAMA DE AFINIDADES (ADAPTADO DE CHENG ET AL., (1995))37
FIGURA 4. MATRIZ DE RELAÇÕES DOS ITENS DA QUALIDADE EXIGIDA E AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS42
FIGURA 5. VISÃO PARCIAL DA MATRIZ DA QUALIDADE46
FIGURA 6. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DAS EXIGÊNCIAS DA QUALIDADE. 52
FIGURA 7. PLANO DA QUALIDADE DAS EXIGÊNCIAS DA QUALIDADE54
FIGURA 8. ÍNDICE DE MELHORIA DA QUALIDADE DAS EXIGÊNCIAS DO PROCESSO SILVICULTURAL DE EUCALIPTO56
FIGURA 9. ITENS DA QUALIDADE COM PESOS RELATIVOS E ACUMULADOS.
FIGURA 10. RELAÇÃO ENTRE OS PESOS RELATIVOS E O GRAU DE IMPORTÂNCIA60
FIGURA 11. PESO RELATIVO DOS ITENS DA QUALIDADE PRIORITÁRIOS PARA CADA PROCESSO DO ESTUDO61
FIGURA 12. VISÃO PARCIAL DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA QUALIDADE, PARA O GRUPO DE PREPARO DO SOLO, COM AS UNIDADES E TENDÊNCIAS
FIGURA 13. VISÃO PARCIAL DA MATRIZ DA QUALIDADE COM AS RELAÇÕES ENTE A QUALIDADE EXIGIDA (QUÊ'S) E AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (COMO'S)65
FIGURA 14. QUALIDADE PROJETADA DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROCESSO SILVICULTURAL DE PRODUÇÃO DE EUCALIPTO67
FIGURA 15. PROFUNDIDADE DO PREPARO DE SOLO NA ÁREA 1 COM TIPO DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL EM ITIRAPINA-SP77

FIGURA 16. PROFUNDIDADES DO PREPARO DE SOLO NA ÁREA 1 COM TIPO
DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL EM ITIRAPINA-SP 78
FIGURA 17. PERFIL LONGITUDINAL DO PREPARO DO SOLO PARA O PONTO
CENTRAL E POSIÇÕES À ESQUERDA E DIREITA DO PONTO CENTRAL ÁREA
EM ITIRAPINA-SP: A) PONTO CENTRAL; B) 10 CM PARA ESQUERDA; C) 10 CM
PARA DIREITA; D) 20 CM PARA ESQUERDA; E) 20 CM PARA DIREITA; F) 30
CM PARA ESQUERDA; G) 30 CM PARA DIREITA; H) 40 CM PARA ESQUERDA
I) 40 CM PARA DIREITA79
FIGURA 18. MÉDIA (A), E DISPERSÃO PELO DESVIO PADRÃO (B), COM TIPO
DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL ÁREA 1
FIGURA 19. PERFIL DA PROFUNDIDADE DO PREPARO DO SOLO NA ÁREA 2
TIPO DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL 82
FIGURA 20. HISTOGRAMA PARA PROFUNDIDADE DO PREPARO DE SOLO NA
ÁREA 2 COM TIPO DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL
AREA 2 COM TIPO DE SUBSULADOR CONVENCIONAL
FIGURA 21. PERFIL LONGITUDINAL DO PREPARO DO SOLO PARA O PONTO
CENTRAL E POSIÇÕES À ESQUERDA E DIREITA DO PONTO CENTRAL ÁREA
2 EM ITIRAPINA-SP: A) PONTO CENTRAL; B) 10 CM PARA ESQUERDA; C) 10
CM PARA DIREITA; D) 20 CM PARA ESQUERDA; E) 20 CM PARA DIREITA; F
30 CM PARA ESQUERDA; G) 30 CM PARA DIREITA; H) 40 CM PARA
ESQUERDA; I) 40 CM PARA DIREITA
ELCUDA 22 MÉDIA (A) E DICHERGÃO DELO DESVIO DADRÃO (B) MIDO DI
FIGURA 22. MÉDIA (A), E DISPERSÃO PELO DESVIO PADRÃO (B), TIPO DE
SUBSOLADOR CONVENCIONAL ÁREA 2 86
FIGURA 23. PERFIL DA PROFUNDIDADE DO PREPARO DO SOLO NA ÁREA 1
EQUIPAMENTO SAVANNAH 87
TIGUEL AL VIGEO CELLUL DADA DECENDADA DE DO DECENDO DE COLONA
FIGURA 24. HISTOGRAMA PARA PROFUNDIDADE DO PREPARO DE SOLO NA
ÁREA 1 COM TIPO DE SUBSOLADOR SAVANNAH EM QUERÊNCIA-SP 87
FIGURA 25. PERFIL LONGITUDINAL DO PREPARO DO SOLO PARA O PONTO
CENTRAL E POSIÇÕES À ESQUERDA E DIREITA DO PONTO CENTRAL, ÁREA
1, EQUIPAMENTO SAVANNAH: A) PONTO CENTRAL; B) 10 CM PARA
ESQUERDA; C) 10 CM PARA DIREITA; D) 20 CM PARA ESQUERDA; E) 20 CM
PARA DIREITA; F) 30 CM PARA ESQUERDA; G) 30 CM PARA DIREITA; H) 40
CM PARA ESQUERDA; I) 40 CM PARA DIREITA89
CWITARA ESQUERDA, 1) 40 CWITARA DIREITA
FIGURA 26. GRÁFICO DE MÉDIA (A), E DISPERSÃO PELO DESVIO PADRÃO
(B), EQUIPAMENTO SAVANNAH ÁREA 1
FIGURA 27. PROFUNDIDADE DO PREPARO DE SOLO NA ÁREA 2 COM TIPO
DE SUBSOLADOR SAVANNAH EM AGUDOS-SP 91

FIGURA 28. HISTOGRAMA PARA PROFUNDIDADE DO PREPARO DE SOLO NA
ÁREA 2 COM TIPO DE SUBSOLADOR SAVANNAH EM QUERÊNCIA -SP91
FIGURA 29. PROFUNDIDADE DA SUBSOLAGEM COM TIPO DE SUBSOLADOR
SAVANNAH ÁREA 2, RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO 2MPA. A) PONTO
CENTRAL; B) 10 CM PARA ESQUERDA; C) 10 CM PARA DIREITA; D) 20 CM
PARA ESQUERDA; E) 20 CM PARA DIREITA; F) 30 CM PARA ESQUERDA; G)
30 CM PARA DIREITA; H) 40 CM PARA ESQUERDA; I) 40 CM PARA DIREITA 93
50 CM LARA DIREITA, II) 40 CM LARA ESQUERDA, I) 40 CM LARA DIREITA 95
FIGURA 30. MÉDIA (A), E DISPERSÃO PELO DESVIO PADRÃO (B)
EQUIPAMENTO SAVANNAH, ÁREA 294
FIGURA 31. DIAGRAMA 6M APLICADO NAS ÁREAS COM O TIPO DE
SUBSOLADOR CONVENCIONAL FORA DO CONTROLE95
FIGURA 32. DIAGRAMA 6M APLICADO NAS ÁREAS COM O TIPO DE
SUBSOLADOR SAVANNAH FORA DO CONTROLE95
FIGURA 33. CONTROLE DO NÚMERO DE DEFEITOS POR MUDA PLANTADA,
BAIXO PREPARO DO SOLO COM SUBSOLADOR CONVENCIONAL A) ÁREA 1
B) ÁREA 297
FIGURA 34. CONTROLE DO NÚMERO DE DEFEITOS POR MUDA PLANTADA,
BAIXO PREPARO DO SOLO COM SUBSOLADOR SAVANNAH A) ÁREA 1 B)
ÁREA 299

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESCALA EM RELAÇÃO AO PESO E GRAU DE IMPORTÂNCIA 38
TABELA 2. ESCALA SOBRE O GRAU DE SATISFAÇÃO NA AVALIAÇÃO COMPARATIVA
TABELA 3. VALORES EMPREGADOS PARA O ARGUMENTO TÉCNICO 39
TABELA 4. TENDÊNCIAS QUE REPRESENTAM O DESEMPENHO DAS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE41
TABELA 5. SÍMBOLOS E PESOS UTILIZADOS NA MATRIZ DE RELAÇÕES 42
TABELA 6. SÍMBOLOS DA MATRIZ DE CORRELAÇÕES 44
TABELA 7. NÚMERO DE ITENS E PERCENTUAL POR PROCESSO 49
TABELA 8. DISTRIBUIÇÃO DOS ITENS DA QUALIDADE 50
TABELA 9. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS ITENS DA QUALIDADE EXIGIDA53
TABELA 10. PESOS ATRIBUÍDOS PELA EQUIPE PARA O ARGUMENTO TÉCNICO
TABELA 11. DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS RELATIVOS DOS ITENS DA QUALIDADE POR PROCESSOS
TABELA 12. GRUPOS REFERENTES ÀS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO - "COMO'S"
TABELA 13. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS69
TABELA 14. METAS DE DESEMPENHOS DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRIORITÁRIAS70
TABELA 15. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MAIS IMPORTANTES PARA ATENDER AS EXIGÊNCIAS DA FLORESTA DE EUCALIPTO71
TABELA 16. CORRELAÇÕES PARA A CARACTERÍSTICA TÉCNICA PRODUTIVIDADE DA FLORESTA72
TABELA 17. CORRELAÇÕES PARA A CARACTERÍSTICA REPOSIÇÃO DE MUDAS74
TABELA 18. CORRELAÇÕES PARA A CARACTERÍSTICA PROFUNDIDADE DA SUBSOLAGEM75

TABELA 19. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS COM MAIS RELAÇÕES DE
INTERDEPENDÊNCIA NO PROCESSO SILVICULTURAL DE PRODUÇÃO DE
EUCALIPTO
TABELA 20. MÉDIA, VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, DESVIO PADRÃO E
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA CADA POSIÇÃO DE PROFUNDIDADE DA
SUBSOLAGEM (ÁREA 1, TIPO DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL)80
TABELA 21. MÉDIA, VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, DESVIO PADRÃO E
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA CADA POSIÇÃO DE PROFUNDIDADE DA
SUBSOLAGEM (ÁREA 2, TIPO DE SUBSOLADOR CONVENCIONAL)85
TABELA 22. MÉDIA, VALOR MÍNIMO, VALOR MÁXIMO, DESVIO PADRÃO E
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA CADA POSIÇÃO ANALISADA
PROFUNDIDADE DA SUBSOLAGEM COM TIPO DE SUBSOLADOR SAVANNAH ÁREA 188
TABELA 23. MÉDIA, VALOR MÍNIMO, VALOR MÁXIMO, DESVIO PADRÃO E
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA CADA POSIÇÃO ANALISADA
PROFUNDIDADE DA SUBSOLAGEM COM TIPO DE SUBSOLADOR SAVANNAH

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QFD \rightarrow Quality funtion deployment

IBÁ → → Indústria Brasileira de Árvores

PIB \rightarrow Produto Interno Bruto

 $FAO \rightarrow Food and Agriculture Organization$

STP -> Sistema Toyota de Produção

 $TQM \rightarrow Total quality management$

 $AT&T \rightarrow American Telephone and Telegraph$

FMEA → Análise de Modo e Efeitos de Falha

CEP → Controle estatístico do processo

ANPM→ → Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira

GI → → Grau de importância

AC → → Avaliação comparativa

 $PM \rightarrow Plano de melhoria$

IM \rightarrow Índice de melhoria

 $AT \rightarrow Argumento técnico$

 $PA \rightarrow Peso absoluto$

 $PR \rightarrow Peso relativo$

 $QE \rightarrow Qualidade$ exigida

CT → Características técnicas

1. INTRODUÇÃO

As florestas são ecossistemas de alta complexidade principalmente em ambientes tropicais como é o caso do Brasil. As florestas tropicais nativas apresentam uma diversidade muito grande de espécies, fornecem alimentos, agem como mecanismo de regulação climática - macro e microclima -, protegem as bacias hidrográficas, abrigam a fauna, fornecem material genético, recreação, além de outros benefícios.

Porém, o produto primário e mais visível da floresta é a madeira, material utilizado em diversas atividades, desde a fabricação de móveis e estruturas até como fonte de energia em altosfornos e no cozimento de alimentos. A exploração da madeira no Brasil, advinda das florestas nativas, começou junto com o descobrimento do País, causando uma redução gradativa e acentuada das áreas cobertas, e um aumento acentuado das áreas degradadas.

Nos dias atuais, a pressão sobre essas florestas ainda é intensa, devido à necessidade de consumo de madeira pelo mundo, como é o caso da Floresta Amazônica, a qual tende ao desaparecimento se providências urgentes não forem tomadas para reduzir o desmatamento.

Uma das formas de se reduzir a pressão sobre essas áreas é o uso da madeira produzida em florestas plantadas, ou renovadas, normalmente cultivadas em áreas degradadas ou de pouco interesse para a agricultura. Com isso, é possível substituir a madeira das florestas nativas e atender o aumento da demanda do consumo mundial, beneficiando o ambiente como, por exemplo, pela recuperação das áreas degradadas e sequestro de carbono. A floresta plantada contribui para a sustentabilidade do planeta.

Atualmente, a área total de florestas plantadas no Brasil totalizou 7,8 milhões de hectares em 2015, crescimento de 0,8% em relação ao ano de 2014 (Indústria Brasileira de Árvores, IBÁ, 2016). Os plantios de *Eucalyptus* spp ocupam 5,6 milhões de hectares da área de árvores plantadas e os plantios de *Pinus* spp ocupam 1,6 milhão de hectares (IBA, 2016).

O setor florestal foi responsável, em 2014, por 1,1% do total da riqueza gerada no país e 5,5% do produto interno bruto (PIB) (VIRGENS, et al. 2016).

Nas florestas plantadas no País, o eucalipto é a espécie que se destaca, devido ao rápido crescimento, grande capacidade de adaptação, e produzir madeira de excelente qualidade, quando manejado adequadamente. A atividade de produção do eucalipto é complexa sendo que a produtividade, volume por área, depende de vários fatores.

Dentre esses fatores exigidos pela planta para desenvolver o seu potencial de crescimento e, consequentemente, da produtividade, é possível destacar o clima, o material genético, a estrutura física e a fertilidade do solo, as práticas silviculturais adotadas, entre outros.

As práticas silviculturais, utilizadas no eucalipto e outras espécies, podem ser entendidas como processos interdependentes e são realizadas para implantar a cultura e fornecer os tratos culturais necessários para atender aos fatores exigidos para o desenvolvimento das plantas, abrangendo desde os aspectos gerenciais e de planejamento, preparo de solo, plantio, ao controle de pragas e doenças. Se os processos são interdependentes e influem no desenvolvimento da planta é necessário entender como os processos se relacionam, qual é a exigência e as prioridades das plantas em relação a eles e se a execução atende aos requisitos exigidos.

Portanto, considerando-se a importância da cultura do eucalipto para o país, da produtividade para manter a competitividade do negócio e a complexidade envolvida no processo de produção da cultura, este trabalho com o objetivo principal de identificar as características técnicas prioritárias para atender as exigências das operações silviculturais para a produção de eucalipto e avaliar se essas características estão sendo atendidas dentro dos padrões necessários na fase de execução dos processos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As florestas cobrem 31% da área mundial (4 bilhões de hectares), dos quais estima-se que 36% sejam florestas primárias, 57% florestas naturalmente regeneradas e 7% florestas plantadas. Da área total florestada, 50% situa-se em territórios da Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China. Atrás apenas da Rússia, o Brasil possui a segunda maior área de florestas do mundo (FAO, 2015).

A degradação intensa da floresta no Brasil começou há mais de 500 anos (RODRIGUES et al., 2009). Entre alternativas para a redução do desmatamento está o plantio de espécies exóticas. Em 2015, esses plantios, utilizando-se espécies de pinus e eucalipto, foram responsáveis por 91% da madeira produzida para fins industriais no país, e apenas 9% da madeira foi proveniente de florestas nativas, as quais são legalmente manejadas (IBÁ, 2015).

A área de plantios florestais totalizou 7,74 milhões de hectares em 2014, aumento de 1,8% em relação a 2013. Esse total corresponde a apenas 0,9% do território brasileiro. Além das árvores plantadas, dos 851 milhões de hectares do território nacional, 66,1% estão cobertos por hábitats naturais, 23,3% ocupados por pastagens, 6,2% por agricultura e 3,5% por redes de infraestrutura e áreas urbanas (IBÁ, 2015).

Os plantios de eucalipto ocupam 5,56 milhões de hectares, estão localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%) e Mato Grosso do Sul (14,5%). Os plantios de pinus ocupam 1,59 milhão de hectares nos estados de Paraná (42,4%) e Santa Catarina (34,1%). As espécies de acácia Acacia mangium Willd., teca Tectona grandis L. f., seringueira Hevea brasiliensis (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. e paricá Schizolobium amazonicum, estão entre as outras espécies plantadas. O eucalipto se destaca por apresentar diversas características favoráveis à produção e comercialização de sua madeira, tais como alta produtividade, ampla diversidade de espécies e grande capacidade de adaptação (IBÁ, 2015). Deste modo, as espécies de eucalipto são empregadas para diversas finalidades, como por exemplo, celulose, na produção de postes, energia, chapas, lâminas, compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada, móveis e óleos essenciais (MORA; GARCIA, 2000). As empresas do setor florestal vêm intensificando ainda mais os investimentos para o desenvolvimento de bioprodutos inovadores, essenciais para atender à demanda futura da população por alimento, água, terra e energia (IBÁ, 2015).

O Brasil é considerado como primeiro produtor mundial de celulose de eucalipto e a silvicultura brasileira é a mais avançada do mundo. Segundo a SBS (SOCIEDADE BRASILEIRA

DE SILVICULTURA, 2005), a produtividade florestal brasileira chega a ser 10 vezes maior do que a de países concorrentes. Enquanto no hemisfério Norte o pinus só pode ser cortado após 40 anos, para ser aproveitado comercialmente, no Brasil são necessários 14 anos. No eucalipto, a precocidade é ainda maior.

O setor florestal de árvores plantadas tem conquistado notória participação no PIB brasileiro, representando, em 2014, 1,1% do total da riqueza gerada no país e 5,5% do PIB industrial (VIRGEN; FREITAS; LEITE, 2016). No mesmo ano, cada hectare de árvores plantadas adicionou R\$ 7,8 mil ao PIB. Comparando com outros setores de referência nacional, o cultivo da soja adicionou R\$ 4,9 mil/ano por hectare plantado e a pecuária R\$ 2,7 mil/ano. Os diversos plantios de floresta foram responsáveis pela geração de R\$ 10,23 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais em 2014, o que corresponde a 0,8% da arrecadação nacional (IBÁ, 2015).

Em 2014, as exportações de produtos provenientes de plantios florestais apresentaram um desempenho positivo. A receita das exportações atingiu US\$ 8,49 bilhões, aumento de 2,5% em comparação ao recorde de US\$ 8,28 bilhões de 2013. As importações diminuíram 3,1%, passando de US\$ 1,91 bilhão em 2013 para US\$ 1,85 bilhão (IBÁ, 2015).

Em relação à geração de emprego e de renda, estima-se que sejam produzidos 4,23 milhões de empregos diretos e indiretos por ano, resultantes do efeito renda da atividade florestal (IBÁ, 2015).

2.1. Cultura do eucalipto

O eucalipto é uma planta perene, originária da Austrália e ilhas próximas, onde ocorre naturalmente desde o nível do mar até as regiões montanhosas (WILLIAMS; WOINARSKI, 1997). O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e engloba cerca de 700 espécies, com genótipos adaptados a diversas condições climáticas (PRYOR, 1976).

No século XVIII, o eucalipto foi levado para diferentes países (Índia, França, Chile, África do Sul, Brasil e Portugal), nos quais foi utilizado para plantações florestais em razão do seu rápido crescimento, grande capacidade de adaptação e alta produtividade. No Brasil, o eucalipto começou a ser plantado em extensas proporções para fins comerciais no início do século XX, como uma iniciativa da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (MORA; GARCIA, 2000). Já na década dos 50, ele passou a ser usado como matéria-prima nas fábricas de papel e celulose. Hoje o eucalipto é cultivado em escala comercial sendo a principal espécie florestal plantada no Brasil (IBÁ, 2015).

2.1.1. Processo de produção florestal

O processo de produção abarca um conjunto de etapas consecutivas nas quais os diversos insumos são transformados e transferidos, desde o momento da pré-produção até a obtenção do produto final (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – SNIF, 2016). O processo de produção florestal envolve as etapas de planejamento do sistema de produção em sua totalidade, a produção de mudas, o preparo do solo, o plantio, os tratos culturais e a colheita (WILCKEN, et al., 2008).

A produção de mudas de eucalipto é realizada majoritariamente por meio de propagação vegetativa. Esse método permite maior produtividade, qualidade das florestas e garante vantagens, como uniformidades no povoamento e melhor adaptação dos clones às condições locais (FREITAS et al., 2006).

Segundo Mafia et al. (2005), a propagação clonal obteve grandes avanços desde a sua introdução no Brasil em 1975. No início as mudas eram produzidas pelo enraizamento de estacas (macroestacas) obtidas a partir da brotação das cepas após corte raso de bancos clonais ou jardins clonais. No entanto, essa técnica apresentava baixo percentual de enraizamento de alguns clones e dificuldades inerentes aos tratos culturais (irrigação, fertilização, controle de fitopatógenos), entre outros. Para minimizar esses problemas, na década de 1990 foram desenvolvidas técnicas de micro e miniestaquias, que possibilitaram a clonagem comercial dos genótipos de difícil enraizamento. Atualmente, essa é a técnica utilizada na maioria das empresas florestais para a produção de mudas comerciais.

A produção de mudas de qualidade é uma das etapas mais importantes no estabelecimento de plantios florestais. O sucesso dessa etapa é condicional ao uso de sementes idôneas e substratos de boa qualidade (SILVA et al., 2014).

Um adequado substrato deve oferecer condições para a sustentação e retenção de quantidades suficientes de água, oxigênio e nutrientes pelas mudas; além de pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica apropriada (CALDEIRA et al., 2008). Uma ampla quantidade de substratos pode ser utilizada, tais como, turfa, areia, isopor, espuma fenólica, argila expandida, perlita, vermiculita, casca de arroz, casca de Pinus, fibra da casca de coco, serragem, dentre outros (SILVA et al., 2014).

Quanto à qualidade das mudas, essas devem apresentar características que possibilitem resistência às condições adversas encontradas no campo após o plantio (LEITE et al., 2005). Dentre essas características, pode-se listar: o aparente vigor e bom estado nutricional; a altura ideal variando entre 20 a 35 cm; o diâmetro de colo entre 5 e 10mm; o caule não ramificado; e

uma grande quantidade de área foliar e de raízes finas. Além disso, as mudas devem passar por um processo de rustificação antes de ir para o campo, afim das possíveis condições de estresse hídrico e nutricional pós-plantio (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

2.1.1.1. Preparo do solo

O preparo do solo para o plantio de eucalipto é um fator primordial para o bom desenvolvimento das mudas e consequentemente para a uniformidade na produção da floresta (GATTO et al., 2003; GONÇALVES; BENEDETTI, 2000, GONÇALVES, 1995).

O preparo da área para o plantio de espécies florestais objetiva disponibilizar quantidade suficiente de água e nutrientes de forma a acelerar estabelecimento das mudas. Em geral, técnicas de preparo como o revolvimento do solo, além de impulsionar o rápido crescimento do sistema radicular que facilita a absorção de água e nutrientes, também elimina plantas indesejáveis próximas às mudas, evitando a competição (GATTO et al., 2003).

