

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

TIAGO GUILHERME DE ARAÚJO

**QUALIDADE DA INFORMAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE
SILVICULTURA DE PRECISÃO NA ADUBAÇÃO E SUBSOLAGEM**

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 2014

TIAGO GUILHERME DE ARAÚJO

**QUALIDADE DA INFORMAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE
SILVICULTURA DE PRECISÃO NA ADUBAÇÃO E SUBSOLAGEM**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO – 2014

TIAGO GUILHERME DE ARAÚJO

**QUALIDADE DA INFORMAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE
SILVICULTURA DE PRECISÃO NA ADUBAÇÃO E SUBSOLAGEM**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

APROVADA: 26 de Maio de 2014.

Prof. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine

Doutorando Reginaldo Antônio Medeiros

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Antônio e Lúcia Maria pelo apoio incondicional durante esses anos que estive longe de casa. Agradeço aos meus irmãos, João Antônio, Fernanda e Kely pelo incentivo nos estudos e pelo reconhecimento que a Engenharia Florestal seria uma ótima opção de curso.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) por tudo que foi proporcionado. À Empresa CENIBRA pela oportunidade e estruturas disponibilizadas. Em especial ao Engenheiro de Produção da Cenibra Ilvânio Guedes pela orientação e ensinamentos.

Ao Professor Haroldo Nogueira de Paiva pela orientação e disponibilidade de sempre. Ao Professor Aloisio Xavier pela oportunidade de estágio concedida no início do curso e por todo o aprendizado. Agradeço o companheirismo e amizade de todos os funcionários e estagiários do Laboratório de Cultura de Tecidos, do Viveiro da UFV e da Empresa CENIBRA.

Aos meus amigos de curso, em especial Mateus Alves, Marcos Antônio Miranda, Carlos Miguel, Henrique Neyffer, Gustavo Endrigo, Marcos Junio, Diogo Cosenza, Cecília Madrona, Ângela Yurie, Mariana Taquetti e a tantos outros que me acompanharam nessa caminhada. Aos amigos do Alojamento Michel Souza, e em especial Anderson Trece que me acompanha desde os tempos de Escola Agrícola, pela amizade e convívio agradável.

BIOGRAFIA

Tiago Guilherme de Araújo, filho de José Antônio de Araújo e Lúcia Maria Guilherme de Araújo, nasceu no dia 23 de Abril 1990 na cidade de Barbacena-MG, cresceu na cidade de Senhora dos Remédios-MG.

Cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Padre Egydio Reis na cidade de Senhora dos Remédios-MG.

Formou-se Técnico Agrícola na Escola Agrotécnica Federal de Barbacena no ano de 2007, concomitante ao ensino médio.

Pelas atividades realizadas por seu pai e afinidade com a área agrária, principalmente por florestas, em 2009, ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa.

Durante a graduação realizou estágios no Viveiro Florestal, no Laboratório de Incêndios Florestais, no Laboratório de Cultura de Tecidos/BIOAGRO, participou da Empresa Júnior de Engenharia Florestal e por último realizou estágio na Empresa CENIBRA, nos quais adquiriu conhecimento e capacidade para desenvolver a monografia de conclusão de curso.

CONTEÚDO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Silvicultura de Precisão.....	4
3.2 Subsolagem	5
4 MATERIAL E MÉTODOS	7
4.1 Características gerais.....	7
4.1.1 Equipamentos	7
4.1.2 Materiais para coleta de dados	8
4.1.3 Equipamentos de proteção individual (EPIs).....	9
4.2 Alterações feitas no implemento (subsolador) antes do teste	9
4.3 Características de operação	10
4.4 Descrições da atividade.....	10
4.4.1 Sequência operacional.....	10
4.5 Parâmetros de avaliação	11
4.6 Plano de coleta de dados	11
4.6.1 Dosagem.....	12
4.6.2 Profundidade da subsolagem.....	12

4.7 Análise operacional.....	12
4.7.1 Disponibilidade mecânica	12
4.7.2 Eficiência operacional.....	13
4.8 Análise dos dados.....	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5.1 Dosagem.....	14
5.2 Profundidade	17
5.3 Rendimento operacional.....	17
5.4 Calibrações do Implemento.....	18
5.5 Dinâmica Operacional.....	19
5.6 Disponibilidade Mecânica.....	21
5.7 Eficiência Operacional	22
6 CONCLUSÕES	24
7 REFERÊNCIAS	25

EXTRATO

ARAÚJO, Tiago Guilherme. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa. Julho, 2014. **QUALIDADE DA INFORMAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE SILVICULTURA DE PRECISÃO NA ADUBAÇÃO E SUBSOLAGEM.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

As buscas por ganho em rendimento e qualidade nas atividades florestais são de extrema importância para tornar as empresas mais competitivas, nesse sentido as técnicas de silvicultura de precisão estão cada vez mais desenvolvidas. Com o intuito de obter ganhos técnicos e operacionais na atividade de adubação via subsolagem testou-se um equipamento de silvicultura de precisão (ESP) por 60 dias na região de Belo Oriente-MG. Esse equipamento é um controlador eletrônico e hidráulico de aplicação de insumos. O estudo com equipamento de silvicultura de precisão na adubação via subsolagem teve como objetivo avaliar a eficiência desse equipamento na adubação via subsolagem. Avaliando a qualidade da informação que o equipamento gera sobre a dosagem aplicada, a profundidade da subsolagem, e ainda, avaliando a possibilidade de ganho operacional com a redução do tempo de regulagem de implementos. Observou-se que o ESP proporciona uma operação com maior qualidade, onde o desvio médio da dosagem foi de 3,33 % em relação ao recomendado e o desvio médio na profundidade de operação foi de 3,76 %, atendendo às expectativas da empresa. Com o equipamento de silvicultura de precisão pode-se conseguir um ganho de horas disponível para operação de 0,75 horas por dia pelo fato da calibração ser mais rápida. Ao fim de um ano essa diferença de tempo permite dizer que um mesmo conjunto

máquina/implemento subsolará 80,51 hectares a mais, se estiver equipado com ESP. Outra vantagem observada é o controle do fluxo de insumo, mantendo a aplicação homogênea independente da velocidade de deslocamento do implemento, com o georreferenciamento da área trabalhada, gerando mapas e tabelas que facilitam a gestão da operação e elimina a necessidade de retorno na área para medir manualmente a área trabalhada. Com os devidos ajustes operacionais, treinamento dos envolvidos e insumos de qualidade, o ESP mostrou ser uma ferramenta com alto potencial de sucesso para a inovação da atividade de adubação via subsolagem.

