

**UNIRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ADAPTAÇÃO DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA CASE CX220B PARA GARRA DE
CARREGAMENTO FLORESTAL**

RICARDO ZILLI SAMPAIO
Orientador: Prof. RONALDO LOURENÇO FERREIRA

RIO VERDE-GO
2014

**UNIRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ADAPTAÇÃO DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA CASE CX220B PARA GARRA DE
CARREGAMENTO FLORESTAL**

RICARDO ZILLI SAMPAIO

Orientador: Prof. RONALDO LOURENÇO FERREIRA

**Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado à Faculdade de Engenharia
Mecânica da UniRV – Universidade de Rio
Verde, como parte das exigências para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Mecânica.**

RIO VERDE-GO

2014

SAMPAIO, Ricardo Zilli

Adaptação de escavadeira hidráulica Case CX220B para garra de carregamento florestal. / Ricardo Zilli Sampaio. - 2014.
42f.; 27cm

Monografia para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Mecânica apresentada à Universidade de Rio Verde - UniRV, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2014.

Orientador: Prof. Ronaldo Loureço Ferreira.

1. Adaptação e Modificação. 2. Conjunto Florestal. 3. Máquina Florestal. 4. Equipamento Intercambiáveis.



UNIRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ADAPTAÇÃO DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA CASE CX220B
PARA GARRA DE CARREGAMENTO FLORESTAL**

RICARDO ZILLI SAMPAIO

Esta monografia foi julgada adequada para obtenção do grau de **BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA** e aprovada em sua forma final.

Prof. Esp. Ronaldo Lourenço Ferreira
Orientador

Prof. Ms. Nattácia R. de Araujo Felipe
Examinador

Prof. Anderson Inácio Junqueira Júnior
Examinador

Prof. Ms. João Pires de Moraes
Dir. da Faculdade de Eng. Mecânica

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, pelo auxílio dado durante esta etapa que passei, apoio e dedicação, sendo essencial para poder alcançar mais um objetivo na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por estar em minha vida iluminando os caminhos corretos para seguir na vida, nos melhores e principalmente nos mais difíceis momentos da vida.

Aos meus pais, Altemir Sampaio e Marlova Zilli Sampaio, pessoas as quais tenho o maior orgulho de dizer que sou seu filho, pela dedicação, pelo amor e pelo apoio fundamental, onde em ocasiões deixaram seus objetivos de lado para poder dar andamento aos meus. Ao meu irmão Guilherme Zilli Sampaio, pelos apoios dados.

Aos meus familiares que mesmo distantes nunca deixaram de me apoiar, transmitindo-me confiança, carinho e força que tanto precisava.

A minha namorada, pelo carinho, apoio e pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva para que pudesse finalizar esta etapa com sucesso.

Ao meu Orientador, professor Ronaldo Lourenço Ferreira, pela atenção, incentivo e paciência que tornaram possível a conclusão deste trabalho com todo seu conhecimento.

A todos os professores do curso de Engenharia Mecânica, pela paciência, dedicação e ensinamento disponibilizados nas aulas, repassando o seu conhecimento e experiência para formar mais um profissional. Cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional.

Aos profissionais da Empresa Grupo Comelli, a qual me acolheu durante esta jornada intercalando estudos e trabalho, dando apoio para este projeto e crescimento pessoal e profissional, agradecimento em especial ao Sr. Ivan Comelli.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para que esse trabalho fosse realizado.

RESUMO

SAMPAIO, Ricardo Zilli. **Adaptação de Escavadeira Hidráulica Case CX220B para Garra de Carregamento Florestal**. 2014. 42f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - UniRV - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014*.

Para poder atender a necessidade do alto consumo de madeira utilizada na geração de calor, foi necessário mecanizar toda a colheita florestal para viabilizar o processo. Atualmente existem vários equipamentos para extração de madeira dentro das leis ambientais e trabalhistas que possibilitam produção em larga escala. Inicialmente é selecionada uma escavadeira hidráulica, basicamente utilizada para escavação com forças superiores, compactar ou elevar materiais, tais como construção civil e exploração mineral. Para o seu funcionamento básico, a escavadeira necessita de pressão de óleo constante, devido estar frequentemente acionando cilindros hidráulicos, pressão esta que é gerada pela bomba de óleo movimentada por um motor. A máquina base é instalada em um chassi sobreposta a um sistema rodante de esteiras o qual gera o deslocamento. Após a remoção do conjunto de escavação (concha, cilindro e periféricos) é instalado o conjunto de carregamento (garra, sistema de giro e balanço), no qual será realizado a adaptação e inclusão de componentes elétricos e hidráulicos para que os movimentos sejam precisos e adequados com a necessidade. Realizada a instalação do novo sistema na máquina, foram realizados vários testes e ajustes para que se obtenha o melhor aproveitamento na adaptação, resultando em produção de qualidade e em larga escala. Junto à mecanização da colheita florestal, o processo estará enquadrado nas normas e leis ambientais e trabalhistas, sendo que se pode ter um maior aproveitamento das florestas e aproveitamento operacional sem exploração.

PALAVRAS-CHAVE

Conjunto Florestal, Equipamentos Intercambiáveis, Máquina Florestal, Modificação.

* Banca Examinadora: Prof. Ronaldo Lourenço Ferreira (Orientador); Prof. Anderson Inácio Junqueira Júnior; Prof^a. Ms. Nattácia de Araujo Felipe – UniRV.

ABSTRACT

SAMPAIO, Ricardo Zilli. **Adaptação de Escavadeira Hidráulica Case CX220B para Garra de Carregamento Florestal**. 2014. 42f. Monograph (Degree in Mechanical Engineering) - UniRV - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014**.

In order to meet the needs of high consumption of wood used in heat generation, it was necessary to mechanize all the forest harvesting operations to make the process feasible. Currently there are several logging equipments within environmental and labor laws, which enable large-scale production. First, a hydraulic excavator is selected, basically used for high digging forces, to compact or lift materials, such as construction and mineral extraction. For its basic functioning, the excavator needs ongoing oil pressure, since it is frequently powering hydraulic cylinders, which pressure is generated by the oil pump that is kept in motion by an engine. The base machine is installed in the chassis, overlapping a rolling conveyor system, which generates movement. After removing the excavating components (scoop, cylinder e peripherals), the loading ones (claw and the swing) are installed, where the adaptation and inclusion of hydraulic and electric components will be made, so movements are precise and proper, considering the needs. Once the new system installation was done, several tests were carried out and some adjustments made, so it can have a better use of the adaptation, thus resulting in a quality and large-scale production. Besides the forest harvesting mechanization, environmental and labor norms and laws will frame the process, which allows a better use of forests and operating system without exploitation.