Até o final da década de 1980, o preparo de solo consistia na eliminação dos resíduos da vegetação anterior, geralmente por meio da queima, e no revolvimento intenso de todo o solo da camada superficial (GATTO et al., 2003). O solo sofria perdas, ficava desprotegido e sujeito ao processo de erosão, e diretamente exposto ao sol (com maior amplitude de temperatura e maior evaporação da água, portanto submetido ao processo de umedecimento e secagem, o que prejudica a estrutura do solo e intensifica a decomposição da matéria orgânica) com degradação do solo pela redução da atividade de biota do solo (COSTA, 1990).

Em meados da década de 1980, visando a conservação do solo, várias empresas do setor florestal começaram a testar métodos menos intensivos de preparo da área sem recorrer à queima, com a redução do revolvimento do solo e o uso da distribuição de resíduos do cultivo anterior (GATTO, et al., 2003). Entre as vantagens atribuídas a esses tipos de preparo, têm-se a melhoria das características físicas do solo, a redução das perdas de nutrientes, a maior atividade biológica e a redução da infestação de plantas invasoras (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

Sob a ótica da conservação, o melhor preparo é aquele que consegue o menor número possível de operações e que deixa sobre sua superfície a maior quantidade de resíduos orgânicos, de forma a proteger os agregados do impacto direto das gotas de chuva, o material permanece na área para promover a conservação do solo, sendo o controle de ervas daninhas realizado pela aplicação de herbicidas (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). Para Gava (2002), a técnica de cultivo mínimo prevê a manutenção de todos os resíduos vegetais sobre o solo, seguido de um preparo de solo localizado, em covas para áreas acidentadas de difícil mecanização ou em sulco

para áreas onde a mecanização é mais fácil; o ciclo longo do cultivo constitui uma vantagem em relação as culturas anuais, pois implica um menor movimento de maquinas sobre o solo.

No método de cultivo mínimo, o preparo do solo em áreas planas ou suave-onduladas consiste na subsolagem até profundidades entre 30-40 cm. Para essa operação é utilizado um subsolador multifuncional que realiza várias atividades simultaneamente: corte dos resíduos e raízes, subsolagem, adubação de base e aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes. Esse implemento minimiza o uso de máquinas e reduz despesas e danos ao solo (GAVA, 2002).

2.1.1.2. Plantio

A atividade de plantio florestal é o trabalho de transplante das mudas do viveiro para o campo, podendo ser manual, semimecanizado ou mecanizado. A escolha é condicionada principalmente à topografia e extensão da área de plantio. No Brasil, o principal método em áreas planas é realizado com a transplantadora de acionamento manual (BURLA, 2001). No entanto, algumas empresas florestais já estão com projetos de mecanização de plantio devido a escassa mão de obra disponível e a diminuição de custos.

No processo de plantio, o espaçamento é definido em função do uso final da madeira e de critérios de ordem econômica e ambiental (SIMÕES, 1989). A definição do espaçamento, a fertilização mineral e a área disponível por árvore determinam a taxa de crescimento, a rotação, a qualidade da madeira, os tratos silviculturais, e a colheita floresta (SILVA, 2012).

2.1.1.3. Tratos silviculturais

Segundo Simões (1989), os tratos silviculturais têm por finalidade eliminar a competição entre indivíduos, como também entre árvores e espécies daninhas invasoras, até que a floresta esteja apta a dominar essa competição.

A silvicultura do eucalipto foi introduzida no país de forma mais intensa pela Companhia Paulista de Estrada de Ferro em 1903 (CARRIELLO; VICENS, 2011). Nos primeiros projetos florestais, os talhões foram implantados em formatos inadequados e algumas espécies foram plantadas em regiões ecológicas inapropriadas. Fatores como esses contribuíram para o insucesso de algumas plantações. Em outra vertente, outros projetos alcançaram sucesso e proporcionaram acentuado desenvolvimento tecnológico silvicultural, como o uso de material geneticamente melhorado, a adoção de práticas de manejo sustentável, a condução de florestas

visando o uso múltiplo de seus recursos e aplicação de tecnologias menos impactantes ao meio ambiente (MORA; GARCIA, 2000). O fim da silvicultura não é simplesmente produzir um alto volume de madeira. É necessário que este alto volume seja de um material adequado a cada uso e que proporcione um máximo retorno do investimento aplicado (BALLONI; SIMÕES, 1980).

Dentre as técnicas silviculturais desenvolvidas na África do sul para eucaliptos, segundo o Schönau (1984), estão: preparo de sementes, produção de mudas, preparação do solo, subsolagem, pulverização com herbicidas, coveamento, plantio, fertilização, proteção contra pragas, controle de ervas daninhas, podas, desbaste, condução da brotação, replantio, rotação de plantios. Estas técnicas de silvicultura são um pré-requisito para alta produtividade e rentabilidade na cultura do Eucalyptus, com métodos mecânicos ou manuais irão sempre dar os melhores resultados. As técnicas intensivas são muito importantes devido à maior eficácia, melhoria da sobrevivência sob condições adversas, uniformidade de plantio e maior produção de madeira final.

Estas atividades silviculturais são as responsáveis pela geração de empregos diretos e indiretos em empresas florestais no Brasil. Em estudo feito por Birk e Turner (1992) demostraram o efeito dos tratamentos silviculturais intensivos avaliando em Eucaliptos *grandis* na Austrália e compararam com bosques nativos de eucaliptos. Os resultados evidenciaram que as florestas nativas apresentaram conteúdos de nutrientes relativamente baixas, quanto as plantações que tiveram um aumento linear no teor de nutrientes com aumento da biomassa graças a praticas intensivas de silvicultura e manejo.

2.1.1.4. Colheita

Segundo Machado (2002), o sistema de colheita florestal é definido como um conjunto de atividades para o fornecimento constante de madeira para a fábrica (OLIVEIRA JÚNIOR; SEIXAS, 2006). Já Malinovski et al., (1998) e Silva (2012) definiram a colheita florestal como uma cadeia produtiva formada por etapas denominadas atividades parciais, as quais englobam desde a derrubada das árvores até a colocação da madeira no pátio da indústria consumidora.

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto, condições gerais da área de colheita e as máquinas e equipamentos disponíveis. Dessa forma, o sistema de colheita e processamento a ser utilizado será uma função de um conjunto de fatores (SILVA; SANT'ANNA; MINETTE, 2003; SILVA, 2012).

Em geral, o sistema de colheita de madeira abrange as seguintes atividades: corte, descasque, extração, carregamento, transporte às fontes consumidoras e descarregamento (SILVA, 2012).

É muito importante, que os povoamentos florestais satisfaçam as necessidades do mercado, com práticas de boa gestão da qualidade para ótimas produções florestais, e assim permanecer em um ambiente competitivo (TRINDADE, et al, 2012).

2.2. Gestão da qualidade

Antes da revolução industrial, os produtos eram feitos de forma artesanal, o cliente conhecia de perto seu fornecedor, e a qualidade era atribuída à pessoa que vendia seus produtos. Com a revolução industrial, a produção a escala industrial cresceu e surgiram os primeiros produtos manufaturados e os problemas da qualidade passaram a ser uma preocupação das pessoas que adquiriam os produtos. À época o que importava era a quantidade e não a qualidade da produção (TRINDADE, et al, 2012).

Segundo Gil (2006), no início da década de 1920, Shewarth introduziu o conceito de controle estatístico do processo para monitorar a qualidade na montagem de aparelhos de telefonia. Após a segunda guerra mundial, o produto japonês era de qualidade incerta. Com ajuda americana, através do "plano Marshal", os especialistas Deming e Juran foram encaminhados para ajudar na reconstrução da indústria japonesa, a fim de utilizar a qualidade como ferramenta de melhoria nas organizações (TRINDADE, et al., 2012; SARRIÉS, 1997). Na época, foi iniciado no Japão um movimento relacionado à padronização de produtos, sendo considerado o aspecto chave para a consolidação do movimento japonês da qualidade. Esse movimento resultou no conhecido Sistema Toyota de Produção (STP) que surgiu para dar ênfase na qualidade dos produtos de todo o processo produtivo, época caracterizada como a era da qualidade total (TQC - Total quality control) (GARVIN, 1992).

As empresas japonesas apresentavam qualidade bem superior nos seus produtos com a adoção da filosofia TQM (Total Quality Mangement) - gerenciamento pela qualidade total. A filosofia TQM considera aspectos como o envolvimento dos clientes, responsabilidades gerenciais, mudança de cultura da organização, orientação estatística, melhorias contínuas, participação dos colaboradores, atendimento, integração com fornecedores, trabalho em equipe, avaliações dos concorrentes e redução do ciclo de vida (GARVIN, 1992; GOLDMAN, 2005).

Nos anos 1970 e 1980 os aspectos estratégicos da qualidade são reconhecidos e amplamente incorporados em praticamente todas as organizações do mundo (GARWIN, 1988).

Toledo (2001) define a gestão da qualidade como a abordagem adotada e o conjunto de práticas utilizadas pela empresa para obter, de forma eficiente e eficaz, a qualidade pretendida para o produto. Segundo Toledo, et al. (2013), as atuais abordagens de gestão da qualidade são resultado da evolução dos objetivos, focos e métodos para a qualidade. Esse desenvolvimento da gestão da qualidade se deu em quatro fases de acordo com Garvin (1992), especialmente com base no conceito das eras da qualidade: inspeção, controle do processo e controle estatístico da qualidade, garantia o gestão da qualidade e gerenciamento estratégico da qualidade, esta última com princípios da gestão da qualidade total (Toledo, et al.,2013).

Segundo Trindade, et al. (2007), a procura pela qualidade significa proporcionar o envolvimento das pessoas no processo produtivo, motivando-as a propor melhorias, e a implantação de sistemas e técnicas de gestão.

2.2.1. Planejamento da qualidade

A qualidade necessária e/ou planejada para um produto bom ou serviço é obtida por meio de práticas associadas à gestão da qualidade (TOLEDO, et al., 2013). A qualidade, em qualquer produto ou processo de produção, depende de um planejamento destinado a traduzir a "voz do cliente" em especificações técnicas (ZAIRI; YOUSSEF, 1995). As empresas, na busca pela competitividade, necessitam desenvolver produtos de qualidade para sobreviverem e serem rentáveis. (KAHRAMAN, et al. 2006). Segundo Juran (1992), durante o planejamento, as características dos processos podem ser amplamente conhecidas e as falhas determinadas. O planejamento da qualidade permite desenvolver novos produtos e/ou processos, desde a fase do projeto. Para isso, é necessário buscar e traduzir os requisitos dos clientes e transmitir para o projeto (AKAO, 1997).

Ao realizar o planejamento da qualidade, desde a fase do projeto é necessário identificar a preferência dos clientes e a percepção deles em relação aos produtos e serviços existentes e, com base na preferência definir os requisitos técnicos críticos para atender ao cliente. Com essas informações é possível reduzir os problemas de qualidade inicial, diminuir as alterações a serem realizadas no projeto, reduzindo o tempo e os custos de desenvolvimento de produtos e/ou serviços. (AKAO,1997; GOVERS, 1996; CHENG et al. 1995; CAMPOS, 1992).

O planejamento da qualidade, a partir das necessidades dos clientes, foi adotado inicialmente na indústria automobilística japonesa na década de 1960 para garantir a qualidade do

produto desde a fase de projeto (AKAO, 1996; CARNEVALLI et al. 2004). Essa iniciativa deu início ao uso da metodologia de planejamento da qualidade (OAKLAND, 1994) que se expandiu do setor automobilístico para outros setores. (NEPAL et al. 2010) usaram o princípio de priorização de atributos para satisfazer as necessidades dos clientes. Para atingir os objetivos de melhorar a funcionalidade e o desempenho dos automóveis Lam e Lai (2014) usaram ferramentas de qualidade, desde a concepção do projeto, para integrar os requisitos ambientais em atividades de transporte marítimo.

2.2.2. Desdobramento da função da qualidade

O QFD (Quality Function Deployment) foi inserido na filosofia do controle da qualidade total (TQM - Total Quality Control), por Yoji Akao e Shigeru Mizuno, para aprimorar o desenvolvimento de produtos a partir das necessidades dos clientes (AKAO, 1997) e alcançar o enfoque da garantia da qualidade durante o desenvolvimento de um produto (CHENG et al., 1995). Esse método pode ser aplicado para: desenvolvimento de produtos bens e/ou serviços e de produtos intermediários entre clientes e fornecedores internos; remodelagem ou melhoria de produtos existentes e desenvolvimento de novos produtos pela tradução das exigências dos clientes em características técnicas de produção mensuráveis (CARNEVALLI, SASSI, MIGUEL, 2004; SOARES, 2014; TOLEDO et al., 2013; CHENG et al. 1995).

Desde 1996 a ferramenta QFD é amplamente utilizada por empresas em todo o mundo (AKAO; MAZUR, 2003). Cheng et al. (1995) destaca como benefícios do QFD a redução no tempo de desenvolvimento, no número de mudanças durante o projeto, nas reclamações dos clientes, dos custos e perdas, além do aumento na comunicação entre departamentos, do aprendizado mútuo e da maior possibilidade de atendimento das exigências dos clientes.

As exigências dos clientes são expressas em palavras, o que é suficiente para criar projetos, mas é necessário converter essas exigências em dados de características técnicas, assim estabelece-se a qualidade planejada (MATOS, 2009). Estabelecida a qualidade planejada, a equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto a converte em características da qualidade, de modo a estabelecer a qualidade projetada (MATOS, 2009).

De acordo com Miguel e Weidmann (1999), a aplicação do QFD envolve cinco etapas: a primeira é a definição do objetivo do método; na segunda definem-se as equipes, que devem ser preferencialmente multifuncionais; na terceira são obtidas as informações dos clientes; na quarta etapa é feita a construção da casa da qualidade e a quinta etapa consiste no desdobramento da

função qualidade que desdobra as características do produto que atendem a necessidade do cliente.

Carnevalli e Miguel (2004) relatam alguns dos benefícios da aplicação do QFD, sendo estes divididos em tangíveis e intangíveis. Como benefícios tangíveis podem ser citados: melhoria da confiabilidade, redução do número de alteração do projeto/serviço, diminuição do tempo de projeto/serviço e de seus custos, dentre outros. E como benefícios intangíveis foram identificados aumento da receita; redução de reclamações; dentre outros.

Embora a aplicação da metodologia QFD tenha iniciado na área industrial, especificamente no setor automobilístico, recentemente tem sido utilizado em diferentes setores (CHENG et al., 1995; NICOLOSI, 2011). O QFD começou a ser usado nos Estados Unidos da América e Europa durante a década de 1980, e no Brasil o QFD chegou na década de 1990. Esta metodologia foi empregada por muitas organizações e em diversos aspectos por empresas como a Toyota, Ford, General Motors, Bell Laboratories, Hewlett-Packard, Protector & Gamble, Xerox, AT&T, Nasa, Jaguar entre outras (OAKLAND, 1994; CARNEVALLI, SASSI, MIGUEL, 2004).

2.2.2.1. Aplicação do método QFD no setor agrícola-florestal

No setor agrícola e florestal a aplicação do conceito do planejamento a partir da voz do cliente foi empregada por Marcos e Jorge (2002) para a melhoria do tomate de mesa visando reduzir os níveis de perda do produto. Foram empregadas entrevistas e foi estabelecido o conceito de produto para a produção de um lote piloto. O resultado foi a eliminação de perdas nas prateleiras de um supermercado. Os pesquisadores concluíram a aplicabilidade do QFD para planejar a qualidade de um produto agrícola.

Milan, Barros e Gava (2003) utilizaram a ferramenta desdobramento da função qualidade (QFD) para o planejamento da qualidade da operação de preparo de solo, com o objetivo de definir as prioridades técnicas na operação da subsolagem de acordo com as necessidades da muda de eucalipto. O desenvolvimento do trabalho foi realizado por uma equipe composta de 7 especialistas de uma empresa produtora de papel e celulose. Os autores definiram 6 requisitos técnicos dentre os quais tiveram maior peso a largura, profundidade do sulco e tamanho dos torrões que atenderam as demandas das mudas.

Nagumo (2005) usou o método QFD para planejar a qualidade de mudas de café. A aplicação da metodologia foi composta por 2 fases: aquisição das qualidades exigidas pelos clientes e o emprego de ferramentas de controle de qualidade. Como qualidade exigida o autor

obteve itens da qualidade: prazo de entrega, enxerto bem-feito, preço acessível e condições de pagamento. O autor desdobrou as qualidades exigidas mencionadas em requisitos técnicos, o estado nutricional, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, altura da planta e diâmetro do caule foram os itens que alcançaram o maior peso relativo. Os resultados permitiram avaliar quais características analisadas estavam sob controle e nas quais o processo ocorria fora de controle.

No mesmo sentido, Miguel et al. (2007) identificaram o perfil de consumidores de abacaxi, diante aplicação da metodologia, os autores encontraram insatisfação de 80,1% dos entrevistados quanto à qualidade do abacaxi, sendo a elevada acidez, a principal causa de descontentamento. Também encontraram que a qualidade do abacaxi não correspondia àquela indicada pelos clientes. Os pesquisadores afirmaram que a opinião dos clientes deve ser considerada para identificar os pontos que devem ser melhorados dentro da cadeia de comercialização, e assim minimizar as perdas e promover a melhoria e a manutenção da qualidade do produto final.

Pauli (2009) identificou as prioridades técnicas e estabeleceu metas de desempenho para o planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar como a metodologia QFD. As características da qualidade prioritárias foram a densidade de gemas viáveis, o consumo de mudas e a distância da área de plantio até viveiro de mudas. O autor concluiu que os resultados permitiram compreender como e com que intensidade as variáveis se relacionam no processo de plantio mecanizado.

Matos (2009) fez o planejamento da qualidade no processo produtivo de mudas clonais de espécies de *Eucalyptus* spp, definindo os requisitos técnicos do processo de produção de mudas para aumentar da produtividade da floresta. A metodologia empregada foi o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). A autora identificou que a qualidade exigida para muda de eucalipto foi caracterizada por 12 itens. E foram identificados 31 requisitos técnicos, dos grupos de estaquia, manejo do viveiro e entrega da muda para o cliente. Também definiu que os requisitos técnicos mais importantes para uma muda clonal de qualidade são as atividades de alternagem e fertirigação.

Nicolosi (2011) adotou QFD para atender a qualidade exigida na aplicação a lanço em taxa variável. Para a qualidade exigida o autor identificou 87 itens, e 117 requisitos técnicos para serem atendidos, no qual os requisitos técnicos fundamentais estão associados à máquina, operador e produto. O autor afirma que para a aplicação em taxa variável os três requisitos principais associados à máquina, deve considerar-se suas correlações entre os itens.

Do mesmo modo, Ferreira (2012) realizou o planejamento da qualidade para o setor sucroenergético e identificou os indicadores críticos. Por meio da metodologia do Desdobramento da Função da Qualidade (QFD) e identificou 122 qualidades exigidas. O autor observou que os indicadores produtividade do canavial e porcentagem de falha foram os indicadores que tiveram maior correlação, devido a eles estarem diretamente ligados a todo o processo de produção.

Rocco (2013) identificou as características técnicas prioritárias no processo de produção de laranjas destinadas à indústria processadora de suco. O autor empregou o método do desdobramento da função qualidade (QFD) para compreender a relação entre as qualidades exigidas e as características técnicas da produção, permitindo a sistematização. E identificou também 38 itens da qualidade exigida, e 114 características técnicas que afetam esta produção. A sistematização auxiliou na compreensão do macroprocesso de produção, tornando explícito como atender a requisitos intangíveis por meio de características mensuráveis.

2.3. Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade surgiram no Japão após da segunda guerra mundial, quando as empresas precisavam capacitar grande quantidade de mão de obra para o controle da qualidade dos seus produtos (VIERA, 2014).

Para Trindade et al. (2000), a busca da qualidade significa envolver pessoas no processo produtivo, desta forma as ferramentas da qualidade são facilitadoras na implantação de sistemas de qualidade participativos e que visam a melhoria contínua do processo. As ferramentas da qualidade são instrumentos utilizados pelos grupos de trabalho para auxiliar e dinamizar as reuniões, elaborar projetos, padronizar atividades, organizar informações, priorizar problemas a serem resolvidos e o seu encaminhamento para soluções, contribuindo para melhor gerenciamento da atividade produtiva (TRINDADE et al., 2000).

Atualmente para permanecer no mercado, as empresas precisam fundamentalmente de gestão da qualidade e em consequência o uso de ferramentas da qualidade. O uso de técnicas gráficas por empresas está associado que ao identificar e remover as causas dos problemas se obtém maior qualidade e produtividade (TOLEDO et al., 2013). Segundo Toledo et al. (2013) essas técnicas permitem identificar os problemas e prioriza-los por grau de importância e se classificam em: ferramentas e técnicas básicas da qualidade, ferramentas intermediarias de qualidade, ferramentas avançadas da qualidade e ferramentas e métodos de planejamento da qualidade.

Segundo o Oakland (2003), destaca algumas ferramentas básicas para a qualidade, dentre elas estão: o fluxograma, diagramas de Pareto, brainstorming, folhas de verificação, histogramas, análises de causa e efeito, cartas de controle. Além dessas, outras metodologias diversas foram desenvolvidas para a melhoria da qualidade dos processos tais como técnicas de amostragem, interferências estatística, métodos não paramétricos, método Taguchi, projeto de experimentos, analises multivariadas, desdobramento da função qualidade e analise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA - Failure Mode and Effect Analysis) (TOLEDO et al., 2013).

As ferramentas podem ser usadas isoladamente, mas os melhores resultados serão obtidos com uma abordagem sistematizada de solução de problemas. É preciso administrar o esforço coletivo na solução de problemas e na consequente busca de melhoria da qualidade. É necessário estimular o trabalho em equipe e uma intensa interação entre as pessoas (LINS, 1993).

2.3.1. Controle estatístico do processo (CEP)

Bonilla (1995) e Montgomery (1996) apontam que o controle estatístico de processos é um conjunto de ferramentas úteis para a resolução de problemas para o alcance da estabilidade do processo e aumento da capacidade através da redução da variabilidade.

Hoje em dia o controle estatístico do processo é entendido como uma abordagem de gerenciamento de processos, quer dizer, um conjunto de princípios de gerenciamento de técnicas e de habilidades originário da estatística e da engenharia de produção, seja técnico ou administrativo (TOLEDO et al., 2013). A eficácia da utilização do CEP baseia-se no conceito de que se um processo ocorre sob condições conhecidas e estas são cuidadosamente mantidas, este processo estará sujeito apenas aos efeitos de Causas Comuns - que definem a posição e a dispersão do processo, configurando-se por uma Distribuição Normal. Assim, sendo um processo conhecido, pode-se prever toda sua ocorrência (PINTON, 1997; LIMA et al., 2006).

Com a implantação do CEP o objetivo é atingir um estado de atitude e comportamento do pessoal de nível operacional e gerencial, tornado continuamente para a melhoria do processo, o que em japonês conhecido como KAIZEN resulta de um aperfeiçoamento continuo, melhoria continua: sistemática, permanente e em pequenos saltos de melhoria do desempenho (TOLEDO et al., 2013).

2.3.2. Cartas de controle

É um tipo de gráfico adotado para o acompanhamento de um processo. O gráfico determina estatisticamente uma faixa denominada limites de controle, superior, inferior e uma linha média. E uma das técnicas principais de apoio ao CEP o Gráfico de controle, também chamados de gráficos de controle de Shewart (TOLEDO et al., 2013).

Segundo Lima et al. (2006), as cartas de controle têm como objetivo detectar desvios de parâmetros representativos do processo, reduzindo a quantidade de produtos fora de especificações e os custos de produção.

