

**LARISSA NUNES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA  
COM HARVESTER E FORWARDER**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

**VIÇOSA**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**  
**2014**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S237a Santos, Larissa Nunes dos, 1991-  
2014 Avaliação econômica da colheita florestal mecanizada com  
Harvester e Forwarder / Larissa Nunes dos Santos. – Viçosa,  
MG, 2014.  
xix, 107f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Haroldo Carlos Fernandes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.78-85.

1. Mecanização Agrícola. 2. Custos. 3. Viabilidade econômica. 4. Ponto de equilíbrio. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.372|

**LARISSA NUNES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA COM  
HARVESTER E FORWARDER**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de julho de 2014.



Márcio Lopes da Silva  
(Coorientador)



Luciano José Minette



Haroldo Carlos Fernandes  
(Orientador)

*Dedico este trabalho a minha mãe pelo apoio, incentivo, força, companheirismo, e amizade incondicional.*

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”*

*José de Alencar*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e ter me guiado durante todo o caminho para que fosse possível completar mais uma fase da minha vida.

À minha mãe que esteve sempre ao meu lado, por sua dedicação, amor e paciência sempre me apoiando e me mostrando que nada é impossível, pessoa que sigo como exemplo.

Às minhas irmãs Amábelli e Angélica pelo companheirismo, atenção, e pela alegria compartilhada.

À Remo por estar comigo e me apoiar nos momentos mais difíceis durante todo esse tempo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA), pela oportunidade e confiança. Em especial ao Edvaldes José de Amaral, Sócrates Machado Borges e Fabricio Geraldo dos Santos pela paciência e sugestões.

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes pela oportunidade, orientação, compreensão, confiança, paciência e conselhos.

Sem o senhor nada disso seria possível.

Aos professores coorientadores Amaury Paulo de Souza, Márcio Lopes da Silva e Mauri Martins Teixeira pela ajuda, contribuições, ensinamentos, direcionamento e esclarecimentos de todas minhas dúvidas no decorrer deste trabalho. Aos professores Hélio Garcia Leite e Paulo Roberto Cecon pela ajuda e ensinamentos.

Aos amigos e colegas da Mecanização pelo companheirismo diário.

À Juliana e Júnior, pelas caronas, conselhos, amizade e companheirismo. Pessoas com quem sempre posso contar.

À Roberta, pelo incentivo, ajuda, e festejos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

LARISSA NUNES DOS SANTOS, filha de João Batista Nogueira Nunes e Tânia Rodrigues dos Santos, nasceu em Itanhém, Bahia, em 03 de Julho de 1991.

De 2008 a 2012 graduou-se em Engenharia Florestal pela Faculdade Pitágoras, Teixeira de Freitas, Bahia.

Em 2012, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, área de concentração em Mecanização Agrícola, pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Em julho de 2014, submeteu-se aos exames de defesa da dissertação, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

## SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xviii
1 Introdução .....	1
2 Objetivo .....	3
2.1 Objetivo Geral .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
3 Revisão de literatura .....	4
3.1 Importância do setor florestal brasileiro .....	4
3.2 Evolução e Mecanização da Colheita Florestal .....	4
3.3 Colheita Florestal .....	5
3.3.1 Sistemas de colheita mecanizada .....	6
3.3.2 Principais Máquinas florestais .....	7
3.4 Economia florestal .....	12
3.4.1 Custo operacional .....	12
3.4.2 Análise de sensibilidade .....	13
3.4.3 Ponto de equilíbrio .....	13
3.4.4 Custo anual equivalente (CAE) .....	14
3.4.5 Taxa interna de retorno (TIR) .....	14
3.4.6 Comparação entre a rentabilidade do investimento das principais aplicações financeiras e a celulose .....	14
4 Material e métodos .....	16
4.1 Caracterização da área .....	16
4.2 Descrição das máquinas .....	16
4.2.1 <i>Harvester</i> .....	16
4.2.2 <i>Forwarder</i> .....	18
4.3 Análise de custos .....	19
4.3.1 Custos fixos (CF) .....	19
4.3.1.1 Juros sobre capital investido .....	19
4.3.1.2 Seguro .....	20
4.3.1.3 Taxas administrativas .....	20

4.3.1.4	Oficina .....	21
4.3.1.5	Depreciação.....	21
4.3.2	Custos variáveis .....	21
4.3.2.1	Combustível.....	22
4.3.2.2	Lubrificantes e graxas.....	22
4.3.2.3	Óleo hidráulico.....	22
4.3.2.4	Pneus/esteiras .....	23
4.3.2.5	Materiais de corte do <i>Harvester</i> .....	23
4.3.2.6	Manutenção e reparos.....	24
4.3.2.7	Custos da mão-de-obra operacional.....	24
4.3.3	Custo operacional da máquina.....	25
4.3.4	Custo de produção por volume de madeira .....	25
4.4	Análise de sensibilidade .....	26
4.5	Ponto de equilíbrio .....	27
4.6	Custo anual equivalente - CAE.....	27
4.7	Taxa interna de retorno (TIR) .....	28
4.8	Dados utilizados para cálculo das análises .....	28
5	Resultados e discussão .....	29
5.1	<i>Harvester</i> .....	29
5.1.1	Custo operacional .....	29
5.1.1.1	Custo operacional considerando o custo de depreciação até o sétimo ano .....	29
5.1.1.2	Custo operacional considerando o custo de depreciação até o quarto ano.....	33
5.1.2	Análise de sensibilidade.....	38
5.1.2.1	Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o sétimo ano.....	39
5.1.2.1.1	Horas efetivas de trabalho .....	39
5.1.2.1.2	Manutenção e reparos .....	39
5.1.2.1.3	Mão-de-obra .....	40
5.1.2.1.4	Combustível.....	41

5.1.2.1.5	Depreciação.....	41
5.1.2.1.6	Custo operacional médio geral .....	42
5.1.2.2	Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o quarto ano .....	43
5.1.2.2.1	Horas efetivas de trabalho .....	43
5.1.2.2.2	Depreciação.....	45
5.1.2.2.3	Custo operacional médio geral .....	46
5.1.3	Custo de produção .....	46
5.1.4	Ponto de equilíbrio (H) .....	51
5.1.5	Custo anual equivalente (CAE) .....	52
5.1.6	Taxa interna de retorno (TIR).....	52
5.2	<i>Forwarder</i> .....	54
5.2.1	Custo operacional .....	54
5.2.1.1	Custo operacional considerando o custo de depreciação até o sétimo ano .....	54
5.2.1.2	Custo operacional considerando o custo de depreciação até o quarto ano .....	58
5.2.2	Análise de sensibilidade .....	62
5.2.2.1	Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o sétimo ano.....	63
5.2.2.1.1	Horas efetivas de trabalho .....	63
5.2.2.1.2	Manutenção e reparos .....	63
5.2.2.1.3	Mão-de-obra .....	64
5.2.2.1.4	Combustível.....	65
5.2.2.1.5	Depreciação.....	65
5.2.2.1.6	Custo operacional médio geral .....	66
5.2.2.2	Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o quarto ano .....	67
5.2.2.2.1	Horas efetivas de trabalho .....	67
5.2.2.2.2	Depreciação.....	69

5.2.2.2.3	Custo operacional médio geral .....	69
5.2.3	Custo de produção .....	70
5.2.4	Ponto de equilíbrio (H) .....	74
5.2.5	Custo anual equivalente (CAE) .....	75
5.2.6	Taxa interna de retorno (TIR).....	76
6	Conclusão .....	77
7	Referências bibliográficas .....	78
APÊNDICES .....		86
Apêndice A .....		87
Apêndice B .....		105

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Percentual de declividade por região. ....	16
<b>Quadro 2.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV), e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho de cinco <i>harvester</i> John Deere modelo 1270D, e cinco <i>harvester</i> John Deere modelo 1470D de 2007 à 2013. ....	30
<b>Quadro 3.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV), e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho com depreciação até o quarto ano de cinco <i>harvester</i> John Deere modelo 1270D, e cinco <i>harvester</i> John Deere modelo 1470D de 2007 à 2013. ....	34
<b>Quadro 4.</b> Produtividade horária (Pd) e custo de produção (CP) do <i>harvester</i> considerando o custo de depreciação (DP) até 2013 e até 2010. ....	47
<b>Quadro 5.</b> Número de horas efetivas (H) que o <i>harvester</i> deveria trabalhar para justificar sua aquisição com depreciação até 2013 e até 2010 e número de horas efetivas de trabalho real. ....	51
<b>Quadro 6.</b> Custo anual equivalente (CAE) do <i>harvester</i> com depreciação até 2013 e até 2010. ....	52
<b>Quadro 7.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV), operacional (CO) médio por hora efetiva de trabalho de sete <i>forwarder</i> John Deere modelo 1270D de 2007 à 2013. ....	55
<b>Quadro 8.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV), e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho com depreciação até o quarto ano de sete <i>forwarder</i> John Deere modelo 1270D de 2007 à 2013. ....	58
<b>Quadro 9.</b> Produtividade horária (Pd) e custo de produção (CP) do <i>forwarder</i> considerando o custo de depreciação (DP) até 2013 e até 2010. ....	71
<b>Quadro 10.</b> Número de horas efetivas (H) que o <i>forwarder</i> deveria trabalhar para justificar sua aquisição com depreciação até 2013 e até 2010 e número de horas efetivas de trabalho real. ....	74
<b>Quadro 11.</b> Custo anual equivalente (CAE) do <i>forwarder</i> com depreciação até 2013 e até 2010. ....	75

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Motosserra profissional. Fonte: Stihl .....	8
<b>Figura 2.</b> <i>Feller Buncher</i> . Fonte: John Deere .....	8
<b>Figura 3.</b> <i>Harvester</i> . Fonte: John Deere .....	9
<b>Figura 4.</b> Garra traçadora - Komatsu Forest. Fonte: Colheita de madeira .....	9
<b>Figura 5.</b> <i>Slasher</i> - Komatsu Forest. Fonte: Just forest.....	10
<b>Figura 6.</b> <i>Skidder</i> . Fonte: John Deere .....	10
<b>Figura 7.</b> <i>Forwarder</i> . Fonte: John Deere .....	11
<b>Figura 8.</b> Cabo aéreo. Fonte: Colheita de madeira .....	11
<b>Figura 9.</b> Mosaico geral das áreas da Cenibra.....	17
<b>Figura 10.</b> <i>Harvester</i> John Deere, modelo 1270D.....	18
<b>Figura 11.</b> <i>Forwarder</i> John Deere, modelo 1710D.....	18
<b>Figura 12.</b> Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do <i>harvester</i> em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.....	30
<b>Figura 13.</b> Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do <i>harvester</i> em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte. 31	31
<b>Figura 14.</b> Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h <sup>-1</sup> ) do <i>harvester</i> .....	32
<b>Figura 15.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do <i>harvester</i> em função da vida útil em anos. ....	33
<b>Figura 16.</b> Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do <i>harvester</i> com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.....	35
<b>Figura 17.</b> Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do <i>harvester</i> com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte.....	35

<b>Figura 18.</b> Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h <sup>-1</sup> ) do <i>harvester</i> com depreciação até o quarto ano. ....	36
<b>Figura 19.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do <i>harvester</i> com depreciação até o quarto ano em função da vida útil em anos. ....	37
<b>Figura 20.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> da variável horas efetivas de trabalho.....	39
<b>Figura 21.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> da variável manutenção e reparos. ....	40
<b>Figura 22.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> da variável mão-de-obra. ....	40
<b>Figura 23.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> da variável combustível.....	41
<b>Figura 24.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> da variável depreciação. ....	42
<b>Figura 25.</b> Diagrama de <i>spiderplot</i> das principais variáveis do custo operacional médio geral do <i>harvester</i> . MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra.....	42
<b>Figura 26.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> com depreciação até 2010 da variável horas efetivas de trabalho. ..	43
<b>Figura 27.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> com depreciação até 2010 da variável manutenção e reparos. ....	44
<b>Figura 28.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> com depreciação até 2010 da variável mão-de-obra. ....	44
<b>Figura 29.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> com depreciação até 2010 da variável combustível. ....	45
<b>Figura 30.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>harvester</i> com depreciação até 2010 da variável depreciação. ....	45
<b>Figura 31.</b> Diagrama de <i>spiderplot</i> das principais variáveis do custo operacional médio geral do <i>harvester</i> com depreciação até 2010. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra.....	46

<b>Figura 32.</b> Custo de produção do <i>harvester</i> considerando a depreciação até o ano de 2013 (DP até 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (DP até 2010).....	48
<b>Figura 33.</b> Custo de produção do <i>harvester</i> (US\$ m <sup>-3</sup> ) considerando a depreciação até o ano de 2013 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho da máquina. ....	49
<b>Figura 34.</b> Custo de produção do <i>harvester</i> (US\$ m <sup>-3</sup> ) considerando a depreciação até o ano de 2010 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho da máquina. ....	50
<b>Figura 35.</b> Taxa interna de retorno (TIR) do <i>harvester</i> considerando a depreciação até o ano de 2013 (TIR - DP 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (TIR - DP 2010).....	53
<b>Figura 36.</b> Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do <i>forwarder</i> em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.....	55
<b>Figura 37.</b> Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do <i>forwarder</i> em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte. ....	56
<b>Figura 38.</b> Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h <sup>-1</sup> ) do <i>forwarder</i> . ....	56
<b>Figura 39.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do <i>forwarder</i> em função da vida útil em anos.....	57
<b>Figura 40.</b> Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do <i>forwarder</i> com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.....	59
<b>Figura 41.</b> Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do <i>forwarder</i> com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte.....	59