KEYWORDS

Forestry Set, Forestry Machine, Intechangeable Equipament, Modify.

** Examination board: Prof. Ronaldo Lourenço Ferreira (Leader); Prof. Anderson Inácio Junqueira Júnior; Prof. Nattácia R. de Araujo Felipe – UniRV.

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANSI - *American National Standards Institute* – Instituto Nacional Americano de Padronização
- FJ - Modelo de conexão fêmea
- Hp - *Horse-power* – Cavalo de potência
- ISSO - *International Organization for Standardization* – Organização Internacional de Padronização
- JIC - Modelo de conexão
- Kg/m - Quilograma por Metro – Unidade de peso
- Km/h - Quilômetro/hora – Unidade de velocidade
- L/min - Litros por minuto – Unidade de vazão
- M/s - Metros por segundo – Unidade de velocidade
- M³/s - Metros Cúbicos por Segundo – Unidade de vazão
- M³ - Metro Cúbico – Unidade de medida
- mm - Milímetro – Unidade de medida
- Mpa - Mega Pascal – Unidade de pressão
- Nm - *Newton*. Metro – Unidade de torque
- Ton - Toneladas – Unidade de peso

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	<i>Feller Buncher</i> de Esteiras	16
FIGURA 2	<i>Feller Buncher</i> de Pneus	17
FIGURA 3	<i>Skidder</i> de Cabo	18
FIGURA 4	<i>Skidder</i> de Pinça	18
FIGURA 5	<i>Harvester</i> de Esteiras	19
FIGURA 6	<i>Harvester</i> de Pneus	19
FIGURA 7	<i>Forwarder</i> de Pneus	20
FIGURA 8	Garra Traçadora	21
FIGURA 9	Triturador Horizontal	22
FIGURA 10	Escavadeira Florestal	22
FIGURA 11	Escavadeira Hidráulica	23
FIGURA 12	Escavadeira Hidráulica – Geral	24
FIGURA 13	Escavadeira Hidráulica – Computador de Bordo	25
FIGURA 14	Escavadeira Hidráulica – Compartimento do Operador	26
FIGURA 15	Escavadeira Hidráulica – Motorização	26
FIGURA 16	Escavadeira Hidráulica – Bombas Hidráulicas	27
FIGURA 17	Escavadeira Hidráulica – Pontos identificados	29
FIGURA 18	Esquema Elétrico para Adaptação	30
FIGURA 19	Esquema Hidráulico para Adaptação	31
FIGURA 20	Escavadeira Hidráulica com Suporte para Encanamento	35
FIGURA 21	Escavadeira Hidráulica com Conjunto Florestal	36
FIGURA 22	Bloco Auxiliar do Comando	37
FIGURA 23	Válvula de Controle Direcional Instalada	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Tabela de Velocidades de Fluidos	33
TABELA 2	Diâmetro Nominal de Tubulações	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Setor florestal brasileiro.....	14
2.2 Sistema de colheita florestal.....	15
2.3 Principais equipamentos utilizados	15
2.3.1 <i>Feller buncher</i>	16
2.3.2 Trator <i>Skidder</i>	17
2.3.3 <i>Harvester</i>	18
2.3.4 <i>Forwarder</i>	19
2.3.5 Garra traçadora	20
2.3.6 Picadores e trituradores	21
2.3.7 Escavadeira florestal.....	22
2.4 Escavadeira hidráulica.....	23
2.4.1 Case CX220B	23
2.4.1.1 Modos de trabalho	24
2.4.1.2 Compartimento do operador.....	25
2.4.1.3 Motorização	26
2.4.1.4 Sistema hidráulico	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Processo de adaptação	28
3.1.1 Desmontagem do equipamento	28
3.1.2 Materiais e Ferramentas.....	29
3.1.3 Adaptação elétrica	30
3.1.4 Adaptação hidráulica	31
3.1.5 Tubulações adicionais.....	32
3.1.6 Montagem do conjunto florestal.....	35
3.1.7 Perda de Carga.....	38
3.1.8 Funcionamento pós-adaptação	38

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS40
REFERÊNCIAS41

1 INTRODUÇÃO

Com a alta demanda do mercado florestal brasileiro, os processos de extração de madeira sofreram grandes modificações, o que resulta em melhorias em diversos fatores. O sistema de colheita manual está sendo deixado de lado dia a dia, e toma conta do mercado o sistema de colheita mecanizado, desenvolvido por tecnológicos equipamentos destinados ao uso florestal.

O sistema de colheita mecanizada desenvolve os processos de derrubada, arraste, baldeio, processamento, picagem, carregamento, deslocamento e descarga. Para poder realizar altas produções, são utilizados os *fellers bunchers*, *harvesters*, *forwarder*, *skidders*, escavadeiras, etc.

Com o desenvolvimento desses projetos, houve os processos de adaptação de equipamentos destinados a outros usos, como os equipamentos agrícolas e destinados à construção. Atualmente, os equipamentos florestais são muito produtivos, porém, exigem um elevado investimento. Com a inclusão dos equipamentos de outros setores, podem-se desenvolver equipamentos adaptados que possibilitam menores investimentos.

Os setores mais desenvolvidos são destinados ao uso de celulose e bioenergia. Para estes processos, são muito utilizados os equipamentos de carregamento e abastecimento de picadores. As escavadeiras hidráulicas de construções lideram o mercado de adaptados para o ramo florestal, que pode sofrer adaptações para diversos equipamentos, como *harvester*, garra traçadora, carregador florestal, *feller buncher*, entre outros.

As garras florestais adaptadas em escavadeiras de construção, em condições perfeitas de operação, desenvolvem trabalhos de precisão, agilidade e rapidez, e que gera alta produção e baixo custo operacional, comparada a uma escavadeira florestal, que mesmo ao desenvolver elevadas produtividades, somam um alto investimento, que resulta em superior custo operacional.

O processo de adaptação de garra florestal em escavadeira hidráulica necessita grandes modificações do sistema elétrico e hidráulico, além da inclusão de periféricos que são instalados. Essas modificações são necessárias para poderem resultar numa boa operação e facilitar sua manutenção.

Tem-se como objetivo do projeto, mecanizar o processo de carregamento de madeira, aperfeiçoando o processo em qualidade de carregamento, qualidade de operação agilidade do processo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Setor florestal brasileiro

O departamento florestal do Brasil colabora com uma fatia relevante para a economia do país, produz materiais de consumo contínuo ou para exportação, contribuições e serviço para a sociedade e, além disso, auxilia na proteção e sustentação dos recursos naturais (MELO FILHO; ALVES; KOEHLER, 2006).