1 INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de florestas plantadas tem relevante importância no mercado nacional, ocupando uma área de 6,66 milhões de hectares do país. Segundo ABRAF (2013), o valor bruto da produção no ano de 2012 foi de US\$ 56,3 bilhões, arrecadando US\$ 7,6 bilhões em tributos, que gerou um saldo na balança comercial da indústria nacional de base florestal de US\$ 5,5 bilhões e 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos.

No entanto, nos últimos dez anos o Brasil deixou de ser o país com o menor custo de produção de madeira por m³ e passou a ocupar a quarta posição no mercado internacional ficando atrás de Rússia, Indonésia e Estados Unidos (ABRAF, 2013).

Além do fato da necessidade de importação de insumos, a pouca otimização nos processos de aplicação destes elevam o custo. O fato é que a competitividade dos produtos florestais brasileiros está enfraquecendo frente aos seus principais concorrentes internacionais.

As buscas por ganho em rendimento e qualidade nas atividades florestais são de extrema importância para tornar as empresas mais competitivas. Entretanto, o alto custo e a indisponibilidade de mão-de-obra cada vez maiores dificultam ainda mais o ganho em competitividade. Somado a isso, existe a grande necessidade de se ter o controle de todas as atividades silviculturais, o que se torna extremamente difícil devido às dimensões das grandes empresas florestais.

Nesse contexto, a procura por ferramentas que facilitem o controle de qualidade e melhorem os rendimentos das operações de campo de forma simples e automatizada torna-se imprescindível.

Nesse sentido, a silvicultura de precisão se apresenta como uma forma inovadora de administração e produção de florestas propiciando muitas vantagens, entre as quais facilita o monitoramento das atividades, melhora a distribuição de insumos, reduz custos com controle de qualidade, permite o aumento do rendimento operacional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência do uso de um equipamento de silvicultura de precisão na adubação via subsolagem.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a dosagem informada pelo equipamento de silvicultura de precisão (ESP) em comparação com a recomendada.
- Avaliar a profundidade de subsolagem realizada em relação à recomendada.
- Avaliar possibilidade de ganho operacional com a redução de tempo para regular implemento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Silvicultura de Precisão

O termo silvicultura de precisão é baseado no conceito de agricultura de precisão, que engloba a zootecnia de precisão, a agricultura propriamente dita e a silvicultura de precisão.

Segundo o Glossário Agropecuário compilado por Ormond (2006) agricultura de precisão é um conjunto de técnicas de gerenciamento sistêmico e otimizado de um sistema de produção através do domínio da informação, com a utilização de uma série de tecnologias e tendo como base as informações sobre o posicionamento geográfico. A essência da agricultura de precisão é a contínua obtenção de informações espacialmente detalhadas da cultura, seguida da utilização adequada destas informações para otimizar o manejo, definindo-se como aplicar no local correto, no momento adequado, as quantidades e tipos de insumos necessários à produção.

Através da análise de produtividade é possível realizar intervenções precisas nas florestas para obtenção do rendimento máximo. Sendo assim, é necessário o acompanhamento e gerenciamento de um grande volume de informações que variam de acordo com o espaço e o tempo (BRANDELERO et al., 2007).

Quando a variabilidade espacial da produtividade e os fatores relacionadas a ela são conhecidos, o manejo da floresta pode ser melhor executado e é isso que a silvicultura de precisão prioriza (MOLIN et al., 2005).

A silvicultura de precisão usa tecnologias de última geração para gerar conhecimento e a inclusão de variabilidades espacial e temporal dos fatores de produção (BRANDELERO et al., 2007).

A busca por racionalizar o uso dos fatores de produção vai diretamente a favor do conceito de produção sustentável, permitindo dizer que o manejo de precisão se torna imprescindível para a busca de formas de produção menos impactantes, sendo extremamente importante para as certificações florestais (RIBEIRO, 2008).

Diante disso, equipamentos de silvicultura de precisão estão sendo desenvolvidos para facilitar o monitoramento das atividades no campo e no escritório.

Os equipamentos de silvicultura de precisão para monitoramento das atividades são basicamente compostos por três componentes principais: o computador de bordo, que possui GPS e alarmes sonoros, e faz a interface com o operador. O conjunto de sensoriamento e controle que são sensores e/ou sistemas eletromecânicos controlados, permitem monitorar pontos críticos da operação e registrá-los continuamente no cartão de memória do computador de bordo, além de avisar ao operador com sinais sonoros e visuais possíveis problemas durante a operação. E, por último, o software de tratamento dos dados que permite a visualização dos mapas da área trabalhada e acesso aos gráficos e tabelas da operação.

Esses equipamentos de monitoramento de máquinas podem ser ferramentas valiosas no fornecimento de informações sobre o dia-a-dia da máquina para registro e análise de produtividade. Permitem um melhor embasamento para um plano de gestão de pessoas e de máquinas facilitando a elaboração de orçamentos e de outras técnicas administrativas (FOLEGATTI, 2010).

3.2 Subsolagem

O preparo do solo consiste em gerar condições no solo que sejam propícias para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas permitindo a exploração do solo pela planta com o mínimo de empecilho possível (LEITE, 2011).

Até o fim dos anos 80, assim como era feito nos cultivos agrícolas convencionais, o preparo de solo consistia na eliminação, geralmente por queima, dos resíduos da vegetação anterior e no revolvimento intensivo do solo da camada superficial (MOLIN; SILVA JÚNIOR, 2003).

Com o intuito de reduzir o intenso revolvimento do solo surgiram as técnicas conservacionistas, que permitem uma maior proteção do solo. O plantio direto e o cultivo mínimo são formas de manejo conservacionistas que procuram minimizar esse revolvimento (RICHART et al., 2005).

A tecnologia atualmente utilizada no preparo do solo, para plantios florestais tecnificados, utiliza o cultivo mínimo, realizando um preparo de solo localizado, apenas na linha de plantio, sendo que a subsolagem e o coveamento são as principais operações de preparo do solo desse sistema (GATTO et al., 2003).