<b>Figura 42.</b> Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h <sup>-1</sup> ) do <i>forwarder</i> com depreciação até o quarto ano. ....	60
<b>Figura 43.</b> Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do <i>forwarder</i> com depreciação até o quarto ano em função da vida útil em anos. ....	61
<b>Figura 44.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> da variável horas efetivas de trabalho. ....	63
<b>Figura 45.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> da variável manutenção e reparos. ....	64
<b>Figura 46.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> da variável mão-de-obra. ....	64
<b>Figura 47.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> da variável combustível. ....	65
<b>Figura 48.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> da variável depreciação. ....	66
<b>Figura 49.</b> Diagrama de <i>spiderplot</i> das principais variáveis do custo operacional médio geral do <i>harvester</i> com depreciação até 2010. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra. ....	66
<b>Figura 50.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> com depreciação até 2010 da variável horas efetivas de trabalho. ..	67
<b>Figura 51.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> com depreciação até 2010 da variável manutenção e reparos. ....	68
<b>Figura 52.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> com depreciação até 2010 da variável mão-de-obra. ....	68
<b>Figura 53.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> com depreciação até 2010 da variável combustível. ....	69
<b>Figura 54.</b> Análise de sensibilidade em ± 20% do valor do custo operacional do <i>forwarder</i> com depreciação até 2010 da variável depreciação. ....	69
<b>Figura 55.</b> Diagrama de <i>spiderplot</i> das principais variáveis do custo operacional médio geral do <i>harvester</i> com depreciação até 2010. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra. ....	70

<b>Figura 57.</b> Custo de produção do <i>forwarder</i> (US\$ m <sup>-3</sup> ) considerando a depreciação até o ano de 2013 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho.....	72
<b>Figura 58.</b> Custo de produção do <i>forwarder</i> (US\$ m <sup>-3</sup> ) considerando a depreciação até o ano de 2010 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho.....	73
<b>Figura 59.</b> Taxa interna de retorno (TIR) do <i>forwarder</i> considerando a depreciação até o ano de 2013 (TIR - DP 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (TIR - DP 2010).....	76

## RESUMO

SANTOS, Larissa Nunes dos, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Avaliação econômica da colheita florestal mecanizada com harvester e forwarder.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Coorientadores: Amaury Paulo de Souza, Márcio Lopes da Silva e Mauri Martins Teixeira.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar economicamente as atividades de corte e extração da madeira realizada pelos tratores florestais *harvester* e *forwarder* até aproximadamente 30.000 horas de trabalho. Foram utilizadas dezessete máquinas florestais, 10 máquinas compostas por dois modelos de *harvester* (John Deere, modelos 1270D e 1470D) e 7 máquinas de um modelo de *forwarder* (John Deere, modelo 1710D). Foi utilizada a base de dados fornecida por uma empresa florestal situada no estado de Minas Gerais, contendo todas as informações necessárias para o cálculo do custo operacional das máquinas, a análise de sensibilidade, o ponto de equilíbrio, o custo anual equivalente (CAE) e a taxa interna de retorno (TIR). O custo operacional foi obtido através do somatório dos custos fixos e variáveis. Para a análise de sensibilidade foi realizada uma variação de  $\pm 20\%$  dos elementos mais representativos do custo total da máquina. O ponto de equilíbrio foi utilizado para determinar a quantidade de horas mínimas que as máquinas deveriam trabalhar. O CAE foi utilizado para determinar o ponto de substituição da máquina e a TIR foi utilizada para determinar a rentabilidade da operação. Os resultados obtidos para o custo operacional médio geral do *harvester* e do *forwarder* quando se considerou o custo de depreciação até o ano de 2013 foi de US\$ 190,85 h<sup>-1</sup> e US\$ 147,80 h<sup>-1</sup>, e quando se considerou o custo de depreciação até o ano de 2010 de US\$ 189,15 h<sup>-1</sup> e US\$ 145,26 h<sup>-1</sup> respectivamente. Os custos com manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação representaram aproximadamente 90% do custo total da máquina. A redução de 10% em seus valores resultou em uma economia de, aproximadamente, 9% em todos os anos avaliados para o *harvester* e *forwarder*. No ano de 2013 não foi encontrado um número de horas de trabalho que não resultasse em prejuízo para o *harvester* e *forwarder*, tanto para a avaliação com depreciação até o quarto ano, como para a depreciação até o final da vida útil das máquinas. Não foi encontrado o ponto de substituição do *harvester* e *forwarder* quando se

considerou a depreciação até 2013. Quando se considerou a depreciação até 2010 a substituição do *harvester* deveria ter ocorrido aos cinco anos de uso, e do *forwarder* entre dois e cinco anos de uso. O *harvester* apresentou rentabilidade de investimento em 2011 de 67,43% com depreciação até 2013 e 37,44% com depreciação até 2010. O *forwarder* apresentou uma taxa interna de retorno em 2011 de 34,00% com depreciação até 2013 e 21,23% com depreciação até 2010. Apesar da redução dos custos totais, a retirada do custo de depreciação nos anos de 2011 a 2013, não foi suficiente para viabilizar a continuidade da utilização das máquinas, uma vez que a partir deste momento os custos variáveis foram altíssimos.

## ABSTRACT

SANTOS, Larissa Nunes dos, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2014. **Economic evaluation of the forest harvesting mechanized with harvester and forwarder.** Adviser: Haroldo Carlos Fernandes. Co-advisers: Amaury Paulo de Souza, Márcio Lopes da Silva e Mauri Martins Teixeira.

The objective of this study was to evaluate economically the activities the cut and timber extraction performed by the harvester and forwarder until approximately 30,000 hours of work. Were used seventeen forestry machines, 10 composed of two models of machines harvester (John Deere, models 1270D and 1470D) and 7 machines of a model of forwarder (John Deere, Model 1710D). Was used the database provided by a forestry company located in the state of Minas Gerais, containing all the information necessary for calculating the operating cost of machines, sensitivity analysis, point breakeven, equivalent annual cost (CAE) and internal rate of return (TIR). The operating cost was obtained by the sum of the fixed and variable costs. For sensitivity analysis was performed variation  $\pm 20\%$  of the most representative elements of the total cost of the machine. The balance point was used to determine the amount of hours minimal that the machines should work. The CAE was used to determine the point of substitution of the machine and the TIR was used to determine the profitability of the operation. The results for the general average operating cost of the harvester and forwarder when considering the cost of depreciation until the year 2013 was U.S. \$ 190,85 h<sup>-1</sup> and U.S. \$ 147,80 h<sup>-1</sup> and when considering the depreciation charge by the year 2010 of U.S. \$ 189,15 h<sup>-1</sup> and U.S. \$ 145,26 h<sup>-1</sup>, respectively. Costs for repairs and maintenance, hand labor, fuel, and depreciation represented approximately 90% of the total cost of the machine. A 10% reduction in their values resulted in a saving of ,approximately, 9% in all years evaluated for the harvester and forwarder. On year 2013 has not been found a number of hours of work that did not result in injury to the harvester and forwarder, both for the depreciation until the fourth year, as for depreciation until the end of the useful life of machines. Not found the point of replacing the harvester and forwarder when considering depreciation until 2013. When considering the depreciation until 2010 the replace the harvester should have been to five years of use, and the forwarder between two and five years of use. The harvester showed profitability of investment in 2011 of 67.43% with

depreciation until 2013 and 37.44% with depreciation until 2010. The Forwarder submitted an internal rate of return of 34.00% in 2011 with depreciation until 2013 and 21.23% with depreciation until 2010. Despite the reduction of total costs, the removal of depreciation cost in the years 2011 to 2013, was not sufficient to enable the continued use of the machines, since from this moment the variable costs were very high.

## 1 Introdução

Impulsionado pela introdução de incentivos fiscais na década de 60 e aumento da demanda de produtos florestais, o Brasil se tornou um dos países mais desenvolvidos no setor florestal do mundo. É caracterizado por possuir alta produtividade e menor custo de produção em relação aos demais países, em virtude dos avanços tecnológicos (introdução de material genético melhorado e mecanização das atividades), e condições edafoclimáticas favoráveis à produção do eucalipto.

Dentre as atividades florestais a colheita florestal é a operação que gera maior custo à madeira posta na fábrica compreendendo as atividades de corte, extração e carregamento da madeira nos veículos de transporte. Esta atividade é geralmente realizada de forma mecanizada com intuito de aumentar o rendimento e assim reduzir os custos de produção.

O sucesso da colheita florestal está diretamente ligado ao planejamento adequado de cada operação que será efetuada, levando em consideração a topografia, finalidade do produto, clima, solo, entre outros. A topografia e as condições do terreno são fatores limitantes para a mecanização. Em áreas com declividade acentuada, presença de tocos e solo encharcado o rendimento das máquinas é menor, ocorrendo ainda a danificação do maquinário ocasionado pelos tocos, aumentando o número de manutenções e trocas de peças. Outro fator importante é o conhecimento da finalidade do produto para que seja realizada a escolha do sistema e o módulo de colheita a ser utilizado.

O sistema de colheita mais utilizado no país é o de toras curtas devido ao seu menor custo de produção. Neste sistema todas as atividades são realizadas no local de derrubada da árvore. O módulo de colheita mecanizado mais utilizado é composto de *harvester* e *forwarder*

O *harvester* tem por função derrubar, destopar, descascar, e traçar a madeira em comprimentos pré-definidos de acordo com a finalidade do produto. Já o *forwarder* realiza a extração da madeira de dentro do talhão para as margens da estrada deixando-as empilhadas prontas para o transporte.

Entretanto, em razão do alto custo destas máquinas é necessária à realização de pesquisas visando o aumento da produtividade por unidade de tempo das mesmas através de formas mais eficientes de colher, treinamento

dos operadores, da melhoria técnica-tecnológica e métodos de preservação do maquinário utilizado, uma vez que este tem uma vida útil dentro da empresa de aproximadamente 5 anos e até o final desse período precisa estar em perfeitas condições de uso para tornar a atividade florestal mais competitiva e lucrativa.

A avaliação econômica de máquinas e equipamentos é uma importante ferramenta na determinação da rentabilidade da atividade florestal. Algumas análises que compõem esta avaliação são: a análise de custos e sensibilidade, o ponto de equilíbrio, o custo anual equivalente (CAE) e a taxa interna de retorno do investimento (TIR).

Através da análise de custos é possível determinar os custos resultantes do projeto, sendo possível identificar e verificar quais foram as atividades mais onerosas na composição do custo total, e buscar alternativas para redução dos mesmos. A análise de sensibilidade permite que o gestor visualize o comportamento dos elementos mais representativos na composição dos custos totais da máquina através de sua variação para mais e para menos. O ponto de equilíbrio é utilizado para determinação da quantidade de horas efetivas de trabalho que máquina precisa realizar, se esta não atingir o valor encontrado nesta análise é recomendado que não seja efetuada sua aquisição sendo mais viável a terceirização da atividade. A partir do custo anual equivalente (CAE) determina-se o momento ideal de troca ou substituição da máquina. E com os dados obtidos da taxa interna de retorno é possível identificar a viabilidade do investimento.

Essas informações são de grande relevância no planejamento e programação eficiente da utilização das máquinas florestais e na tomada de decisão dos gestores e acionistas quanto à rentabilidade do investimento oriundo da compra de novas máquinas e qual o melhor momento para que estas sejam trocadas.

## 2 Objetivo

### 2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo avaliar economicamente as atividades de corte e extração da madeira realizada pelos tratores florestais *harvester* e *forwarder* até aproximadamente 30.000 horas de trabalho.

### 2.2 Objetivos específicos

Especificamente, pretendeu-se com este trabalho:

- Avaliar o custo operacional das máquinas de colheita florestal;
- Identificar e analisar os elementos mais representativos na composição dos custos totais do *harvester* e *forwarder*;
- Determinar o ponto de equilíbrio das máquinas;
- Determinar a vida útil das máquinas com base no custo anual equivalente (CAE); e,
- Determinar a taxa interna de retorno (TIR) nas operações de corte e extração da madeira.

### **3 Revisão de literatura**

#### **3.1 Importância do setor florestal brasileiro**

O setor florestal brasileiro é um dos mais desenvolvidos e competitivos do mundo. No país, aproximadamente 6.664,812 hectares são provenientes de florestas plantadas. Em 2012 o setor contribuiu com 6% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial, promovendo a geração de 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos. Os investimentos em programas sociais totalizaram R\$ 149 milhões, distribuídos em programas de inclusão social, educação e meio ambiente (ABRAF, 2013).

A utilização de florestas plantadas para obtenção dos produtos finais nos segmentos industriais tem ainda um importante papel na conservação do meio ambiente, uma vez que as árvores produzem a matéria-prima que supre a necessidade da população por papel, madeira, lenha, carvão para uso energético e outros produtos de largo consumo, sem esgotar os recursos naturais (BRACELPA, 2010). Para cada 1 hectare de florestas plantadas, as empresas contribuem em média para a preservação de cerca de 1 hectare de florestas nativas (IBÁ, 2014).

#### **3.2 Evolução e Mecanização da Colheita Florestal**

A colheita florestal no Brasil iniciou-se de forma rudimentar, com a utilização de técnicas manuais e/ou com força animal. Essas técnicas se caracterizavam por sua alta exigência de esforço físico e alto risco de acidentes. Até a década de 1940, praticamente não se utilizavam máquinas na colheita florestal, sendo a modernização do setor iniciada na década de 1970, quando surgiram as motosserras profissionais e os tratores agrícolas equipados com implementos florestais. Na década de 1980, vieram as máquinas específicas para a colheita florestal. No entanto, somente em 1994 com a abertura das importações, a carência e o aumento do custo de mão-de-obra, houve a intensificação da mecanização da colheita (PEREIRA, 2010)

No final da década de 1970 com as importações de máquinas e equipamentos florestais, muitas empresas se depararam no início com baixa

eficiência operacional e altos riscos de acidentes de trabalho, devido à falta de adequação dessas máquinas às condições locais (MINETTE et al., 2008a).

A mecanização objetiva o aumento da produtividade, a redução dos custos de produção o cumprimento das exigências de mercado, tais como a certificação florestal, a qualidade do produto final, saúde e segurança do trabalho, mão-de-obra qualificada e redução dos impactos ambientais (PAULA, 2011).

Atualmente o grau de mecanização da colheita está atrelado à declividade da área, volume por árvore, quantidade de fustes por cepa e poder aquisitivo das empresas florestais. As grandes empresas por disporem de maior capital, utilizam sistemas de colheita altamente mecanizados e sofisticados; as empresas médias utilizam máquinas e equipamentos pouco sofisticados e mão-de-obra especializada; e as pequenas empresas, continuam a utilizar métodos rudimentares, com mão-de-obra pouco ou sem nenhuma qualificação (MACHADO et al., 2014).