Para o controle da qualidade de um produto, Montgomery (1997) afirma que são necessárias a identificação e a medição das variações ocorridas no processo de produção por meio dos gráficos de controle, pois servem para determinar se as variações que ocorrem são devidas a causas assinaláveis ou a causas aleatórias. A necessidade de controle simultâneo de variáveis correlacionadas está no fato de que, muitas vezes, as variáveis parecem estar sob controle estatístico quando analisadas separadamente, mas, na verdade, o sistema poderá estar fora de controle (JACOBI; SOUZA; PEREIRA, 2002).

Um gráfico de controle consiste em uma linha central (linha média) e um par de limites de controle, que se situam um abaixo e outro acima da linha média (figura 1). Os valores do processo em estudo são traçados no gráfico, representando o estado do processo no momento da análise. Se o valor identificado estiver dentro desses limites, significa que o processo é considerado sob controle estatístico; mas se o valor encontrado estiver fora desses limites quer dizer que o processo é considerado fora do controle estatístico (Trindade et al., 2000).

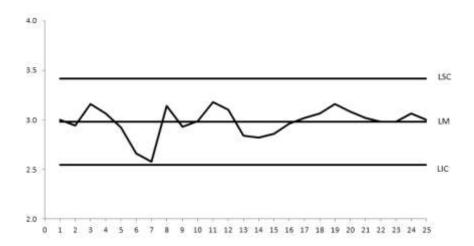


Figura 1. Esquema geral do gráfico de controle de processos. LSC: Limite superior de controle, LC: Limite central, LIC: Limite inferior de controle.

Existem duas classes de gráficos básicos de controle: gráficos de variáveis e de atributos. Gráficos de variáveis, quando a característica de qualidade é medido em escala continua (peso, volume, distancia, altura, comprimento, dureza, etc.) são monitoradas uma medida de tendência central média e uma medida de variabilidade amplitude ou desvio padrão (VIERA, 2014). Os gráficos de variáveis podem ser da média, amplitude, mediana ou medidas individuais. Quanto aos gráficos de atributos, são utilizados em situações em que as características da qualidade não podem ser medidas numericamente, como por exemplo é conforme a lâmpada que acende e apaga, ou monitora-se o número de defeitos ou de erros nos itens produzidos, ou seja, casos em que as características da qualidade são mais bem representadas pela presença ou ausência de um atributo, e não por alguma medição da característica de qualidade (TOLEDO et al., 2103). Os gráficos para atributos podem ser gráficos de p, para o controle da proporção de unidades não conformes ou defeituosas, em cada amostra; gráficos de np, para o controle do número de unidades não conformes por amostra; gráficos de c, para o controle do número de não conformidades, ou defeitos, por unidade de produto (TOLEDO et al., 2103).

2.3.2.1. Aplicação das ferramentas da qualidade no setor florestal

A qualidade na área florestal iniciou durante a década de 1980 com pesquisas na empresa Champion Florestal, atualmente Internacional Paper (TRINDADE et al. 2012), nesse estudo feito por Freitas et al. (1980) os autores definiram o sistema de auditoria comparando os resultados obtidos com as recomendações estabelecidas em normas técnicas. A partir desse sistema, cresceu o número de empresas para identificar oportunidades de melhorias da produção pela implementação de sistemas de gestão da qualidade, tanto na área industrial, quanto no setor florestal (JACOVINE et al., 2005). Entretanto, para o processo silvicultural, o uso de ferramentas e métodos para a garantia da qualidade ainda tem sido pouco estudado (TRINDADE et al., 2012; TRINDADE et al., 2007; SOARES, 2014).

Dentre os trabalhos relacionados à área florestal, Jacovine et al. (1999), descreveram uma metodologia para avaliação dos custos da qualidade na atividade de colheita florestal, em que, os custos da qualidade foram divididos nas categorias: custos de avaliação, prevenção e falhas. Os autores concluíram que em razão dos altos custos de falhas na colheita, o investimento em qualidade é compensador. Sendo que qualquer investimento em prevenção e avaliação poderá aumentar os retornos da empresa. Também afirmam que quando se trabalha com recursos

escassos, os desperdícios devem ser severamente evitados, para evitar perdas na empresa e a sociedade.

Rezende et al. (2000) usou diversas ferramentas da qualidade os autores analisaram a qualidade nas atividades de um sistema de colheita de toras curtas semimecanizado. Avaliaram-se as seguintes operações: derrubada, desgalhamento, toragem e embandeiramento. Eles atestaram a baixa qualidade na operação em decorrência da má qualidade das operações terceirizadas. Portanto, os autores enfatizam na necessidade de investimento em qualidade, especialmente no treinamento dos operadores.

Jacovine et al. (2005), estudaram a qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal, seguidos por empresas florestais brasileiras para produção de celulose, o sistema que empregaram foi o de toras curtas. Os autores definiram que nenhum dos subsistemas avaliados atendeu a todas as especificações de qualidade dos itens avaliados. Evidenciando-se que a qualidade das operações precisa ser melhorada, pois os autores afirmam que para evitar problemas é fundamental a qualidade das operações que compõem a colheita florestal.

Matos e Milan (2009) desenvolveram indicadores de desempenho utilizando a metodologia Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) para o processamento da madeira a partir da determinação dos pontos críticos do processo de produção de esquadrias de madeira em uma empresa de pequeno porte. Os autores identificaram 24 modos de falhas considerados críticos, sendo analisados e monitorados, e concluíram que no entanto existe potencial de melhoria no processo analisado.

Coletti, Bonduelle e Iwakiri (2010) também avaliaram os defeitos ocorrentes no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com o uso de ferramentas de controle da qualidade, utilizando ferramentas como: brainstorming, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa e 5W2H, determinando as principais falhas que afetam o processo. Os autores encontraram que o defeito mais freqüente encontrado na produção de lamelas foi a marca de serra, seguido de corte da madeira feito pelo fornecedor e a falta de instrução de trabalho.

Soares (2014) definiu indicadores de desempenho para o processo silvicultural de uma empresa florestal. O processo foi mapeado identificando os fatores críticos de sucesso das principais operações e analisados com o método Desdobramento da Função Qualidade e Balanced Scorecard. O autor também desenvolveu um Sistema de Informação Gerencial para a empresa. Para as principais atividades, o autor definiu 34 indicadores, divididos em cinco diferentes perspectivas: financeira, clientes, aprendizado, crescimento e processos internos. Os custos operacionais e de qualidade, o desenvolvimento das mudas e o treinamento de

funcionários são as medidas de performance críticas para o estudo. O autor recomenda a adoção de programas da qualidade baseados nas ferramentas desdobramento da função qualidade QFD balanced scorecard, indicadores de desempenho, visando a melhoria do processo silvicultural das empresas inseridas no setor florestal.

Andrade (2014) analisou os efeitos da implantação de um programa de certificação na qualidade do produto piso de madeira, por meio do levantamento de informações das auditorias contidas ANPM, consultas a normas, análises envolvendo a evolução de qualidade, realização de auditorias simuladas e comparações entre empresas certificadas e não certificadas. As informações obtidas nas auditorias pelo autor permitiram identificar os problemas no processo produtivo, a necessidade de ações corretivas para a solução desses problemas e a maior dificuldade de controle para o item umidade. O autor concluiu que o programa de certificação contribuiu para a melhoria da qualidade dos pisos de madeira.

No entanto, apesar dos estudos na área da qualidade florestal, Trindade et al. (2012) afirmam que o caminho ainda é longo para o desenvolvimento da cultura da qualidade nas empresas florestais (SOARES, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na empresa Suzano Papel e Celulose, localizada no Estado de São Paulo, Brasil. A primeira etapa envolveu a identificação das características técnicas prioritárias dos processos silviculturais aplicados na cultura do eucalipto por meio da metodologia Desdobramento da Função da Qualidade (Quality Function Deployment - QFD). A segunda etapa envolveu uma avaliação a campo referente ao desempenho das características técnicas prioritárias definidas na primeira fase.

3.1. Fase1- Definição das características técnicas prioritárias.

Para a identificação das características técnicas prioritárias dos processos silviculturais do eucalipto empregou-se o método do Desdobramento da Função da Qualidade (QFD), também denominada de casa da qualidade ou matriz da qualidade, de acordo com as propostas de Cheng et. al. (1995) e Govers (1996).

Para iniciar o trabalho, foi constituída uma equipe multifuncional composta por seis membros, especialistas na área de silvicultura da empresa, e um moderador (autora do trabalho) para orientar as atividades referentes ao desenvolvimento da matriz. As reuniões com a equipe foram realizadas ao longo do ano de 2015 e nelas os integrantes opinavam e discutiam a fim de obter um consenso sobre os temas apresentados. Para atender ao objetivo do projeto, a equipe considerou como produto as exigências dos processos operacionais da silvicultura de produção de eucalipto e como cliente dos processos a cultura do eucalipto.

As fases que compõe o método QFD (Figura 2), envolvem: as necessidades dos clientes "O QUÊ's" (1); o grau de importância, qualidade planejada, composta por avaliação comparativa, plano de melhoria, índice de melhoria, argumento técnico, pesos absoluto e relativo, "PORQUE's" (2); os requisitos técnicos (características técnicas), "COMO's" (3); a matriz de relações (4); benchmarking e metas da qualidade projetada, "QUANTO" (5); a matriz de correlação (6).¹

¹ Os números entre parêntesis referem-se às fases da Figura 2.

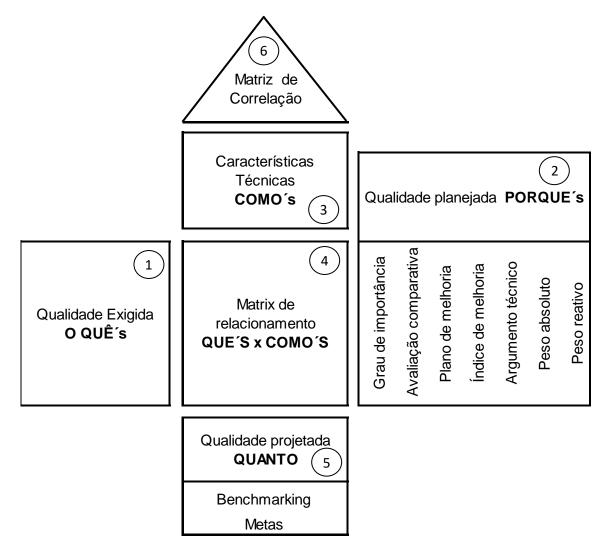


Figura 2. Fases da matriz da qualidade adaptado de Cheng et al., (1995) e Govers (1996).

3.1.1. Qualidade exigida (fase 1)

Com o cliente alvo definido, cultura de eucalipto, a primeira fase da construção da matriz envolve a definição das necessidades dos clientes, "O QUÊ's", também denominada "a voz do cliente". Para tanto, uma pesquisa bibliográfica foi realizada pelo moderador, autora do trabalho, sobre as necessidades do processo silvicultural para atender ao cliente, eucalipto. Akao (1996) e Clausing (1993) propõem como fontes de informação, as pesquisas de mercado, publicações técnicas, observações diretas e normas governamentais.

Com base nos resultados da pesquisa, os itens necessários para o sucesso da atividade silvicultural foram identificados e organizados estruturalmente, de acordo com as necessidades do cliente, por meio do diagrama de afinidades, diagrama de árvore (Figura 3).

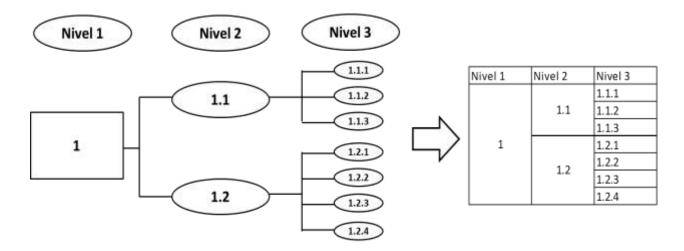


Figura 3. Estrutura do diagrama de afinidades (adaptado de Cheng et al., (1995)).

Para o desdobramento nos níveis, 1, 2 e 3, utilizou-se a pergunta "Como?" para desdobrar do maior para o menor nível, esquerda para direita, e para verificar a consistência do desdobramento utilizou-se da questão "Por quê?" do menor para o maior nível, direita para a esquerda. Após o desdobramento, os itens foram submetidos à apreciação da equipe para a validação final dos itens.

3.1.2. Qualidade Planejada (fase 2)

A qualidade planejada destaca os itens prioritários para o desenvolvimento do produto. Para definir os itens prioritários a fase da qualidade planejada é necessário estabelecer o grau de importância, a avaliação comparativa, definir o plano de melhoria e o índice de melhoria, atribuir o argumento técnico e calcular o peso absoluto e o relativo dos itens.

3.1.2.1. Grau de importância (GI)

Com base nos itens definidos para atender às necessidades dos clientes, qualidade exigida, a próxima fase foi atribuir o grau de importância para cada item "O QUÊ's", identificando assim quais os itens, na opinião da equipe, são os mais importantes para o processo de produção, preferência dos clientes. Para cada item a equipe atribuiu um peso de 1 a 5, escala Likert (LIKERT; ROSLOW; MURPHY, 1993) de acordo com o critério apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Escala em relação ao peso e grau de importância

Grau de Importância				
Peso	Significado			
1	Muita pouca importância			
2	Pouca importância			
3	Alguma importância			
4	Importante			
5	Muito importante			

Fonte: Escala Likert (1993)

3.1.2.2. Avaliação comparativa (AC)

A avaliação comparativa reflete a percepção que os clientes têm dos produtos existentes. No caso deste trabalho, ela foi realizada pela equipe comparando dois cenários de produção de eucalipto da empresa. Para a comparação entre os cenários dos itens da qualidade exigida foram atribuídos valores, de 1 a 5 (escala de Likert) (Tabela 2).

Tabela 2. Escala sobre o grau de satisfação na avaliação comparativa

-	Avaliação comparativa				
Peso	Significado				
1	Péssimo				
2	Ruim				
3	Regular				
4	Bom				
5	Ótimo				

Fonte: Escala Likert (1993)

3.1.2.3. Plano de melhoria (PM)

O plano de melhoria do desempenho futuro representa o valor desejado pela equipe da pesquisa em relação aos itens da qualidade exigida. Para tanto a equipe estabelece os valores a serem obtidos utilizando a mesma escala da avaliação comparativa, 1 a 5, tendo como referências o grau de importância e a avaliação comparativa.

3.1.2.4. Índice de melhoria (IM)

O índice de melhoria consiste na melhoria que se procura alcançar para os itens avaliados, exigências do cliente. Ele foi calculado determinado pela razão entre o plano da qualidade pela avaliação atual do produto, segundo a equação 1.

$$IM_i = \frac{PM_i}{AC_i}$$
 Eq.(1)

Em que:

IMi = Índice de Melhoria do i-ésimo item, adimensional;

PMi = Plano de mehoria do i-ésimo item, adimensional;

ACi = Avaliação comparativa do i-ésimo item, adimensional;

i = linhas da qualidade exigida

3.1.2.5. Argumento técnico (AT)

O argumento técnico consiste na atribuição de um fator, peso, para ressaltar a importância, diferencial, que os itens da qualidade exigida possam ter sobre a cultura, na opinião dos especialistas que compõe a equipe. Os valores utilizados, foram: 1, neutro, quando a equipe considera que o item não traz benefícios; 1,2 benefício médio; 1,5 benefício importante (Tabela 3).

Tabela 3. Valores empregados para o argumento técnico

Argumento Técnico				
Peso	Beneficio			
1,0	Neutro			
1,2	Médio			
1,5	Importante			

Fonte: Escala Likert (1993)

3.1.2.6. Peso absoluto (PA)

O peso absoluto é calculado com base no grau de importância, índice de melhoria e argumento técnico, Equação 2.

$$PA_i = GI_i \times IM_i \times AT_i$$
 (Eq.2)

Em que:

PAi = Peso absoluto dos itens da qualidade exigida do i-énesimo item,

GIi = Grau de importância do i-énesimo item, adimensional;

IMi = Índice de melhoria do i-énesimo item, adimensional;

 AT_i = Argumento técnico do i-énesimo item, adimensional.

O peso absoluto incorpora a opinião do cliente definida no grau de importância, a comparação com a concorrência, referencial, é expressa no índice de melhoria, e a capacidade dos processos silviculturais gerar um diferencial no argumento técnico.

3.1.2.7. Peso relativo (PR)

Com base nos pesos absolutos foram calculados os pesos relativos, equação (3):

$$PR_{i} = \left(\frac{PA_{i}}{\sum_{i=1}^{n} PA_{i}}\right) \times 100$$
Eq.(3)

Em que:

PRi = Peso relativo dos itens da qualidade exigida do i-énesimo item;

PAi = Peso absoluto dos itens da qualidade exigida do i-énesimo item.

Os valores, absoluto e relativo, oferecem o resultado final das exigências das operações silviculturais da cultura do eucalipto da matriz da qualidade, sendo a base para a priorização das necessidades.

3.1.3. Características técnicas (fase 3)

Definir as características técnicas significa converter as qualidades exigidas, "O QUÊ's", qualitativas e intangíveis, em características quantificáveis "COMO's. Para a conversão das qualidades exigidas em características técnicas, uma revisão bibliográfica foi efetuada sobre as características técnicas passíveis de atender aos itens da qualidade exigida, e para completar a tabela das características técnicas também buscou-se na bibliografia as unidades de medida e desempenho desejado representado na matriz de qualidade pelos símbolos apresentados na tabela

4. Posteriormente as características foram organizadas por grupos de afinidades. Após a organização, as características foram validadas por meio de consulta à equipe. Para a definição dos "COMO's" procurou-se responder à questão: como os itens da qualidade podem ser mensurados?.

Tabela 4. Tendências que representam o desempenho das características da qualidade

Características da qualidade					
Símbolo	Significado				
1	Quanto maior, melhor				
Ţ	Quanto menor, melhor				
Ť	Quanto maior, melhor, mas tem um limite				
Ī	Quanto menor, melhor, mas tem um limite				
₹ <u>↓</u>	Possui um intervalo especificado				

Fonte: Adaptado de Govers (1996)

3.1.4. Matriz de relações (fase 4)

Nesta fase, as relações existentes e a intensidade entre os itens da qualidade exigida, "O QUÊ's", definidos na fase 3.1.1, e as características técnicas do projeto "COMO's", 3.1.3., foram estabelecidas (Figura 4).

	Características técnicas COMO´s (CT)				
	QE1	QE1	QE1		
	Х	Х	Х		
	CT1	CT2	CT3		
Qualidade exigida	QE2	QE2	QE2		
O QUÊ´s	Х	х	Х		
(QE)	CT1	CT2	CT3		
	QE3	QE3	QE3		
	Х	х	Х		
	CT1	CT2	CT3		

Figura 4. Matriz de relações dos itens da qualidade exigida e as características técnicas.

Para representar a relação entre os itens da qualidade exigida e as características técnicas, símbolos e pesos foram utilizados para classificar a importância destas relações, Tabela 5: forte; média; fraca e inexistente. Quando não existia relação entre os itens da qualidade exigida e as características técnicas atribuia-se o peso zero. As relações e os respectivos pesos foram atribuídos pela equipe de especialistas do projeto. Os símbolos foram empregados para facilitar a visualização na matriz.

Tabela 5. Símbolos e pesos utilizados na matriz de relações.

	Relações	
Intensidade	Símbolo	Peso
Forte	•	9
Média	0	3
Fraca	Δ	1
Inexistente	Vazio	0

Fonte: Adaptado de Govers (1996)

3.1.5. Qualidade projetada (fase 5)

Nessa fase foram calculados os pesos absolutos e relativos que permitem priorizar as características técnicas, "COMO's", que atendem as exigências do cliente. O peso absoluto representa o resultado da soma dos valores absolutos das relações da matriz, equação 4.

$$PA_{ji} = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} c_{ji}$$
 Eq.(4)

O peso relativo, equação 5, foi a porcentagem do peso absoluto em relação à soma dos pesos absolutos de todos as características técnicas.

$$PRj_{i} = \left(\frac{PAj_{i}}{\sum_{i=1}^{n} PAj_{i}}\right) \times 100$$
 Eq.(5)

Em que:

PAji = Peso absoluto das características da qualidade, do ji-ésimo item, adimensional;

Cji = Peso da relação do ji-ésimo item, adimensional;

i= linhas da qualidade exigida;

j= colunas da característica da qualidade;

m= itens da característica da qualidade;

n= itens da qualidade exigida;

PRji = Peso relativo dos itens da qualidade exigida do ji-ésimo item.

Também nesta fase a equipe definiu os valores atuais das características técnicas referentes aos cenários de produção de eucalipto da empresa, "benchmarking técnico", e as metas a serem atingidas pela empresa, qualidade projetada, "QUANTO".

3.1.6. Matriz de correlação (fase 6)

A matriz de correlação, também denominada de "telhado da casa da qualidade", auxilia na identificação da existência de interdependência entre as características técnicas. Com ajuda da equipe realizou-se a correlação entre as características técnicas (COMO's versus COMO's) classificando as correlações de acordo com as tendências. Se um item influencia outro, de forma que os dois são beneficiados então a correlação é positiva forte ou positiva; se a influência não for benéfica, a correlação é classificada como negativa ou negativa forte. Itens que não apresentam correlação não apresentam classificação (Tabela 6).

Tabela 6. Símbolos da matriz de Correlações

Correlação	
Intensidade	Símbolos
Fortemente positiva	++
Positiva	+
Fortemente negativa	
Negativa	-

Fonte: Adaptado de Govers (1996)

3.2. Avaliação das características técnicas prioritárias do processo silvicultural da produção de eucalipto

A avaliação das características técnicas prioritárias do processo silvicultural da produção de eucalipto foi realizada com base nos resultados da etapa 1, matriz QFD. As características técnicas foram analisadas por meio das ferramentas da qualidade, carta de controle, adequada para o tipo de característica. As etapas dessa avaliação e o local serão descritos no item resultados e discussão pois dependem diretamente dos resultados da etapa 1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item, os resultados do trabalho são apresentados e discutidos, sendo divididos em duas etapas. A primeira contém as fases para obtenção das características técnicas prioritárias, com base na metodologia QFD. Na segunda etapa, desenvolvida com base nos resultados da primeira, as avaliações a campo do desempenho das características prioritárias foram realizadas visando avaliar a qualidade da implantação dessas características.

4.1. Etapa 1- Definição das características técnicas prioritárias.

A identificação das características técnicas prioritárias dos processos silviculturais do eucalipto foi efetuada com base no método do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), casa da qualidade ou matriz da qualidade. Uma vista parcial da casa da qualidade é apresentada na Figura 5 e a casa completa no Apêndice A.

Para o desenvolvimento da matriz, a equipe de especialistas da empresa considerou como produto as exigências dos processos silviculturais e como cliente a cultura do eucalipto. No Apêndice A, os resultados referentes às etapas de desenvolvimento da matriz podem ser observados compreendendo: qualidade exigida; grau de importância, qualidade planejada; características técnicas; matriz de relacionamento; qualidade projetada e matriz de correlação. Para a qualidade exigida, "O QUE's" um total de 48 itens foram identificados e agrupados em sete processos principais: gestão, planejamento, preparo do solo, plantio, fertilização, plantas daninhas e pragas e doenças. Para atender as necessidades do cliente, a equipe definiu 79 características técnicas "COMO's" divididas em 8 grupos: qualidade final da muda, preparo do solo, plantio, tratos culturais, ambiente, insumos, horas trabalhadas, máquinas. Das 3792 possibilidades de relações entre "O QUE's" versus "COMO's" 874 apresentaram relações, sendo 375 consideradas como forte, 322 médias, 177 fracas e 2918 possibilidades não foram correlacionadas. Para a correlação COMO versus COMO, telhado da matriz , das 6241 possibilidades possíveis 252 apresentaram correlações: 49 positivas fortes; 121 positivas; 62 negativas; 14 negativas fortes. Um total de 5989 não apresentou correlação indicando que não há influência entre essas características.