A necessidade de se romper as camadas mais compactadas do solo motivou a criação de inúmeros equipamentos para esse fim. O subsolador é um dos principais equipamentos usados para minimizar os efeitos negativos que a compactação do solo causa às culturas (GROTTA et al., 2004).

Atividades, como adubação via subsolagem, feitas na forma convencional, possuem características já consideradas obsoletas pelo fato de serem realizadas de forma manual, como calibrações de implementos, demarcação da área trabalhada e quantificação de insumo consumido. Além de grande perda em rendimento, muitas vezes, comprometem a qualidade da atividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características gerais

4.1.1 Equipamentos

O trabalho foi realizado na região do Vale do Rio Doce no Município de Belo Oriente. No total trabalhou-se em três projetos/fazendas de uma empresa fazendo a aplicação de fertilizante em uma área de 86,55 ha distribuída em 12 talhões.

Esse trabalho ocorreu durante a operação de adubação via subsolagem da empresa e nesse período as dosagens de fertilizante utilizadas foram de 300 kg/ha, 400 kg/ha e 500 kg/ha seguindo a recomendação técnica da empresa para cada talhão. As formulações dos fertilizantes usados foram de 06 - 18 - 20, 07 - 24 - 20, 06 - 10 - 29 e 07 - 17 - 23. Nesse estudo operou-se em três espaçamentos: 3 x 3,0 m, 2,5 x 3 m e 3 x 2,5 m.

O trator agrícola empregado no estudo estava equipado com motor diesel modelo 6068-T, 180 cv, comprimento de 5,42 m e largura de 2,776 m, contabilizando um peso total de 7.500 kg. O tanque de combustível tinha capacidade para 300 L (MANUAL DE OPERAÇÃO JOHN DEERE). O implemento utilizado foi um

subsolador de arrasto adaptado modelo S60 C100 EG4, dotado de uma haste de 90 cm de altura, 32 cm de largura e ângulo de ataque de 25°, com disco de corte de 90 cm de diâmetro e 3/4 polegadas de espessura, com controle de profundidade por roda, acoplado ao sistema hidráulico do trator. Na parte superior do implemento estava fixado um tanque para armazenamento de fertilizantes, com capacidade de 700 kg.

Foi utilizado, para dar apoio à atividade, um caminhão Mercedes Benz ¾ 710 com cabine suplementar com capacidade para oito pessoas, esse caminhão possuía um munck (braço hidráulico) com capacidade de içar até 500 kg. Ele foi usado para transportar fertilizante e para levar o operador para o campo, além de auxiliar no abastecimento do tanque de armazenamento de fertilizante.

O equipamento de silvicultura de precisão usado no teste funciona basicamente da seguinte forma:

- 1) Um motor hidráulico ou elétrico é instalado no implemento de distribuição.
- 2) O motor é conectado ao sistema de controle que fica na cabine do trator (computador de bordo).
- 3) Durante a operação, o computador de bordo recebe sinais de GPS/DGPS constantemente. A cada sinal recebido, o equipamento armazena na memória os dados referentes à aplicação.
- 4) Sabendo a dosagem necessária em kg/ha em cada local específico, o sistema aciona o motor hidráulico que controla o dosador para aplicação precisa do insumo.
- 5) Após a aplicação, os dados são retirados do computador de bordo através do cartão de memória e lançados no sistema de tratamento de dados onde são gerados os gráficos de aplicação, as tabelas de rotina da operação, entre outras informações.

4.1.2 Materiais para coleta de dados

Para a coleta de dados em campo, utilizou-se um cronômetro digital CASIO HS-30W-N1V para realizar a marcação dos tempos da máquina e implemento. Além disso,

uma balança com precisão de 20 gramas da marca Walmur com capacidade de até 50 kg foi utilizada para as pesagens dos insumos. Uma trena de 50 metros e um clinômetro analógico foram utilizados para obter informações referentes a distâncias e a inclinação do terreno, respectivamente. Para medir a profundidade da subsolagem utilizou-se uma haste graduada. Para registros fotográficos utilizou-se uma câmera digital, e, para anotações diversas, foram utilizadas, pranchetas e canetas esferográficas.

4.1.3 Equipamentos de proteção individual (EPIs)

O operador do trator e o ajudante/trabalhador florestal usavam protetores auriculares, luvas, perneiras, máscara (ao manusear o adubo), botas, óculos de segurança e protetor solar.

4.2 Alterações feitas no implemento (subsolador) antes do teste

Para a realização do teste foram necessárias duas alterações no subsolador. A primeira foi a instalação do motor hidráulico juntamente com uma engrenagem para permitir maior rotação do dosador de adubo e atender a dosagens superiores a 400 kg/ha (Imagem 1).



Imagem 1 – Instalação do motor hidráulico. (A) Situação anterior. (B) Situação após alteração.

A segunda alteração no implemento foi a instalação de um compensador de peso de adubo (“chapéu chinês”) dentro da caixa de armazenamento de fertilizante do subsolador, para reduzir a ação do peso do adubo sobre a rosca sem fim do dosador (Imagem 2).



Imagem 2 - Compensador de peso dentro da caixa de armazenagem de adubo do subsolador.

4.3 Características de operação

A adubação via subsolagem é realizada com subsolador + adubadora, tracionados por trator de pneu/esteiras.

A distância entre linhas subsoladas, entre plantas e a profundidade da subsolagem seguem a recomendação técnica utilizada na empresa.

A profundidade mínima de subsolagem para área plana foi de 60 cm e para terrenos inclinados foi de 40 cm.

O sentido das linhas de subsolagem deve ser perpendicular ao sentido da inclinação do terreno, inclinação que, para essa operação, não foi superior a 15°.

Nesta atividade o operador do trator trabalha com o apoio de um trabalhador florestal, que é responsável por auxiliar no carregamento de insumo da caixa do subsolador. O caminhão munck além de transportar o operador e o trabalhador florestal para área de trabalho, também transporta o insumo e dá suporte para o carregamento do tanque de armazenagem de fertilizante.

4.4 Descrições da atividade

4.4.1 Sequência operacional

A sequência operacional da atividade de adubação via subsolagem na empresa é demonstrada na Imagem 3.