O aumento da mecanização tem invertido os percentuais dos custos operacionais, sendo os custos com máquinas e equipamentos maiores que os custos com mão-de-obra. Como resultado se faz necessário o trabalho em mais de um turno por dia, um melhor planejamento e execução das operações, melhor qualificação de mão-de-obra e investimento (MALINOVSKI, 2010)

Algumas das vantagens do uso das novas tecnologias encontradas nas máquinas florestais em relação aos métodos manuais e semimecanizados são o alto rendimento operacional, conforto e segurança para o operador e a possibilidade de trabalhar em turnos. Como desvantagens podemos citar a necessidade de se obter uma infraestrutura de apoio que proporcione a obtenção rápida de peças de reposição, mecânicos treinados e oficina (PEREIRA, 2010).

### **3.3 Colheita Florestal**

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações realizadas no setor florestal, que visam derrubar, processar e extrair a madeira até o local de transporte, por meio de técnicas e padrões estabelecidos. Basicamente, a colheita florestal engloba as operações de corte, extração, carregamento e descarregamento da madeira (TANAKA, 1986).

O corte compreende as atividades de derrubada, desgalhamento, descascamento, destopamento e traçamento da madeira (MORAIS, 2012). A extração, também chamada de arraste, baldeio, ou transporte primário nada mais é que a condução da madeira do interior dos talhões para as margens das estradas florestais ou pátios (SIMÕES; FENNER, 2010). O carregamento refere-se à alocação da madeira no veículo transportador, e o descarregamento é a retirada da madeira do veículo de transporte, no local de utilização final ou em pátios especiais (MINETTE et al., 2014).

Segundo Burla et al. (2012), a colheita florestal por estar exposta a diversos fatores climáticos, biológicos e relacionados ao sistema homem-máquina, os quais podem influenciar a produtividade das máquinas e os custos de produção, é considerada uma operação complexa.

### **3.3.1 Sistemas de colheita mecanizada**

O sistema de colheita florestal é um conjunto de atividades interconectadas, que possibilitam o fluxo constante de madeira e a máxima utilização de máquinas e equipamentos. Este pode ser influenciado pela topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final de madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis (MACHADO et al., 2014).

Os sistemas de colheita podem ser classificados em:

- Sistema de toras longas (*tree-length*): no local do corte faz-se o semiprocessamento da árvore (desgalhamento e o destopo). As atividades de descascamento, toragem e seleção são executadas na estrada ou pátios intermediários. É um sistema principalmente desenvolvido para terrenos acidentados (SEIXAS; CAMILO, 2008)
- Sistema de toras curtas (*cut-to-length*): neste sistema a execução de todos os processos se concluem no próprio local onde a árvore foi derrubada. As toras produzidas medem no máximo 6 m de comprimento (LEITE, 2012). O modal utilizado é composto de *Harvester* (derrubada, desgalhamento, destopo, toragem e descascamento da madeira) e *Forwarder* (baldeio) (ALMEIDA FILHO, 2010).

- Sistema de árvores inteiras (*full-tree*): após a atividade de derrubada realizada pelo *Feller Buncher*, a árvore inteira é extraída para as margens do talhão (*skidder*), onde é desgalhada manualmente ou por meio de métodos semi-mecanizados (machado e motopodas), com posterior traçamento da madeira (garra traçadora e *slasher*) (ALMEIDA FILHO, 2010).
- Sistema de árvores completas (*whole-tree*): Retira-se a árvore completa inclusive com as raízes. Sistema utilizado nos casos em que as raízes apresentam valor comercial, como exemplo: tocos e raízes com alta concentração de resina ou consideradas medicinais ou quando se deseja utilizar o sistema radicular da árvore como biomassa (MALINOVSKI et al., 2014).
- Sistema de cavaqueamento (*chipping*): A árvore inteira ou em toras é transformada em cavacos no próprio povoamento florestal através da utilização de processadores móveis (SEIXAS; CAMILO, 2008).

Atualmente no Brasil os sistemas mais utilizados são o de toras curtas e árvores inteiras. O sistema de toras curtas oferece as vantagens de baixa exportação de nutrientes e compactação do solo, porém limita o aproveitamento da biomassa residual da colheita aumentando os custos operacionais. O sistema de árvores inteiras possibilita melhor aproveitamento da biomassa residual, deixando a área limpa e reduzindo os custos do preparo do solo. Entretanto exige melhor planejamento e propicia maior compactação do solo (LOPES, 2012).

Segundo Leite (2012), o sistema de toras curtas é o mais difundido no país, por este permitir o aumento da produtividade, redução de custos de produção, tomando a operação mais lucrativa.

### **3.3.2 Principais Máquinas florestais**

As máquinas disponíveis no mercado para realização das diversas operações de colheita florestal são para derrubada de árvores: a motosserra, o *feller-buncher*, e o *harvester*. Para o desgalhamento: a motosserra e o *harvester*. No processamento, utilizam-se a motosserra, o *harvester*, a garra traçadora, o processador e o *Slasher*. O descascamento, quando executado no

campo, é realizado por descascadores móveis, *harvester* ou processador. Na atividade de extração são utilizados os tratores agrícolas adaptados sejam com caçambas ou por guinchos, *forwarders*, caminhões, *skidders*, e cabos aéreos. E no carregamento e descarregamento dos veículos de transporte usam-se os carregadores com guias hidráulicas, ou ainda no caso do carregamento visando à extração utiliza-se o próprio *forwarder* (SILVA et al., 2010a).

- A motosserra (Figura 1) tem por função a realização das atividades de derrubada, desgalhamento e traçamento da madeira, constituindo um método de colheita semimecanizado (SANT'ANNA, 2014). A estrutura da motosserra é composta basicamente por duas partes: o conjunto-motor (formado por um motor a gasolina de dois tempos, alimentados por um carburador de membranas que transmite sua força motriz através de uma embreagem de contrapesos centrífugos) e o conjunto de corte (formado pela coroa e pelo pinhão, pelo sabre e pela corrente, que desliza sobre ambos e é lubrificada por uma bomba de óleo automática) (LOPES; MINETTI, 2001).



**Figura 1.** Motosserra profissional. Fonte: Stihl

- O Feller-Buncher (Figura 2) é um trator florestal cortador-acumulador que realiza o corte, acumula as árvores em sua grua e depois as empilha (NOVAIS, 2006).



**Figura 2.** Feller Buncher. Fonte: John Deere

- O trator florestal *harvester* (Figura 3) definido como automotriz é a principal máquina utilizada nas operações de derrubada e processamento da madeira. É um trator apto para derrubar, traçar e às vezes descascar árvores, deixando as toras prontas para serem extraídas do local de derrubada (BURLA, 2008; LEITE, 2012). Magalhães e Katz (2010), afirmaram que o *harvester* é 880% mais produtivo que a motosserra. De acordo com estes autores a utilização de equipamentos de alta tecnologia, como o *Harvester*, contribui para o aumento do rendimento operacional, a segurança no trabalho e colocou os custos da operação de colheita entre os mais competitivos do mundo.



**Figura 3.** *Harvester*. Fonte: John Deere

- A Garra Traçadora (Figura 4) é responsável pelo traçamento da madeira em toras de comprimento pré-definidos e empilhando as mesmas na borda do talhão. Está máquina opera tanto em terreno plano quanto em terreno com topografia acentuada (NOVAIS, 2006).



**Figura 4.** Garra traçadora - Komatsu Forest. Fonte: Colheita de madeira

- O *Slasher* (Figura 5) possui as mesmas funções da garra traçadora com o único diferencial de realizar o corte em uma bancada com o comprimento da madeira a ser traçada determinado. No entanto só trabalha em terrenos planos devido ao posicionamento da bancada utilizada para o traçamento (NOVAIS, 2006).



**Figura 5.** *Slasher* - Komatsu Forest. Fonte: Just forest

- O *Skidder* (Figura 6) realiza o arraste de feixes de toras ou árvores do talhão até à margem da estrada. Este trator pode ser equipado com guincho para efetuar o arraste e uma lâmina posicionada a frente para nivelar as toras e limpar as vias de acesso (BELMONTE, 2005).



**Figura 6.** *Skidder*. Fonte: John Deere

- O *forwarder* (Figura 7) é um trator florestal transportador, utilizado no processo de extração da madeira do interior do talhão para as margens das estradas, onde são empilhadas ficando prontas para a realização do transporte (LEITE, 2012).



**Figura 7.** *Forwarder.* Fonte: John Deere

- Para a extração de madeira em condições desfavoráveis, que não permite a utilização de sistemas habituais, o uso do cabo aéreo (Figura 8) pode ser uma opção adequada tecnicamente e economicamente, em função dos aspectos ambientais e do baixo investimento financeiro despendido (SIMÕES, et al., 2010a).



**Figura 8.** Cabo aéreo. Fonte: Colheita de madeira

A escolha adequada de máquinas para a colheita dependerá de diversos fatores, tais como: disponibilidade mecânica, reposição de peças, confiabilidade do fabricante, assistência técnica, manual do operador com detalhes de funcionamento e manutenção, vida útil prevista, conforto e segurança do operador, além, principalmente, da disponibilidade de recursos da empresa (SILVA et al., 2010).

### **3.4 Economia florestal**

Economia florestal pode ser definida como o estudo organizacional da produção, distribuição e consumo de bens e serviços florestais (SILVA et al., 2012).

#### **3.4.1 Custo operacional**

Devido ao alto custo de produção a colheita florestal é considerada uma das atividades mais importantes no setor florestal (FREITAS, 2005). Esta operação juntamente com o transporte florestal contribui com mais de 50 % do custo final da madeira. Por este motivo se faz necessária à implementação de estratégias visando à racionalização e dinamização dessas operações, objetivando o aumento da produtividade e a redução dos custos (MINETTE et al., 2008b).

O custo operacional é obtido através do somatório de todos os custos resultantes da aquisição e operação da máquina ou equipamento utilizado. Seu conhecimento é de extrema importância no processo de tomada de decisão, controle e planejamento da utilização de máquinas (MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

Os custos dos investimentos, juntamente com as receitas futuras, no final da atividade, são informações extremamente necessárias para análise de viabilidade do investimento (SILVA et al., 2004). Na atividade florestal, qualquer análise financeira requer que, primeiramente os custos sejam computados (GRAÇA et al., 2000). Estes custos devem permitir além do planejamento e controle do uso de máquinas a comparação entre diferentes alternativas de investimento, sendo facilmente calculados (STOHR, 1977). Nos últimos anos modelos de custo para a análise de atividades florestais, tanto para a silvicultura como para a colheita de madeira e transporte florestal tem se desenvolvido de forma evidente (QUADROS; MALINOVSKI, 2012).

O grande número de metodologias utilizadas para o cálculo de custo operacional oferecem a vantagem de maior flexibilidade e adaptação para os diferentes equipamentos, porém podem conduzir a utilização de método inadequado ao tipo de equipamento (FREITAS, 2004).

Simões e Fenner (2010), ao avaliarem economicamente o trator florestal *Forwarder* em povoamentos de eucalipto de primeiro corte obtiveram custo

operacional de US\$ 92,47 por hora de trabalho. Lopes et al. (2007), em uma avaliação econômica do *Harvester* operando em diferentes condições de trabalho encontraram o custo operacional médio de US\$ 115,72 por hora efetiva de trabalho. Já Burla et al. (2012), obtiveram um custo horário da máquina trabalhando em diferentes declividades e produtividades florestais de US\$ 130,29.

### **3.4.2 Análise de sensibilidade**

Análise utilizada para testar o efeito da variação de um elemento sobre valores e acontecimentos futuros. Os critérios utilizados para a escolha dos elementos críticos diferem em função do projeto considerado e devem ser avaliadas com rigor em cada caso (DG Política Regional Comissão Europeia, 2003).

Como vantagem esta análise permite que as atenções do gestor estejam voltadas para as variáveis que realmente são vitais para o resultado final (SILVA; BELDERRAIN, 2004).

Segundo Paula (2011), os itens que exercem maior influência no custo final da máquina são: combustível, manutenção e reparos e depreciação respectivamente. Costa (2012) obteve resultados semelhantes sendo as variáveis de maior impacto a manutenção e reparos e a de menor a depreciação.

### **3.4.3 Ponto de equilíbrio**

O ponto de equilíbrio ocorre quando a receita total é igual ao gasto total, gerando resultado nulo, pois não há lucro ou prejuízo. O principal objetivo na análise do ponto de equilíbrio é conhecer o nível mínimo de venda ou produção que deve ser praticado na empresa. O ponto de equilíbrio pode ser utilizado para realização de alterações no processo de vendas em vista do comportamento do mercado; definição da capacidade máxima e mínima de produção; e formação do preço de venda (MARTINS NETO, 2014).

No setor florestal utiliza-se o ponto de equilíbrio das máquinas florestais para determinar uma quantidade mínima de horas a serem trabalhadas para viabilizar seu uso, determinando o limite operacional (LEITE, 2012).

#### **3.4.4 Custo anual equivalente (CAE)**

O CAE é um dos métodos utilizados na determinação do tempo ótimo de substituição de máquinas e equipamentos (SILVA et al., 2014). Normalmente as máquinas são substituídas por novas quando atingem uma idade em que os custos de manutenção ou operação tornaram-se muito alto sendo economicamente viável troca-las (CHAND et al., 2000).

Na colheita florestal a influência do custo de depreciação na formação dos custos operacionais tem despertado as empresas para a importância na determinação desse fator. As máquinas florestais geralmente sofrem um processo de desgaste muito intenso, sendo viável trocá-las antes que haja prejuízo. Esse fato pode ser explicado pela intensidade de trabalho (dois ou três turnos); exposição da máquina a condições adversas (clima, topografia); e manutenção mecânica, que na maioria das vezes é realizada no campo, em condições inadequadas (SILVA et al., 2014).

#### **3.4.5 Taxa interna de retorno (TIR)**

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um indicador da rentabilidade econômica do projeto (DG Política Regional Comissão Europeia, 2003). Esta análise permite encontrar a remuneração do investimento em termos percentuais, ou seja, encontrar a taxa de juros que iguale as receitas e os custos. Assim, quando for calculada a TIR de determinado investimento e/ou financiamento, está sendo extraído dele o percentual ganho que ele oferece ao investidor (TORRES, 2004).