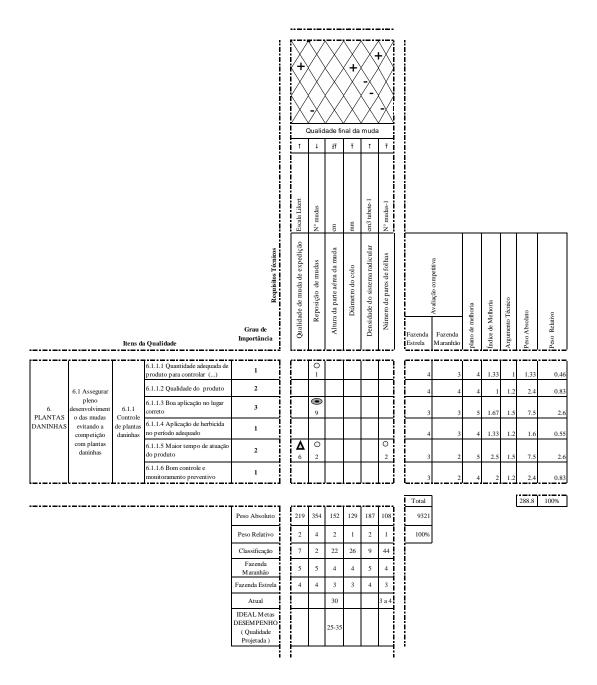


Figura 5. Visão parcial da matriz da qualidade

4.1.1. Qualidade Exigida (fase 1)

A qualidade exigida, "O QUE", "a voz do cliente", expressa as exigências dos clientes, cultura do eucalipto. As exigências foram obtidas com base na revisão bibliografia, agrupadas e submetidas à equipe para a validação (Quadro 1).

PROCESSO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
	1.1 Governar os recursos e os custos, valorização dos funcionários e conservação do meio ambiente		1.1.1.1 Baixo custo de produção
			1.1.1.2 Boa gestão e controle adequado de recursos
			1.1.1.3 Adequado atendimento de requisitos legais, e das certificações
		1.1.1 Administração dos recursos e custos	1.1.1.4 Bons indicadores de desempenho
1. GERENCIA			1.1.1.5 Melhoria contínua
1. GERENOIA			1.1.1.6 Capacitação e valorização da mão de obra
			1.1.1.7 Aumento de mecanização das atividades
			1.1.1.8 Comunicação de propósitos
		1.1.2 Produtividade potencial florestal	1.1.2.1 Alta produtividade florestal
		1.1.3 Rendimento operacional	1.1.3.1 Alto rendimento operacional
		1.1.4 Conservação do ambiente	1.1.4.1 Evitar danos ambientais
	2.1 Selecionar área e organizar o cronograma de operações para a produção	2.1.1 Prospecção, seleção e adequação de área apropriada para o	2.1.1.1 Boas características edafoclimáticas
		estabelecimento da cultura	2.1.1.2 Atendimento as recomendações técnicas
2. PLANEJAMENTO			2.1.2.1 Aderência ao planejamento estratégico
		2.1.2 Cronograma adequado	2.1.2.2 Bom planejamento das atividades
			2.1.2.3 Priorização das condições adequadas para a execução das atividades
	3.1 Assegurar que o solo esteja o mais adequado possível para a instalação da cultura		3.1.1.1 Atendimento das especificações técnicas do equipamento
			3.1.1.2 Área livre de impedimentos: limpeza e rebaixamento do tocos
3. PREPARO DO SOLO			3.1.1.3 Umidade adequada do solo
		3.1.1 Bom preparo do solo	3.1.1.4 Ausência de torrões
			3.1.1.5 Adequado volume de solo mobilizado
			3.1.1.6 Adequada uniformidade de solo preparado
			3.1.1.7 Monitoramento do solo

Quadro 1- Qualidade exigida dos processos silviculturais para a produção de eucalipto

	٫,	_	.,
			4.1.1.1 Mudas de qualidade
			4.1.1.2 Muda plantada de acordo com o procedimento
			4.1.1.3 Adequado desenvolvimento do sistema radicular
4. PLANTIO	4.1 Assegurar a sobrevivência da muda, permitir o rápido	4.1.1 Adequadas condições para desenvolvimento das mudas	4.1.1.4 Disponibilidade de água e nutrientes
	desenvolvimento inicial	desenvolvimento das mudas	4.1.1.5 Baixa mortalidade das mudas
			4.1.1.6 Adequado espaçamento de plantio
			4.1.1.7 Boa uniformidade de plantio
			4.1.1.8 Monitoramento para controle da qualidade
			5.1.1.1 Dose adequada do nutriente
			5.1.1.2 Tecnologia de fertilizante adequada
			5.1.1.3 Adequada aplicação do fertilizante
5. FERTILIZAÇÃO	5.1 Garantir a quantidade adequada de nutrientes às plantas	5.1.1 Maximizar a eficiência de uso dos nutrientes	5.1.1.4 Adequada o estágio da cultura
			5.1.1.5 Adequado às condições climáticas
			5.1.1.6 Bom monitoramento nutricional
			5.1.1.7 Qualidade da análise de solo
	6.1 Assegurar pleno desenvolvimento das mudas evitando a competição com plantas daninhas		6.1.1.1 Quantidade adequada de produto para controlar a mato competição
			6.1.1.2 Qualidade do produto
6. PLANTAS		6.1.1 Controle de plantas daninhas	6.1.1.3 Boa aplicação no lugar correto
DANINHAS			6.1.1.4 Aplicação de herbicida no período adequado
			6.1.1.5 Maior tempo de atuação do produto
			6.1.1.6 Bom controle e monitoramento preventivo
			7.1.1.1 Eficiente monitoramento de doenças e pragas exóticas
	745.00		7.1.1.2 Rápido controle de ocorrências de pragas e doenças
7. PRAGAS E DOENÇAS	7.1 Evitar a ação de agentes redutores da produtividade (pragas e doenças) na plantação	7.1.1 Controle de pragas e doenças	7.1.1.3 Adequada prática de manejo integrado de pragas e doenças
			7.1.1.4 Realização no período adequado

Quadro 1 - Qualidade exigida dos processos silviculturais para a produção de eucalipto

Os 48 itens correspondentes às exigências apresentadas no quadro 1 foram agrupados em 7 processos: gerencial, planejamento, preparo do solo, plantio, fertilização, plantas daninhas e pragas e doenças. Desses, o processo gerencial foi aquele que obteve o maior número de itens, 11, representando 22,9% do total, enquanto que pragas e doenças obteve 4, menor número, com 8,3 % itens (Tabela 7). O processo gerencial realiza a gestão e o controle dos recursos e custos com a finalidade de garantir a competitividade e a sustentabilidade econômica, social e ambiental do projeto.

Tabela 7. Número de itens e percentual por processo

Processos	N° Itens	0/0
Gerencial	11	22,9
Planejamento	5	10,4
Preparo do solo	7	14,6
Plantio	8	16,7
Fertilização	7	14,6
Plantas daninhas	6	12,5
Pragas e doenças	4	8,3
Total	48	100

Fonte: Autor

4.1.2. Qualidade planejada (fase 2)

A qualidade planejada permite obter quais as qualidades exigidas mais importantes para o cliente e como a organização se encontra em relação ao concorrente. Para tanto, envolve determinar o grau de importância, a avaliação comparativa, o plano da qualidade o índice de melhoria e o argumento técnico e o cálculo para cada item da qualidade exigida dos pesos, absolutos e relativos.

4.1.2.1. Grau de Importância

O grau de importância foi atribuído, pela equipe, para os 48 itens da qualidade exigida o processo gerencial foi o que obteve o maior número de itens "O QUE's", 11 no total, seguido pelo plantio com 8. Dos 11 itens do processo gerencial, 2, receberam o valor 5, muito

importante, 4 itens receberam a classificação 4, importante, 1 item o grau 3, alguma importância, 4 com o grau 2, pouca importância, e nenhum para o grau 1, muito pouca importância (Tabela 8).

O grau de importância reflete a preferência do cliente e no caso deste trabalho a preferência da cultura do eucalipto, expressa pela opinião dos especialistas. No caso, destaca-se o processo de plantio para a formação da floresta o qual recebeu 4 itens de um total de 8, 50,0%, com a nota máxima 5, itens muito importantes na opinião do cliente, no caso a equipe: mudas de qualidade, disponibilidade de agua e nutrientes, baixa mortalidade das mudas, boa uniformidade de plantio. O processo de planejamento obteve 2 itens com valor 5, 40%, sendo o segundo em termos relativos a receber a nota máxima. Os itens deste processo que receberam a nota máxima foram: atendimento as recomendações técnicas, bom planejamento das atividades. Já o processo gerencial com o maior número de itens,11, teve apenas 2, 18,2 %, considerados como muito importantes para a cultura do eucalipto.

Tabela 8. Distribuição dos itens da qualidade

	Valor grau de Importância					
Processos	Quantidade					D . 10/
	1	2	3	4	5	Percentual %
Gerencial	0	4	1	4	2	22,9
Planejamento	0	1	2	0	2	10,4
Preparo do solo	1	0	3	2	1	14,6
Plantio	0	2	0	2	4	16,7
Fertilização	2	1	2	1	1	14,6
Plantas daninhas	3	2	1	0	0	12,5
Pragas e doençãs	3	0	0	1	0	8,3
Total	9	10	9	10	10	100,0

Fonte: Autor

4.1.2.2. Avaliação Comparativa

A avaliação comparativa reflete a percepção que os clientes têm dos produtos existentes. No caso deste trabalho, a avaliação foi realizada pela equipe comparando dois cenários de produção. Como primeiro cenário foi escolhido a fazenda Maranhão, localizada no município de Imperatriz no estado do Maranhão. O referencial para a comparação, benchmark, foi a fazenda Estrela, localizada no município de Itapetininga no Estado de São Paulo. A fazenda Estrela é considerada pela equipe de especialistas da empresa como um padrão nos processos silviculturais.

Do total de 48 itens, 20 itens receberam notas iguais, 41,7%, em 27 itens a fazenda Maranhão foi comparada em níveis inferiores ao padrão 56,3% e a fazenda obteve maior nota somente em um item da qualidade exigida, monitoramento do solo (2%), (figura 6).

Uma das justificativas para que a fazenda Maranhão tenha obtido avaliações inferiores é que é uma área relativamente nova na produção de eucalipto, sobre a qual ainda não se tem total domínio das técnicas. A fazenda Maranhão só é melhor do que a Estrela no item monitoramento do solo. Devido às variações climáticas que vem ocorrendo na área a produtividade vem sendo comprometida, o que levou a decisão de manter um acompanhamento mais detalhado com relação às propriedades do solo. Dessa forma, a equipe considerou que o monitoramento do solo na fazenda Maranhão tem um padrão superior ao da Estrela. Em linhas gerais, os resultados evidenciam claramente um potencial de melhorias no processo silvicultural de produção de eucalipto para a fazenda Maranhão. A tabela 9 apresenta o comportamento da avaliação comparativa das duas fazendas de acordo com os processos gerenciais.

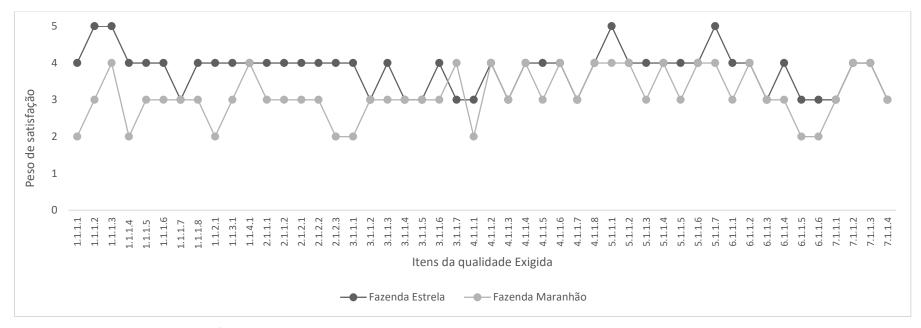


Figura 6. Avaliação comparativa das exigências da qualidade.

Tabela 9. Avaliação comparativa dos itens da qualidade exigida

			Itens da qualid	ade exigida	l.		
Processos	FE > FM		FE =]	FE = FM		FE < FM	
	Quantidade	0/0	Quantidade	0/0	Quantidade	0/0	
Gerencial	9	18,8	2	4,2	0	0,0	
Planejamento	5	10,4	0	0,0	0	0,0	
Preparo do solo	3	6,3	3	6,3	1	2,0	
Plantio	2	4,2	6	12,5	0	0,0	
Fertilização	4	8,3	3	6,3	0	0,0	
Plantas daninhas	4	8,3	2	4,2	0	0,0	
Pragas e doenças	0	0,0	4	8,3	0	0,0	
Total	27	56,3	20	41,7	1	2	

FE:Fazenda Estrela; FM:Fazenda Maranhão

Fonte: Autor

O processo de pragas e doenças foi considerado como igual para as duas fazendas, indicando que existe um cuidado técnico equivalente empregado nas duas fazendas. O processo de plantio tem 6 dos oitos itens considerados equivalente e em somente dois a fazenda Estrela é melhor do que a Maranhão. No geral a fazenda estrela tem 27 itens que são melhores do que a fazenda Maranhão e 20 itens apresentam o mesmo trato. No entanto o processo preparo do solo tem um item que é melhor para a fazenda Maranhão do que para a fazenda Estrela.

4.1.2.3. Plano da Qualidade

Com base nos resultados referentes à qualidade exigida e na avaliação comparativa e dos objetivos a serem alcançados pela empresa na fazenda Maranhão, a equipe propôs o plano de melhoria (Figura 7).

Dos 48 itens possíveis, a equipe considerou que 17 deles devem ser melhorados e desses 9 devem superar os índices da fazenda Padrão, Estrela. Em uma próxima avaliação espera-se que a Fazenda Maranhão fique sem itens com avaliação inferior à Estrela, 29 superior e 19 iguais. A análise referente ao plano de melhoria é feita com base no conhecimento técnico da equipe das possibilidades de melhorias, envolvendo requisitos técnicos, ambientais e econômicos.

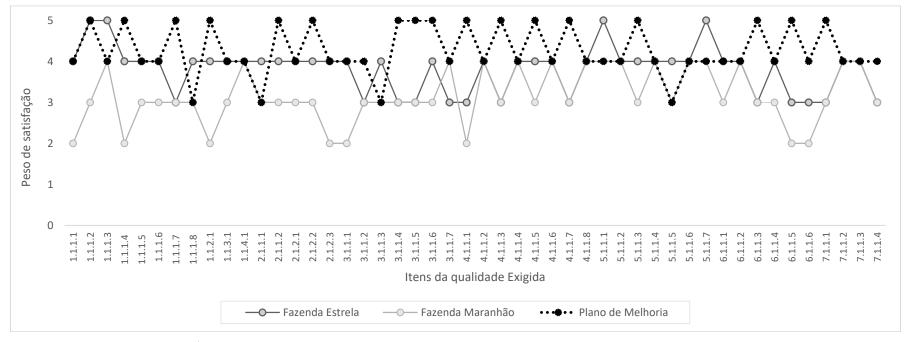


Figura 7. Plano da qualidade das exigências da qualidade

4.1.2.4. Índice de Melhoria

O índice de melhoria foi calculado por meio da razão entre o plano da qualidade, definido pela equipe, e os valores referentes aos itens da qualidade exigida da fazenda Maranhão, obtidos na avaliação comparativa. Do total, 4 itens (4,2%) obtiveram índice de melhoria maior que 2: bons indicadores de desempenho, alta produtividade florestal, mudas de qualidade, maior tempo de atuação do produto para o controle de plantas daninhas. O índice significa quantas vezes o item deve melhorar em uma avaliação futura. Se o item recebeu uma avaliação atual 2 e o índice de melhoria é 2, então na próxima avaliação comparativa o item deve receber uma nota 4. Pelos resultados obtidos apresentados na Figura 8, que refletem a opinião da equipe, fica evidente a necessidade de melhorias na fazenda Maranhão.

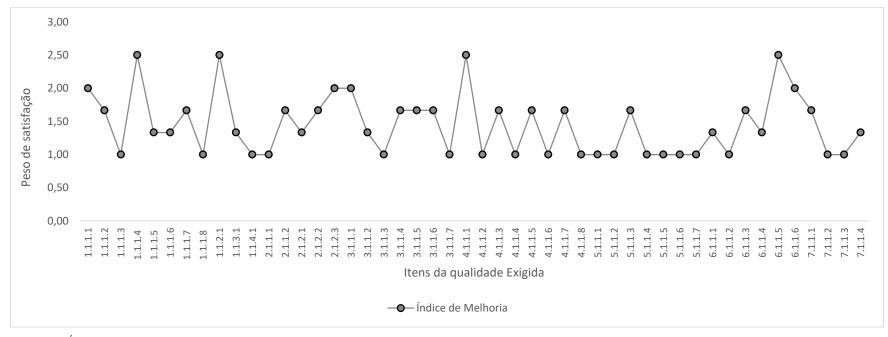


Figura 8. Índice de Melhoria da qualidade das exigências do processo silvicultural de eucalipto.

4.1.2.5. Argumento Técnico

É um fator aplicado aos itens da qualidade e que a equipe considera importante para o sucesso do processo de produção. De um total de 48 itens, 15 deles (31,3%) foram considerados pela equipe como importantes para o processo de produção, 20 itens (41,7%) de media importância e 13 itens (27,1%) foram considerados como neutros, não exercem influência no processo de produção (Tabela 10).

Tabela 10. Pesos atribuídos pela equipe para o argumento técnico

Argumento Técnico	Itens da qualidade exigida					
Peso —	Quantidade	0/0				
1,50	15	31,3				
1,20	20	41,7				
1,0	13	27,1				
Total	48	100				

Fonte: Autor

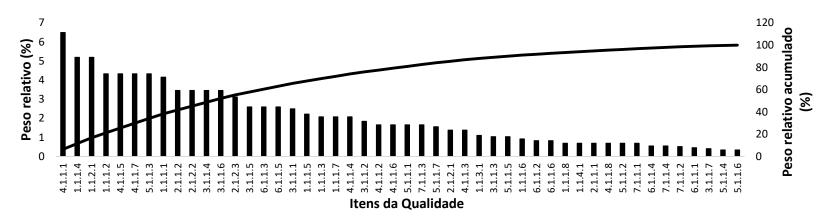
Os itens que obtiveram o maior peso, 1,5, para o argumento técnico foram: baixo custo de produção; boa gestão e controle adequado de recursos; bons indicadores de desempenho; alta produtividade florestal; priorização das condições adequadas para a execução das atividades; ausência de torrões; adequado volume de solo mobilizado; mudas de qualidade; baixa mortalidade das mudas; boa uniformidade de plantio; adequada aplicação do fertilizante; qualidade da análise de solo; boa aplicação no lugar correto; maior tempo de atuação do produto; rápido controle de ocorrências de pragas e doenças.

4.1.2.6. Peso Absoluto e Relativo- Qualidade Planejada

Com base no grau de importância, no índice de melhoria e no argumento técnico, foram calculados os pesos, absoluto e relativo, referentes aos 48 itens da qualidade exigida (figura 9).

O item prioritário para o desenvolvimento de florestas de eucalipto é a qualidade das mudas, referente ao processo de plantio, seguido pelo bom desempenho dos indicadores e a alta produtividade.

Quanto à qualidade das mudas, Rudek et al., (2013) destacam que ela deve reunir as características desejadas quanto a qualidade fitossanitária, morfológica, fisiológica, vigor entre outras, características essas necessárias para o desenvolvimento e produtividade da floresta de eucalipto.



- 1.1.1.1 Baixo custo de produção
- 1.1.1.2 Boa gestão e controle adequado de recursos
- 1.1.1.3 Adequado atendimento de requisitos legais, e das certificações
- 1.1.1.4 Bons indicadores de desempenho
- 1.1.1.5 Melhoria contínua
- 1.1.1.6 Capacitação e valorização da mão de obra
- 1.1.1.7 Aumento de mecanização das atividades
- 1.1.1.8 Comunicação de propósitos
- 1.1.2.1 Alta produtividade Florestal
- 1.1.3.1 Alto rendimento operacional
- 1.1.4.1 Evitar danos ambientais
- 2.1.1.1 Boas características edafoclimaticas
- 2.1.1.1 Boas características edafoclimaticas
- 2.1.2.1 Aderência ao planejamento estratégico
- 2.1.2.2 Bom Planejamento das atividades
- 2.1.2.2 Bom Planejamento das atividades
- 3.1.1.1 Atendimento das especificações técnicas do equipamento
- 3.1.1.2 Área livre de impedimentos: limpeza e rebaixamento do tocos
- 3.1.1.3 Umidade adequada do solo
- 3.1.1.4 Ausência de torrões
- 3.1.1.5 Adequado volume de solo mobilizado
- 3.1.1.6 Adequada uniformidade de solo preparado
- 3.1.1.7 Monitoramento do solo

Figura 9. Itens da qualidade com pesos relativos e acumulados.

- 4.1.1.1 Mudas de qualidade
- 4.1.1.2 Muda plantada de acordo com o procedimento
- 4.1.1.3 Adequado desenvolvimento do sistema radicular
- 4.1.1.4 Disponibilidade de agua e nutrientes
- 4.1.1.5 Baixa mortalidade das mudas
- 4.1.1.6 Adequado espaçamento de plantio
- 4.1.1.7 Boa uniformidade de plantio
- 4.1.1.8 Monitoramento para controle da qualidade
- 5.1.1.1 Dose adequada do nutriente
- 5.1.1.2 Tecnologia de fertilizante adequada
- 5.1.1.3 Adequada aplicação do fertilizante
- 5.1.1.4 Adequada o estágio da cultura
- 5.1.1.5 Adequado às condições climáticas
- 5.1.1.6 Bom monitoramento nutricional
- 5.1.1.7 Qualidade da análise de solo
- 6.1.1.1 Quantidade adequada de produto para controlar a mato competição
- 6.1.1.2 Qualidade do produto
- 6.1.1.3 Boa aplicação no lugar correto
- 6.1.1.4 Aplicação de herbicida no período adequado
- 6.1.1.5 Maior tempo de atuação do produto
- 6.1.1.6 Bom controle e monitoramento preventivo
- 7.1.1.1 Eficiente monitoramento de doenças e pragas exóticas
- 7.1.1.2 Rápido controle de ocorrências de pragas e doenças
- 7.1.1.3 Adequada pratica de manejo integrado de pragas e doenças
- 7.1.1.4 Realização no período adequado

Em relação aos indicadores do processo, Soares et al., (2014) apresentaram os principais indicadores para o controle de plantas invasoras em plantações florestais e por meio deles os autores relatam que as plantas invasoras podem ser monitoradas de forma que elas não prejudiquem o desenvolvimento da floresta, requisito do cliente. Cordeiro et al., (2009) definiram os indicadores referentes aos benefícios e aspectos a serem melhorados no fomento florestal com eucalipto, devido a importância do fomento para a geração de renda e empregos nas propriedades rurais.

Um ponto importante é a influência que o índice de melhoria (IM) e o argumento técnico (AT) têm sobre o grau de importância atribuído à qualidade exigida, "O QUE" (Figura 10) modificando a prioridade dos itens.