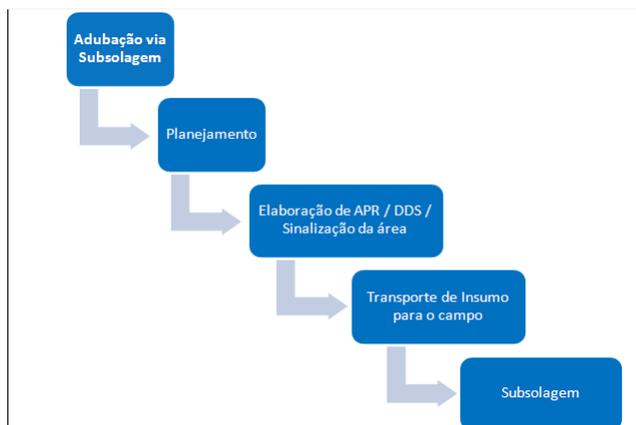


Imagem 3 - Sequência para adubação via subsolagem na empresa.

As áreas de operação para o teste foram definidas juntamente com o supervisor e monitor da empresa, seguindo a rotina normal da empresa.

A operação iniciou-se diariamente com ginástica laboral e com diálogo diário de segurança (DDS), quando são discutidos aspectos de segurança na operação. A sinalização da área de operação é realizada por meio de placas de advertência colocadas à distância de 100 m da área de operação.

Após DDS, ginástica laboral e inspeção da máquina, o operador deslocava-se para a área de trabalho, onde a caixa de armazenamento de adubo do subsolador era abastecida com o auxílio do caminhão munck. Em seguida fazia-se a calibração do EPS e do implemento para a dosagem e tipo de adubo, profundidade de subsolagem e largura da faixa de aplicação. Feito isso se iniciava a operação.

4.5 Parâmetros de avaliação

- Variação da dosagem informada pelo equipamento de silvicultura de precisão e a real.
- Profundidade de subsolagem.
- Rendimentos operacionais do processo de adubação via subsolagem.

4.6 Plano de coleta de dados

4.6.1 Dosagem

Como um dos objetivos do teste é validar as informações geradas pelo equipamento de silvicultura de precisão, calculou-se a dosagem atingida na área de aplicação de duas formas:

Primeira: Chamada de Dosagem ESP que levou em consideração as informações do Computador de Bordo (CB):

$$Dosagem\ ESP = \frac{Peso\ informado\ pelo\ CB}{Área\ informada\ pelo\ CB} = kg/ha$$

Segunda: Chamada de Dosagem real que leva em consideração o peso do fertilizante aferido em balança (peso real) e a área informada pelo computador de bordo (CB):

$$Dosagem\ Real = \frac{Peso\ Real}{Área\ informada\ pelo\ CB} = kg/ha$$

Em todos os dias de operação foi realizado pelo menos uma pesagem de adubo e anotações das informações do computador de bordo.

4.6.2 Profundidade da subsolagem

Para definir a qualidade da profundidade atingida na subsolagem foi utilizado o método proposto pelo procedimento interno da empresa: Controle de Qualidade de Operações Silviculturais, que consiste em lançar diariamente uma parcela a cada quatro hectares, e avaliar, com uma haste graduada, 25 profundidades de subsolagem em linhas alternadas, sendo cinco profundidades dentro de cada linha, em um total de cinco linhas avaliadas, inserindo-se a haste graduada no centro da linha de subsolagem.

4.7 Análise operacional

4.7.1 Disponibilidade mecânica

Para calcular a disponibilidade mecânica nessa operação com o ESP programou-se um período de 8,5 h/dia como tempo calendário, descontadas as horas para alimentação e de intervenção mecânica para manutenção preventiva e corretiva, sendo anotados os tempos em horas e minutos de interrupção.

4.7.2 Eficiência operacional

Para definir eficiência operacional foi programado um período de 8,5h/dia para operação, sendo anotados os tempos em horas e minutos de interrupção da operação. As anotações foram realizadas em impresso denominado “Parte Diária”, sobre todas as ocorrências verificadas no dia na máquina, descrevendo situações previstas ou não durante a operação. Foram registrados os dados de produção, horas disponíveis, horas trabalhadas, consumo de combustível, tempo parado, condições operacionais. Situações atípicas foram registradas com fotos e descritas sucintamente na parte diária dos equipamentos.

4.8 Análise dos dados

Os dados foram avaliados através de estatística descritiva.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dosagem

No mês de junho, devido à umidade excessiva de um lote de adubo, coincidindo com os primeiros dias do teste (12 dias) houve problemas na calibração do ESP.

Ao comparar a aplicação de fertilizante via subsolagem com o adubo umedecido pela chuva e com o adubo seco, verificou-se que a umidade influenciou negativamente na dosagem real atingida pelo equipamento. Com adubo úmido a dosagem real variou 12,62 % e com adubo seco em condições consideradas ideais, a variação foi de 3,33 %, isso demonstra a importância da qualidade do adubo para a operação de adubação via subsolagem (Quadro 1).

Importante perceber que a variação média da dosagem ESP que é informada pelo computador de bordo quando o adubo estava úmido (1,27 %) foi diferente da variação da dosagem Real (12,62%), ou seja, isso significa que para o ESP a variação da dosagem era pequena, mas na prática não era. Um dos motivos para essa diferença é que com o adubo úmido a calibração do equipamento fica prejudicada, pois o adubo tem maior dificuldade para sair da caixa de armazenamento. Outro motivo, é que o adubo umedecido causa o entupimento na saída do dosador, forçando a rosca sem fim do dosador, muitas vezes empenando-a ou até mesmo quebrando-a, fazendo o dosador perder precisão.

Já com o adubo seco a variação da dosagem ESP foi de 2,25 % e a Real foi de 3,33 %, a diferença entre elas é pequena, o que mostra que em condições normais do adubo o equipamento de silvicultura de precisão é mais confiável para seu uso na adubação via subsolagem (Quadro 1).

Quadro 1 – Variação das dosagens ESP e Real em relação à dosagem recomendada.