#### **3.4.6 Comparação entre a rentabilidade do investimento das principais aplicações financeiras e a celulose**

O Brasil ocupa o terceiro lugar entre os principais produtores de celulose no mundo. Entre 2002 e 2012, com o aumento das exportações para Ásia e Europa a indústria nacional de celulose cresceu em média 5,7% ao ano. Em 2012, a produção de celulose totalizou 13,9 milhões de toneladas e o consumo 5,8 milhões de toneladas (ABRAF, 2013).

Dossa et al. (2002), afirmaram que a taxa interna de retorno do processo de produção de eucalipto pode ser estimada entre 11 e 12 % ao ano. Esta taxa foi superior à obtida para o rendimento médio das principais aplicações

financeiras do país no período entre 2010 e 2013. A taxa média de retorno da Poupança, CDB, Ouro, Dólar e aplicação em ações foi de 6,80; 8,85; 11,50; 7,96; e 2,89 % ao ano (BCB, 2014).

Para Oliveira et al. (2008), a atividade florestal só gera lucro se as taxas de juros forem baixas. Segundo estes autores pequenas mudanças no preço de venda da madeira resultam no aumento da lucratividade da atividade florestal, recomendando a adoção de medidas para a melhoria da qualidade da madeira, visando o aumento do preço desse produto.

Soares et al. (2013), ao avaliarem a competitividade da produção e comercialização de celulose no país concluíram que esta atividade foi lucrativa em todos os estados analisados (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo), sendo a Bahia o estado de maior viabilidade econômica.

## 4 Material e métodos

### 4.1 Caracterização da área

A pesquisa foi realizada na empresa Celulose Nipo Brasileira S.A. – CENIBRA, localizada no município de Belo Oriente – MG. Os povoamentos florestais localizaram-se durante cinco anos na regional de Nova Era – MG (regiões de Santa Bárbara e Cocais), e um ano na regional de Guanhães- MG (Virginópolis e Sabinópolis) de acordo com a Figura 9. Os percentuais das classes de declividade por regiões seguem conforme o Quadro1. O sistema de colheita utilizado foi o de toras curtas.

**Quadro 1.** Percentual de declividade por região.

<b>Percentual de declividade por região</b>					
<b>Regional</b>	<b>Região</b>	<b>0° a 23°</b>	<b>24° a 27°</b>	<b>28° a 32°</b>	<b>33° a 35°</b>
Nova Era	Santa Bárbara	74%	11%	8%	3%
	Cocais	29%	15%	27%	14%
Guanhães	Virginópolis	65%	16%	10%	3%
	Sabinópolis	75%	11%	8%	2%
<b>Total</b>		<b>60,75%</b>	<b>13,25%</b>	<b>13,25%</b>	<b>5,50%</b>

### 4.2 Descrição das máquinas

Foram utilizadas dezessete máquinas florestais, 10 máquinas compostas por dois modelos de *harvester* (corte e processamento da madeira) e 7 de um modelo de *forwarder* (extração da madeira).

#### 4.2.1 *Harvester*

Foram utilizados cinco *harvester* John Deere modelo 1270D, e cinco *harvester* John Deere modelo 1470D, motor John Deere 6090HTJ, com potência de 215 hp (160 kW) e 241 hp (180 kW) respectivamente, com tração nas seis rodas e esteiras unindo os quatro pneus dianteiros, com cabeçote John Deere modelo H270 *harvester* conforme a Figura 10.

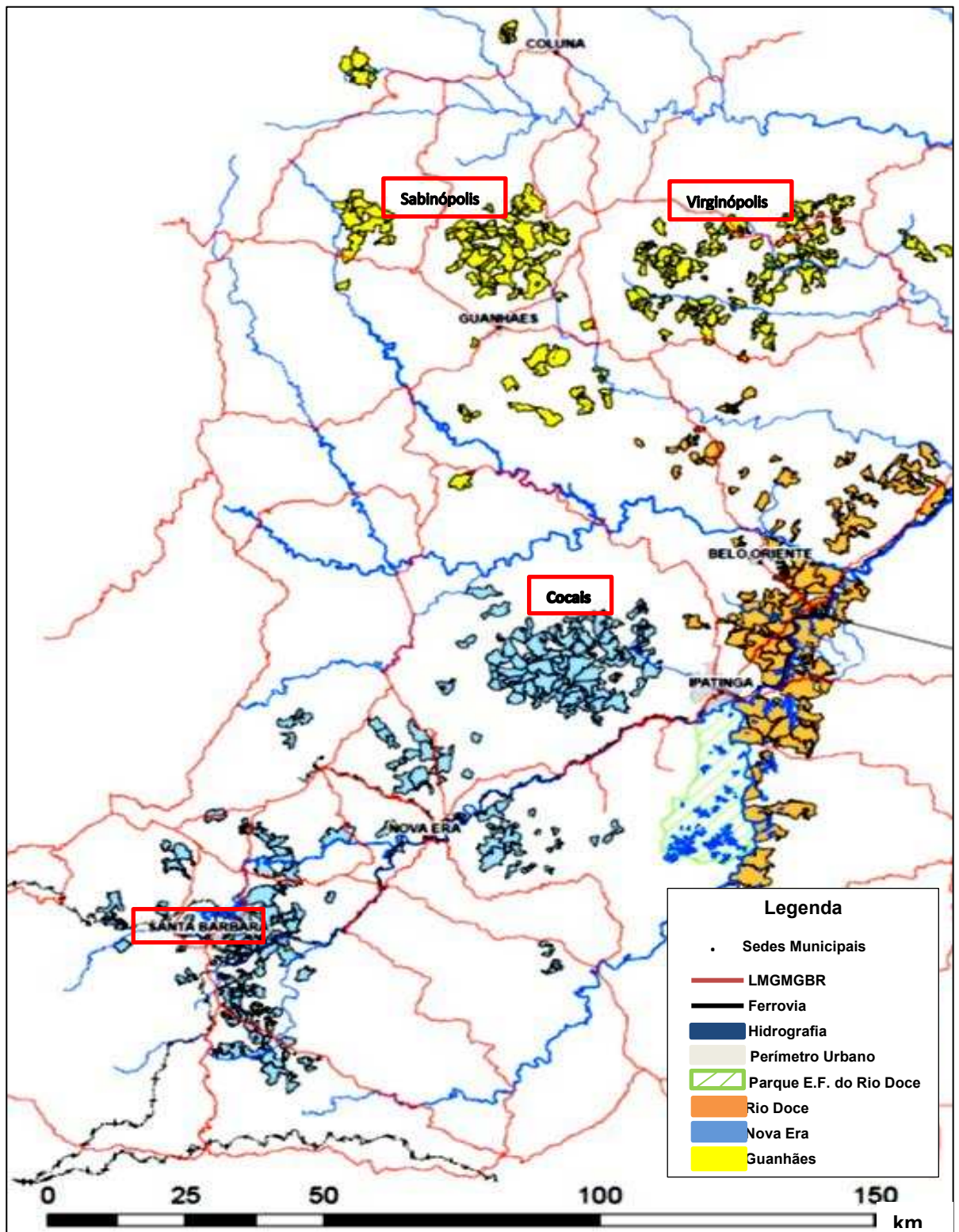


Figura 9. Mosaico geral das áreas da Cenibra.



**Figura 10.** *Harvester* John Deere, modelo 1270D.

#### **4.2.2 Forwarder**

Foram utilizados sete *forwarder* John Deere modelo 1710D, motor John Deere 6081H, com potência de 215 hp (160 kW), tração nas oito rodas e esteiras unindo os quatro pneus traseiros, com garra Hultdins 360S com 0,36 m<sup>2</sup> de área conforme a Figura 11.



**Figura 11.** *Forwarder* John Deere, modelo 1710D.

### 4.3 Análise de custos

Esta análise foi feita através do método contábil, o qual utiliza valores estimados e reais.

#### 4.3.1 Custos fixos (CF)

Foram aqueles que independem da quantidade de horas de operação e produtividade da máquina. Eles ocorreram mesmo quando a máquina não esteve em operação.

Os custos fixos foram compostos de custos referentes aos juros sobre capital investido, seguros, taxas administrativas, abrigo e depreciação.

##### 4.3.1.1 Juros sobre capital investido

Os juros foram calculados através da aplicação de uma taxa de juros ao investimento médio anual (IM), correspondente ao capital proporcionado por agência financeira, conforme a Equação 1 (FAO apud MACHADO; MALINOVSKI, 1988):

$$JC = \frac{IM \cdot ia}{hf} \quad (1)$$

em que

JC = juros sobre capital investido (US\$ h<sup>-1</sup>);

IM = investimento médio anual (US\$);

ia = taxa anual de juros simples (decimal); e,

hf = horas efetivas de trabalho por ano (h<sup>-1</sup>).

Para determinar o investimento médio anual (IM) foi utilizada a Equação 2:

$$IM = \frac{Va(ta+1) + Vr(ta-1)}{2ta} \quad (2)$$

em que

IM = investimento médio anual (US\$);

Va = valor de aquisição da máquina (US\$);

ta = vida útil estimada (anos); e,

Vr = valor residual da máquina (US\$).

#### 4.3.1.2 Seguro

Normalmente o seguro é feito contra riscos de roubos, incêndios e acidentes. O custo de seguro foi determinado conforme a metodologia proposta pela ASAE, (2001), sendo esta adaptada de acordo com as particularidades da empresa e dados disponíveis. Foi considerado um percentual de 1,17% do valor inicial da máquina (Equação 3).

$$SE = \frac{Va Pe}{hf} \quad (3)$$

em que

SE = Seguro (US\$ h<sup>-1</sup>);

Va = valor de aquisição da máquina (US\$);

Pe= percentual do valor de seguro sobre o valor inicial da máquina (decimal);

e,

hf = horas efetivas de trabalho por ano (h<sup>-1</sup>).

#### 4.3.1.3 Taxas administrativas

Em função dos encargos administrativos, foi considerado um percentual do valor de aquisição da máquina, relacionados com a administração do trabalho e máquina. Para cada ano foi utilizado um percentual diferente (Apêndice A) conforme dados fornecidos pela empresa. O custo de taxas administrativas foi determinado conforme a metodologia proposta pela ASAE, (2001), sendo esta adaptada de acordo com as particularidades da empresa e dados disponíveis (Equação 4).

$$Tx = \frac{Va Pe}{hf} \quad (4)$$

em que

Tx = Taxas administrativas (US\$ h<sup>-1</sup>);

Va = valor de aquisição da máquina (US\$);

Pe= percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (decimal); e,

hf = horas efetivas de trabalho por ano (h<sup>-1</sup>).

#### 4.3.1.4 Oficina

Foram os custos destinados à manutenção, preservação e depreciação da instalação e dos veículos de apoio utilizados no campo destinados a manutenção e reparos da máquina. Para cada ano foi utilizado um percentual diferente (Apêndice A) sobre o valor inicial da máquina. O custo de oficina foi determinado conforme a metodologia proposta pela ASAE, (2001), sendo esta adaptada de acordo com as particularidades da empresa e dados disponíveis (Equação 5).

$$OF = \frac{Va Pe}{hf} \quad (5)$$

em que

OF= Custo oficina (US\$ h<sup>-1</sup>);

Va= valor de aquisição da máquina (US\$)

Pe= percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (decimal); e,

hf= horas efetivas de trabalho por ano (h<sup>-1</sup>).

#### 4.3.1.5 Depreciação

A depreciação está associada ao desgaste ou obsolescência natural da máquina ao longo do tempo (perda de valor da máquina), é um modo de se recuperar o investimento original feito no momento de sua aquisição. Neste trabalho foi utilizada a depreciação linear conforme a Equação 6 ( FAO apud MACHADO; MALINOVSKI ,1988):

$$DP = \frac{Va-Vr}{vu} \quad (6)$$

em que

DP = depreciação (US\$ h<sup>-1</sup>);

Vr = valor residual da máquina (US\$); e,

vu= vida útil em anos.

#### 4.3.2 Custos variáveis

Foram os custos que variaram de acordo com intensidade de uso da máquina. Eles compreenderam os custos com combustível, lubrificantes e

graxas, óleo hidráulico, pneus, manutenção e reparos, mão-de-obra operacional.

#### 4.3.2.1 Combustível

O consumo de combustível de uma máquina é função da potência do motor, fator de carga, altitude, temperatura e tipo de combustível (FAO apud MACHADO; MALINOVSKI, 1988). O custo do combustível foi obtido através da metodologia proposta por Miyata (1980) segundo Moreira (2000) (Equação 7):

$$CC = Cb pc \quad (7)$$

em que

CC = custo de combustível (óleo diesel) (US\$ h<sup>-1</sup>);

Cb = consumo de óleo diesel por hora efetiva de trabalho (L h<sup>-1</sup>); e,

pc = preço de um litro de óleo diesel (US\$ L).

#### 4.3.2.2 Lubrificantes e graxas

O custo referente ao consumo de óleos lubrificantes e graxas das máquinas analisadas foi determinado conforme a Equação 8 .

$$LG = CL pl \quad (8)$$

em que

LG= Custo com lubrificantes e graxas (US\$ h<sup>-1</sup>);

CL= consumo de lubrificantes e graxas por hora efetiva de trabalho (L h<sup>-1</sup>); e,

pl = preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L).

#### 4.3.2.3 Óleo hidráulico

O custo referente ao consumo de óleo hidráulico foi determinado utilizando a Equação 9.

$$Co = CH po \quad (9)$$

em que

Co= Custo óleo hidráulico (US\$ R\$ h<sup>-1</sup>);

CH= consumo de óleo hidráulico por hora efetiva de trabalho (L h<sup>-1</sup>); e,

po = preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L).