Por volta de 1950, a produção de madeira do Brasil era demonstrada a partir da extração de suas florestas naturais. Entre 1960 e 1970 foram disponibilizados pelo governo estímulos fiscais para a plantação de florestas que alavancaram o setor, com maior atenção para as regiões Sul e Sudeste com a plantação e extensas áreas densas florestais semelhantes às espécies dos tipos Pinus e Eucaliptos (MELO FILHO; ALVES; KOEHLER, 2006).

Nos estudos da Abraf (2008, p. 38):

Ao se tratar de produtos procedentes de florestas plantadas, o Brasil figura como o maior exportador mundial de celulose de fibra curta (Eucaliptos) e de compensado de Pinus. Considerando florestas plantadas e nativas, as exportações em 2006 superaram os US\$ 7,7 bilhões.

Fernandes (2010) ensina que a alta necessidade por itens provenientes de florestas incentivou a mecanização acelerada do setor, em busca de maiores produções. A colheita foi a parte do processo que mais recebeu adaptações, em virtude de receber a inclusão de tratores florestais para a derrubada e extração de madeira.

O sistema de colheita florestal é considerado um conjunto de ações que tem como função economizar o uso dos recursos humanos e produtos para a retirada da matéria lenhosa com eficiência, segurança e contenção, e levar em conta os procedimentos ambientais, técnicos, silviculturais, humanos e ergonômicos (MARQUES, 1994).

Nas palavras de Fernandes (2010), a colheita de madeira procura atender as necessidades de preparo e o deslocamento da madeira até o estoque, e usar modos pré-determinados. Dentre as etapas utilizadas no processo, determina-se como principal:

derrubada, retirada, carregamento, deslocamento e descarga, processos estes que correspondem a 50% dos custos totais da madeira colocada na fábrica.

2.2 Sistema de colheita florestal

Os sistemas de colheita florestal são divididos em quatro partes, diferenciando-o basicamente pelo modo em que a madeira é processada, conforme apresenta Machado (2002):

- Sistema de Toras Curtas: a árvore é traçada onde é extraída, sendo levada para a beira do talhão em pedaços de até 06 (seis) metros;
- Sistema de Toras Longas: a árvore é semi-traçada onde extraída, sem levada para a beira do talhão em pedaços superiores a 06 (seis) metros, sem apenas realizar o desbaste de galhos;
- Sistema de Árvore Inteira: a árvore é extraída e levada para a beira do talhão, sem receber alterações mecânicas em galhos ou medidas, onde será processada;
- Sistema de Árvore Completa: a árvore é retirada completamente com toda a sua raiz, seguindo o procedimento de arraste até a beira do talhão para processamento;
- Com suas divisões do sistema de colheita florestal, podem-se subdividir as etapas da colheita e exemplificar todas as partes para cada finalidade;
- Derrubada: processo de corte e derrubada da árvore;
- Processamento: processo de desbaste de ramificações ou galhos, traçamento e descascamento;
- Baldeio: processo de arraste da madeira, podendo ser traçada ou inteira, denominado como primeiro arraste, da parte interna do tabuleiro para frente da estrada;
- Picagem: processo em que a madeira é triturada para cavaqueamento;
- Carregamento: processo de carregar o material armazenado na beira da estrada em um caminhão que irá realizar o transporte;
- Transporte: processo de deslocamento do material carregado até o local destinado;
- Descarga: processo de descarregar o produto transportado.

2.3 Principais equipamentos utilizados

No sistema total de colheita florestal são utilizados os diversos e tecnológicos equipamentos. Cada sistema de colheita utiliza diferentes equipamentos, que facilitam a

produção em cada modo de trabalho, e que altera além do equipamento as suas configurações básicas.

2.3.1 *Feller buncher*

O *Feller Buncher* é o equipamento usado para realizar a derrubada de árvore inteira, e que direciona conforme se faz necessário na queda. Existem basicamente dois modelos de *Feller*, com tração de pneus e de esteiras. Além da diferença de tração, o que difere muito também é o modelo do cabeçote de corte, que realiza o corte da árvore a partir de um disco acionado por motor hidráulico. Conforme o modelo adotado para o trabalho, existem as limitações, tais como inclinação do terreno, diâmetro da árvore, quantidade acumulada, etc. Hoje há modelos com nivelamento de cabine, que possibilitam inclinações superiores a 30° de declive. O modelo de esteira é basicamente uma escavadeira desenvolvida para o uso florestal. O modelo de pneus é o trator florestal desenvolvido para a derrubada, similar ao trator florestal para arraste, o *Skidder*. Trabalha no sistema de árvores inteiras (QUADROS, 2004).



Fonte: John Deere (2014).

FIGURA 1 - *Feller Buncher* de Esteiras.



Fonte: John Deere (2014).

FIGURA 2 - *Feller Buncher* de Pneus.

2.3.2 Trator *Skidder*

Equipamento destinado à extração e arraste, e que possibilita amontoar as árvores do local onde foram derrubadas até a ponta do talhão. Pode possuir dois sistemas para arraste: com pinça ou com cabo, o que delimita a quantidade e tamanho de árvores arrastadas. É indicado que estas máquinas operem em terrenos com até 30° de inclinação. Possuem enormes capacidades associadas a diferenciadas manobras, e geram rápidos arrastes com capacidade total de carga. Atualmente encontram-se no mercado os equipamentos desenvolvidos destinados ao uso florestal, não sendo necessárias adaptações. Além dos modelos destinados ao uso florestal, existem adaptações para tratores agrícolas, e que podem utilizar assim no setor florestal. Os modelos variam conforme necessidade e marcas, e variam em motorização, tração e modo de arraste. Trabalha no sistema de árvores inteiras (QUADROS, 2004).



Fonte: John Deere (2014).

FIGURA 3 - Skidder de Cabo.



Fonte: John Deere (2014).

FIGURA 4 - Skidder de Pinça.

2.3.3 Harvester

São os equipamentos que carregam uma tecnologia avançada, pois realizam uma quantidade superior de trabalhos. Possuem modelos de esteira e pneus, e variam os cabeçotes de trabalho, que corta a árvore a partir de um sabre com corrente, acionado por um motor hidráulico. Suas funções são: derrubada, desbaste, processamento e empilhamento. Trabalha no processo de toras curtas e toras longas. Seu processo basicamente é agarrar uma árvore por

vez e processá-la, e cortar na medida desejada, descascar e empilhar para ser retirado do talhão (QUADROS, 2004).