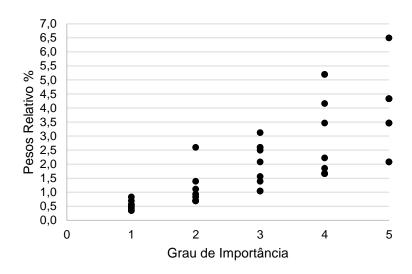
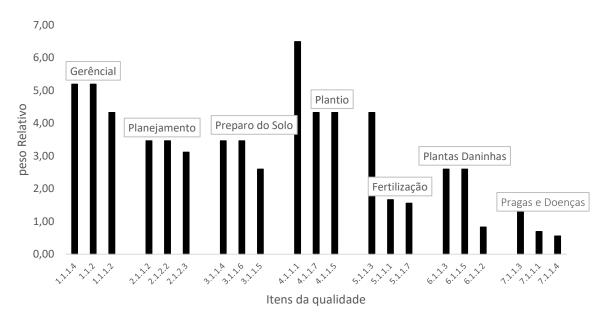


Figura 10. Relação entre os pesos relativos e o grau de importância

A correlação entre o peso relativo e o grau de importância na figura 10 mostra que somente dois itens que receberam nota quatro mantiveram-se com peso relativo abaixo dos itens com GI 5. Quantos aos outros 7 itens, eles ficaram dentro da faixa de peso relativo obtido pelos itens com GI 5. Isso pode também ser observado quanto aos pesos relativos com GI igual a 3 com 5 itens. Para o GI igual a 2, apenas um item ficou na faixa do GI 5. A avalição comparativa das áreas e o grau de importância atribuído a cada item fornecem a base para o plano de melhoria e consequentemente o índice de melhoria. O IM ao ser multiplicado pelo GI altera o peso absoluto, da mesma forma que o argumento técnico, que traduz os benefícios que o item pode trazer. Dessa forma, os pesos, absoluto e relativo, refletem o que o cliente deseja, a avaliação do desempenho, benchmarking, e o que a equipe espera como benefício de cada item.

Para cada um dos sete processos referentes à qualidade exigida " O QUE's" os três principais itens, peso relativo, são apresentados na Figura 11.



- 1.1.1.4 Bons indicadores de desempenho
- 1.1.2 Alta produtividade Florestal
- 1.1.1.2 Boa gestão e controle adequado de recursos
- 2.1.1.2 Atendimento as recomendações técnicas
- 2.1.2.2 Bom Planejamento das atividades
- 2.1.2.3 Priorização das condições adequadas para a execução das atividades
- 3.1.1.4 Ausência de torrões
- 3.1.1.6 Adequada uniformidade de solo preparado
- 3.1.1.5 Adequado volume de solo mobilizado
- 4.1.1.1 Mudas de qualidade

- 4.1.1.7 Boa uniformidade de plantio
- 4.1.1.5 Baixa mortalidade das mudas
- 5.1.1.3 Adequada aplicação do fertilizante
- 5.1.1.1 Dose adequada do nutriente
- 5.1.1.7 Qualidade da análise de solo
- 6.1.1.3 Boa aplicação no lugar correto
- 6.1.1.5 Maior tempo de atuação do produto
- 6.1.1.2 Qualidade do produto
- 7.1.1.3 Adequada pratica de manejo

integrado de pragas e doenças

- 7.1.1.1 Eficiente monitoramento de doenças
- e pragas exóticas 7.1.1.4 Realização no período adequado

Figura 11. Peso relativo dos itens da qualidade prioritários para cada processo do estudo

Os três primeiros itens do processo de plantio, processo que contém o item prioritário, representam 15,15 % do total do peso relativo, destacando a importância do plantio para o cliente, floresta de eucalipto. Os três itens são: mudas de qualidade, 6,49%, boa uniformidade de plantio, 4,33%, e baixa mortalidade de mudas, 4,33%. Já o processo gerencial, os três primeiros itens atingem a 14,72% do total.

Já separado por processos como apresentado na tabela 11, encontram-se que o processo gerencial tem um peso relativo total de 28,66% acima do processo plantio com 22,63%, isto devido ao número superior de itens do processo gerencial.

Tabela 11. Distribuição dos pesos relativos dos itens da qualidade por processos

		Peso Relativo
Processos	N° Itens	(%)
Gerencial	11	28,7
Planejamento	5	12,2
Preparo do solo	7	15,3
Plantio	8	22,6
Fertilização	7	9,9
Plantas daninhas	6	7,9
Pragas e doenças	4	3,4
Total	48	100

Fonte: Autor

4.1.3. Características técnicas do produto - "COMO's" (fase 3)

À partir dos itens referentes à qualidade exigida, a voz do cliente, as características técnicas foram desenvolvidas. As características técnicas são extraídas à partir dos itens "O QUE's" para atender às necessidades dos clientes (figura 12). Essa extração visa atender aos requisitos do cliente, imensuráveis, por meio de características técnicas do produto, ou requisitos técnicos, mensuráveis transformando os "O QUE's" em "COMO's". A extração dos itens referentes às características técnicas foi realizada com base na revisão bibliográfica e posteriormente, validadas pela equipe do projeto. Os trabalhos/autores analisados foram: DO VALE et al. (2014); SOARES (2014); FERNANDES; JÚNIOR; BARRETO; ROCHA, JUNIOR (2013); PERES (2013); ROCCO (2013); CARRIELLO; VICENS (2011); OBINO; MORAES (2011); XAVIER; DA SILVA (2010); SIQUEIRA et al. (2009); ALFENAS et al. (2009); MATOS (2009); WILCKEN et al. (2008); VICTORIA; AVEIRO (2007); BEADLE; SANDS (2004); CHAVEZ et al. (2004); GONÇALVES; BENEDETTI (2004); GONÇALVES et al. (2004); SILVEIRA et al. (2003); SILVEIRA, et al. (2001); BARROSO; CARNEIRO; LELES (2000); MORA; GARCIA (2000); HIGA; MORA; HIGA

(2000); GOMES; PAIVA; COUTO (1996); SILVA et al. (1995); COUTO; BATISTA; RODRIGUEZ (1989); RUDEK; GARCIA; SIMÕES (1989).

													Prep	aro do	Solo												<u> </u>
	Analise do solo						Fertilização de plantio					Biológico				oeza irea	Subsolagem										
Requisitos Técnicos	Umidade do solo	Densidade do solo	Teor de Argila	Diâmetro dos torrões	Resistência do solo	Capacidade de água disponível (CAD)	Quantidade de macro poros	Taxa de infiltração de água	Acidez do solo pH (CaCl) ou pH (H ₂ O)	Saturação por Alumínio (m%)	Saturação por bases (V%)	Teor de N P K	Teor de K, Ca, Mg	Teor de S	Teor de B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn	Aplicação de Gesso	Aplicação de Cal dolomítica	Teor de matéria orgânica no solo	Grau de infestação de plantas invasoras (Plantas daninhas)	Presença de cupins e formigas no solo	Aplicação de herbicida pré emergente	Aplicação de herbicida pós emergente	quantidade de adubo aplicado	Profundidade de subsolagem	Volume de solo preparado adequado	Largura de subsolagem	Resistência do solo à penetração
	Ŧ	Ŧ <u>ŧ</u>	Ŧ	1	Ţ	Ŧ	Ŧ	Ŧ	Ŧ <u>ŧ</u>	Ţ	Ŧ	Ŧ	Ŧ	Ŧ	Ŧ	Ŧ <u>ŧ</u>	ŦŁ	t	Ţ	Ţ	ŦŁ	Ŧ±	Ŧ±	t	t	1	1
į	%	mg cm-3	g Kg-1	шɔ	KPa	шш	%	%	표	%	%	mmoldm- 3	mmoldm- 3	mmoldm- 3	mmol dm- 3	Kg ha⁻¹	Kgha⁻¹	g kg-1	%	num ha ⁻¹	l ha⁻¹	l ha⁻¹	kg h ⁻¹	E	m³ ha-1	cm	KPa

Figura 12. Visão parcial das características técnicas da qualidade, para o grupo de preparo do solo, com as unidades e tendências.

Um total de 79 requisitos técnicos foi extraído e classificado, por meio da árvore de decisão, em oito grupos, tabela 12: qualidade final da muda, preparo do solo, plantio, tratos culturais, ambiente, insumos, horas trabalhadas, máquinas.

Tabela 12. Grupos referentes às características técnicas do produto - "COMO'S"

CARACTERISTICAS TÈCNICAS TOTAL **GRUPOS** Numero Percentual (%) Qualidade final da Muda 8 10.1 Preparo do Solo 27 34,2 Plantio 11 13,9 Tratos culturais 14 17,7 Ambiente 6 7,6 Insumos 3 3,8 5 Horas trabalhadas 6,3 Máquinas 5 6,3 Total 79 100,0

Fonte: Autor

O processo com maior número de características técnicas foi o preparo do solo com 27 itens, 34,2% do total. O maior número pode ser justificado devido ao fato de que o preparo deve prover as condições para o desenvolvimento das plantas. Ele tem como objetivo básico fornecer condições ótimas para o desenvolvimento das raízes, além de reduzir a população inicial de plantas invasoras, melhorar a infiltração de água diminuindo as perdas de água e sedimentos por erosão, entre outras. Basicamente, o preparo influencia nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Na figura 19 podem ser observados os 5 sub-grupos nos quais o processo foi dividido, por meio da árvore de decisão: analise do solo, fertilização de plantio, biológico, limpeza da área, subsolagem. Os itens que compõe cada sub-grupo, suas unidades, mensuráveis, e as tendências também podem ser observados: maior com limite, seta para cima com traço; maior, seta para cima; menor, seta para baixo; menor com limite, seta para baixo.

O segundo grupo com maior número de características técnicas da qualidade foi grupo tratos culturais com 14 itens, 17,7%, devido aos problemas no manejo da cultura, e em terceiro com 11 itens, 13,9%, o grupo de plantio.

4.1.4. Matriz de relações- "O QUE's versus COMO's" (fase 4)

Na matriz de relações são estabelecidas as correlações entre as necessidades dos clientes e as características técnicas do produto, influência de cada item das características técnicas

sobre as exigências do cliente (floresta de eucalipto). Com 48 itens referentes à qualidade exigida e 79 características técnicas havia uma possibilidade de existir 3792 correlações. Essas correlações foram classificadas por meio de símbolos em fortes, peso 9, médias, peso 3, fracas, peso 1 e inexistente, 0 (figura 13).

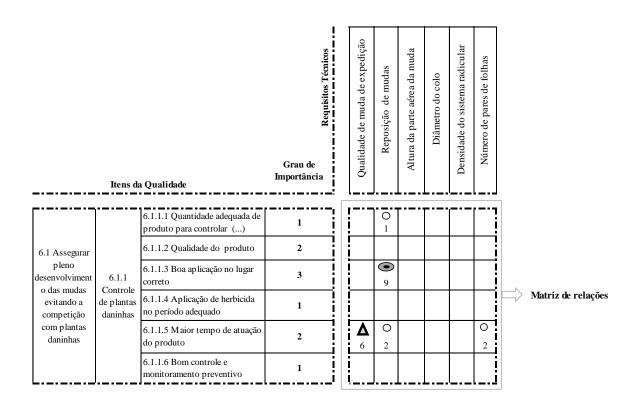


Figura 13. Visão parcial da matriz da qualidade com as relações ente a qualidade exigida (QUÊ's) e as características técnicas (COMO's).

Do total de 3792 relações possíveis, 868 foram correlacionadas pela equipe com 169 relações consideradas como fortes, 311 como médias, 388 como fracas e 2924 sem influência ou dependência. Quando um item da qualidade exigida é correlacionado fortemente com uma característica técnica significa que essa característica atende aquela exigência do cliente; quando não existe relação, a característica técnica não atende à exigência e o valor atribuído é nulo, 0.

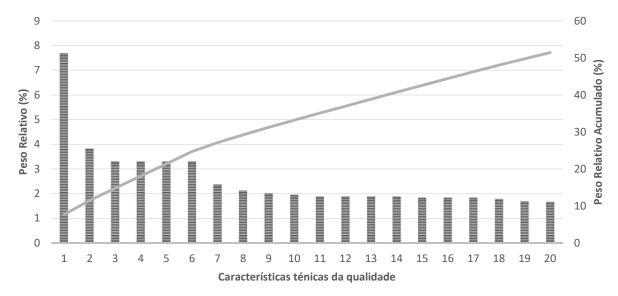
A equipe entendeu que a característica técnica Reposição de mudas, figura13, influencia fortemente o item da qualidade exigida 6.1.1.3-Boa aplicação no lugar correto, referente ao subgrupo 6.1.1-Controle de plantas daninhas, do processo, grupo 6.1-Assegurar pleno desenvolvimento

das mudas, evitando a competição com plantas daninhas, do processo 6-Plantas daninhas. Portanto o valor atribuído a essa relação foi 9, forte, e com base nesse valor se realiza a conversão.

A conversão consiste em transferir a importância do peso relativo atribuído a cada item de uma tabela para outro item de outra tabela que no caso as duas tabelas formam a matriz de relação. O peso relativo do item da qualidade exigida é um indicador que foi construído a partir do grau de importância que o cliente, floresta de eucalipto, atribuiu a cada item da qualidade exigida, da avaliação competitiva, do índice de melhoria e do argumento técnico. Esse peso, ao ser multiplicado pelo valor da correlação, transfere a importância atribuída a cada item da qualidade exigida, peso relativo, para a característica técnica, o que possibilita definir as prioridades do produto.

4.1.5. Qualidade Projetada (Fase 5)

Os pesos absolutos e relativos para cada característica técnica do processo silvicultural foram calculados com base na soma dos valores de correlação (peso relativo da qualidade exigida vezes o peso da correlação- forte, médio, fraco e inexistente) de cada coluna, permitindo assim estabelecer uma classificação das prioridades (figura 14) e orientações para as melhorias das características técnicas da qualidade. A classificação por ordem de importância das características técnicas define a prioridade com a qual essas características devem ser analisadas para atender aos itens da qualidade exigida pelo cliente.



- 1. Produtividade da floresta
- 2. Reposição de mudas
- 3. Profundidade de subsolagem
- 4. Volume de solo preparado adequado
- 5. Largura de subsolagem
- 6. Resistência do solo à penetração
- 7. Qualidade de muda de expedição
- 8. Grau de infestação de plantas invasoras (Plantas daninhas)
- 9. Densidade do sistema radicular
- 10. Quantidade de adubo aplicado
- 11. Aplicação de herbicida preemergente, preparo do solo- limpeza da área

- 12. Aplicação de herbicida posemergente, preparo do solo- limpeza da área
- 13. Aplicação de herbicida pre-emergente, Tratos culturais
- 14. Aplicação de herbicida pos-emergente, Tratos culturais
- 15. Grau de infestação de pragas
- 16. Grau de infestação de doenças
- 17. Presença de formigueiros
- 18. Quantidade de acidentes
- 19. Custo das mudas
- 20. Quantidade de irrigações

Figura 14. Qualidade projetada das características técnicas do processo silvicultural de produção de eucalipto.

As características técnicas classificadas como as mais importantes do processo silvicultural foram: produtividade da floresta 7,6%, reposição de mudas 3,8%, profundidade da subsolagem 3,2%, volume de solo preparado adequado 3,2%, largura de subsolagem 3,2%. A característica produtividade da floresta obteve o maior peso relativo na conversão evidenciando a importância do uso de métodos de silvicultura intensiva, que resultem em uma ótima produtividade e uma menor mortalidade (SCHONAU, 1984; GONCALVES, et al., 2004). A característica técnica reposição de mudas obteve a segunda posição e ela está associada a manter a população de árvores por unidade de área, o que contribui para o aumento da produtividade. Já o preparo do solo, processo com maior

número de características técnicas 27 itens, 34,2% do total, apresenta 4 características técnicas entre as dez primeiras: profundidade da subsolagem; volume de solo preparado adequado; largura de subsolagem; resistência do solo à penetração. Essas quatro características estão dentro do sub-grupo subsolagem o que destaca a importância dessa operação agrícola para atender aos requisitos dos clientes. De acordo com esses resultados e para atender a exigência do cliente, a empresa deve dar prioridade às mudas e ao desempenho da operação de subsolagem.

4.1.5.1. Benchmarking da qualidade projetada

No cenário padrão, fazenda Estrela, as características reposição de mudas, profundidade de subsolagem, volume de solo preparado adequado, resistência do solo à penetração, qualidade de muda de expedição, grau de infestação de plantas invasoras (plantas daninhas), densidade do sistema radicular, aplicação de herbicida pré emergente e pós-emergente no preparo do solo e aplicação de herbicida pré emergente e pós emergente nos tratos culturais foram classificadas como superiores à fazenda Maranhão na avaliação comparativa, indicando possibilidade de melhoria quando comparadas (tabela 13).

Tabela 13. Avaliação comparativa das características técnicas

	(Qualidade Pro	- Avaliacao Comparativa				
Características técnicas	Val	lores	Classificação	das fazendas			
	Absoluto Relativo %		3	Maranhão	Estrela		
Produtividade da floresta	711	7,63	1	5	5		
Reposição de mudas	354	3,80	2	4	5		
Profundidade de subsolagem	306	3,28	3	4	5		
Volume de solo preparado adequado	306	3,28	3	4	5		
Largura de subsolagem	306	3,28	3	4	4		
Resistência do solo à penetração	306	3,28	3	4	5		
Qualidade de muda de expedição	219	2,35	7	4	5		
Grau de infestação de plantas invasoras (Plantas daninhas)	197	2,11	8	4	5		
Densidade do sistema radicular	187	2,01	9	4	5		
Quantidade de adubo aplicado	181	1,94	10	4	4		
Aplicação de herbicida preemergente preparo do solo limpeza da área	175	1,88	11	4	5		
Aplicação de herbicida posemergente preparo do solo limpeza da área	175	1,88	11	4	5		
Aplicação de herbicida pré emergente tratos culturais	175	1,88	11	4	5		
Aplicação de herbicida pós emergente tratos culturais	175	1,88	11	4	5		
Grau de infestação de pragas	170	1,82	15	4	4		
Grau de infestação de doenças	170	1,82	15	4	4		
Presença de formigueiros	170	1,82	15	4	3		
Quantidade de acidentes	166	1,78	18	4	4		

Fonte: Autor

O desdobramento da função da qualidade permitiu estabelecer as metas de forma quantitativa, para as características técnicas (Tabela 14). As metas foram enumeradas na parte

inferior da matriz (Apêndice A). A decisão da equipe de estabelecer as metas foi feita com base na necessidade de melhoria potencial do desempenho para a fazenda Maranhão. Por exemplo, a produtividade da floresta atualmente estabelecida em 40 m³ por hectare tem a qualidade projetada estabelecida para 50m³ por hectare. Para a característica técnica profundidade da subsolagem fixouse uma profundidade entre 50 cm a 60 cm, o que em relação à característica atual altera em 10cm, de 40 para 50 cm a profundidade mínima. Com relação ao diâmetro dos torrões hoje é admitido de 3,0 a 4,0 cm e a meta estabelecida é de torrões menores do que 3 cm para diâmetro no preparo do solo. Já a altura da parte aérea da muda, atualmente estabelecida em 30,0 cm, tem como meta o intervalo entre 25,0 cm e 35, 0 cm, intervalo esse considerado como ideal pela equipe. Com as metas estabelecidas, qualidade projetada, é preciso realizar o acompanhamento dessas metas durante a execução das mesmas. Uma das alternativas é o emprego do controle estatístico da qualidade (CEP).

Tabela 14. Metas de desempenhos das Características técnicas prioritárias

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			METAS					
DA QUALIDADE	TENDÊNCIAS	UNIDADE -	ATUAL	QUALIDADE PROJETADA				
Produtividade da floresta	1	m³ ha-1	40,0	50,0				
Profundidade de subsolagem	↑	cm	40,0-60,0	50,0-60,0				
Altura da parte aérea da muda	<u>∓</u> ₹	cm	30,0	25,0-35,0				
Umidade do solo	Ŧ	%	20,0-30,0	25,0-30,0				
Diâmetro dos torrões	Ţ	cm	3,0-4,0	< 3,0				
Resistência do solo	Ţ	KPa	2000	<2000				
Densidade do solo	₹	mg cm ⁻³	1,0-1,5	<1,5				

Fonte: Autor

4.1.6. Matriz de correlação (fase 6)

Por meio da matriz de correlação foi possível determinar a correlação entre as Características técnicas, (COMO'S versus COMO'S), das 6241 possibilidades 252 apresentaram correlação (Apêndice A).

As correlações de interdependência das principais características técnicas que obtiveram o maior peso relativo na conversão: produtividade da floresta com 23 correlações, sendo 19 positivas e

4 negativas; reposição de mudas com 19 correlações, sendo 12 positivas e 7 negativas; profundidade da subsolagem com 3 correlações, sendo 2 correlações positivas e uma negativa foram as mais importantes para atender as exigências dos clientes da floresta de eucalipto, na tabela 15 observa-se as correlações obtidas.

Tabela 15. Características técnicas mais importantes para atender as exigências da floresta de eucalipto.

Características	Número de Correlações (interdependência)											
Técnicas (COMO's)	Positiva	Fortemente positiva	Total Positivas	Negativa	Fortemente negativa	Total Negativas	Total					
Produtividade da floresta	13	6	19	3	1	4	23					
Reposição de mudas	9	3	12	1	6	7	19					
Profundidade da subsolagem	0	2	2	1	0	1	3					

Fonte: Autor

Nota-se, na tabela 16 que para aumentar a produtividade da floresta é importante alterar algumas características técnicas, para isto é necessário diminuir o diâmetro do torrão, deve ser menor a resistência do solo a penetração e deve existir menor grau de infestação de plantas invasoras e de cupins e formigas no solo. Wilcken et al., (2008), explicam que as formigas cortadeiras são as principais pragas do eucalipto, podendo cortar as folhas de mudas recém-plantadas até árvores com mais de 20 anos, seu controle deve ser realizado antes do preparo do solo até antes da colheita. Do mesmo modo outra praga importante são os cupins das mudas, que atacam mudas recém-plantadas até 6 meses após o plantio, causando destruição do sistema radicular e secamentos das mudas (SILVA; ANGELI, 2006). Nota-se a importância do controle de estas pragas para que não afete a produtividade. De maneira importante o controle de plantas invasoras no pré-plantio e durante a manutenção são atividades primordiais para assegurar uma boa produtividade (WILCKEN et al.,2008).

Outras características técnicas importantes que afetam de maneira fortemente positiva a produtividade da floresta é a quantidade de fertilizante utilizado, a profundidade da subsolagem, o

volume de solo preparado adequado, a largura da subsolagem, a altura e a idade da muda, são requisitos que baixo a ótica da equipe beneficiam a produtividade da floresta.

Tabela 16. Correlações para a característica técnica produtividade da floresta.

Classificação	Características técnicas				
1		Produtividade da Floresta			
7	Qualidade da muda de expedição	+			
46	Conteúdo de argila	+			
36	Diâmetro de torrão	-			
36	Resistência do solo à penetração	-			
24	Capacidade de agua disponível	+			
72	Conteúdo N P K	+			
72	Aplicação de gesso	+			
68	Teor de matéria orgânica do solo	+			
8	Grau de infestação de plantas invasoras				
38	Presença de cupins e formigas no solo	-			
10	Quantidade de fertilizante	++			
3	Profundidade da subsolagem	++			
3	Volume de solo preparado adequado	++			
3	Largura da subsolagem	++			
40	Irrigação	+			
20	Número de irrigações	+			
26	Densidade de plantio	+			
28	Distância entre fileras	+			
39	Distância entre plantas	+			
66	Altura	++			
52	Idade	++			
45	Diâmetro de copa	+			
58	Índice de área foliar	+			

Fonte: Autor

Na tabela 17 observa-se as correlações referentes a característica técnica prioritária reposição de mudas no plantio. Com o desejo de diminuir a reposição de mudas do plantio de eucalipto é necessário diminuir o diâmetro dos torrões no preparo do solo, resistência a penetração do solo, o grau de infestação de plantas invasoras, pragas, doenças, cupins e formigas no solo, e o déficit hídrico, já que estas características técnicas facilitam a reposição das mudas. Em contrapartida as irrigações e o número de irrigações favorece a probabilidade de não repor mudas no plantio.