#### 4.3.2.4 Pneus/esteiras

É o custo referente aos gastos com pneus ou esteiras da máquina (Equação 10). Alguns fatores que podem influenciar esse custo são a topografia do terreno, o ambiente de trabalho da máquina, o alinhamento e manutenção dos pneus e a habilidade do operador (MOREIRA, 2000). Como muitas empresas adotam medidas para reconstrução do pneu/esteira gasto com o intuito de aumentar a sua vida útil, este custo considerou não somente a troca de pneus/esteiras velhos por novos, como também a reutilização dos pneus/esteiras reconstruídos, a troca de câmara de ar do pneu e elos da esteira.

$$PE = \frac{(Np Vp) + (Nc Vc)}{Hu} \quad (10)$$

em que

Pe = Custo de pneus/esteiras (US\$ h<sup>-1</sup>);

Np = número de pneus/esteira substituídos;

Vp = valor resultante da soma do valor de troca de um pneu/esteira por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade<sup>-1</sup>);

Nc = número de câmaras de ar substituídas;

Vc = valor unitário da câmara de ar (US\$ unidade<sup>-1</sup>); e,

Hu = horas efetivas de trabalho do pneu/esteira (h unidade<sup>-1</sup>).

#### 4.3.2.5 Materiais de corte do *Harvester*

Refere-se ao custo relacionado aos gastos com sabre e corrente do *harvester*. Este custo foi calculado através da Equação 11:

$$MC = \frac{(Ns Vs) + (Nc Vc)}{Hm} \quad (11)$$

em que

MC = Custo com materiais de corte (US\$ h<sup>-1</sup>);

Ns = número de sabre;

Nc = número corrente;

Vs = valor de um sabre da máquina (US\$ unidade<sup>-1</sup>);

Vc = valor de uma corrente da máquina (US\$ unidade<sup>-1</sup>); e

Hm = horas efetivas de trabalho do material de corte (h unidade<sup>-1</sup>).

#### 4.3.2.6 Manutenção e reparos

Consistem basicamente em mão-de-obra e encargos sociais, além de peças de reposição e de outros materiais (FAO apud MACHADO; MALINOVSKI, 1988). Como este custo é terceirizado os custos de manutenção e reparos foram calculados através da soma entre os custos de serviços prestados para execução das atividades e peças utilizadas conforme a Equação 12:

$$MR = \frac{Se+Pe}{hf} \quad (12)$$

em que

MR = Custo de manutenção e reparos (US\$ h<sup>-1</sup>);

Se = custo de serviço (US\$);

Pe= custo com peças (US\$); e,

hf= horas efetivas de trabalho por ano (h<sup>-1</sup>).

#### 4.3.2.7 Custos da mão-de-obra operacional

Serão compostos pela remuneração paga diretamente ao trabalhador e obrigações sociais, obtido pela Equação 13. Foi considerado o custo de mão-de-obra por máquina. Como as máquinas florestais trabalham três turnos por dia as variáveis que compõem este custo levaram em conta todos os operadores que trabalharam durante esse período. Nesse caso até o ano de 2011 foram 3,405 operadores (três operados por máquina e 0,135 por operador referente a férias e absenteísmo) e a partir do ano de 2012 devido ao início da realização das atividades de corte, processamento e extração da madeira nos finais de semana e feriados foram 4,540 operadores (quatro operados por máquina e 0,135 por operador referente a férias e absenteísmo). O custo de mão-de-obra foi determinado conforme a metodologia proposta pela FAO, segundo Machado e Malinovski (1988), sendo esta adaptada de acordo com as particularidades da empresa e dados disponíveis.

$$MO = \frac{12[(Sm(1+Es))+Bn]}{hf} \quad (13)$$

em que

MO = Custos da mão-de-obra (US\$ h<sup>-1</sup>);

Sm = salário mensal (US\$);

Bn = benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$);

Es = fator de encargos sociais (decimal); e,

hf = horas efetivas de trabalho por ano (h<sup>-1</sup>).

#### 4.3.3 Custo operacional da máquina

Foi calculado através do somatório de todos os custos de maquinário, pessoal e de administração (Equação 14) em dólares por hora efetiva de trabalho (US\$ h<sup>-1</sup>), utilizando a taxa de câmbio de 1US\$ = R\$ 2,2634 de 02/06/2014.

$$CO = CF + CV \quad (14)$$

em que

CO = custo operacional da máquina (US\$ h<sup>-1</sup>);

CF = custos fixos (US\$ h<sup>-1</sup>); e,

CV = custos variáveis (US\$ h<sup>-1</sup>);

Foi ajustado um modelo linear simples para os custos fixos e variáveis do *harvester* e *forwarder*. Para os custos operacionais foram utilizados um modelo polinomial de terceira ordem para o *harvester* e um modelo linear simples para o *forwarder*, com o objetivo de avaliar o comportamento destes, em função da idade das máquinas.

#### 4.3.4 Custo de produção por volume de madeira

Em seguida, foi determinado o custo de produção por metro cúbico de madeira, conforme Equação 15.

$$CP = \frac{CO}{Pd} \quad (15)$$

em que

CP= custo de produção (US\$ m<sup>-3</sup>);

CO = custo operacional da máquina (US\$ h<sup>-1</sup>); e,

Pd = produtividade da máquina (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>).

Para determinar a produtividade da máquina (Pd) foi utilizada a Equação 16:

$$Pd = \frac{Pa}{ha} \quad (16)$$

em que

Pd = produtividade da máquina (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>);

Pa = produtividade da máquina por ano (m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>); e,

ha= horas efetivas de trabalho por ano (h ano<sup>-1</sup>).

Foi utilizado um modelo polinomial de segunda ordem para o *harvester* e um modelo linear simples para o *forwarder* para avaliar o comportamento do custo de produção em relação à idade da máquina. Para a avaliação do comportamento dos custos de produção em função da produtividade e do tempo de operação do *harvester* e *forwarder* foi ajustado um modelo linear simples.

As análises foram processadas utilizando o software STATISTICA 7.

#### **4.4 Análise de sensibilidade**

Esta análise foi utilizada para definir o grau de variação dos resultados e indicadores de viabilidade diante de alterações nas variáveis mais relevantes do custo operacional (OLIVEIRA, 2009).

Para a determinação dos valores mínimos, médios e máximos das variáveis mais relevantes do *Harvester* e *Forwarder*, foi considerada uma variação de 40% (20% para mais e para menos) nos valores dos principais componentes do custo operacional.

#### 4.5 Ponto de equilíbrio

Foi utilizado para identificar o número de horas que a máquina deveria ter trabalhado por ano, a fim de justificar sua aquisição, ou seja, o número de horas anuais trabalhadas que viabilizam a compra da máquina, indicando o período mínimo de operação efetiva conforme Equação 17 (SILVA et al., 2012; LEITE, 2012).

$$H = \frac{CF}{Ph - CV} \quad (17)$$

em que

H = horas trabalhadas por ano ( $h \text{ ano}^{-1}$ );

CF = custo fixo ( $\text{US\$ } h^{-1}$ );

Ph = Preço médio da hora trabalhada ( $\text{US\$ } h^{-1}$ ); e,

CV = custo variável ( $\text{US\$ } h^{-1}$ ).

#### 4.6 Custo anual equivalente - CAE

Este custo foi utilizado para determinar o ponto ótimo em anos para substituição da máquina usada por uma nova, sendo este ponto o que minimiza o valor do custo anual equivalente (OLIVEIRA, 2000). O CAE foi o valor presente de todos os custos para “n” períodos, multiplicado pelo fator de recuperação de capital  $\left(\frac{ia(1+ia)^n}{(1+ia)^n - 1}\right)$  (VALVERDE; REZENDE, 1997) conforme a Equação 18.

$$CAE = \left[ \frac{Iv - Vr_n}{(1+ia)^n} + \frac{\sum_{i=1}^n (CO_i + MR_i)}{(1+ia)^i} \right] \left[ \frac{ia(1+ia)^n}{(1+ia)^n - 1} \right] \quad (18)$$

em que

CAE = custo anual equivalente ( $\text{US\$ } \text{ano}^{-1}$ );

Iv = Investimento ( $\text{US\$ } \text{ano}^{-1}$ );

Vr<sub>n</sub> = valor residual anual ( $\text{US\$ } \text{ano}^{-1}$ );

ia = taxa anual de juros simples (decimal);

CO<sub>i</sub> = custo operacional da máquina ( $\text{US\$ } \text{ano}^{-1}$ ); e,

MR<sub>i</sub> = Custo de manutenção e reparos ( $\text{US\$ } \text{ano}^{-1}$ );

#### 4.7 Taxa interna de retorno (TIR)

Foi utilizada para determinar a taxa de retorno do capital investido, ou seja, a taxa média de crescimento do investimento (Equação 19) (REZENDE e OLIVEIRA, 2013).

$$\sum_{j=0}^n R_j (1 + TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1 + TIR)^{-j} \quad (19)$$

em que

$R_j$  = valor atual das receitas;

$C_j$  = valor atual dos custos;

$i$  = taxa de juros;

$j$  = período em que a receita ou custo ocorrem; e,

$n$  = número total de períodos.

#### 4.8 Dados utilizados para cálculo das análises

Visando realizar uma análise econômica para a operação de derrubada, processamento e extração da madeira, foram realizadas análises individuais para cada máquina avaliada e posteriormente foi retirada a média. Foram avaliados dez tratores florestais *harvester* (cinco *harvester* John Deere modelo 1270D – 160 kW e cinco *harvester* John Deere modelo 1470D – 180 kW) e sete *forwarder* (John Deere modelo 1710D – 160 kW) trabalhando nas mesmas condições de trabalho durante o período de sete anos. Os dados foram analisados ainda, considerando a depreciação para os sete anos de trabalho e somente para quatro anos, nos outros três considerou-se depreciação zero. Esse último modelo foi utilizado para avaliar se com a depreciação zero se tornaria viável o uso dessas máquinas por um período maior de tempo. Os dados utilizados estão reunidos no Apêndice A.

## 5 Resultados e discussão

### 5.1 Harvester

#### 5.1.1 Custo operacional

##### 5.1.1.1 Custo operacional considerando o custo de depreciação até o sétimo ano

A partir do Quadro 2 pode-se perceber que os anos que apresentaram menor custo operacional foram 2007 (US\$ 133,01 h<sup>-1</sup>) e 2010 (US\$ 169,92 h<sup>-1</sup>) e o de maior custo foi obtido no ano de 2013 (US\$ 271,94 h<sup>-1</sup>). O menor custo obtido em 2007 pode ser explicado, por nesse ano as máquinas serem novas reduzindo principalmente os custos com manutenção e reparos, no ano de 2010 esse fato pode ser explicado devido ao número médio de horas efetivas de trabalho (4.256,41 h ano<sup>-1</sup>) ter sido maior neste ano. Já em 2013 o alto custo pode ter sido obtido pelo aumento dos custos variáveis em especial os custos de manutenção e reparos e mão-de-obra, uma vez, que as máquinas já estavam velhas e em 2012 aumentou-se o número de operadores por máquina para realização dos trabalhos nos finais de semanas e feriados, além disso, o número médio de horas trabalhadas (2.644,223 h ano<sup>-1</sup>) neste ano foi bastante inferior em relação aos demais.

Em média o custo operacional do *harvester* foi de US\$ 190,85 h<sup>-1</sup>, correspondendo 87,42% de custos variáveis e 12,61% de custos fixos.

Ao avaliarem o desempenho do *harvester* John Deere modelo 1270D no seu primeiro ano de aquisição trabalhando em diferentes espaçamentos e declividades Leite et al. (2014), encontraram valores semelhantes ao deste trabalho para o ano de 2007. O custo operacional obtido por estes autores foi de US\$ 145,29 h<sup>-1</sup>. Burla et al. (2012), ao avaliarem o *harvester* John Deere modelo 1270D economicamente em diferentes condições de operação também encontraram resultados similares ao encontrado para o ano de 2007 sendo o custo operacional de US\$ 130,29 h<sup>-1</sup>.

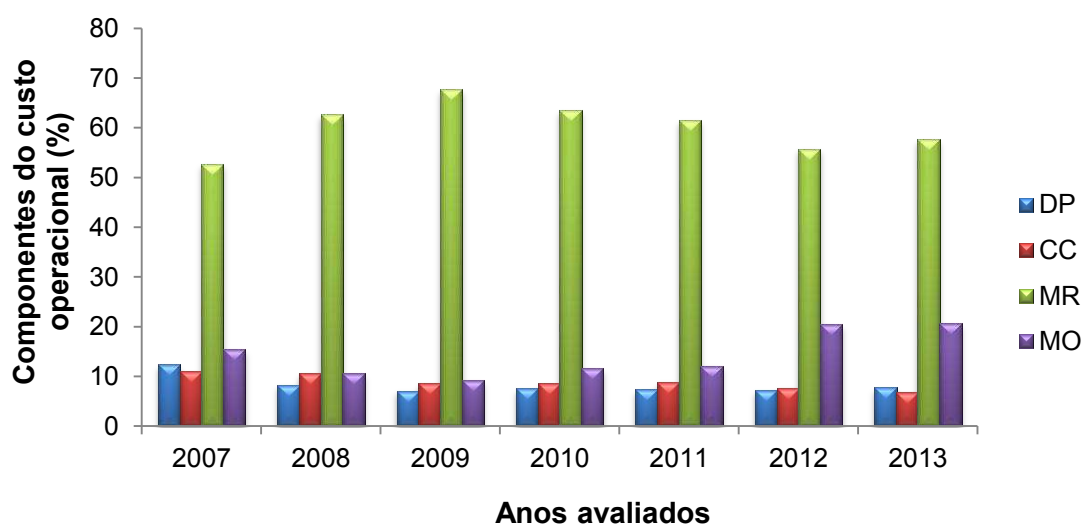
Já Fernandes et al. (2013), em uma avaliação econômica do *harvester* em diferentes condições de terreno e produtividade da floresta obtiveram um custo operacional de US\$ 116,46 por hora efetiva de trabalho, sendo 19%

destes custos referentes aos custos fixos e 81% aos custos variáveis. O custo operacional encontrado por Martins et al. (2009), foi de US\$ 113,28 h<sup>-1</sup> compreendendo 68% de custos fixos e 32% de custos variáveis. Simões et al. (2010b), obtiveram o valor do custo operacional ainda menor de US\$ 92,50 h<sup>-1</sup> correspondendo 29,47% custos fixos e 70,53% de custos variáveis.

**Quadro 2.** Custos fixos (CF), variáveis (CV), e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho de cinco *harvester* John Deere modelo 1270D, e cinco *harvester* John Deere modelo 1470D de 2007 à 2013.