Fonte: John Deere (2014).

FIGURA 5 - Harvester de Esteiras.



Fonte: John Deere (2014).

FIGURA 6 - Harvester de Pneus.

2.3.4 *Forwarder*

O *Forwarder* é o equipamento florestal que anda aliado ao *harvester* na maioria das vezes. É um trator auto-carregável que tem como função baldear as árvores processadas, toras curtas ou longas, até a beira do talhão. Variam de acordo com a tração e capacidade de carga.

Possui uma lança com garra que possibilita o carregamento na sua carreta acoplada (LIMA; LEITE, 2002).



Fonte: John Deere (2014).
FIGURA 7 - Forwarder de Pneus.

2.3.5 Garra traçadora

Este equipamento é uma adaptação realizada em tratores agrícolas ou em escavadeiras hidráulicas, conforme necessidade. Atualmente utilizado para a substituição de operadores de motosserra, o que desenvolve maior volume produzido com menor mão de obra. Este equipamento está associado a todos os sistemas, pois necessita do *Feller* e do *Skidder* para disponibilizar as árvores à beira do talhão, posteriormente a garra traçadora processa em sistema de toras curtas ou longas. Da mesma maneira que atua a garra traçadora, existe a mesa *slasher*, que é um equipamento fixo que processa a madeira. O material é colocado na mesa por meio de um carregador florestal (LIMA; LEITE, 2002).



Fonte: John Deere (2014).
FIGURA 8 - Garra Traçadora.

2.3.6 Picadores e trituradores

Os picadores e trituradores de madeira ou resíduo dominaram o mercado madeireiro ao que se refere em celulose e biomassa. Existe uma vasta variedade de marcas e modelos, que variam de acordo com forma de tração, motorização, modo de corte, etc. Os picadores de madeira utilizam tambor de facas ou discos com facas, enquanto os trituradores utilizam tambor de martelos. Os picadores e trituradores são formados basicamente por um motor estacionário que gera a potência necessária para transferir energia ao rotor de corte, que recebe a madeira por meio de um conjunto alimentador de acionamento hidráulico, mesa e rotor alimentador e após processar o material o descarrega (VERMEER CORPORATION, 2014).



Fonte: John Deere (2014).
FIGURA 9 - Triturador Horizontal.

2.3.7 Escavadeira florestal

As escavadeiras florestais são escavadeiras similares aos modelos utilizados na construção. Estes equipamentos são disponibilizados ao mercado florestal com pré-disposição para os implementos florestais que são acoplados na escavadeira. Possuem os parâmetros necessários para atender a NR-31. As escavadeiras florestais são pré-dispostas para poderem ser utilizadas como *harvesters*, garras traçadoras, garas carregadoras, etc. (JOHN DEERE, 2014).



Fonte: John Deere (2014).
FIGURA 10 - Escavadeira Florestal.

2.4 Escavadeira hidráulica

Escavadeira é definição simples de diversos tipos de equipamentos utilizados para escavar, deslocar ou mexer algum material. O projeto escavadeira é basicamente a união de três peças: lança, braço e caçamba (CATERPILLAR, 2013).

Munido de um tecnológico esquema hidráulico, as escavadeiras hidráulicas desempenham um elevado relato entre potência e velocidade. A alta capacidade de escavação e a elevada velocidade de giro desenvolvem ciclos de atividades rápidas. Possuem em sua estrutura geralmente um motor de combustão interna ciclo diesel, que atua em uma bomba hidráulica, e gera fluxo constante (CATERPILLAR, 2013).



Fonte: Caterpillar (2013).
FIGURA 11 - Escavadeira Hidráulica.

2.4.1 Case CX220B

A Case CX220B possui um motor de 06 (seis) cilindros, com 170 hp e 670 Nm de torque. Este equipamento apresenta um bom conforto para o operador, com sua cabine ampla e comandos otimizados aos trabalhos desenvolvidos para proporcionar o maior conforto e é de fácil operação. Com tantos benefícios, a Case CX220B é uma máquinas que alcança altas produções (CASE CONSTRUCTION, 2012).

Sua motorização possui um sistema de controle de rotação eletrônico, o que desenvolve uma maior eficiência e um melhor consumo de combustível. Parte deste sistema, é

acoplado um seletor automatizado de marcha lenta, retorna ao motor uma baixa rotação de trabalho, no momento em que todos os comandos ou funções estão neutros. Ligado ao motor, localizam-se as duas bombas hidráulicas variantes, que gera um elevado desempenho nas incontáveis ações que podem ser feitas. Estas bombas possuem a característica de bombear elevada vazão em marcha lenta, e resulta em alto rendimento de operação, com agilidade e precisão (CASE CONSTRUCTION, 2012).



Fonte: Case Construction (2012).

FIGURA 12 - Escavadeira Hidráulica – Geral.

2.4.1.1 Modos de trabalho

É possível realizar a seleção do modo de trabalho desejado para realizar o serviço via computador de bordo, com central eletrônica que se adapta o esquema hidráulico, e que desenvolvendo o serviço de maneira mais fácil (CASE CONSTRUCTION, 2012):

- Modo S (Standard): menor consumo em operações normais;
- Modo H (Heavy): maior consumo em operações mais pesadas;
- Modo A: modo para fluxo bidirecional, como garra ou tesoura;
- Modo B: modo para fluxo unidirecional, como martelo hidráulico.



Fonte Case Construction (2012).

FIGURA 13 - Escavadeira Hidráulica – Computador de Bordo.

2.4.1.2 Compartimento do operador

As cabines de operação da escavadeira Case são equipadas com os mais tecnológicos acessórios e equipamentos. Possuem um conjunto de amaciamento de impactos a óleo com coxins, acento com regulagem de altura e deslocamento, cinto de segurança, sistema de condicionamento de ar, sofisticados *joysticks*, alavanca de segurança que aciona o comando para realizar todas as funções da máquina (CASE CONSTRUCTION, 2012).



Fonte: Case Construction (2012).

FIGURA 14 - Escavadeira Hidráulica - Compartimento do Operador.

2.4.1.3 Motorização

Equipada com um motor diesel turbo alimentado de 06 (seis) cilindros, a CX220B desenvolve 170 hp, com seu controle de aceleração tipo dial, desacelerador automatizado do motor, dispositivo auto-idle, além de possuir o sistema de filtragem do motor deslocado para sua lateral, desempenha uma manutenibilidade melhor (CASE CONSTRUCTION, 2012).