Por exemplo, os autores Teixeira et al (2015) em estudo de crescimento e partição de matéria seca de mudas de eucalipto em função da adubação potássica e água do solo encontraram que os valores máximos estimados para altura foram maiores em plantas sem déficit hídrico.

Tabela 17. Correlações para a característica reposição de mudas

Classificação	Características técnicas				
2		Reposição de Mudas			
21	Altura da parte aérea da muda	+			
25	Diâmetro do colo	+			
9	Densidade do sistema radicular	+			
43	Número de pares de folhas	+			
19	Custo das mudas	+			
22	Idade das mudas	+			
36	Diâmetro dos torrões				
36	Resistência do solo				
8	Grau de infestação de plantas invasoras				
38	Presença de cupins e formigas no solo				
40	Irrigações	+ +			
20	Número de irrigações	+ +			
26	Densidade de plantio	+			
39	Distancia entre plantas	+			
15	Grau de infestação de doenças				
15	Grau de infestação de pragas				
15	Presença de formigueiros	- -			
62	Precipitação	+			
65	Déficit hídrico	-			

Fonte: Autor

Segundo o estudo, a correlação referente à característica técnica profundidade da subsolagem grado de prioridade 3 (Tabela 18) indica que o volume de solo preparado adequado beneficia a profundidade da subsolagem e em consequência ajuda a obter uma boa produtividade da floresta.

Já a resistência do solo à penetração é a propriedade que expressa o grau de compactação do solo e, consequentemente, a facilidade de penetração das raízes (SILVEIRA et al., 2010). Esta compactação altera uma série de fatores que afetam o crescimento radicular como aeração, retenção de água, resistência a penetração de raízes, podendo aumentar a susceptibilidade do solo a erosão e

diminuição da infiltração de agua (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005), o que pode indicar também que a resistência do solo à penetração dificulta a profundidade de subsolagem no preparo do solo.

Tabela 18. Correlações para a característica Profundidade da subsolagem

Classificação	Características técnicas			
3		Profundidade da subsolagem		
3	Volume de solo preparado adequado	+ +		
3	Resistência do solo à penetração	-		
1	Produtividade da floresta	+ +		

Fonte: Autor

O teor de argila e a produtividade da floresta foram as características que mais apresentaram interdependência com 23 relações cada um (Tabela 19). Para o teor de argila, das 23, duas foram classificadas como fortemente negativas e duas como negativas, indicando que o teor de argila pode comprometer o desempenho de quatro de 78 características técnicas. Por outro lado 19 características das 23 características foram classificadas como uma interferência positiva, indicando que o teor de argila traz benefícios para 19 características das 78, sendo 18 positivas e 1 fortemente positiva. O teor de argila tem correlação positiva forte com a matéria orgânica do solo, indicando que quanto maior o teor, maior é a concentração de matéria orgânica no solo e a matéria orgânica traz benefícios ao cliente (cultura do eucalipto).

Tabela 19. Características técnicas com mais relações de interdependência no processo silvicultural de produção de eucalipto

Características Técnicas (COMO's)		Num	nero de Cor	relações (in	terdependenci	a)	
	Positiva	Fortemente positiva	Total Positivas	Negativa	Fortemente negativa	Total Negativas	Total
Produtividade da flroesta	13	6	19	3	1	4	23
Conteudo de argila	18	1	19	2	2	4	23

Fonte: Autor

Uma das características que o teor de argila afeta positivamente é a produtividade. Em um experimento realizado por (Cox et al. 2003), áreas com maior teor de argila tiveram uma produtividade mais elevada. Nas características relacionadas com o solo, Elbanna e Witney, 1987 afirmaram que a resistência do solo a penetração muda com a umidade, e que elevados valores de resistência a penetração de cone foram encontrados em solos argilosos com umidade inferior a 25% o que prejudica a penetração de raízes. A umidade é fundamental para a descompactação de solos com teor de argila significativa, porém conteúdos altos de argila retém mais matéria orgânica que beneficia o desenvolvimento das plantas. Conforme tabela 19, a produtividade da floresta teve relação de interdependência com 23 características, sendo que uma apresentou uma relação fortemente negativa, três negativa, seis positiva e treze fortemente positiva. As características plantas daninhas, diâmetro do torrão, resistência do solo, presença de térmites e formigas foram as que tiveram uma correlação negativa com a produtividade da floresta. Nesse caso é preciso ter atenção aos níveis a serem alcançados por essas características, evitando assim prejuízos ao cliente, eucalipto.

4.2. Avaliação das características técnicas prioritárias do processo silvicultural da produção de eucalipto

Com base na matriz QFD, as características técnicas prioritárias para atender ao cliente, floresta de eucalipto, foram definidas. Das dez primeiras características, quatro estão relacionadas ao processo preparo do solo e três ao processo de plantio, muda. Para o preparo do solo as características foram a profundidade da subsolagem, o volume de solo preparado adequadamente, a largura da subsolagem e resistência do solo. Para o plantio a reposição de mudas, a qualidade de muda da expedição e a densidade do sistema radicular.

A equipe decidiu avaliar o estado da arte dos dois processos na empresa, preparo do solo e plantio, devido à importância deles. Para tanto, dois locais de interesse da empresa foram definidas, localizados nos municípios de Itirapina e Agudos no estado de São Paulo, locais esses considerados como representativos do estado da arte dos processos da empresa.

A avaliação foi realizada para a profundidade de subsolagem e o número de defeitos das mudas. A profundidade de subsolagem foi avaliada em duas áreas na região de Itirapina, áreas onde um subsolador convencional foi empregado. Na região de Agudos o preparo foi feito também em duas áreas empregando um equipamento, denominado de Savannah, o qual realiza múltiplas

operações: realinhamento, rebaixamento e limpeza da linha de plantio. Após o plantio ter sido efetuado, o número de defeitos das mudas foi avaliado nos dois locais.

Como as características prioritárias foram definidas após a conclusão da Matriz QFD, o método para a avaliação dessas características só pode ser estabelecido após a definição das mesmas e, portanto, o método foi desenvolvido ao final da primeira etapa do trabalho, conclusão da matriz QFD. No item Material e Métodos, subitem 3.2, foi previsto o uso das ferramentas do controle estatístico da qualidade. A metodologia completa empregada na avaliação das características técnicas prioritárias, subsolagem e número de defeitos da muda, consta do Apêndice B.

4.2.1. Profundidade da subsolagem em áreas com preparo do solo convencional

O perfil transversal obtido para a subsolagem convencional é apresentado na Figura 15, para a primeira área, área 1, Itirapina, SP. Esse perfil foi construído com base nas amostras retiradas no ponto central (PC), local de passagem da haste do implemento, e nas distâncias de 10,0, 20,0, 30,0 e 40,0 cm, à esquerda e à direita dele. Para o ponto central e nas distâncias consideradas à esquerda e a direita, a profundidade obtida representa a média de 100 pontos para cada posição.

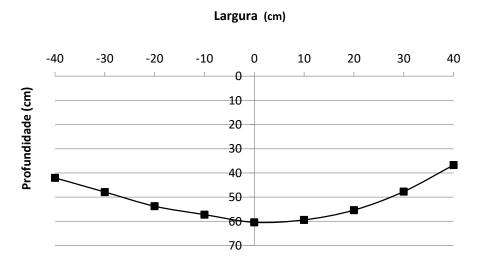


Figura 15. Profundidade do preparo de solo na área 1 com tipo de subsolador convencional em Itirapina-SP.

O histograma da figura 16 indica que a maioria das profundidades se encontra no intervalo entre 66,0-70,0 cm. A especificação da empresa foi obter uma profundidade de 40,0 cm no ponto

central e o valor médio obtido foi bem acima, 60,4cm o que, embora atenda a especificação, pode trazer resultados negativos. Caso a profundidade seja menor do que a especificada, o cliente, floresta de eucalipto, não é atendido no que diz a respeito ao volume de solo disponível para o desenvolvimento das raízes. Se for maior que a desejada, como é o caso, isso beneficia a planta, mas pode aumentar o custo por exigir maior potência e consequentemente demanda de energia, combustível.

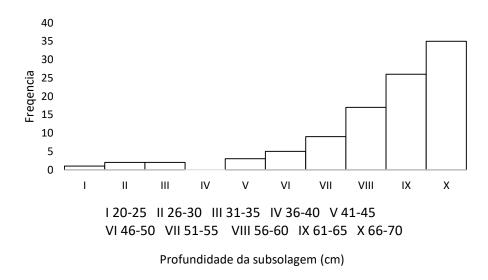


Figura 16. Profundidades do preparo de solo na área 1 com tipo de subsolador convencional em Itirapina-SP

À medida que se afasta do ponto central, a profundidade diminui e a sua variação aumenta, devido ao ângulo de rompimento do solo em função do trabalho da haste do subsolador (Figura 17).

Na figura 17 podem ser observados os perfis longitudinais da profundidade de preparo para o ponto central e as distâncias de 10, 20, 30 e 40 cm à esquerda e direita do ponto central, obtidos no sentido da passagem do conjunto trator-subsolador. Como as posições de amostragem, de 1 a 20, estão espaçadas de 100 metros entre si, a distância do perfil longitudinal equivale a 2000 metros. Na Tabela 20 são apresentadas as médias de profundidade, os valores mínimo e máximo o desvio padrão e coeficiente de variação para cada posição.

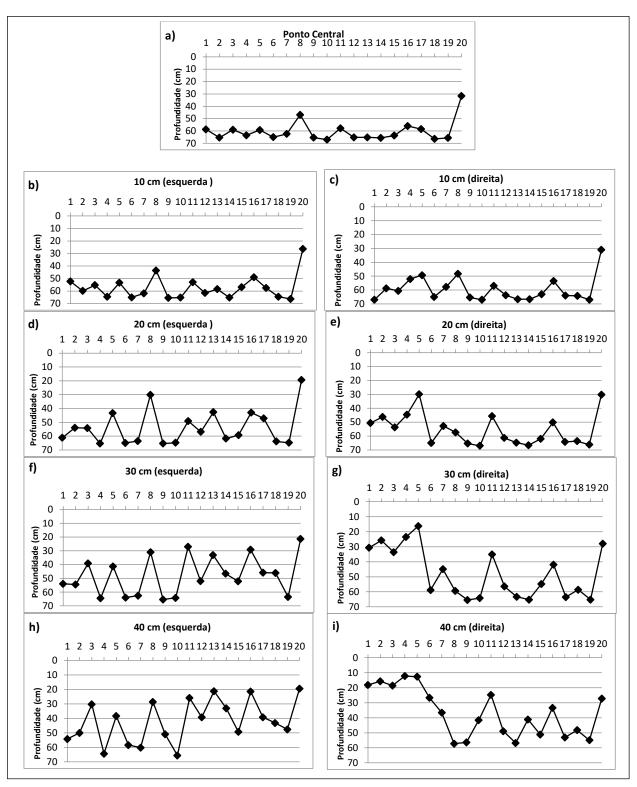


Figura 17. Perfil longitudinal do preparo do solo para o ponto central e posições à esquerda e direita do ponto central área1 em Itirapina-SP: a) ponto central; b) 10 cm para esquerda; c) 10 cm para direita; d) 20 cm para esquerda; e) 20 cm para direita; f) 30 cm para esquerda; g) 30 cm para direita; h) 40 cm para esquerda; i) 40 cm para direita

Tabela 20. Média, valor mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação para cada posição de profundidade da subsolagem (área 1, tipo de subsolador convencional).

Posição _	Profundidade (cm)					
1 051ça0	Média	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	
PC_0	60,4	31,7	67,0	8,3	13,7	
D_10	59,4	31,0	67,0	9,0	15,2	
D_20	55,3	29,9	67,0	11,5	20,8	
D_30	47,7	16,2	65,4	16,7	35,1	
D_40	36,7	12,2	57,2	16,2	44,1	
E_10	57,2	26,4	66,3	9,6	16,8	
E_20	53,6	19,4	65,4	12,8	23,9	
E_30	47,9	21,4	65,4	14,1	29,5	
E_40	42, 0	19,5	65,6	14,6	34,8	

DP: Desvio padrão; CV coeficiente de variação

Fonte: Autor

Na tabela 20 nota-se que a profundidade na distância de 40 cm à esquerda e direita do ponto central tem o maior coeficiente de variação. Esses pontos são os mais distantes em relação à passagem da haste. Já para o ponto central, ponto para o qual a profundidade é especificada pela empresa, foi obtido o menor coeficiente de variação, 13,78%. Embora a profundidade média obtida no PC esteja de acordo com o padrão desejado pela empresa, o processo ainda não pode ser considerado sob controle, Figura 18.

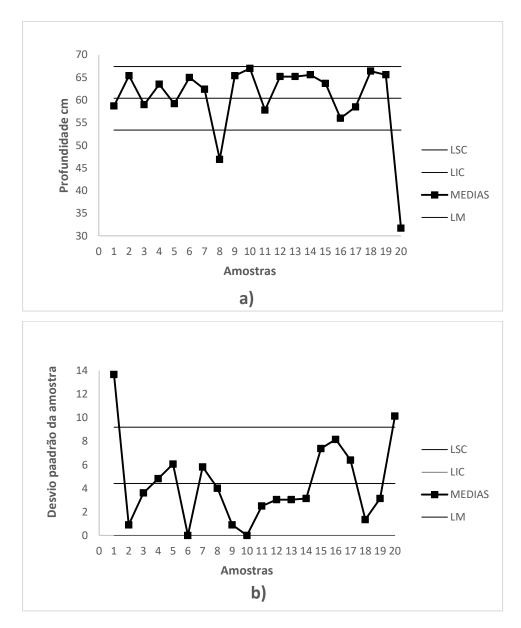


Figura 18. Média (a), e dispersão pelo desvio padrão (B), com tipo de subsolador convencional área 1

O comportamento do processo não é estável, apresentando pontos fora dos limites estatísticos. Embora a especificação da empresa, entendida como a voz do cliente, atenda ao desejado, o comportamento do processo, carta de controle, mostra uma variação que permite afirmar que ele não é estável. Existem pontos fora dos limites, superior e inferior, tanto para a média (Figura 18 a) quanto para o desvio padrão (Figura 18 b). A empresa deve promover esforços no sentido de encontrar as causas das variações de forma a tornar o processo previsível, garantindo assim uma uniformidade da operação. Tornar o processo previsível trás benefícios para o cliente, floresta, pois a

profundidade influi diretamente no volume de solo disponível para as raízes, na largura do sulco e na resistência à penetração das raízes. Além disso, a profundidade atende a 19 itens da qualidade exigida pelo cliente e tem influência em 3 características técnicas realçando a sua importância para a produtividade da floresta.

Do mesmo modo, outra área de preparo do solo convencional foi amostrada em Itirapina, SP, área 2. Na figura 19 o perfil de preparo do solo é apresentado e para esta área, a especificação da empresa foi também obter 40,0 cm de profundidade no ponto de passagem da haste.

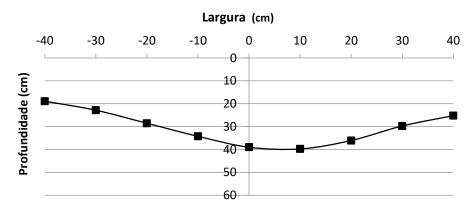


Figura 19. Perfil da profundidade do preparo do solo na área 2, tipo de subsolador convencional.

O valor médio da profundidade no ponto central obtido foi 39,0 cm, menor do que o especificado pela empresa e a maioria das profundidades se encontra no intervalo entre 36-40 cm, menor do que o padrão recomendado pela empresa (Figura 20).

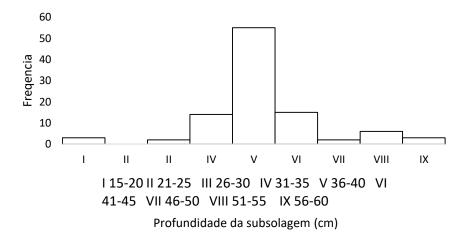


Figura 20. Histograma para profundidade do preparo de solo na área 2 com tipo de subsolador convencional

Na figura 21, os perfis longitudinais para o ponto central e para as posições à esquerda e a direita do PC podem ser observados e na tabela 21, os valores médios, máximos e mínimos, o desvio padrão e o coeficiente de variação para as nove posições. O efeito da passagem da haste no solo fica caracterizado, com os pontos mais distantes atingindo uma profundidade menor do que o ponto central.

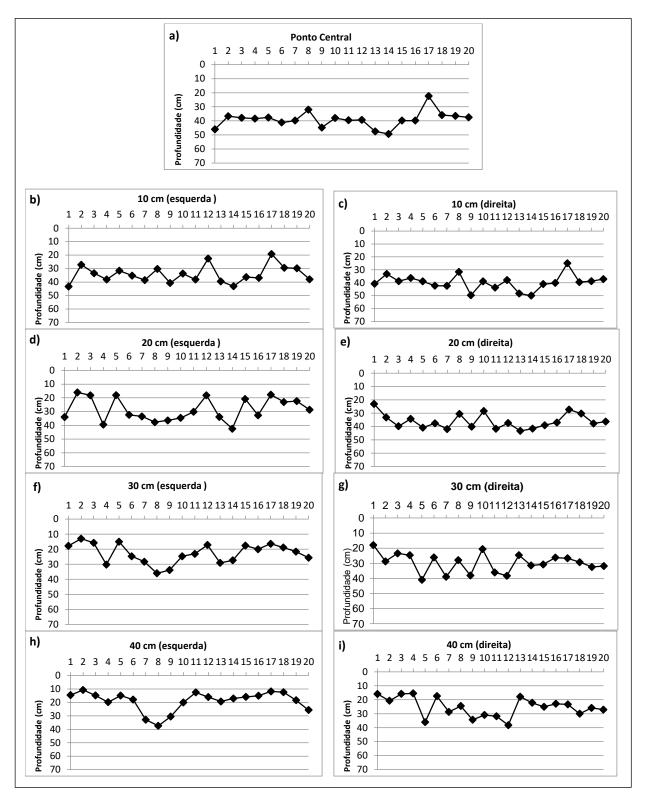


Figura 21. Perfil longitudinal do preparo do solo para o ponto central e posições à esquerda e direita do ponto central área 2 em Itirapina-SP: a) ponto central; b) 10 cm para esquerda; c) 10 cm para direita; d) 20 cm para esquerda; e) 20 cm para direita; f) 30 cm para esquerda; g) 30 cm para direita; h) 40 cm para esquerda; i) 40 cm para direita

Na tabela 21, a diferença de profundidade no ponto central, valor máximo menos mínimo, foi 26, 9 cm com um coeficiente de variação de 14,64%, menor coeficiente para todas as posições. Já as posições do lado direito e esquerdo, D-40 e E_40, mais distantes do ponto central, foram as que apresentaram as maiores variações, com valores de 27,51% e 38,65% respectivamente.

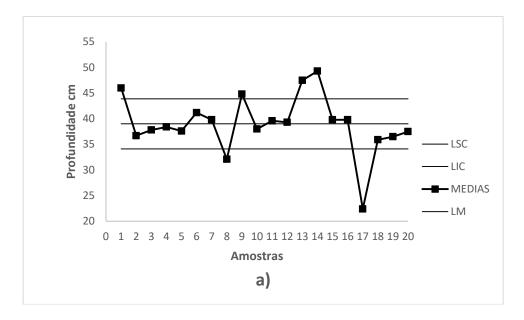
Tabela 21. Média, valor mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação para cada posição de profundidade da subsolagem (área 2, tipo de subsolador convencional).

Posição	Profundidade (cm)				
1 031ção _	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV (%)
PC_0	39,0	22,4	49,3	5,7	14,6
D_10	39,7	25,0	50,0	5,8	14,8
D_20	36,0	23,1	43,3	5,6	15,5
D_30	29,7	17,9	40,9	6,3	21,2
D_40	25,1	15,4	38,2	6,9	27,5
E_10	34,2	19,2	43,3	6,4	18,8
E_20	28,5	16,1	42,5	8,4	29,5
E_30	22,8	13,0	36,0	6,5	28,6
E_40	18,8	10,7	37,4	7,2	38,6

CV: Coeficiente de variação

Fonte: Autor

O comportamento do processo também não é estável, como na área 1, apresentando pontos fora dos limites estatísticos. Existem pontos fora dos limites, superior e inferior, tanto para a média, Figura 22 a, quanto para o desvio padrão, Figura 22 b. A especificação da empresa, não está sendo atendida e o processo não é estável. É necessário realizar um monitoramento da operação para alcançar a profundidade especificada e para que o processo se torne uniforme e estável, sem acarretar custos desnecessários ou influenciar no crescimento da floresta.



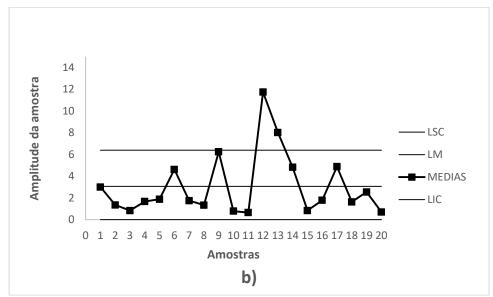


Figura 22. Média (a), e dispersão pelo desvio padrão (B), tipo de subsolador convencional área 2.

4.2.2. Profundidade da subsolagem em áreas com preparo do solo savannah.

A avaliação da profundidade da subsolagem utilizando o equipamento savannah foi realizada no município de Agudos, SP, em duas áreas. O perfil transversal obtido para a área 1, é apresentado na Figura 23 e foi construído da mesma forma do que o preparo convencional. As amostras foram retiradas no ponto central (PC), local de passagem da haste do implemento, e nas

distâncias de 10, 20,30 e 40 cm, à esquerda e à direita. Para o ponto central e nas distâncias consideradas à esquerda e a direita, a profundidade obtida representa a média de 100 pontos para cada posição e observa-se que, na média, para todas as áreas a especificação da empresa de obter uma profundidade de 40, 0 cm foi atendida e que a maioria das profundidades se encontram no intervalo entre 61 a 65 cm (Figura 24).

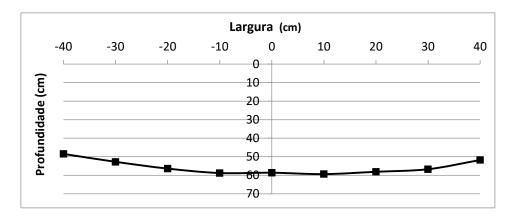


Figura 23. Perfil da profundidade do preparo do solo na área 1, equipamento savannah

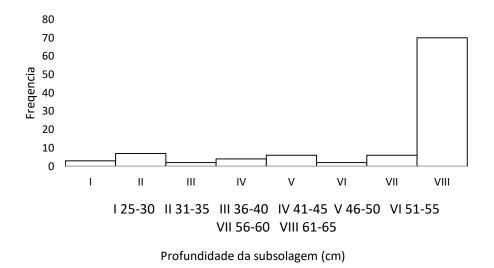


Figura 24. Histograma para profundidade do preparo de solo na área 1 com tipo de subsolador savannah em Querência-SP

Tabela 22. Média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação para cada posição analisada profundidade da subsolagem com tipo de subsolador Savannah área 1.