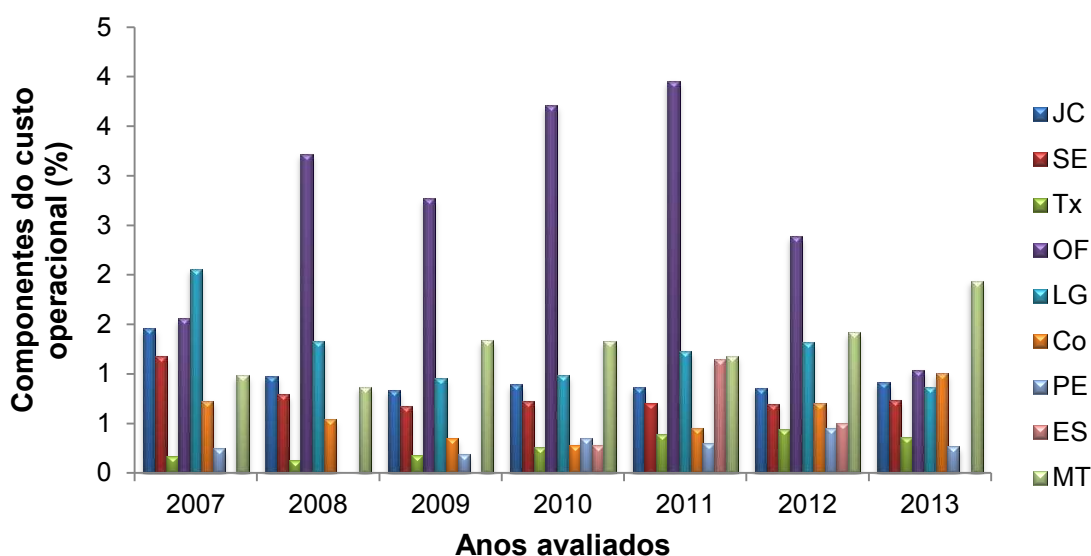
US\$ h <sup>-1</sup>	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
CF	22,20	22,93	22,54	22,39	24,46	24,64	29,30	24,07
CV	110,81	147,81	172,59	147,53	159,87	186,22	242,64	166,78
CO	133,01	170,74	195,14	169,92	184,33	210,86	271,94	190,85

A representação gráfica em percentual e os valores em US\$ por hora efetiva dos componentes que compõem o custo operacional médio segue conforme as Figuras 12, 13 e 14 e o Apêndice B. Observa-se nas Figuras 12 e 13 que o custo com manutenção e reparos (entre 52,71 e 67,80 %) foi o de maior representatividade no custo total da máquina em todos os anos avaliados, principalmente em 2009. Neste ano esse percentual correspondeu a US\$ 132,30 h<sup>-1</sup>, sendo menor apenas que o valor obtido em 2013 de US\$ 156,62h<sup>-1</sup>. Esse fato pode ser explicado em 2009 por terem sido realizadas um maior número de trocas dos componentes da máquina aumentando o seu custo de manutenção e peças.



**Figura 12.** Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do *harvester* em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.

Na Figura 13 estão apresentados os custos menos representativos percentualmente em relação ao custo total de operação do *harvester*, sendo os menores percentuais obtidos para os custos com esteiras, taxas administrativas e pneus de acordo com o ano analisado. Isso pode ter ocorrido para os custos com pneus e esteiras devido à empresa optar pela reforma desses itens, prolongando sua vida útil, reduzindo as trocas por novos e consequentemente reduzindo os custos.



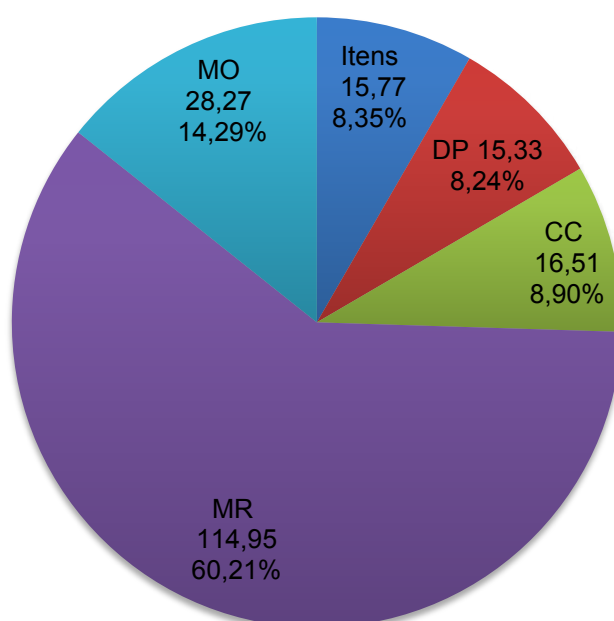
**Figura 13.** Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do *harvester* em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte.

A distribuição dos custos que compõem o custo operacional médio geral do *harvester* segue conforme a Figura 14. A partir dessa Figura pode-se perceber que os custos de maior representatividade no custo total foram o de manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível e depreciação, sendo estes valores da ordem de 60,21%, 14,29%, 8,90% e 8,24% respectivamente. Os custos com juros sobre capital investido, seguro, taxas administrativas, oficina, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, pneus, esteiras e material de corte corresponderam juntos a 8,35%.

Em uma análise de custos do *harvester*, Leite et al. (2013), encontraram um percentual do custo de manutenção e reparos, combustível e depreciação da ordem de 40%, 20% e 15% respectivamente, sendo estes o de maior representatividade no custo total. Fernandes et al. (2013), obtiveram um percentual semelhante ao destes autores sendo o percentual de manutenção e reparos correspondente a 49% do custo total.

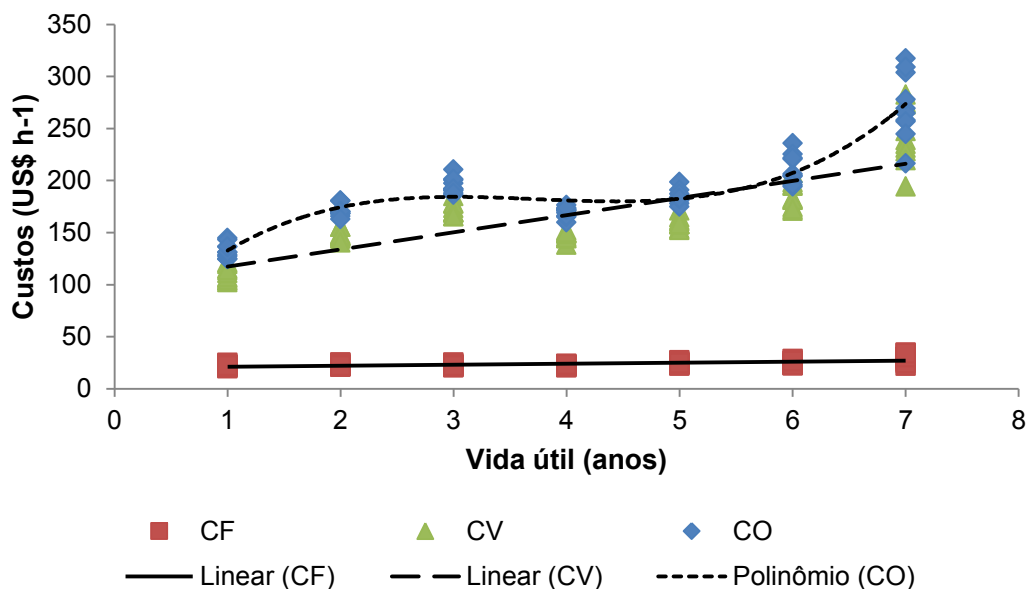
A diferença do percentual obtido por estes autores pode ser explicada, uma vez, que os custos de manutenção e reparos foram obtidos através de metodologias teóricas enquanto que neste trabalho foi utilizado o valor real gasto para realização da atividade. Este fato aumentou o custo de manutenção e peças reduzindo o percentual dos demais itens em relação ao custo operacional.

Silva et al. (2010 b), ao avaliarem economicamente o *harvester* no corte de Pinus, obtiveram um percentual do custo de administração da ordem de 9,10% dos custos totais.



**Figura 14.** Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>) do *harvester*.

O comportamento dos custos fixos, variáveis e operacionais (US\$ h<sup>-1</sup>) em função da idade do *harvester* segue conforme a Figura 15. Observa-se a partir dessa Figura que o aumento da vida útil da máquina resulta no aumento dos custos variáveis (devido ao aumento da troca de peças, manutenções e consumo de combustível) e custos operacionais. O aumento dos custos fixos ocorre quase que de maneira constante, uma vez que o seu principal componente a depreciação foi calculado através do método linear. A variação deste custo se deve pelo aumento ou redução do número de horas efetivas trabalhadas em cada ano avaliado.



**Figura 15.** Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do *harvester* em função da vida útil em anos.

Os modelos de regressão seguem conforme as Equações 20, 21 e 22.

$$CF = 20,2617 + 0,9511 * ID \quad (20)$$

$$r^2 = 0,3962 \quad \text{erro padrão} = 0,6367$$

$$CV = 101,1235 + 16,4145 * ID \quad (21)$$

$$r^2 = 0,6834 \quad \text{erro padrão} = 6,0582$$

$$CO = 41,2966 + 122,5207 * ID - 34,0778 * ID^2 + 3,0449 * ID^3 \quad (22)$$

$$R^2 = 0,8782$$

\* significativo a 5% pelo teste “t”.

em que

CF = custo fixo (US\$ h<sup>-1</sup>);

CV = custo variável (US\$ h<sup>-1</sup>);

CO = custo operacional (US\$ h<sup>-1</sup>); e,

ID = idade da máquina (anos).

### 5.1.1.2 Custo operacional considerando o custo de depreciação até o quarto ano

Considerando o custo de depreciação somente até o quarto ano nota-se o aumento do custo operacional (Quadro 3) nos anos de 2007 a 2010 e

redução desses custos no período de 2011 a 2013 quando comparados aos custos obtidos com a depreciação durante toda a vida útil da máquina. Isso pode ter acontecido devido ao aumento da taxa de depreciação utilizada para cálculo da depreciação, uma vez que para obtenção dessa taxa são utilizados o valor residual e a vida útil da máquina. Como foram avaliados somente quatro anos o valor residual da máquina também aumentou correspondendo a 25% do valor de aquisição da máquina. Para os anos de 2011 a 2013 foi considerada depreciação igual à zero.

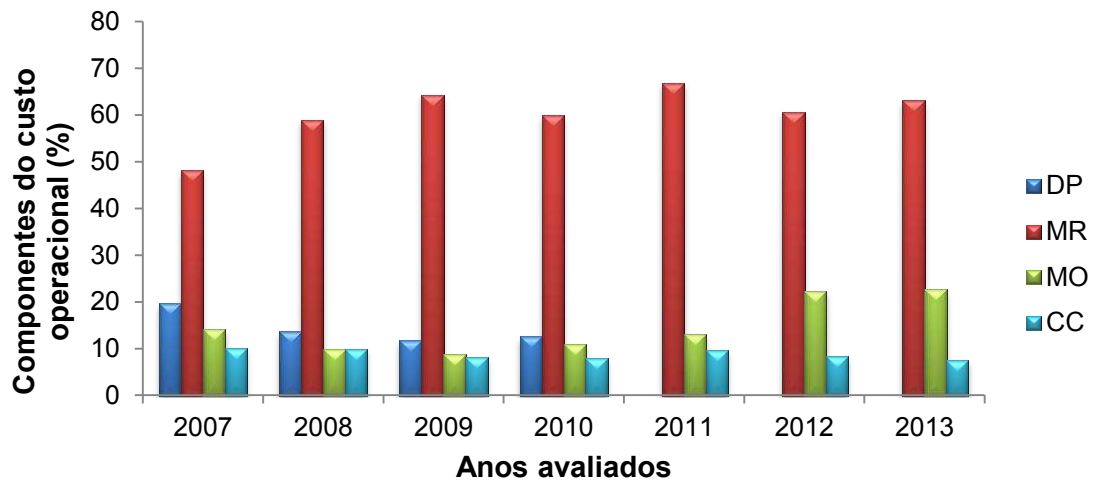
O custo operacional médio geral foi de US\$ 189,15 h<sup>-1</sup>. Os custos fixos foram da ordem de 88,17% e os custos variáveis de 11,82%. Houve uma redução média do custo operacional de 0,89%.

**Quadro 3.** Custos fixos (CF), variáveis (CV), e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho com depreciação até o quarto ano de cinco *harvester* John Deere modelo 1270D, e cinco *harvester* John Deere modelo 1470D de 2007 à 2013.

US\$ h <sup>-1</sup>	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
CF	34,80	33,80	33,14	32,27	9,30	7,44	5,80	22,37
CV	110,81	147,81	172,59	147,53	159,87	186,22	242,64	166,78
CO	145,61	181,61	205,74	179,80	169,17	193,66	248,45	189,15

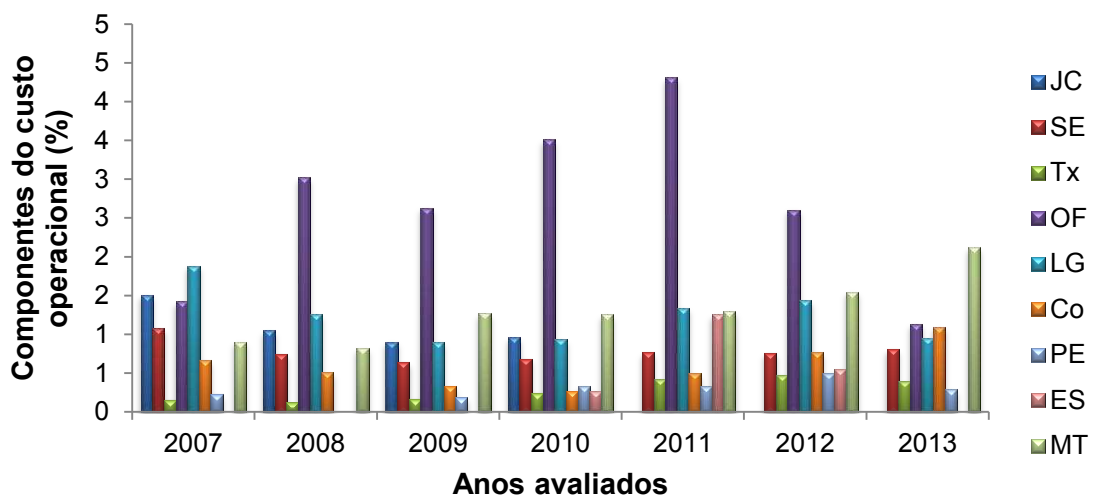
Com o aumento dos valores de depreciação nos primeiros anos ocorreu ainda à redução do percentual do custo de manutenção e reparos nos anos de 2007 a 2010 (48,15 a 64,31%) e aumento de 2011 a 2013 (60,67 a 66,92%). Mesmo assim este custo obteve o maior percentual em todos os anos avaliados (Figura 16).