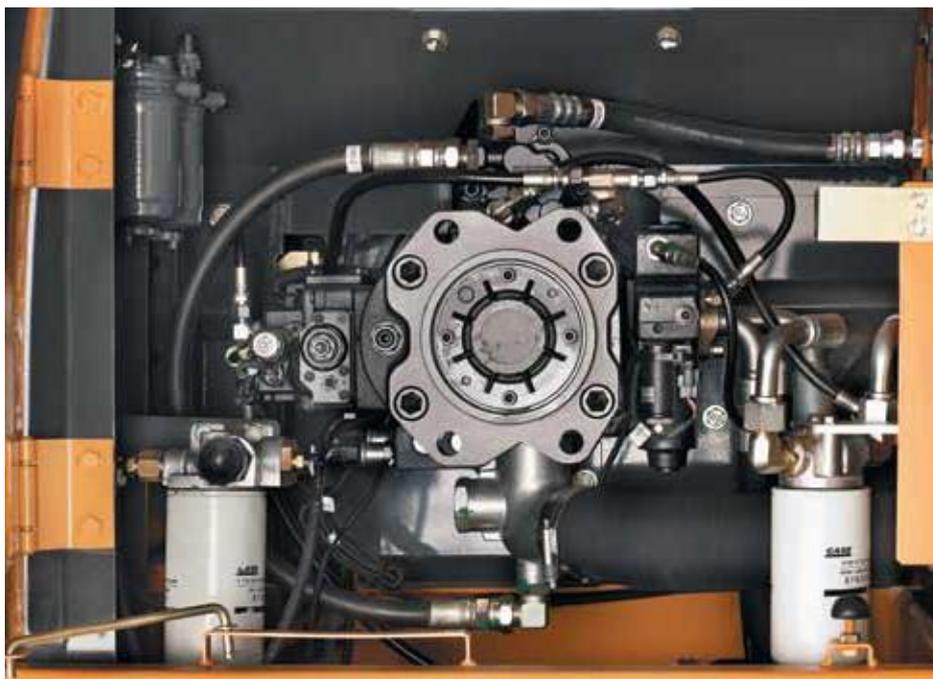


Fonte: Case Construction (2012).

FIGURA 15 - Escavadeira Hidráulica – Motorização.

2.4.1.4 Sistema hidráulico

O sistema hidráulico é desenvolvido com duas bombas de pistão de fluxo variável, a Case instalou na escavadeira controles de pilotagem padrão ISO, seletor de trabalho via computador de bordo (S, H, A, B), modo auxiliar para acessório, Power Boost, redução automática da vazão da bomba, adaptação de marteleto e um sistema de amortecimento de fim de curso dos pistões (CASE CONSTRUCTION, 2012).



Fonte: Case Construction (2012).

FIGURA 16 - Escavadeira Hidráulica – Bombas Hidráulicas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Processo de adaptação

3.1.1 Desmontagem do equipamento

Para poder realizar o projeto elaborado, necessita-se desmontar o conjunto de escavação da máquina base.

O processo de desmontagem consiste nos seguintes passos:

1)- Primeiramente deve-se remover os 02 (dois) pinos que fixam a concha da escavadeira nas barras deslizantes da lança do equipamento. Os 02 (dois) pinos possuem um comprimento de 570 mm e diâmetro de 70 mm.

2)- Após a remoção dos pinos da concha, é necessário sacar o pino que segura a ponta inferior do cilindro hidráulico de escavação na biela deslizante da concha. O pino possui comprimento de 300 mm e diâmetro de 40 mm.

3)- O próximo passo é a remoção do cilindro hidráulico de escavação. Para facilitar o processo é necessário dobrar o máximo possível a lança da escavadeira, para poder apoiar o cilindro no chão. Deve-se recolher toda a haste do cilindro para deixá-lo com o mínimo de óleo no seu interior. É necessário 02 (dois) tampões para a tubulação, onde é acoplado aos tubos flexíveis. Os tampões são comercialmente encontrados com as seguintes especificações: Tampão Fêmea conexão JIC traço 10, ou seja, “FJ 10-10”.

4)- Tampada as tubulações para não haver o vazamento de lubrificante hidráulico, remove-se o pino da ponta superior do cilindro na base da lança. O pino possui comprimento de 200 mm e diâmetro de 40 mm.

5)- Realizados estes passos, o equipamento está pronto para iniciar o processo de adaptação do conjunto florestal.



Fonte: Case Construction (2012), adaptado pelo autor.

FIGURA 17 - Escavadeira Hidráulica – Pontos identificados.

3.1.2 Materiais e Ferramentas

Para que se torne possível realizar as modificações necessárias na escavadeira, utilizam-se algumas ferramentas especiais e manuais. São elas:

- Aparelho de solda;
- Furadeira de bancada;
- Furadeira industrial;
- Chaves combinadas;
- Chaves cachimbo.

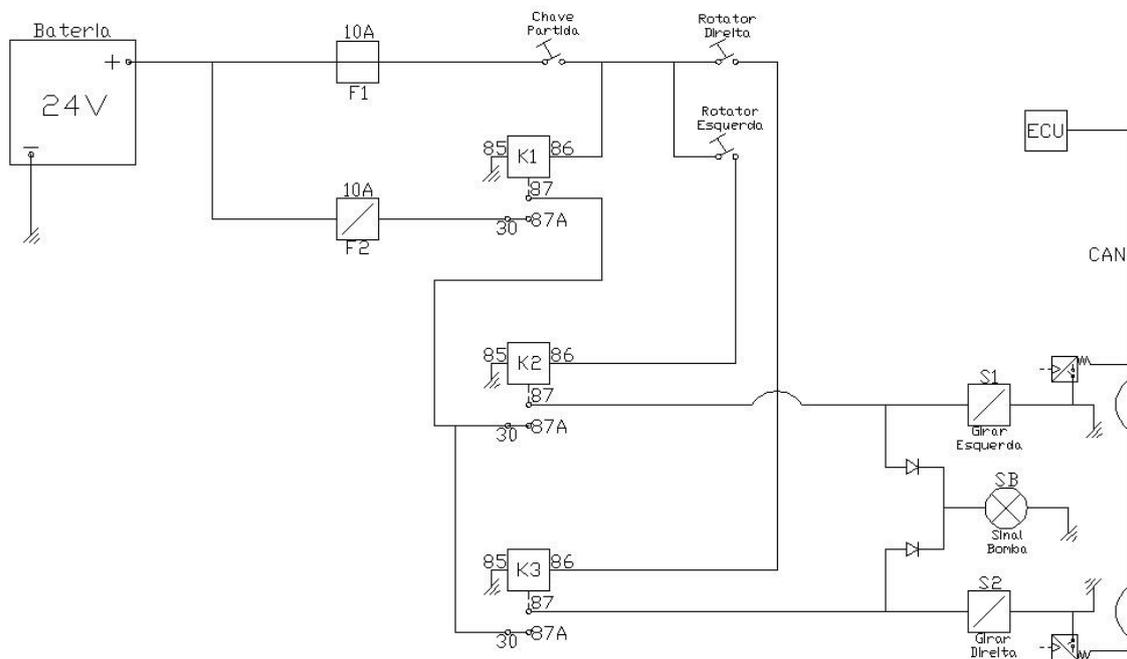
Além das ferramentas acima citadas, o processo de adaptação necessita alguns componentes elétricos e hidráulicos para se obter um perfeito funcionamento. São eles:

- Garra florestal 0.40 m³;
- Rotator de giro 16 toneladas;
- Biela deslizante 16 toneladas.
- Encanamento hidráulico;
- Tubos Flexíveis;
- Válvula de controle de fluxo direcional com acionamento elétrico;
- Porta fusível;
- Fusível;
- Relês;

- Caixa para elétrica isolada;
- Cabo elétrico 2 e 4 vias;
- Pressostato;
- Materiais de proteção.

3.1.3 Adaptação elétrica

Para ter o perfeito funcionamento da escavadeira hidráulica no setor florestal, é necessário realizar um complemento no sistema elétrico do equipamento.



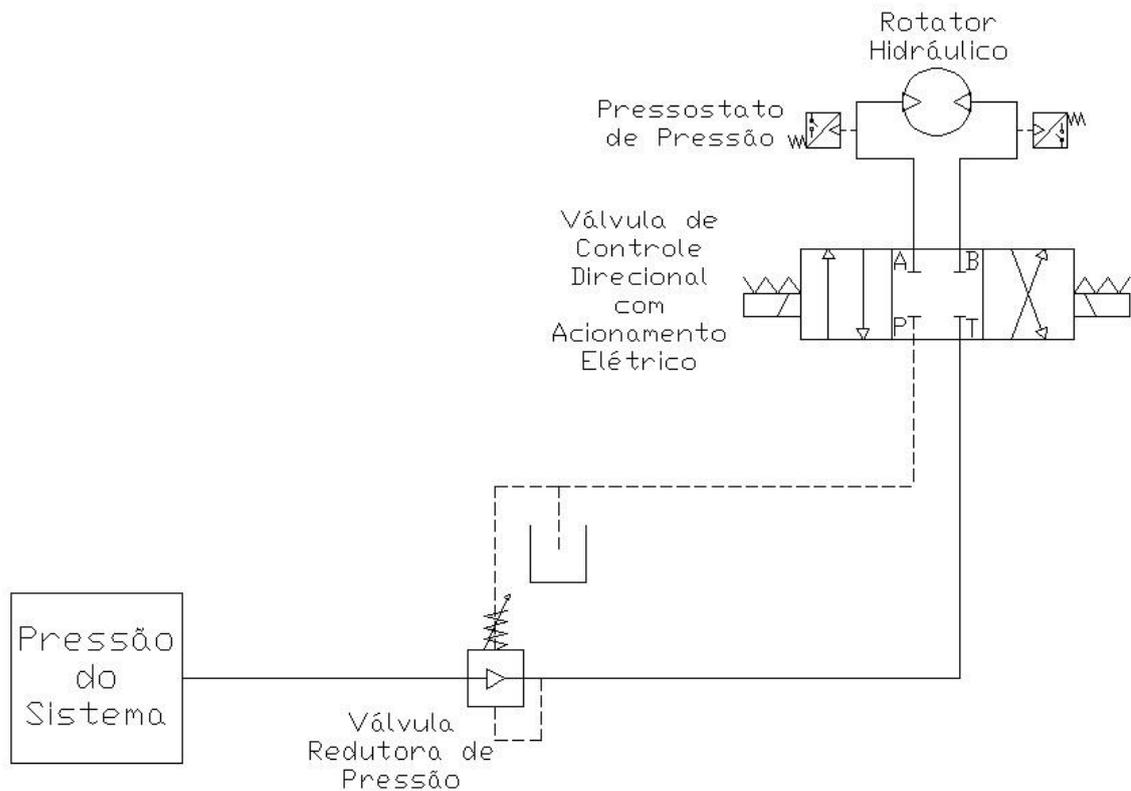
Fonte: Próprio Autor.

FIGURA 18 - Esquema Elétrico para Adaptação.

Basicamente é ligado um fio à chave de partida, o que possibilita o funcionamento do circuito adaptado apenas quando a chave estiver ligada. Deste fio segue a energia para os dois botões do joystick. Após isso, o circuito segue saindo dos botões e indo diretamente para os relês. Passando pelos relês, o circuito segue para as bobinas de acionamento da válvula direcional. Neste sistema, ainda é instalado um transdutor de pressão, que ao receber a pressão hidráulica, envia o sinal para o módulo elevar a rotação do motor como as demais funções. Após o chicote sair do sensor, é desviado um fio para os sensores de acionamento da bomba.

3.1.4 Adaptação hidráulica

Esta modificação da escavadeira hidráulica para utilização em garra florestal necessita a inclusão e modificação do sistema hidráulico.



Fonte: Próprio Autor.

FIGURA 19 - Esquema Hidráulico para Adaptação.

Para realizar a instalação do conjunto florestal, é necessário o aumento das linhas para levar o sistema à frente da lança da escavadeira. É ligada uma tubulação flexível ao sistema auxiliar do comando hidráulico. Do comando direciona a pressão à uma válvula redutora de pressão, que segue diretamente para a válvula de controle direcional de quatro vias e três posições, acionado por válvula solenoide. Desta válvula, vai a linha até a lança, onde acionará o rotator, para ambos os lados. Entre a válvula de controle direcional e o rotator, está o transdutor de pressão apresentado no sistema elétrico. O funcionamento do transdutor inicia quando ao receber pressão hidráulica em uma extremidade, gera um sinal que é enviado ao modelo do equipamento, e que realiza a leitura da pressão e aciona elevando a rotação conforme necessário. Após passar pelo sistema e retornar na válvula, o óleo retorna para o tanque. O sistema do equipamento possui uma pressão de 25,5 à 27,5 MPa, podendo ser ajustado pelas válvulas carretéis acopladas no comando. Utiliza-se válvula para ajustar a pressão de trabalho da função, onde há um carretel com mola que conforme aperto libera

maior ou menor pressão para a função desejada. Como o comando possui duas extremidades, para realizar dois movimentos ligados a mesmo bloco, neste caso deve-se girar o rotator para ambos os lados, deve ajustar as pressões necessárias nos dois carretéis, onde se necessita de 25 MPa.