D	Profundidade (cm)					
Posição ——	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV (%)	
PC_0	58,6	29,6	65,0	11,0	18,9	
D_10	59,4	37,0	65,0	9,8	16,6	
D_20	58,1	37,4	65,0	8,7	15,0	
D_30	56,7	33,6	65,0	9,3	16,4	
D_40	51,8	32,6	65,0	9,7	18,7	
E_10	58,8	37,8	65,0	10,2	17,4	
E_20	56,4	32,8	65,0	9,5	16,9	
E_30	52,7	33,2	65,0	9,9	18,7	
E_40	48,5	23,4	65,0	10,7	22,0	

Fonte: Autor

Na figura 25 os perfis longitudinais para o ponto central e para as posições à esquerda e a direita do PC podem ser observados bem como, na tabela 22, os valores médios para as nove posições assim como os valores máximo e mínimo, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

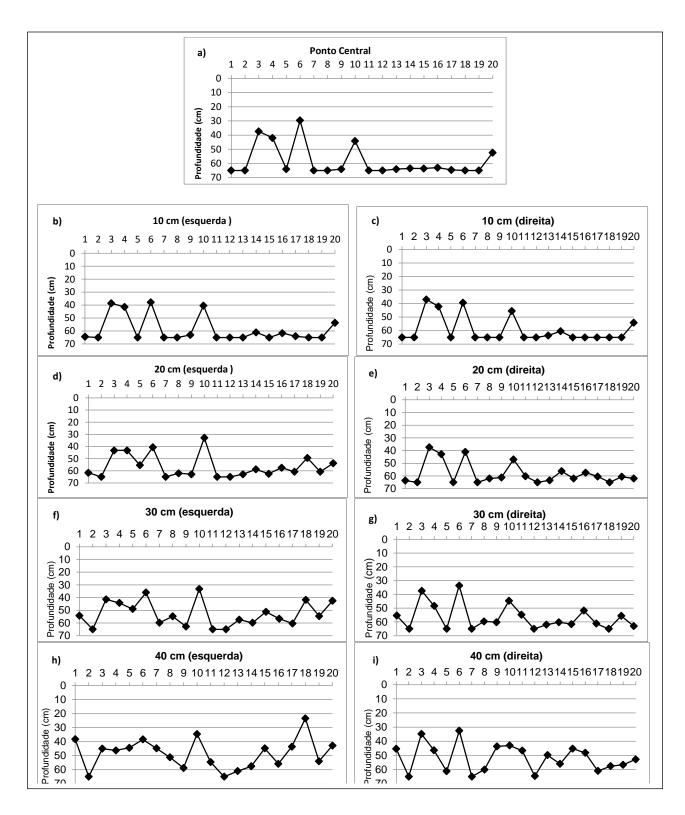
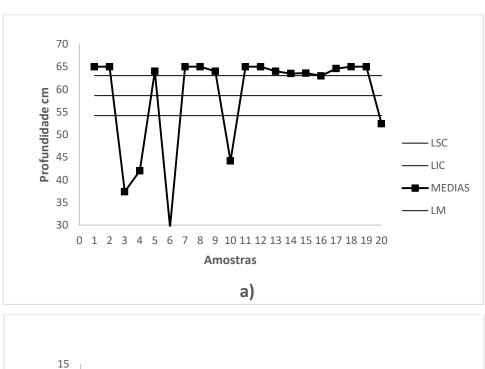


Figura 25. Perfil longitudinal do preparo do solo para o ponto central e posições à esquerda e direita do ponto central, área 1, equipamento savannah: a) ponto central; b) 10 cm para esquerda; c) 10 cm para direita; d) 20 cm para esquerda; e) 20 cm para direita; f) 30 cm para esquerda; g) 30 cm para direita; h) 40 cm para esquerda; i) 40 cm para direita

O valor médio da profundidade no ponto central foi 58,6 cm com um coeficiente de variação de 18,90%. A profundidade média excede em 18,6 cm da profundidade especificada pela empresa e no lado esquerdo os coeficientes de variação são maiores do que no direito. O processo não se encontra sob controle estatístico com valores fora dos limites de controle, Figura 26 a e b. No caso é preciso ajustar a profundidade de trabalho do subsolador, pois embora atenda às necessidades da floresta, a maior profundidade exige maior demanda de potência. Após o ajuste deve ser feito um acompanhamento da operação deve ser feito para eliminar as causas responsáveis pela variação.



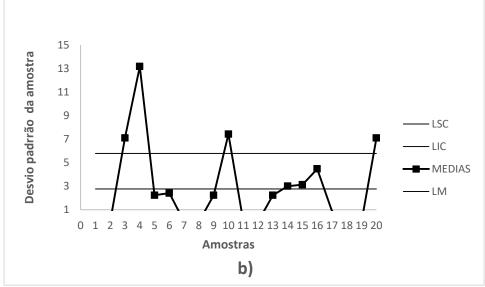


Figura 26. Gráfico de média (a), e dispersão pelo desvio padrão (b), equipamento savannah área 1.

Para a área 2, município de Agudos, SP, o perfil transversal obtido para a subsolagem com o equipamento savannah, é apresentado na Figura 27 e as classes de profundidade na Figura 28. A especificação da empresa para a área foi uma profundidade de 40,0 cm no ponto central o que foi atendido para todas as posições, do ponto central até 40 cm de distância, à esquerda e direita do ponto central, e o intervalo com maior profundidade foi de 61,0 a 65, 0 cm.

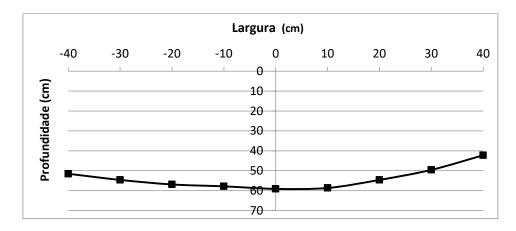


Figura 27. Profundidade do preparo de solo na área 2 com tipo de subsolador Savannah em Agudos-SP.

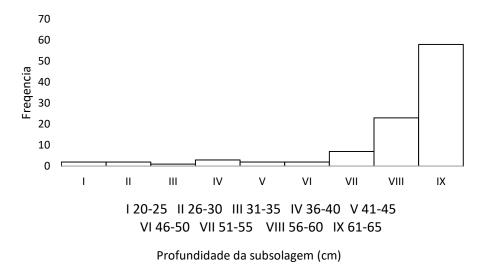


Figura 28. Histograma para profundidade do preparo de solo na área 2 com tipo de subsolador savannah em Querência -SP

Os perfis longitudinais para o ponto central e para as posições à esquerda e a direita do PC podem se observados na figura 29. Os valores médios para as nove posições assim como os valores máximo e mínimo, o desvio padrão e o coeficiente de variação (Tabela 23).

Tabela 23. Média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação para cada posição analisada profundidade da subsolagem com tipo de subsolador savannah

D	Profundidade (cm)					
Posição —	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV (%)	
PC_0	59,0	26,4	65,0	9,0	15,4	
D_10	58,6	27,0	65,0	9,6	16,4	
D_20	54,6	28,8	65,0	10,6	19,4	
D_30	49,6	30,6	65,0	11,0	22,3	
D_40	42,2	25,4	57,0	10,2	24,3	
E_10	57,8	28,0	65,0	10,2	17,8	
E_20	56,9	30,2	65,0	10,1	17,8	
E_30	54,6	30,2	65,0	11,1	20,5	
E_40	51,5	29,2	65,0	12,1	23,5	

Fonte: Autor

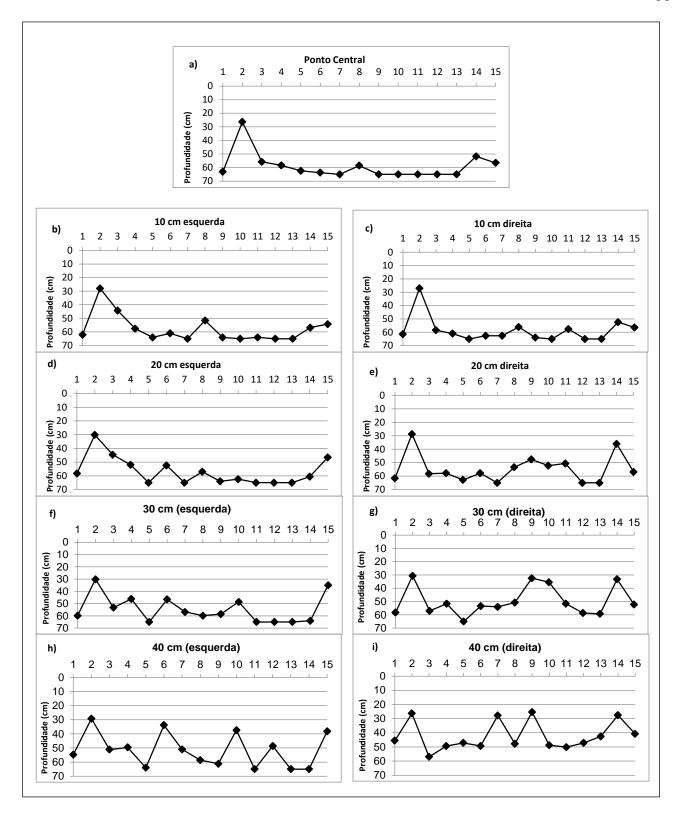


Figura 29. Profundidade da subsolagem com tipo de subsolador Savannah área 2, resistência a Penetração 2Mpa. a) ponto central; b) 10 cm para esquerda; c) 10 cm para direita; d) 20 cm para esquerda; e) 20 cm para direita; f) 30 cm para esquerda; g) 30 cm para direita; h) 40 cm para esquerda; i) 40 cm para direita

Na área 2, o valor da profundidade no ponto central 59,1 cm, está acima do solicitado, 40,0 cm com um coeficiente de variação de 15,37%. A variabilidade nos pontos extremos, 40 cm de distância do ponto central à direita e esquerda, tem valores de 24,34% e 23,53% o que pode ser atribuído ao tipo de ferramenta utilizado no preparo, haste. Já o processo de preparo, como para as outras três áreas avaliadas, não é estável, Figura 30 a e b.

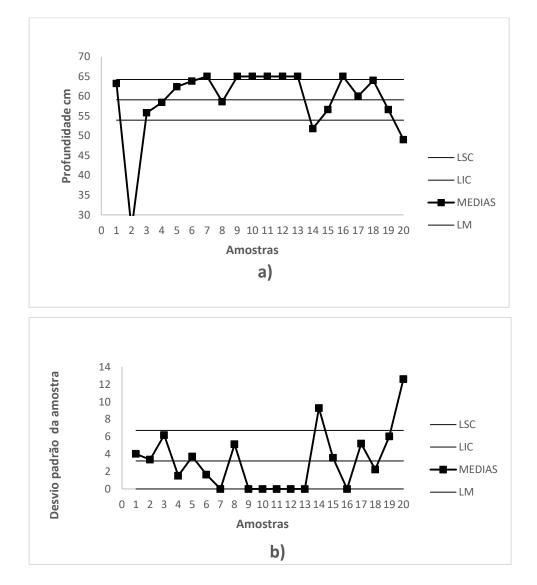


Figura 30. Média (a), e dispersão pelo desvio padrão (b) equipamento Savannah, área 2.

A análise das possíveis causas para que o processo esteja fora do controle estatístico são apresentadas nas figuras 31 e 32, para o preparo de solo convencional e com o implemento Savannah respectivamente.

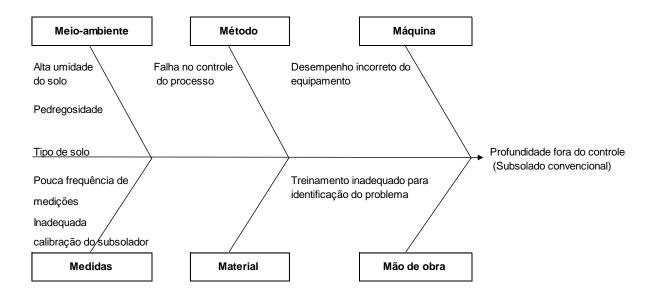


Figura 31. Diagrama 6M aplicado nas áreas com o tipo de subsolador convencional fora do controle.

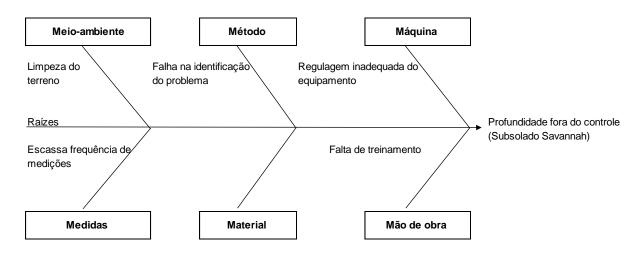


Figura 32. Diagrama 6M aplicado nas áreas com o tipo de subsolador savannah fora do controle.

As profundidades obtidas do preparo de solo, com os dois tipos de subsoladores, são heterogeneas. A principal causa deve-se a falta de controle da profundidade por parte da equipe

responsável. É necessário que as equipes prestadoras do servico acompanhem o processo, para adotar ações corretivas imediatas. O controle da qualidade pode impedir possiveis problemas no plantio. Outra causa principal é a regulagem inadequada dos implementos o que ocasiona a variação nas profundidades.

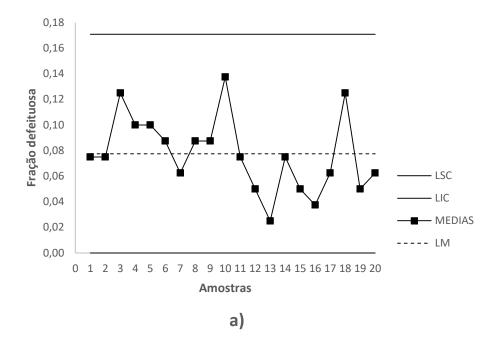
Em estudo feito por Soares (2014), as causas de desvios no preparo do solo especificamente a profundidade, detacam-se os equipamentos desregulados, a presenca de galhos e raizes, o relevo em talhoes acidentados e a densidade do solo.

4.2.3. Qualidade do plantio

Seguindo o mesmo esquema da figura 5 (Apêndice B) foi feita a avaliação da qualidade do plantio contabilizando as mudas fora do padrão. Como mudas fora do padrão foram consideradas as variáveis: espaçamento entre mudas; mudas encobertas (afogadas); mudas fora da linha de preparo; mudas com substrato exposto.

Neste caso foi realizado o controle estatístico do processo por atributos por corresponder a variáveis discretas, observando-se o número de não conformidades (Software Action versão 2.5). Para a avaliação dos atributos, o tipo de carta de controle escolhido foi o Gráfico- np para número de unidades defeituosas ou não-conformes, de acordo com Trindade (2000) Oakland (2003). Na elaboração dos Gráficos-np foram calculados apenas a Linha Média (LM) e o Limite Superior de Controle (LSC).

Os gráficos de controle para o número de defeitos por muda efetivamente plantada nas áreas 1 e 2 com o tipo de subsolador convencional são apresentados na figura 33. Como se observa, os valores se encontram sob controle estatistico com todos os dados dentro dos limites de controle, indicando que o plantio das mudas foi realizado dentro dos padrões da empresa.



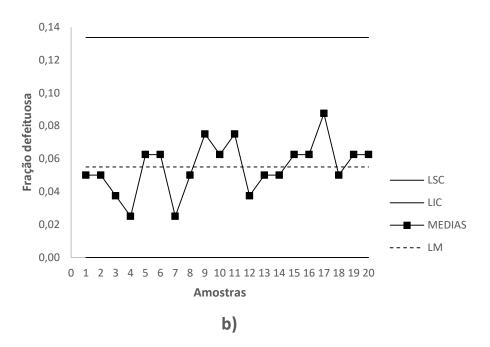
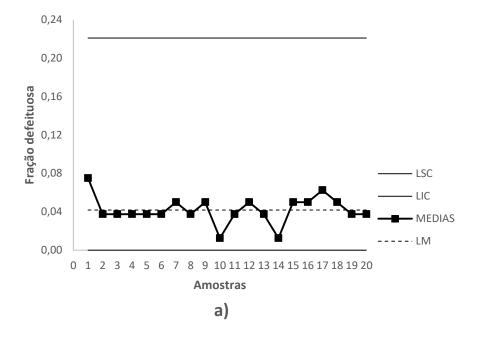


Figura 33. Controle do número de defeitos por muda plantada, baixo preparo do solo com subsolador convencional a) área 1 b) área 2.

Da mesma maneira, os graficos de controle do numero de defeitos por muda plantada foram desenvolvidos, para o plantio nas áreas preparadas com tipo de subsolador Savannah (Figura 34). Observa-se que o processo é estável para as duas áreas apresentando pontos dentro dos limites de controle superior e inferior, em direção a zero, indicando que o processo está sob controle estatístico.

É possível afirmar que , para as duas áreas, o numero de defeitos por muda plantada foi menor, o que pode gerar uma maior probabilidade de sobrevivencia das mudas no campo. Conforme Fessel (2003) a qualidade das mudas após o plantio, aumenta a porcentagem de sobrevivência e diminuie a frequencia dos tratos culturais de manutenção dos povoamentos.



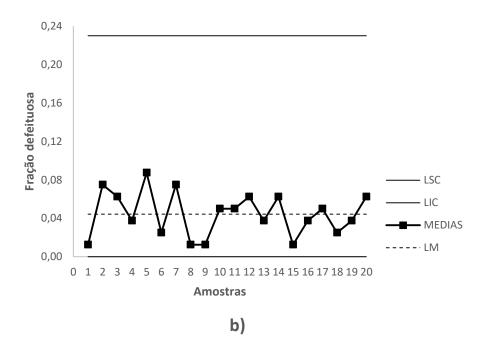


Figura 34. Controle do número de defeitos por muda plantada, baixo preparo do solo com subsolador savannah a) área 1 b) área 2

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS DA PESQUISA

É provável que algumas características técnicas prioritárias identificadas neste estudo, não sejam as mesmas do que para outras empresas florestais. No entanto, o modelo que foi desenvolvido neste estudo é adaptado para qualquer sistema de produção agrícola- florestal, no caso especifico para as atividades silviculturais de produtores de madeira de eucalipto para papel e celulose.

É adequado desenvolver o modelo para outras atividades importantes como é o caso da colheita florestal, e assim conhecer as prioridades de todos os setores para atender a demanda do processo de produção da floresta.

O emprego do QFD permitiu identificar no processo silvicultural todas as suas relações e os potenciais problemas na silvicultura. É importante salientar que o uso de um planejamento da qualidade desde a fase do projeto como foi feito nesta pesquisa, permite a tomada de decisão e uma maior abrangência de entender o processo como um todo.

O controle da qualidade CEP mostrou-se muito útil para identificação de falhas nos processos. Por isso é muito importante que as empresas do setor florestal, grandes, medias ou pequenas, não somente adotem as metodologias para o controle da qualidade, como também monitorem os processos com frequências maiores, a fim de evitar defeitos e minimizar as perdas, permitindo a correção e prevenção de futuras falhas.

6. CONCLUSÕES

- À partir das necessidades da florestas, considerada como cliente, foi possível traduzir as demandas priorizando-as em características técnicas.
 - A principal necessidade detectada para a floresta está relacionada a ter mudas de qualidade.
- As características técnicas mais importantes da silvicultural foram identificadas e elas estão relacionadas com os processos de preparo do solo e a qualidade da muda.
- O desdobramento permitiu estabelecer metas, qualidade projetada, a serem atingidas para as características prioritárias porém há a necessidade de realizar o acompanhamento dessas metas durante a execução.
- A identificação das interdependências das características técnicas permitiu identificar os efeitos, positivos e negativos, que as características técnicas têm entre si.
- A avaliação das principais características técnicas permite concluir que o processo de preparo do solo ainda não atingiu a estabilidade. A profundidade recomendada atual não foi atingida em uma das áreas e ultrapassou, em muito a profundidade especificada em outras três. No caso que a profundidade seja maior que a desejada isso favorece a planta, mas pode aumentar o custo por exigir maior potência e consequentemente demanda de energia, combustível. Existe a necessidade de um acompanhamento mais detalhado dessa operação. Quanto a qualidade do plantio ele atende as especificações e se revela um processo estável.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.; ZAUZA, E.; MAFIA, R.; ASSIS, T. Clonagem e doenças do Eucalipto. 2.ed. Universidade Federal de Vicosa, Viçosa, 2009, 500p.
- ACTION STAT. **Portal action.** Versão 2.5. Disponível em:<http://www.portalaction.com.br/sobre-o-action> Acesso em: 27 mar 2014.
- AKAO, Y. Introdução ao desdobramento da qualidade. Série Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, v. 1, 1996. 187p.
- AKAO, Y. QFD: past, present, and future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QFD, 1997, Linköping. **Transactions and proceedings** ... Linköping: ISQFD, 1997. p. 1-12.
- AKAO, Y.; MAZUR, G.H. The leading edge in QFD: past, present and future. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 20, n. 1, p. 20-35, 2003.
- ANDRADE, A. A certificação como estratégia para a melhoria da qualidade de pisos de madeira. 2014. 106p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.
- BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. Série técnica. Instituto de pesquisas e estudos florestais departamento de silvicultura da ESALQ-USP, Piraciacaba, 1980, 14p.
- BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A.; LELES, P.S.S.; MORGADO, I.F. Regeneração de raízes de mudas de eucalipto em recipientes e substratos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 229-237, 2000.
- BEADLE, C.; SANDS, P. Synthesis of the physiological, environmental, genetic and silvicultural determinants of the growth and productivity of eucalypts in plantations. **Forest Ecology and Management**. v.193, n. 1-2, p. 1-3, 2004.
- BIRK, E. M.; TURNER, J. Response of flooded gum (E. grandis) to intensive cultural treatments: biomass and nutrient content of eucalypt plantations and native forests. **Forest Ecology and Management**, v. 47, n. 1-4, p. 1–28, 1992.
- BONILLA, J.A. **Métodos quantitativos para qualidade total na agricultura**. 2 ed. Contagem: Líttera Maciel: Belo Horizonte 1995, 250p.
- BURLA, E.R. Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado. Belo Oriente: Cenibra, 2001, 144p.

- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N. Da; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto Orgânico Na Produção De Mudas De Aroeira-Vermelha Organic Composite in Aroeira-Vermelha Seedling Production. **Scientia Agricola**, v. 9, p. 27–33, 2008.
- CAMPOS, V. F. **TQC controle da qualidade total (no estilo japones)**. 5th edn. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 1992, 230 p.
- CARNEIRO, J. **Produção** e controle de qualidade de mudas florestais. UFPR/FUPEF; Curitiba, 1995, 451p.
- CARNEVALLI, J. A.; SASSI, A. C.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, v.11, p. 33–49, 2004.
- CARNEVALLI, J.A.; MIGUEL, P.A.C. Revisão, análise e classificação da literatura sobre o QFD: tipos de pesquisa, dificuldades de uso e benefícios do método. **Gestão & Produção,** São Carlos, v. 11, n.1, p.33-49, 2004.
- CARNEVALLI, J.A.; SASSI, A.C.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 33-49, 2004.
- CARRIELLO, F.; VICENS, R. S. Silvicultura de eucalipto no vale do Paraíba do Sul/SP no período entre 1986 e 2010. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto SBSR, 2011. CEP... Curitiba: INPE, 2011, p. 6403–6409.
- CHAVES, J.; REIS, G.; REIS, M. F.; NEVES, J.; PEZZOPANE, J.; POLLI, H. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: Relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p. 333-341, 2004
- CHENG, L.C.; SCAPIN, C.A.; OLIVEIRA, C.A.; KRAFETUSKI, E.; DRUMOND, F.B.; BOAN, F.S.; PRATES, L.R.; VILELA, R.M. **QFD:** planejamento da qualidade, 2.ed. UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni, Belo Horizonte,1995, 261pp.
- CLAUSING, D. Total Quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering. New York: ASME, 506 p, 1993.
- COLETTI, J.; BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S. Avaliação de defeitos no processo e fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com o uso de ferramentas de controle da qualidade. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 135-140, 2010.