Situação	Variação (%) da Dosagem (ESP)	Variação (%) da Dosagem (Real)	Variação (%) do Peso ESP X Real	Nº de Pesagens
Dias Com Adubo Úmido	1,273	12,629	11,285	18
Dias Com Adubo Seco	2,257	3,332	2,950	19

Na figura 1 verifica-se que todos os pontos da dosagem do ESP com adubo úmido estão dentro do limite de variação -5% e +5% (é o aceitável na empresa), porém na dosagem Real a maioria dos pontos está fora do limite. Isso mostra o quanto a umidade influenciou negativamente a qualidade de trabalho do equipamento de silvicultura de precisão.

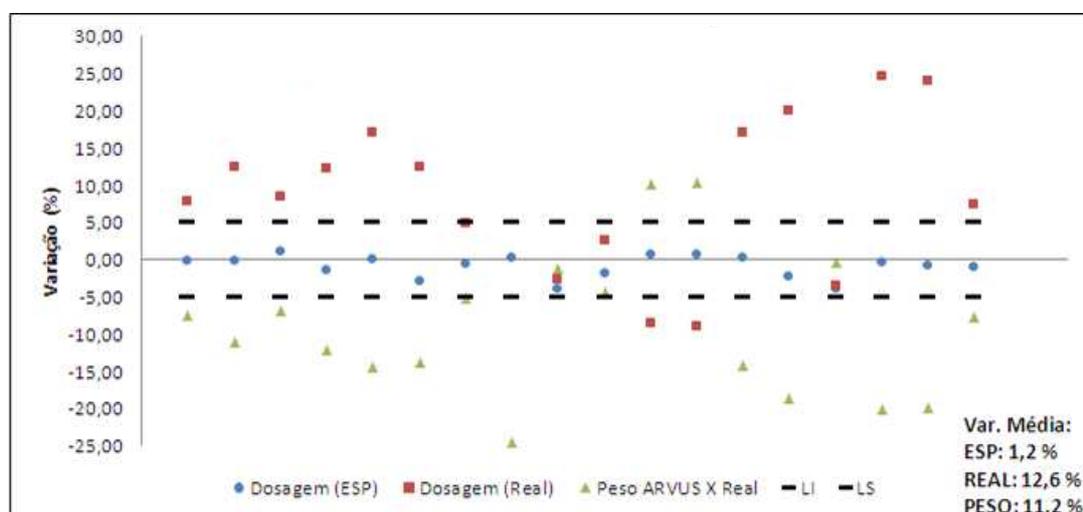


Figura 1 - Comparação da dosagem de adubo úmido informado pelo ESP x Real na subsolagem.

Na figura 2 verifica-se que com o adubo seco tanto a dosagem informada pelo ESP quanto a dosagem Real estão dentro dos limites de variação de -5 % e +5%.

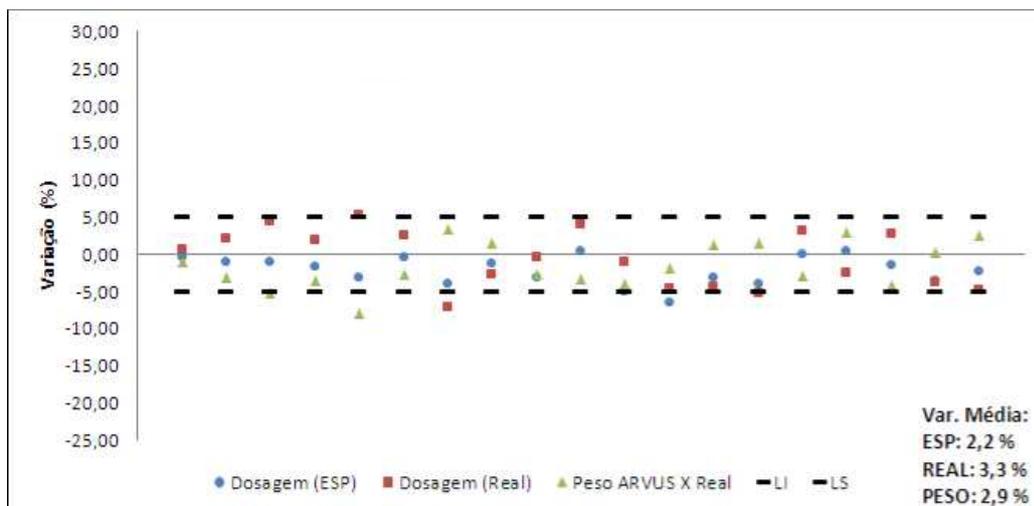


Figura 2 – Comparação da dosagem de adubo seco informado pelo ESP x Real na subsolagem.

Diante do exposto, ficou evidente a importância da qualidade do fertilizante, para que o equipamento de silvicultura de precisão gere informações mais confiáveis e de qualidade. Além disso, mostra que mesmo sendo um sistema automático, o ESP deve ter um acompanhamento periódico de qualidade da dosagem, que pode ser feito pelo próprio operador.

Conforme os dados do controle de qualidade da empresa (Figura 3), observou-se que a adubação via subsolagem convencional possui uma variação média maior que a proporcionada pelo equipamento de silvicultura de precisão, e ainda apresenta uma amplitude grande de variação dos dados, isso mostra que o ESP pode ser uma boa ferramenta para esta operação.

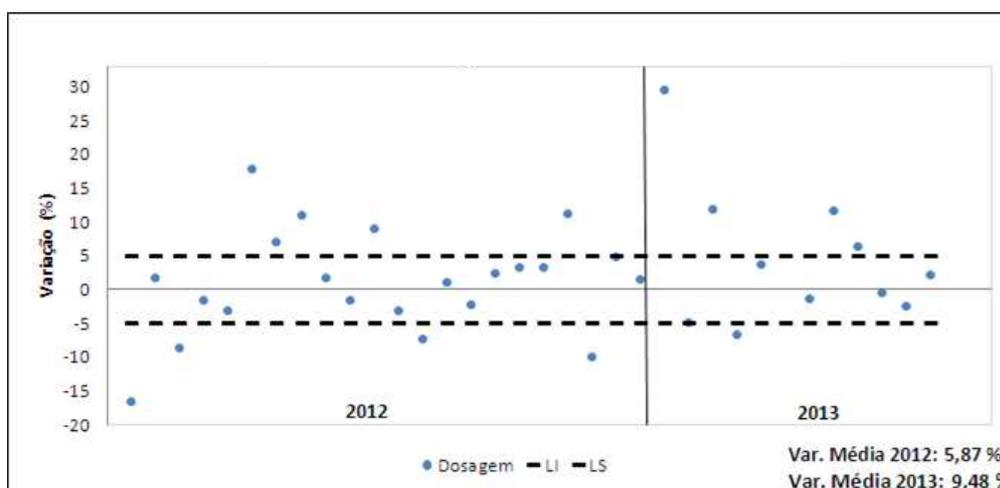


Figura 3 – Acompanhamento de controle de qualidade da dosagem na empresa em 2012 e 2013 na atividade adubação via subsolagem sem ESP.