3.1.5 Tubulações adicionais

Para conduzir o fluido hidráulico do circuito original até a garra e rotator, deve-se incluir uma nova tubulação.

A tubulação tem a função em um circuito hidráulico de conduzir o fluido e resistir a vazamentos. As tubulações são divididas em 3 modelos: tubos rígidos, tubos semi-rígidos e tubos flexíveis (STEWART, 2007)

A tubulação necessária para percorrer o circuito, é uma tubulação que possibilite ser levemente curvada para acompanhar os traços do braço da escavadeira onde serão instalados. Além disso deve suportar pressões superiores a 20 MPa e sem costura.

Para Stewart (2007), utilizam-se tubos de aço rígidos duplo extraforte (XXS) e que suportam pressões acima de 20 MPa, além de utilizar tubos flexíveis, que suportam as mesma condições de trabalho que os tubos rígidos.

Para determinar os dados corretos da tubulação deve-se estabelecer alguns pontos interessantes, tais como:

- Rotator: necessita de vazão de 40 l/min e pressão disponível de 25 MPa (BALROTORS, 2014);
- Garra: necessita de vazão de 40 l/min e pressão disponível de 12 Mpa para abertura e 24 MPa para fechamento (RODER DO BRASIL, 2013).
- Concha: o bloco do comando da concha dispõe uma vazão de 60 l/min e pressão de 22,75 Mpa, para ambos os movimentos que realiza (CASE CONSTRUCTION, 2012);
- O bloco auxiliar que é equipado no comando do equipamento possui as duas válvulas para regulagens de pressão (CASE CONSTRUCTION, 2012);
- O fluido utilizado do sistema hidráulico original do equipamento, ou seja, óleo mineral hidráulico 68;
- Velocidade econômica para óleo lubrificante conforme Tabela 1 - 1,8 m/s.

TABELA 1 - Tabela de Velocidades de Fluidos

Fluído (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da tubulação
Cloroformio	1,8	Cobre e aço
Hidróxido de sódio		
- Solução Até 30%	1,8	Aço
- Solução de 30 à 50%	1,5	Aço
- Solução de 50 à 73%	1,2	Aço
Óleo lubrificante	1,8	Aço
Óleo Combustível	1,8	Aço
Salmoura (CaCl ₂)	1,2	Aço
Tetracloro de carbono	1,8	Aço
Tricloro etileno	1,8	Aço

Fonte: Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem

Com base nestes dados, é possível utilizar a fórmula da vazão para poder encontrar o diâmetro de referência e definir o diâmetro nominal da tubulação.

$$Q = v \times A$$

Onde:

- Q = Vazão (m³/s)
- v = Velocidade (m/s)
- A = Área ($\frac{\pi \cdot D^2}{4}$)

Aplicando a equação primária:

$$Q = v \times \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Tendo isso, deve-se isolar “D” :

$$D_{ref} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Como se tem vazão na unidade de m³/s, velocidade em m/s e se quer a tubulação em milímetros:

$$D_{ref} = \left(\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \right) \times 1000 \quad [mm]$$

Aplicando os valores:

$$D_{ref} = \left(\frac{\sqrt{4 \times 0,0006}}{\pi \times 1,8} \right) \times 1000$$

$$D_{ref} = 20,6013 \text{ mm}$$

Possuindo o diâmetro de referência da tubulação, utiliza-se a Tabela 2 da norma ANSI B36.10 para determinar a tubulação ideal para o sistema.

TABELA 2 - Diâmetro Nominal de Tubulações

DN		DE		E. Parede	Número Schedule								Classe de Peso			
pol	mm	pol	mm	Peso/metro	20	30	40	60	80	100	120	140	160	STD	XS	XXS
3/4	20	1,05	26,7	mm			2,07		3,91				5,56	2,87	3,91	7,02
				Kg/m			1,69		2,2				2,90	1,69	2,20	3,64

Fonte: Ansi (2015).

Conforme a tabela consultada, para tubos com a medida que se necessita com modelo XXS, utiliza-se uma tubulação com diâmetro nominal (diâmetro interno) de 20 mm, que possui uma parede de 7,82 mm e um peso de 3,64 kg/m.

Instalando os componentes do conjunto florestal à maquina base, realiza-se a medida das tubulações, que são:

- Tubulação da lança: 4 tubos rígidos de 2,40 metros de comprimento;
- Tubulação da do braço: 2 tubos rígidos de 5,65 metros de comprimento;
- Tubo flexível de pressão da válvula de controle direcional: 1 tubo flexível de 2,10 metros de comprimento;
- Tubo flexível de retorno da válvula de controle direcional: 1 tubo flexível de 2,10 metros de comprimento;
- Tubo flexível de função da válvula de controle direcional até o bloco de comando: 2 tubos flexíveis de 1,80 metros de comprimento;

- Tubo flexível de função do bloco de comando até os tubos rígidos do braço: 2 tubos flexíveis de 2,40 metros de comprimento;
- Tubo flexível da lança ao rotator: 4 tubos flexíveis de 1,40 metros de comprimento;
- Tubo flexível do braço a lança: 4 tubos flexíveis de 1,60 metros de comprimento;
- Tubo flexível do cilindro da garra: 2 tubos flexíveis de 0,60 metros de comprimento.

Calculando o total de tubos flexíveis e tubos rígidos, é possível determinar o comprimento total para adaptação:

$$L = (4 \times 2,40) + (2 \times 5,65) + (2,10) + (2,10) + (2 \times 1,80)$$

$$+ (2 \times 2,40) + (4 \times 1,40) + (4 \times 1,60) + (2 \times 0,60)$$

$$L = 46,7 \text{ metros}$$

O comprimento total adicional é de 46,70 metros, com o diâmetro nominal interno de 20 mm.

3.1.6 Montagem do conjunto florestal

Inicia-se a montagem do conjunto florestal aplicando os suportes da tubulação da lança do equipamento, utilizando solda. Após a solda, fixam-se os 04 (quatro) tubos rígidos de 2,40 metros de comprimento. Além dos tubos flexíveis da lança, aplicam-se os dois tubos de 5,65 metros de comprimento do braço da escavadeira.



Fonte: Próprio Autor.

FIGURA 20 - Escavadeira Hidráulica com Suporte para Encanamento.

Após a fixação da tubulação de braço e lança, coloca-se o conjunto adquirido para o setor florestal:

- Garra Florestal Roder: capacidade de 0.40 m³;
- Rotator Hidráulico Baltrotors GR16S: capacidade de 16 toneladas e rotação de 360°;
- Balanço de conjunto: capacidade de 20 toneladas.