- CORDEIRO, S.; DA SILVA, M.; JACOVINE, L.; VALVERDE, S.; ROCHA, J.; SOARES, N. Performance of the Public Forest Fomentation of Minas Gerais State. **Cerne**, 15, p. 273–281, 2009.
- CORRÊA, R. Efeito dos atributos do solo na produtividade e qualidade da madeira de Pinus caribaea var. hondurensis. 2007. 102p. Dissertação (Mestrado em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas) Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação soloeucalipto.** Viçosa: Folha de Viçosa. 1990, p. 237-264.
- COUTO, H.; BATISTA, J.; RODRIGUEZ, L. 1989. Mensuração e Gerenciamento de Pequenas Florestas. **Documentos Florestais**, v .5, p. 1-37, 1989.
- COX, M. S.; GERARD, P. D.; WARDLAW, M. C.; ABSHIRE, M. J. Variability of Selected Soil Properties and Their Relationships with Soybean Yield. **Soil Science Society of America Journal,** v. 67, p, 1296-1302, 2003.
- DO VALE, A.; MACHADO, C.; PIRES, J.; VILAR, M.; COSTA, C.; NACIF, A. Eucaliptocultura no Brasil Silvicultura, Manejo e Ambiência. Ed. Polo de excelência em florestas, Viçosa, 2014, p 550.
- ELBANNA, E. B.; WITNEY, B. D. Cone Penetration Resistance Equations as a Function of the Clay Ratio, Soil Moisture Content and Specific Weight. **Journal of Terramechanics**, v.1, p 41–56, 1987.
- FAO. Global forest resources assessment: main report. Rome, 2015, 253p.
- FERREIRA, A.F. **Gestão da qualidade agrícola para o setor sucroenergético**. 2012, 77p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Máquinas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- FERNANDES, J. S.; JÚNIOR, V. C.; BARRETO, P., ROCHA, A.; JUNIOR, R. Avaliação da Qualidade de Solo Sob Cultivo de Eucalyptus em Diferentes Ciclos. In: IV CONEFLOR III SEEFLOR, 2013. **Mudanças climáticas globais......** Resumo expandido, p. 175–180, 2013.
- FESSEL, V. Qualidade, desempenho operacional e custos de plantios, manual e mecanizado, de Eucalytus grandis, implantados como cultivo mínimo do solo. 2003, 77p. Dissertacao (Mestrado em Ciencias) Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo Piracicaba, 2003.

- FREITAS, M. de et al. **Avaliação e controle de qualidade em florestas de Eucalyptus**. n. 91.Circular Técnica IPEF, Piracicaba-SP, 1980, 8 p.
- FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A.; PENCHEL, R.M.; FIGUEREDO, A.M. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 30; n. 4, p. 519-528, 2006
- GARVIN, D.A. Gerenciando a qualidade. Qualitymark, Rio de Janeiro, 1992, 357 p.
- GARVIN, D.A. **Managing quality: the strategic and competitive edge.** New York: Free Press, 1988, 358p.
- GATTO, A.; BARROS, N. F. De; NOVAIS, R. F. De; COSTA, L. M. Da; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de Eucalyptus grandis. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 635–646, 2003.
- GAVA, J. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suave-onduladas. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. eds. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.** Piracicaba: IPEF, 2002, p. 221-244.
- GIL, A.C. **Gestão de pessoas: enfoque nos papeis profissionais**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2006, 307p.
- GOLDMAN, H.H. The origins and development of quality initiatives in American business. **The TQM Magazine**, v. 17, n. 3, p. 217-225, 2005.
- GOMES, J.; PAIVA, H.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 185, p. 15-22, 1996.
- GONÇALVES J.L.; STAPE, J.; LACLAUB, J.; SMETHURSTC, P.; GAVA, J. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v 193, n 1–2, P. 45–61, 2004.
- GONÇALVES, J. L.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; SMETHURST, P.; GAVA, J. L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1-2, p. 45–61, 2004.
- GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000.
- GONÇALVES, J. L. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: **SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS**, 1, 1995, Curitiba. Anais... Piracicaba: CNPFloresta, 1995, p. 43-62.

- GOVERS, C. What and how about quality function deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**, v. 46, p. 575-585, 1996.
- HIGA, R.; MORA, A.; HIGA, A. Plantio na pequena propriedade rural. **Embrapa Florestas**, Curitiba, 2000.
- IBÁ. **Relatório Indústria Brasileira de Arvores IBÁ ano 2016**. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em: 12 set 2016.
- JACOBI, L. F.; SOUZA, A. M.; PEREIRA, J. E. S. Gráfico de controle de regressão aplicado na monitoração de processos. **Revista Produção**, v. 12, n. 1, p. 46–59, 2002.
- JACOVINE, L.A.G.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.; LEITE, H.; MINETTI, L. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.
- JACOVINE, L.A.G.; REZENDE, J.; SOUZA, A.; LEITE, H.; TRINDADE, C. Descrição e uso de uma metodologia para avaliação dos custos de qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, p. 143-160, 1999.
- JURAN J. Juran on quality by design: the new steps for planning quality into goods and services. Free Press, New York, 1992, 557p.
- KAHRAMAN, C.; ERTAY, T.; BÜYÜKÖZKAN, G. A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. **European Journal of Operational Research**. v. 171, p. 390–411, 2006.
- LAM, J. S. L.; LAI, K. Developing environmental sustainability by ANP-QFD approach: The case of shipping operations. **Journal of Cleaner Production**. v. 105, p. 275-284, 2014.
- LEITE, H. G.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, C. A. B.; PAULA, R. A.; PIRES, I. E.; SILVA, M. L. Determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 955–964, 2005.
- LIKERT, R.; ROSLOW, S.; MURPHY, G. A simple and reliable method of scoring the Thurstone attitude scales. Personnel Psychology, v. 46, p. 689-690, 1993.
- LIMA, A. A. N.; LIMA, J. R.; SILVA, J. L.; ALENCAR, J. R. B.; SOARES-SOBRINHO, J. L.; LIMA, L. G.; ROLIM-NETO, P. J. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n. 3, p. 177–187, 2006.

- LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. **Ci. Inf**, v. 22, n. 2, p. 153–161, 1993. Disponível em: http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/viewFile/1190/833. Acesso em: 10 mar 2015.
- MACHADO, C.C. Colheita florestal. Viçosa: UFV, 2002. 468p.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L. De; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 947–953, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em 10 fev 2015.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região sul do Brasil. Curitiba: FUPEF, 1998. 138 p.
- MARCOS, S.K.; JORGE, J.T. Desenvolvimento de tomate de mesa, com o suo de método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), comercializado em um supermercado. **Horticultura Brasileira**, v.20, p. 490-496, 2002.
- MATOS, R.B. de. Planejamento da qualidade para o processo de produção de mudas clonais de eucalipto. 2009. 75 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009.
- MATOS, R.B. de; MILAN, M. Avaliação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 977-985, 2009.
- MENEGATTI, F.A. Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão. 2004. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MIGUEL, A.C.A.; SPOTO, M.H.F.; ABRAHÃO, C.; AND SILVA, P.P.M. Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi "pérola". **Ciências Agrotéchicas**, v. 31, p. 563-569, 2007.
- MIGUEL, C.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
- MILAN, M.; BARROS, J.W.D.; GAVA, J.L. Planning soil tillage using Quality Function Deployment (QFD). **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 217-221, 2003.

- MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. 3rd ed. New York: Jonh Wiley, 1997, 677 p.
- MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 1996, 677p.
- MORA A., GARCIA C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000, 112p.
- MOTTA-JUNIOR, J. C.; GRANZINOLLI, M. A. M.; DEVELEY, P. F. Aves da Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil Material e Métodos. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 207–227, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032008000300019&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 15 mar 2014.
- NAGUMO, G.K. **Desdobramento da função qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (Coffea arábica L.).** 2005. 61 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- NEPAL, B.; YADAV, O. P.; MURAT, A. A fuzzy-AHP approach to prioritization of CS attributes in target planning for automotive product development. **Expert Systems with Applications,** v. 37, p. 6775–6786, 2010.
- NICOLOSI, M. Planejamento da qualidade da aplicação a lanço em taxa variável. 2001, 101p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total.** Tradução de A.G. Pereira. São Paulo: Nobel, 1994, 459p.
- OAKLAND, J.S. Statistical process control. 5. ed. Oxford-UK: Butterworth-Heinemann, 2003.
- OBINO, R.; MORAES, T. Um bom negócio florestal "produção de eucaliptos no sistema de usos múltiplos ou multi-produtos no RS. Projepex Soluções Agronômicas & PlanetWood: Porto Alegre, 2011.
- OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; SEIXAS, F. Análise energética de dois sistemas mecanizados na colheita do eucalipto. **Scientia Forestalis,** n. 70, p. 49–57, 2006.
- PALADANI, E.P. **Controle de qualidade: uma abordagem abrangente**. São Paulo: Atlas, 1990, 239p.

- PAULI, D.G. Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- PEREIRA, A.; FREITAS, L. C.; MÁRCIO, Â.; LEITE, P. Análise Econômica e de Sensibilidade em um Povoamento Implantado no Sudoeste da Bahia. **Floresta e Ambiente**. v. 23, n. 2, p. 211-219, 2016.
- PINTON D. H. Controle estatístico de processo. São Paulo: Rev IMES. 1997, v.40, p. 35-8.
- PRYOR L.D. The biology of Eucalyptus. London: Edward Arnold, 1796. 82p
- REZENDE, J.L.P. et al. Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 13-26, 2000.
- ROCCO, G. Planejamento e sistematização de características técnicas para atender um sistema de produção agrícola: um estudo de caso na citricultura. 2013. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2013.
- ROCHA, J.; POZZA, A.; CARVALHO, J.; SILVA, C.; CURI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**: Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.
- RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation,** v. 142, n. 6, p. 1242–1251, 2009.
- RUDEK, A.; GARCIA, F.; PERES, F. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. Centro Científico Conhecer:Goiânia, 2013, v.9, n.17, p. 3775.
- SÁ, C.; SANTOS JUNIOR, J. Compactação do solo: Consequências para o desenvolvimento vegetal. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 26p, 2005.
- SARRIÉS, G.A. Controle estatístico da qualidade para impurezas minerais em carregamentos de cana de açúcar. 1997. 88p. Tese (Doutorado em Ciências) Ecossistemas Tropicais, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- SCHÖNAU, A. P. G. Silvicultural considerations for high productivity of Eucalyptus grandis. **Forest Ecology and Management**, v. 9, n. 4, p. 295–314, 1984.
- SILVA, J.; CASTRO, V.; XAVIER, B. **Cartilha do Fazendeiro Florestal**. 2nd ed. Viçosa: Editoração Eletrônica e Capa, 2008, p. 1-44.

- SILVA, P. ANGELI, A. Implantação e manejo de florestas comerciais. **Instituto de pesquisa e estudos florestais- Documentos**, n 18, p. 14, 2006
- SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do feller-Buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne.** v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.
- SILVA, J.F. Comparativo entre processos florestais terceirizados e primarizados. 2012, 84p. Dissertação (Mestre em Ciências) Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2012.
- SILVA, R. F.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.; PINHEIRO, R. R. Produção de Mudas de *Eucalyptus Grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciencia Florestal**, v. 24, n. 3, p. 609–619, 2014.
- SILVEIRA, D.; FILHO, J. F.; DO SACRAMENTO, J.; SILVEIRA, E. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 659–667, 2010.
- SILVEIRA, R.; LUCA, E.; SILVEIRA, L.; LUZ, H. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de Eucalyptus grandis em função da idade. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 136-149, 2003.
- SILVEIRA, R.; HIGASHI, E.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. Seja O Doutor Do Seu Eucalipto. **Informações Agronômicas**. v 93, 32 p. 2001.
- SIMÕES, J. W. **Reflorestamento e manejo de florestas implantadas**. Documentos Florestais: Piracicaba, 1989, n. 4, p. 1-29.
- SIQUEIRA, J.; TOMASELLI, I.; DELEPINASSE, B.; RODRIGUES, R.; GORNISKI, D. Apoio no gerenciamento da execução do plano de ação do programa de desenvolvimento florestal do vale do Parnaíba (pdflor-pi). **CODEVASF**. 31p, 2009.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS SNIF. Produção. 2016.

 Disponível em: http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-produtiva.

 Acesso em: 25 jun. 2016.
- SOARES, P. Sistema de informação gerencial para o controle da qualidade das operações de implantação e manutenção de plantações florestais. 2014, 136p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- SOARES, P.; TIMOFEICZYK J.; DA SILVA, J.; MILAN, M. Sistema de medição de performance para o controle de plantas invasoras em plantações florestais. **Floresta**, v. 45, p. 175, 2015.

- SBS SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. 2005. In: Anuário Brasileiro da Silvicultura. 2005. Brasil: nação mais competitiva do mundo em florestas plantadas...São Paulo: Gazeta. 2005.
- TEIXEIRA, P.; GONÇALVES, J.; JÚNIOR, J. Crescimento e partição de matéria seca de mudas de Eucalipto em função da adubação potássica e água do solo. **Ceres**. v. 53, n. 310, 2015.
- TOLEDO, J.C. Gestão da qualidade na agroindustria. In: BATALHA, M.O. (org). **Gestão** agroindustrial. 2 ed. São Paulo:Atalas, 2001, v.1, p. 465-517.
- TOLEDO, J.C.; BORRAS M. A; MENDES, G.H. **Qualidade gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013, 397p.
- TRINDADE, C.; JACOVINE, L.; REZENDE, J.; SARTÓRIO, M. **Gestão e controle da qualidade na atividade florestal.** Viçosa: Editora UFV, 2012. 253 p.
- TRINDADE, C.; REZENDE, J.L.P.; JACOVINE, L.A.C.; SARTORIO, M.L. Ferramentas da qualidade. Viçosa: Editora UFV, 2000. 124p.
- TRINDADE, C.; REZENDE, J.L.P.; JACOVINE, L.A.G.; SARTÓRIO, M.L. Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 159p.
- UNITED SATATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE- USDA. **Soil survey manual**. Washington DC: Soil Survey Division Staff, 1993. 437p.
- VICTORIA, A.; AVEIRO, D. Dossiê técnico Eucalipto. **TECPAR**. 36.p., 2007.
- VIERA, S. Estatística para a qualidade. 3 ed. Rio de janeiro: Elsevier, 2014, 292p.
- VIRGENS, A.; FREITAS, L.; LEITE, A. Economic and Sensitivity Analysis in a Settlement Stablished in Southwestern Bahia. Floresta e Ambiente, v. 23, n. 2, p. 211-219, 2016.
- VINICIUS, T.; IBIAPINA, B.; ARI, A.; SALVIANO, C. Resistência à penetração e agregação de um Latossolo Amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. **Cientifica,** p. 411–418, 2014.
- WILCKEN, C.; LIMA, A.; DIAS, T.; MASSON, M.; FILHO, P.; POGETTO, M. Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto. Botucatu: FEPAF. 2008, 25p.
- WILLIAMS, J.E. WOINARSKI, J.C.Z. Eucalypt Ecology Individuals to Ecosystems. Melbourne: Cambridge University Press, 1997, v. 1, p. 30-55.
- XAVIER, A.; DA SILVA, R. Evolução da silvicultura clonal de Eucalyptus no Brasil. **Agronomía Costarricense**. v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

ZAIRI, M.; YOUSSEF, M. Quality function deployment: a main pillar for successful total quality management and product development. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v.12, 9–23, 1995.

APÊNDICE A

APÊNDICE B

Metodologia para análises das características técnicas prioritárias com o uso das ferramentas do controle estatístico da qualidade

Entre as características técnicas prioritárias a profundidade de subsolagem envolve as características de volume de solo preparado adequado, largura de subsolagem, resistência do solo à penetração, por esta razão foi avaliada a profundidade da subsolagem; e foi avaliada a qualidade da muda plantada nas áreas subsoladas.

Localização das áreas avaliadas

Neste estudo, a avaliação das características técnicas prioritárias foi realizada em duas áreas pertencentes a companhia Suzano papel e Celulose no município de Itirapina e Agudos no estado de SP, BR.

Numa delas, a fazenda Sapoti, localizada na região de Itirapina-SP, foram estudados duas áreas de produção de eucalipto. O clima da região é do tipo Mesotérmico com uma estação seca pronunciada entre abril e setembro pluviosidade média de 44,2 mm e uma estação chuvosa entre outubro e março média de 191,2 mm, altitude média de 750 metros (MOTTA-JUNIOR; GRANZINOLLI; DEVELEY, 2008). O tipo de solos corresponde a neossolo Quartzarênico órtico típico RQo04, de textura arenosa, com porcentagem de argila menor igual que 4%, relevo plano.

Conforme dados fornecidos pela empresa, nessa área o preparo do solo foi feito com um subsolador com haste de 60 cm de profundidade, trator BH 180 cv sulco em 'V', sistema de preparo do solo convencional (figura 1) e plantio manual com espaçamento de 3 x 2,20 m. O material vegetal plantado corresponde a *E. grandis x E. urophylla*, plantio convencional com plantadeira manual.





Figura 1 Trator-subsolador preparo do solo com tipo de subsolador convencional (A,B) (Fonte: Autor)

Na segunda área de estudo, a fazenda Querência localizada na região do município de Agudos - SP, foram avaliados dois talhões de produção de eucalipto da empresa Suzano Papel e Celulose. O clima regional é caracterizado como mesotérmico de inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 21,9° C e precipitação média anual de 1230 mm (CWA, conforme a classificação de Köppen) (CORRÊA, 2007).

Área com tipo do solo Argissolo vermelho amarelo distrófico típico PVAd04, com textura arenosa média ou arenosa média pesada e relevo suave ondulado ou ondulado.

O preparo do solo foi feito com um trator Caterpillar modelo D8T com Subsolador Ecotil 420 Savannah que faz o realinhamento, rebaixamento e limpeza da linha de plantio. Dotado de um sistema de georreferenciamento da linha de preparo e piloto automático (Trimble). Na figura 2 é apresentando o sistema de preparo do solo Savannah. Plantio com espaçamento das mudas de 3,30m x 2,00m, com o clone 6284 de *Eucaliptus grandis*.





Figura 2 Trator-subsolador preparo do solo com tipo de subsolador savannah (A,B) (Fonte: Autor)

Avaliação das características prioritárias

Realizou-se a avaliação dos requisitos técnicos prioritários, com base no controle estatístico do processo, em duas áreas da companhia localizada no estado de São Paulo, Br.

A análise do controle das operações foi através de gráficos de controle de acordo com a metodologia proposta por Trindade et al. (2000), empregadas para o setor florestal. Os tipos de gráficos de controle utilizados foram: média; desvio padrão, e número total de defeitos por unidade. Os fatores de ajuste à distribuição normal foram obtidos de Paladani (1990).

Profundidade da Subsolagem

Para avaliação da profundidade da subsolagem foram analisadas 20 amostras por área, espaçadas a cada 100m no sentido do trator como é apresentado na figura 3.

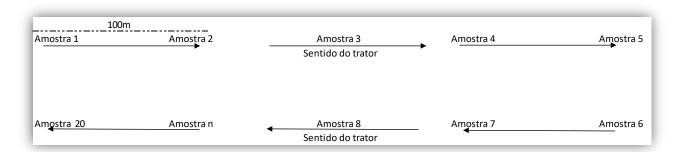


Figura 3 Esquema do conjunto do grupo amostral realizados para avaliação da profundidade da subsolagem.

Em cada uma das 20 amostras, a avalição da profundidade da subsolagem foi feita, realizando um conjunto composto de 9 amostras (figura 4) distantes a 10 centímetros uma da outra, dispostas na largura total do canteiro pós-preparo, seguindo o sentido da linha de surco do trator subsolador, distribuídos da seguinte forma: ponto central zero para o centro do sulco; 10 cm para à direita do centro; 20 cm para à direita do centro; 30 cm para à direita do centro; 40 cm para à direita do centro; 10 cm para à esquerda do centro; 20 centímetros para à esquerda do centro; 30 cm para à esquerda do centro; 40 cm para à esquerda do centro; conforme figura 6, repetindo 5 vezes a 20 cm entre si na longitudinal, totalizando 45 pontos por grupo. Dessa maneira foram feitos 20 grupos

demarcados por estacas por cada área avaliada, separados a cada 100 metros. Em todas as áreas foi replicado duas vezes o esquema para a coleta dos dados.

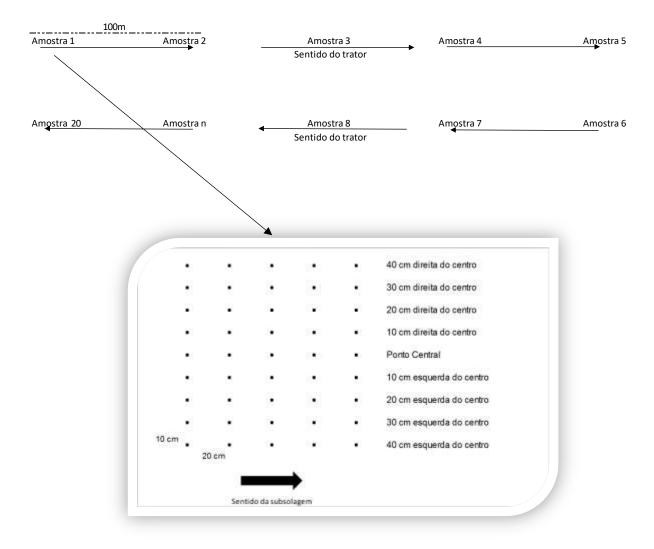


Figura 4 Esquema dos pontos de coleta de dados realizados para avaliação da profundidade da subsolagem por cada grupo de amostral.

A mensuração da profundidade foi realizada de forma indireta, com auxílio de um penetrômetro manual. Determinando-se um limite no valor de 2Mpa como indicador da profundidade de trabalho. Este valor de 2MP é considerado como o limite ao crescimento radicular das plantas (VINICIUS et al., 2014; USDA, 1993).

Com os dados obtidos das amostragens foi feito o mapa de profundidade da subsolagem para cada posição transversal ao longo da área, sentido longitudinal.

Para análise da estabilidade do processo foi realizada por meio da carta de controle (média e dispersão), de acordo com as metodologias apresentadas por Trindade (2010) Oakland (2003). Foram calculados para o gráfico por média, a linha média (LM), o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC), com a finalidade de verificar a variabilidade e estabilidade da profundidade da subsolagem, nos gráficos foram inseridos os valores médios e o desvio padrão de cada amostra, respectivamente para os gráficos de média e de dispersão (Action versão 2.5).

Qualidade do plantio

Foram utilizados os mesmos 20 grupos demarcados pelas estacas para cada área avaliada, separados a cada 100 metros, no sentido do trator. Para cada grupo amostral foram avaliadas 80 mudas divididas em 4 linhas de plantio, cada linha foi plantada por um operário diferente, no total foram avaliadas 20 mudas por linha de plantio, figura 5. Os defeitos avaliados no estabelecimento do plantio foram número de mudas for a da linha de preparo, número de mudas com substrato exposto, número de mudas tortas, número de mudas com espaçamento entre plantas, número de mudas soltas, número de mudas afogadas.

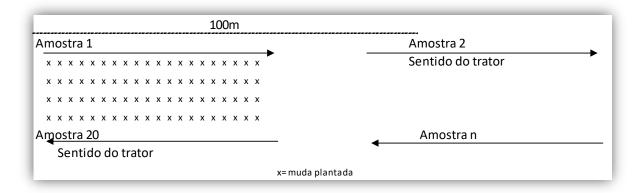


Figura 5 Esquema das mudas avaliadas na qualidade do plantio para um grupo.