5.2 Profundidade

A recomendação técnica da empresa diz que em área de baixada a profundidade de subsolagem é no mínimo de 60 cm e, em encostas, é de 40 cm. É importante dizer que o ESP, possui mecanismos que avisam ao operador caso a operação não esteja ocorrendo na profundidade recomendada.

Na Figura 4 verifica-se que em termos de profundidade a recomendação técnica foi plenamente atendida, e, em muitas vezes, até com profundidades além do recomendado, principalmente nas áreas em que a recomendação era de 40 cm de profundidade. Isto mostra que em termos de profundidade a avaliação também foi satisfatória, sinalizando de forma positiva o uso do ESP para esta operação.

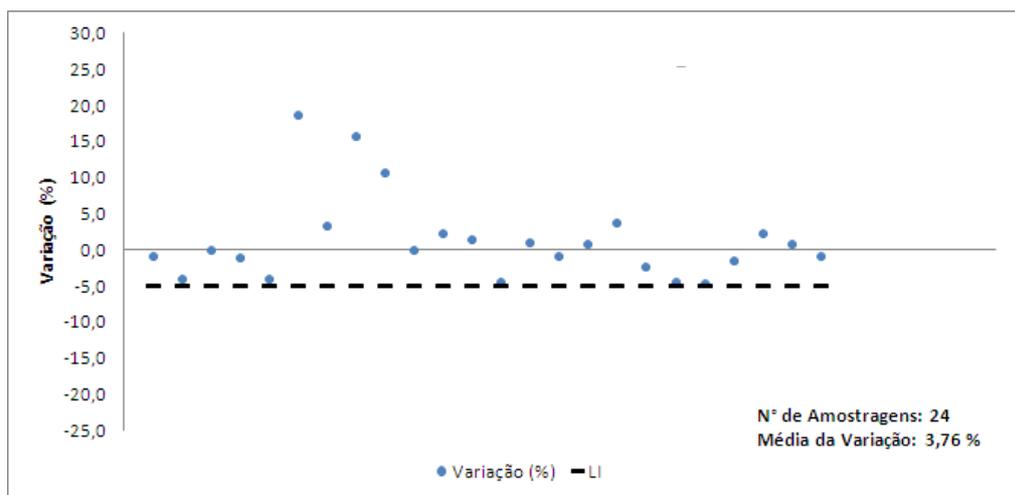


Figura 4 - Variação da profundidade de subsolagem.

5.3 Rendimento operacional

O rendimento médio por hora, foi de 0,52 ha. A disponibilidade mecânica foi de 72,51 % e a eficiência operacional de 61,88% (Quadro 2).

De acordo com essas informações, ao final de um mês de trabalho, a área subsolada por um conjunto trator/subsolador será de 40,8 hectares.

Quadro 2 – Rendimento da Adubação Via Subsolação com ESP.

Regional	Área Aplicada (ha)	Horas Efetivas	Rendimentos						
			ha/h	h/ha	DM	EO	Horas efetivas /turno	ha/dia	ha/mês 1 turno
RD	86,55	167,23	0,52	1,93	72,51%	61,88%	3,80	1,97	40,8

5.4 Calibrações do Implemento

Nas calibrações, o tempo de coleta de insumo utilizado foi de um minuto, seguindo a recomendação da fornecedora do ESP. A calibração é importantíssima, pois é a partir dela que se informa ao computador de bordo a dosagem, largura de faixa, profundidade e o tipo de adubo na operação. Após a calibração o computador de bordo informa qual deve ser a faixa de velocidade de trabalho para que a dosagem seja atingida.

Durante as calibrações, o peso médio coletado foi de 5,57 kg/min fazendo com que a cada giro do motor hidráulico do subsolador fosse liberado 36,25 g de insumo para o solo, considerando que durante a calibração o motor do subsolador trabalhou com uma rotação de 150 RPM (Quadro 3). A velocidade média de operação foi de 4 km/h.

Quadro 3 – Calibrações do ESP para diferentes dosagens de adubo.

Dosagem Kg/ha	Tempo de coleta	Peso do do Adubo (kg)	g/volta do motor	Vel min (km/h)	Vel max (km/h)	Tempo da Calibração
500	1 min	5,62	36,51	0,40	6,46	00:05:39
400	1 min	5,71	37,24	0,54	8,32	00:05:39
300	1 min	4,53	29,28	0,64	10,40	00:05:19
Média Geral	1 min	5,57	36,25	0,48	7,51	00:05:37

Durante o teste acompanhou-se o tempo de calibração da dosagem do implemento subsolador tanto com ESP (cinco minutos e 37 segundos) quanto para o sistema convencional (28 minutos). Nesse sentido, as aferições e regulagens de dosagem no sistema convencional de adubação requerem:

- Amostragem da velocidade média de operação (em linhas de 50m);
- Amostragem do fluxo do adubo (máquina parada);
- Regulagem mecânica do dosador (manualmente).

O tempo de calibração do subsolador com ESP foi 4,97 vezes menor que com o sistema convencional. Considerando-se que o dia de trabalho possui 8,5 horas, a diferença do tempo gasto com duas calibrações por dia (Procedimento da Empresa) no sistema convencional para o ESP é de 0,75 horas por dia, que representa um ganho de 8,78 % em tempo disponível para operação por dia (Quadro 4).

Quadro 4 – Tempo médio de calibração do implemento subsolador com ESP e do sistema convencional.