Para fixar o conjunto, primeiramente a lança da escavadeira é acoplada o balanço de conjunto com o pino original utilizado na caçamba do equipamento. Após isso é fixado o rotator hidráulico com o pino original disponibilizado junto ao rotator com medida de 45 mm de diâmetro. Ao rotator hidráulico é fixado na garra florestal com parafusos de dureza 12.9, bitola de 16 mm e comprimento de 80 mm, utilizando porcas com auto trava.

Ao fixar o conjunto, os tubos flexíveis interligam as tubulações fixadas no equipamento ao conjunto florestal.



Fonte: Próprio Autor.

FIGURA 21 - Escavadeira Hidráulica com Conjunto Florestal.

Após a instalação do conjunto florestal, inicia-se a adaptação do comando para a válvula de controle direcional com acionamento elétrico.



Fonte: Próprio Autor

FIGURA 22 - Bloco Auxiliar do Comando.

A pressão chega ao comando vindo diretamente da válvula direcional, que é instalada em um suporte abaixo do filtro de ar da máquina.



Fonte: Próprio Autor

FIGURA 23 - Válvula de Controle Direcional Instalada.

A partir da válvula, são direcionadas as duas funções do equipamento para o bloco do comando. No comando regulam-se as pressões de rotação de 24 MPa, na válvula carretel de regulagem de pressão. Utiliza-se válvula para ajustar a pressão de trabalho da função, onde

há um carretel com mola que conforme aperto libera maior ou menor pressão para a função desejada.

3.1.7 Perda de Carga

Considera-se os seguintes fatores para determinação de perda de carga no sistema instalado:

- Comprimento total (Lt): 46,7 metros.
- Tubos rígidos e semirrígidos com temperatura variável.
- Vazão máxima: 40 l/min.
- Perda de carga por singularidades na linha de pressão L² (conexões curvas, cotovelos e tês): 3,2 metros.
- Perda de carga nas válvulas da linha de pressão: (válvula controladora direcional): 4,8 bar.
- Perda de carga no motor hidráulico de giro (rotator): 27,3 bar.
- Diâmetro externo da tubulação: 26,7 mm.
- Diâmetro interno da tubulação: 20 mm.
- Velocidade recomendada: 586,8503 cm/s.
- Número de Reynolds: 2608,2237.
- Fator de atrito: 0,0287.
- Massa específica do fluido: 880 kg/m³.

Para determinar a perda de carga utiliza-se a seguinte fórmula (FIALHO, 2007)

$$\Delta P = \Psi \cdot \frac{5 \cdot Lt \cdot p \cdot v^2}{dt \cdot 10^{10}}$$

Dessa fórmula, é possível determinar uma perda de carga de 3,538 bar.

3.1.8 Funcionamento pós-adaptação

Com a alteração da escavadeira hidráulica para garra de carregamento florestal, algumas funções do equipamento mudaram suas características. As funções de translação, elevar e abaixar braço, deslocar lança para frente e para trás e giro da cremalheira, continuam com as mesmas características.

Por outra parte, modifica o movimento de concha, onde instalada a garra florestal, o movimento da concha desempenha o movimento de abrir e fechar a garra. O movimento

adicional que se instala na máquina, é o movimento de rotator, que é acionado por dois botões instalados no *joystick*, onde ao ser apertado o botão, aciona-se a válvula direcional, atracando a bobina e liberando o óleo para desempenhar a função de giro do rotator.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a adaptação da escavadeira hidráulica para garra de carregamento florestal, possibilita que realize alta produção no carregamento de madeira, elimina o trabalho manual, e pode-se cumprir as normas regulamentadoras de segurança no trabalho de máquinas e equipamentos.

Com esta adaptação, os processos de carregamento florestal tiveram um ganho de tempo de aproximadamente 400%, onde antes no processo manual era gasto cerca de 1 hora para carregar 50 metros de madeira em um caminhão. Com o processo mecanizado, é possível realizar o carregamento do mesmo volume em 15 minutos.

A principal vantagem de adaptar a escavadeira hidráulica para garra de carregamento florestal, é que torna possível ter um equipamento intercambiável, onde é possível realizar apenas a remoção do conjunto florestal (garra, rotator e balanço) e instalar o conjunto de escavação (concha e cilindro), incluindo o tubo flexível do cilindro, que o equipamento retorna as funções originais.

REFERÊNCIAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2007. Brasília, 2008. 90p.

ANSI. American National Standards Institute. **ANSI B36.10**. Disponível em: <http://www.carbinox.com.br/catalogos/catalogo_1.pdf>. Acesso em: 21/01/2015.

BALTROTORS. **Qualidade confiabilidade inovação**. Disponível em: <http://www.baltrotors.lv/index.php/pt_br/>. Acesso em: 01/11/2014.

CASE CONSTRUCTION. **Escavadeira Hidráulica CX220B**: catálogo. Brasil, 2012. 12p.

CATERPILLAR INC. **Escavadeira Hidráulica 320D/D L Série 2**: catálogo. Brasil, 2013. 36p.

FERNANDES, H. C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2010. 9 p. Apostila.

FIALHO, A. B. **Autoação Hidráulica**: projeto, dimensionamento e análise de circuitos. 5 ed. São Paulo: Érica, 2007. Pág. 85 à 99.

JOHN DEERE. **Catálogo de Escavadeiras Florestais**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.deere.com.br/wps/dcom/pt_BR/products/equipment/forestry_swing_machines/forestry_swing_machines.page?>. Acesso em: 15 de maio de 2014.

LIMA, J. S. de S.; LEITE, A. M. P. **Colheita Florestal**. Viçosa/MG: UFV, 2002.

MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV. 2002. 468p.

MARQUES, R.T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método PERT/COM**. 1994. 95f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1994.

MELO FILHO, B.; ALVES, M.V.G.; KOEHLER, H.S. Perspectives and Tendencies of the Brazilian Forestry Sector. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO IUFRO, 2, 2006, La Serena. **Resumos...** La Serena: INFOR, 2006.

QUADROS, D. S. **Apostila de Colheita Florestal**. Blumenau: Furb, 2004. 34p.

RODER DO BRASIL. **Máquinas e equipamentos**. Disponível em: <roderdobrasil.com.br>. Acesso em: 01/11/2014.

STEWART, H. L. **Pneumática & Hidráulica**. São Paulo: Hemus, 2007.

VERMEER CORPORATION. **Equipamentos**. Disponível em: <www.vermeer.com.br>. Acesso em: 20/05/2014.