Ao realizar uma análise de custos do *harvester* Burla et al. (2012), encontraram um percentual dos custos de manutenção e reparos de 48,22 % do custo total. Esse resultado é semelhante ao encontrado para o ano de 2007.



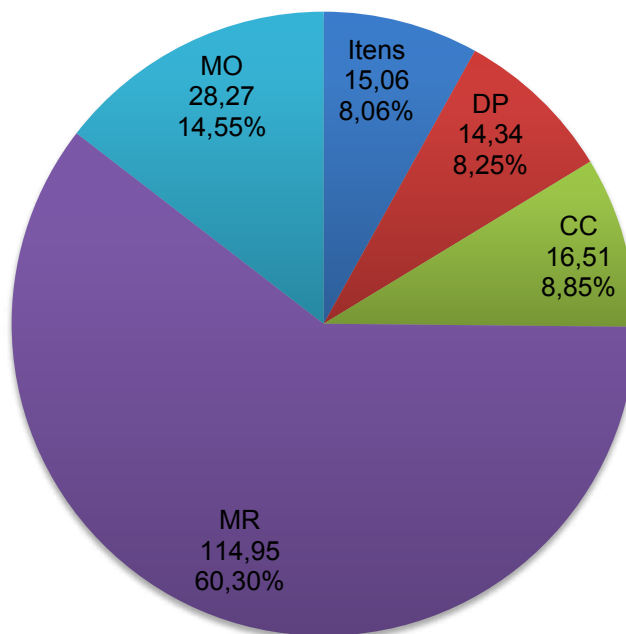
**Figura 16.** Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do *harvester* com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.

A partir da Figura 17 é possível identificar que não há custos com juros sobre capital investido nos anos de 2011 a 2013. Isso se deve pelo fato de que para fins de cálculo a vida útil considerada para a máquina foi igual a quatro anos. Sendo assim, este custo não foi contabilizado para os anos de 2011 a 2013. Este custo influenciou o percentual de todos os outros componentes avaliados. Porém somente o valor deste custo sofreu alterações com a mudança de análise utilizada.



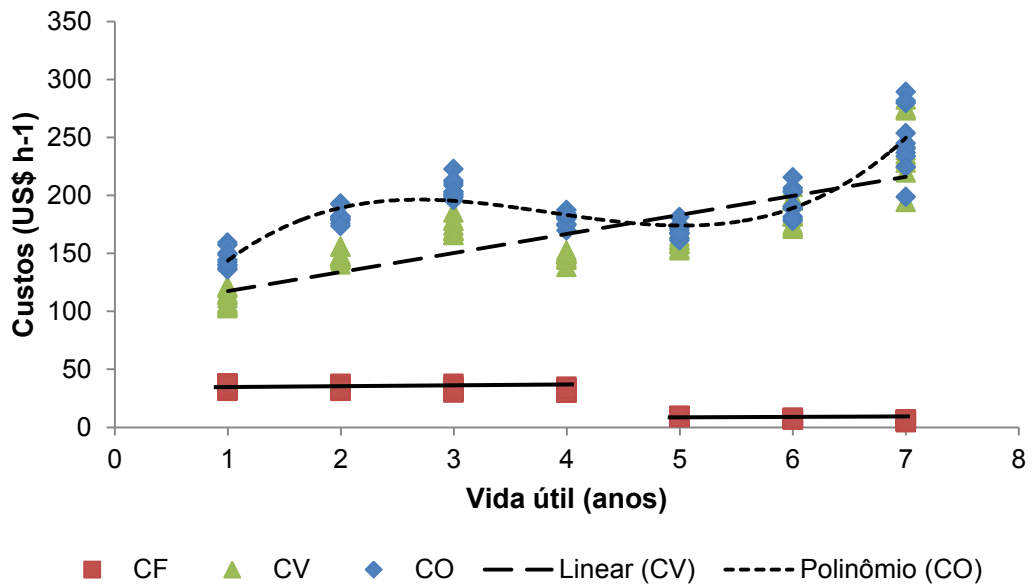
**Figura 17.** Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do *harvester* com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte.

Os custos de maior representatividade no custo total médio geral foram semelhantes aos encontrados quando se considerou a depreciação até o ano de 2013. Sendo eles manutenção e reparos (60,30%), mão-de-obra (14,55%), combustível (8,85%) e depreciação (14,34%). A diferença da análise empregada não teve influência expressiva sobre a média geral do custo operacional (Figura 18).



**Figura 18.** Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>) do *harvester* com depreciação até o quarto ano.

Na Figura 19 é mostrado o comportamento dos custos (US\$ h<sup>-1</sup>) em relação à vida útil do *harvester*. Observa-se que a partir do ano 5 com o valor da depreciação igual a zero houve a queda dos custos fixos e operacionais. Sendo que a partir deste período o valor do custo operacional foi próximo ao do custo variável.



**Figura 19.** Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do *harvester* com depreciação até o quarto ano em função da vida útil em anos.

Os modelos de regressão seguem conforme as Equações 23, 24, 25 e 26. Foram ajustadas duas equações para os custos fixos (uma até o ano 4 e outra do ano 5 ao ano 7), uma vez que a partir do ano de 2011 se considerou o custo de depreciação igual a zero, tendo portanto os resultados obtidos um comportamento diferente a partir desse momento.

$$CF1 = 35,5687 - 0,8261*ID \quad (23)$$

$$r^2 = 0,1710 \quad \text{erro padrão} = 0,8080$$

$$CF2 = 11,0110 - 1,7485*ID \quad (24)$$

$$r^2 = 0,8858 \quad \text{erro padrão} = 0,2563$$

$$CV = 101,1235 + 16,4145*ID \quad (25)$$

$$r^2 = 0,6834 \quad \text{erro padrão} = 6,0582$$

$$CO = 37,5549 + 143,5774*ID - 40,9460*ID^2 + 3,5375*ID^3 \quad (26)$$

$$R^2 = 0,8218$$

\* significativo a 5% pelo teste “t”.

em que

CF = custo fixo (US\$ h<sup>-1</sup>);

CV= custo variável (US\$ h<sup>-1</sup>);

CO= custo operacional (US\$ h<sup>-1</sup>); e,

ID = idade da máquina (anos).

### 5.1.2 Análise de sensibilidade

As variáveis mais influentes no custo total de operação do *harvester* foram: horas efetivas de trabalho, manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação.

Simulando que a empresa consiga uma economia real de 10% em cada um desses itens e aumento de 10% na quantidade de horas efetivas trabalhadas, ela poderá reduzir seu custo operacional em 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 de 17,54; 18,20; 18,39; 18,08; 17,85; 17,14; 17,09 % respectivamente considerando o custo de depreciação até 2013 e 17,35; 18,03; 18,26; 18,09; 17,68; 17,01; 17,17% considerando a depreciação até o ano de 2010. Em média haveria uma redução do custo operacional de 17,71%.

Esses valores foram semelhantes aos obtidos por Leite (2012), onde com a redução de 10% dos elementos mais relevantes do custo operacional (valor de aquisição da máquina, manutenção e reparos, preço do combustível, vida útil econômica, depreciação e taxa de juros) e um aumento de 10% na vida útil do *harvester* a empresa poderia reduzir 17% deste custo.

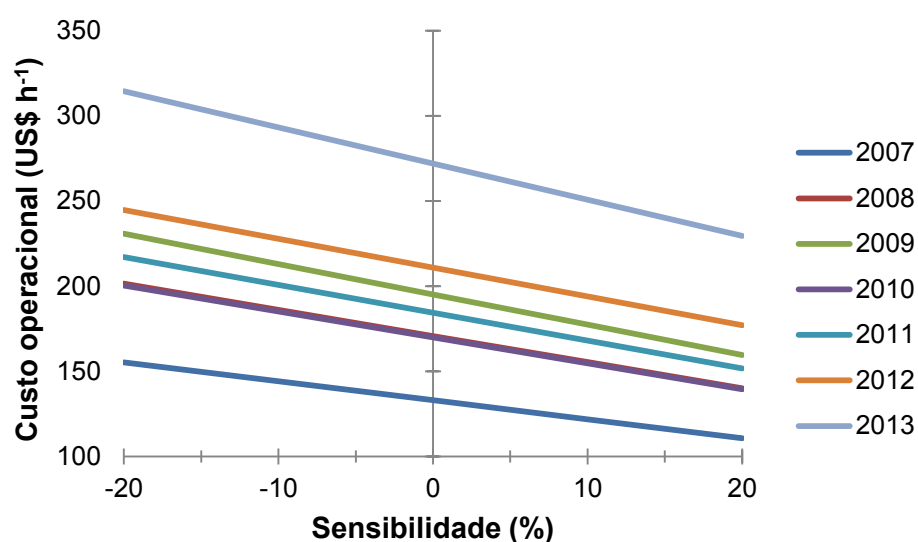
Já Paula (2011), em uma análise de custos de dois *harvester* encontrou como variáveis mais influentes no custo de produção a manutenção e reparos, o combustível e a depreciação. Para esta autora se empresa conseguir economizar 10% de cada um desses itens, a mesma poderá reduzir o seu custo de produção em 7%.

Com o aumento de 10% da variável horas efetivas de trabalho e redução do custo de manutenção e reparos à empresa poderá reduzir em 2007-13,65%; 2008-15,26%; 2009-15,90%; 2010-15,32%; 2011-15,02%; 2012-13,59; 2013-13,56%, com a depreciação até o 7º ano e em 2007-12,95%; 2008-14,67%; 2009-15,39%; 2010-14,93%; 2011-15,39%; 2012-13,94%; 2013-14,15% com depreciação até o 4º ano, sendo estes os principais elementos na composição do custo operacional. Em média haveria uma redução do custo operacional de 14,55%.

### 5.1.2.1 Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o sétimo ano

#### 5.1.2.1.1 Horas efetivas de trabalho

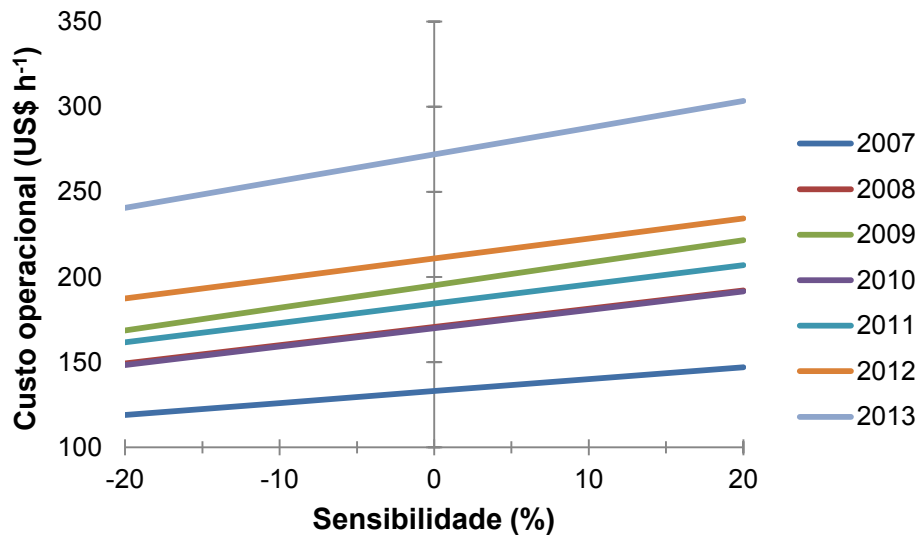
Através da Figura 20 observa-se que quanto maior a quantidade de horas efetivas trabalhadas pela máquina menor será o seu custo operacional. e que o aumento do custo não ocorre na mesma proporção para todos os anos. O aumento de 10% resultou na redução do custo operacional de US\$ h<sup>-1</sup> de 11,14; 15,34; 17,80; 15,23; 16,36; 16,91 e 21,22 para os anos de 2007 até 2013 respectivamente.



**Figura 20.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* da variável horas efetivas de trabalho.

#### 5.1.2.1.2 Manutenção e reparos

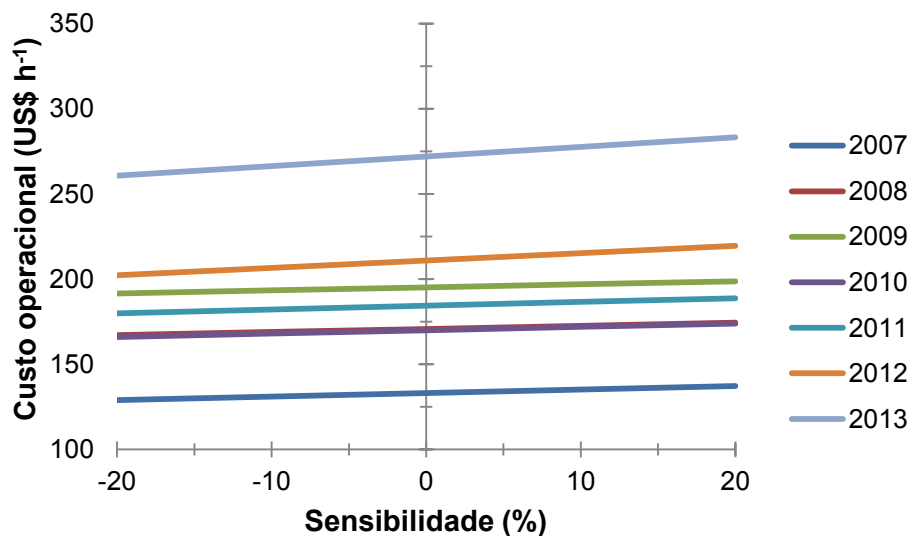
Visualiza-se na Figura 21 que houve o aumento de US\$ 7,01 h<sup>-1</sup> (2007); US\$ 10,70 h<sup>-1</sup> (2008), US\$ 13,22 h<sup>-1</sup> (2009); US\$ 10,78 h<sup>-1</sup> (2010); US\$ 11,32 h<sup>-1</sup> (2011); US\$ 11,75 h<sup>-1</sup> (2012) e US\$ 15,66 h<sup>-1</sup> (2013) a cada 10% de aumento do custo de manutenção e reparos evidenciando a influência deste custo na composição do custo total da máquina. A variação deste custo ocorreu de forma semelhante para os anos de 2008 e 2010, uma vez que os valores obtidos do custo operacional nestes anos foram próximos.