Nº de Calibrações	Tempo de Calibração		Diferença (b-a)	Ganho em tempo disponível para operação (%)/dia
	ESP (a)	Sist. Convencionnal (b)		
Uma Calibração/dia	00:05:37	00:28:00	00:22:23	4,39
Duas Calibrações/dia (Procedimento da Empresa)	00:11:14	00:56:00	00:44:46	8,78

5.5 Dinâmica Operacional

O Figura 5, mostra o resultado da dinâmica operacional, onde observa-se que nessa atividade em 26% do tempo a máquina faz manobras, quer seja, para mudar de linha de operação como para desviar de tocos com raízes e de lenha que fica na área. Os tocos e a lenha na área além de dificultar a operação comprometem a qualidade, pois onde tem o toco o trator não opera, reduzindo a área que poderia ser subsolada, e ainda, a presença de tocos aumenta a incidência de quebras do trator e tombamentos do implemento.

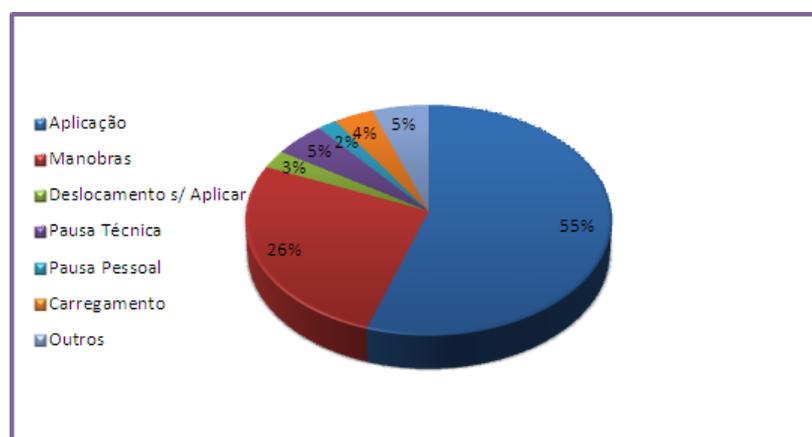


Figura 5 – Dinâmica Operacional da atividade de adubação via subsolagem.

Existem possibilidades já adotadas na empresa para minimizar o problema com tocos. Uma é o trator sempre trabalhar na entrelinha do plantio anterior, porém isso só será possível se for manter o mesmo espaçamento e alinhamento do plantio anterior, o que na prática não acontece sempre.

Outra possibilidade é o uso da Lâmina KG para o rebaixamento dos tocos. Com ela melhora-se bastante a situação para a operação de subsolagem, pois facilita o tráfego da máquina, diminui as quebras e reduz as manobras para desviar de tocos. Na Figura 6 a seguir, é observada a dinâmica operacional de subsolagem em dois talhões separadamente, (A) não trabalhado pela Lâmina KG e (B) trabalhado pela Lâmina KG.



Figura 6 – Influência Cultivo mínimo X Lâmina KG na subsolagem.

Observou-se que na área não trabalhada pela KG o tempo de aplicação representa 37 % da operação e na área Trabalhada pela KG esse valor subiu para 64 %. É possível ver que o percentual de tempo em Outros é de 21% em área não trabalhada pela KG (Figura 6). Isso é devido a situações que ocorreram em que o trator apoiava o chassi em tocos, e perdia a capacidade de tração. Essa situação foi observada várias vezes, sendo que em uma delas chegou a quebrar o eixo cardan da tração dianteira e amassar o peito de aço. Na área onde houve rebaixamento de tocos pela KG rendimento foi de 1,63 horas por hectare e na área não feita pela KG o rendimento foi de 2,36 hora por hectare, seria então necessário uma avaliação de custo sobre o uso da Lâmina KG para a tomada de decisão.

5.6 Disponibilidade Mecânica

A disponibilidade mecânica (DM) ficou em 72,51 %. Um problema, que não foi identificado, no diferencial do trator, a quebra do eixo cardan da tração dianteira, o tempo gasto para fazer a troca de pneus furados, manutenções no implemento e ajustes no ESP foram os grandes responsáveis por esse valor de DM (Figura 7). As principais manutenções no implemento (subsolador) foram:

- Quebra do engate do subsolador;
- Troca da ponteira da haste;
- Vazamento de óleo no cilindro do subsolador;
- Conserto de mangueira de óleo;

Os principais problemas no ESP foram:

- As trocas de rosca sem fim do dosador (quebradas ou empenadas) devido a entupimentos causados pelo adubo úmido.
- Ajustes de folgas nas engrenagens e correntes do motor hidráulico.
- Troca do revestimento interno de PVC do dosador.
- Troca do sensor de adubo.

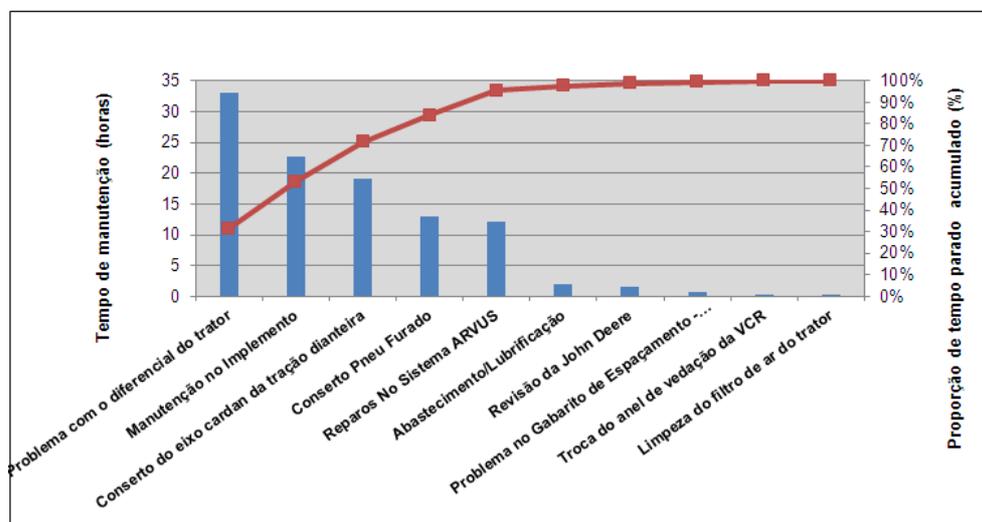


Figura 7 – Gráfico de Pareto com principais problemas mecânicos durante o teste.

5.7 Eficiência Operacional

A eficiência operacional foi 61,88%. Os principais fatores de perda operacional foram tempo com carregamento que representaram (25%), o tempo com calibrações 10,5 %, o trânsito da máquina da área para o abrigo e do abrigo para área (Figura 8).

Um fator que não aparece como um dos mais importantes em termos de tempo é o entupimento da haste do subsolador, porém é um problema comum da operação de subsolagem, e que prejudica diretamente a qualidade da operação. Quando ocorre o entupimento da haste do subsolador o computador de bordo não informa para o operador, pois o sensor de adubo fica na saída do dosador e não tem sensor na haste, dessa forma o operador continua operando e perceberá quando descer para fazer inspeção visual. O ideal seria aumentar as dimensões da haste, para evitar entupimento ou usar outro modelo e instalar um sensor na haste do subsolador.

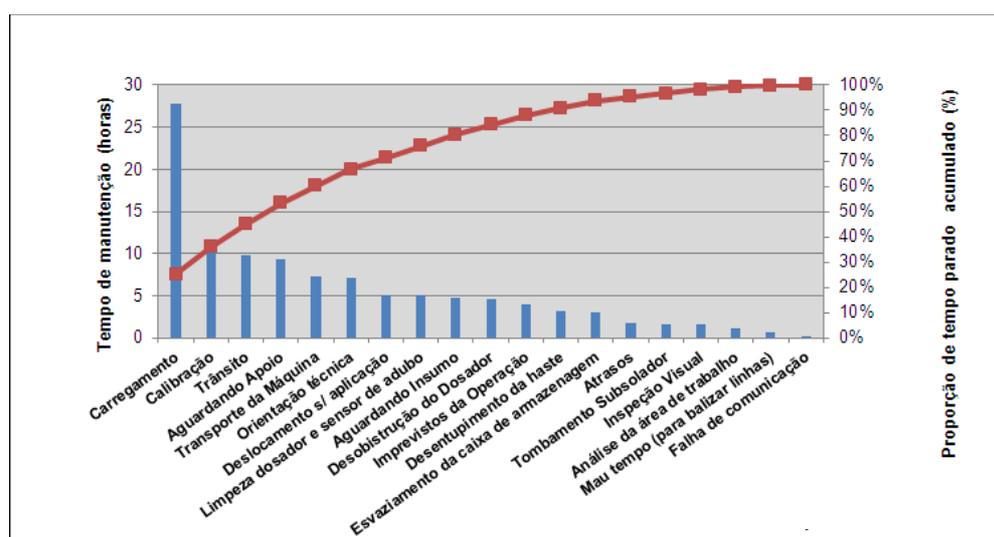


Figura 8 – Gráfico de Pareto com principais causas de perda operacional.

De forma geral, o equipamento de silvicultura de precisão não gerou grandes perdas operacionais e ao contrário, devido a facilidade de calibração trouxe ganhos para operação.

A qualidade da operação com equipamento de silvicultura de precisão também se mostra melhor, pois permite o acompanhamento simultâneo da dosagem que está sendo aplicada, reduz as falhas na adubação devido aos sensores de adubo com aviso

visual e sonoro para o operador informando que o adubo acabou. Também garante que a profundidade recomendada seja atingida, pois sensores avisam ao operador caso não esteja na profundidade recomendada.

6 CONCLUSÕES

O uso do equipamento de silvicultura de precisão na adubação via subsolagem mostrou-se eficiente, tanto para o controle da dosagem, quanto no controle de profundidade e ainda permitiu ganhos operacionais.

A qualidade do adubo interfere diretamente na precisão do equipamento.

Com insumos de qualidade, equipe treinada e manutenção periódica é possível ter uma operação com melhor padrão de qualidade, em termos de dosagens e profundidade, além de obter informações sobre a operação de forma automática.

7 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013. 148p. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf> Acesso em: 21 jan. 2014.

BRANDELERO, C.; ANTUNES, M. U. F.; GIOTTO, E.; Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal, **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. 3, n. 2, p.269-281, Maio./Ago. 2007. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/320/448>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

FOLEGATTI, B. S.; **The Application of Precision Forestry Technologies in Logging Operations**. 2010. 138 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Graduate Faculty of Auburn, Auburn, Alabama, Maio/2010. Disponível em: <http://etd.auburn.edu/etd/bitstream/handle/10415/1975/Bruno_Folegatti_Dissertation_Final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 jan. 2014.

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**, Viçosa, v. 27, n. 5, p.635-646, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a06v27n5.pdf>>. Acesso: 13 fev. 2014.

GROTTA, D. C.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; KLINGER, B. B.; REIS, G. N. R; SILVA, R. P. Subsolador: avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2004. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/download/1951/1307>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

LEITE, D. M. **Avaliação da compactação do solo por meio de imagens digitais em diferentes sistemas de preparo do solo na cultura do feijão.** 2011. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/dissertacoes/1/DL-000000002.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

Manual de Operação e manutenção John Deere Modelo 6180 J. Disponível em: <http://www.deere.com.br/wps/dcom/pt_BR/products/equipment/tractors/medium_tractors/6j_series/6180j/6180j.page#viewTabs/>. Acesso em: 10 out. 2013.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; Mensuração da Condutividade Elétrica do Solo Por Indução e Sua Correlação Com Fatores de Produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.420-426, maio/ago. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n2/26504.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

MOLIN, J. P.; SILVA JÚNIOR, R. L. da. Variabilidade espacial do índice de cone, correlacionada com textura e produtividade. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 14, p. 49-58, 2003. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/molin/variabilidade.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

ORMOND, J. G. P.; Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais. **BNDES**, Rio de Janeiro, 3ª ed., 316 p. 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3802/Livro_Gloss%20do-Rio-de-Termos-Usados-em-Atividades-Agropecu%20e-Florestais-e-Ci%20Ambientais_BNDES.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 abr. 2014.

RIBEIRO, C. A. S. Floresta de precisão. In: Machado, C. C. (Ed). **Colheita florestal**. 2.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. p. 328-351.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina**, Passo Fundo, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2319/1997>>. Acesso em: 13 mar. 2014.