**Figura 21.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* da variável manutenção e reparos.

### 5.1.2.1.3 Mão-de-obra

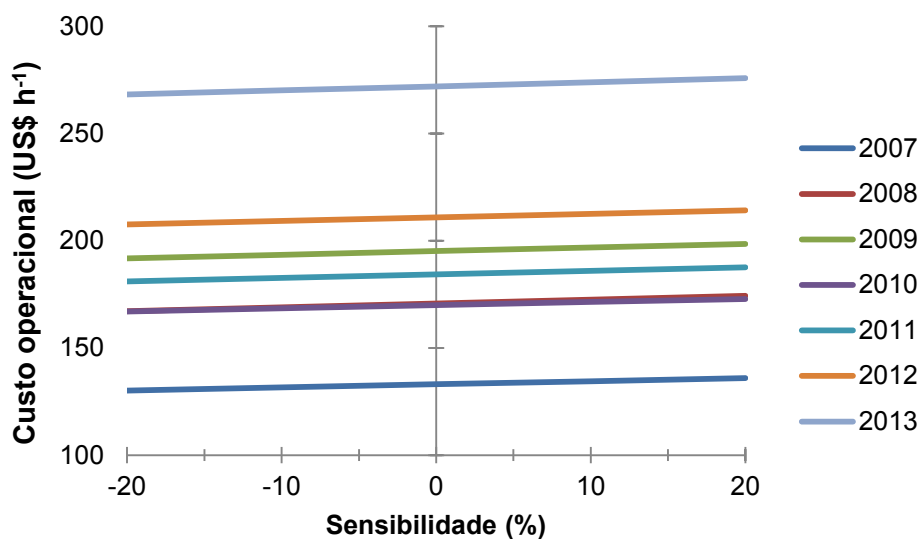
Com o aumento do número de operadores por máquina e benefícios fornecidos pela empresa (alimentação, transporte, plano de saúde, dentre outros) a partir de 2012, observa-se na Figura 22 a maior representatividade deste custo nos anos de 2012 e 2013. O aumento deste custo nesses anos em relação aos anos anteriores foi de aproximadamente 54,42 e 64,92% respectivamente. O aumento de 10% deste custo resulta no aumento do custo operacional de U\$\$ 2,06  $h^{-1}$  em 2007; U\$\$ 1,80  $h^{-1}$  em 2008; U\$\$ 1,79  $h^{-1}$  em 2009; U\$\$ 1,97  $h^{-1}$  em 2010; U\$\$ 2,23  $h^{-1}$  em 2011; U\$\$ 4,32  $h^{-1}$  em 2012; e U\$\$ 5,61  $h^{-1}$  em 2013.



**Figura 22.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* da variável mão-de-obra.

#### 5.1.2.1.4 Combustível

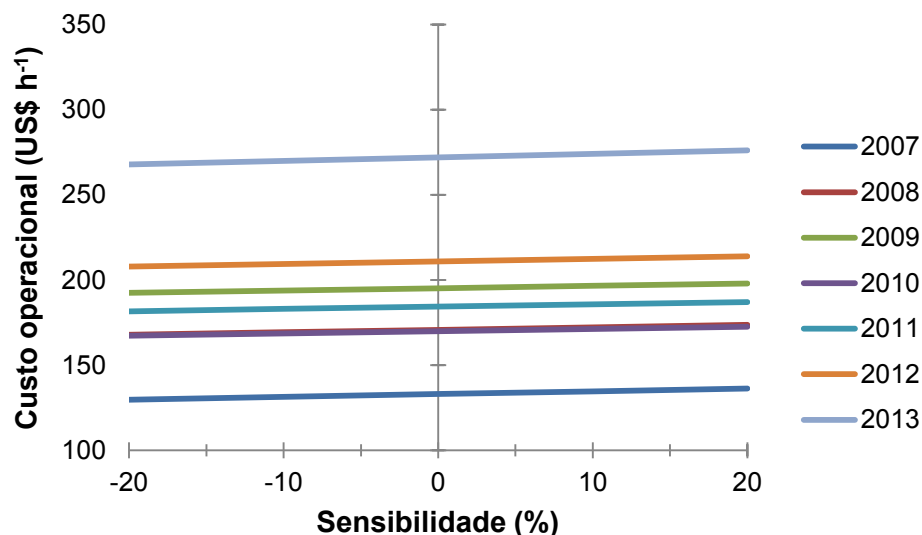
Observa-se a partir da Figura 23 que o aumento no consumo de combustível resulta no aumento do custo operacional. No entanto este aumento ocorre em proporções menores quando comparado as variáveis horas efetivas de trabalho, manutenção e reparos. A cada 10% de aumento no consumo de combustível aumenta-se o custo total em US\$ h<sup>-1</sup> de 1,47 (2007); 1,80 (2008); 1,69 (2009); 1,45 (2010); 1,64 (2011); 1,62 (2012); e 1,88 (2013).



**Figura 23.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* da variável combustível.

#### 5.1.2.1.5 Depreciação

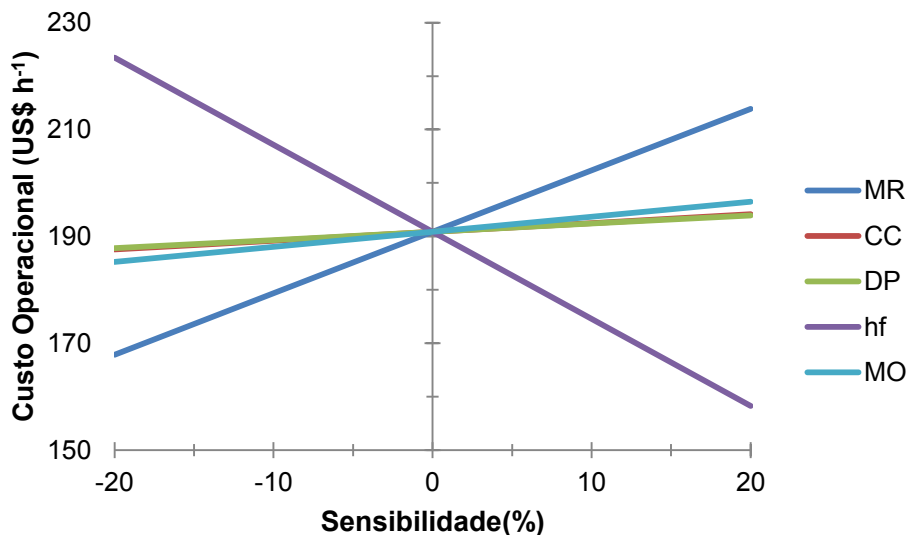
Como o método utilizado para cálculo da variável depreciação foi o linear percebeu-se que com o aumento da vida útil da máquina não influenciou este custo, sendo que o seu aumento em 10% resultou no aumento de 2007 até 2013 de US\$ h<sup>-1</sup> de 1,64; 1,42; 1,38; 1,29; 1,35; 1,54; e 2,10 (Figura 24).



**Figura 24.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* da variável depreciação.

#### 5.1.2.1.6 Custo operacional médio geral

Através do diagrama *Spiderplot* (Figura 25) visualiza-se as cinco principais variáveis do custo operacional do *harvester*. A partir dessa Figura é possível perceber que as variáveis que exercem maior influência no custo total da máquina são as horas efetivas de trabalho e a manutenção e reparos. Seu aumento ou redução pode gerar economia significativa para a empresa.

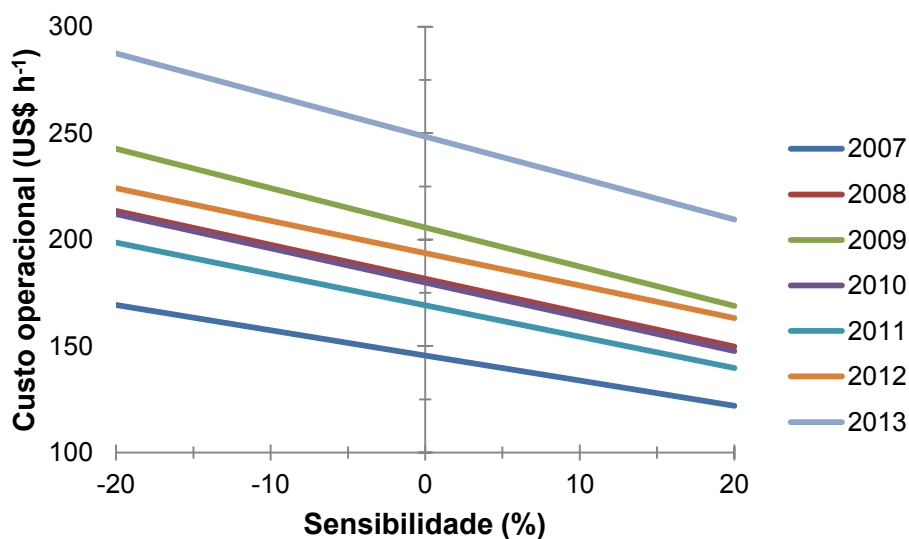


**Figura 25.** Diagrama de *spiderplot* das principais variáveis do custo operacional médio geral do *harvester*. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra.

## 5.1.2.2 Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o quarto ano

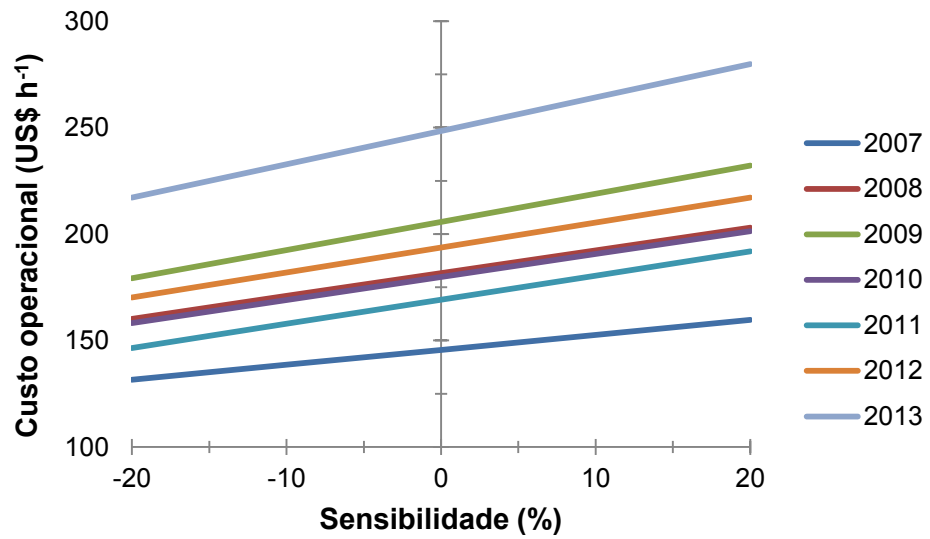
### 5.1.2.2.1 Horas efetivas de trabalho

Variando a quantidade de horas efetivas trabalhadas em 20%, observa-se uma tendência diferente na redução do custo operacional obtido na análise de sensibilidade considerando o valor de depreciação até o ano de 2013. Cada 10% de aumento no número de horas efetivas trabalhadas ocasiona a redução de US\$ 11,85 h<sup>-1</sup> em 2007; US\$ 15,95 h<sup>-1</sup> em 2008; US\$ 18,44 h<sup>-1</sup> em 2009; US\$ 16,07 h<sup>-1</sup> em 2010; US\$ 14,72 h<sup>-1</sup> em 2011; US\$ 15,25 h<sup>-1</sup> em 2012; e US\$ 19,50 h<sup>-1</sup> em 2013 (Figura 26).

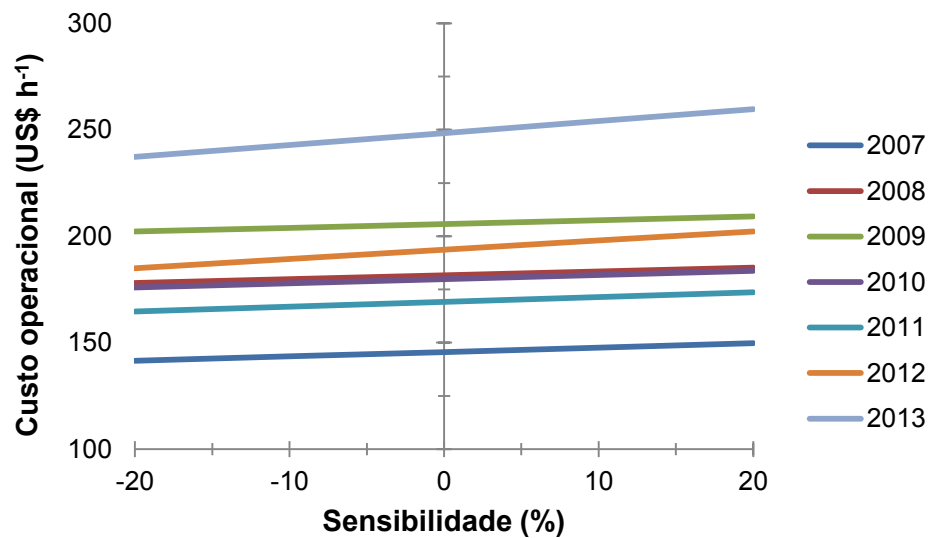


**Figura 26.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* com depreciação até 2010 da variável horas efetivas de trabalho.

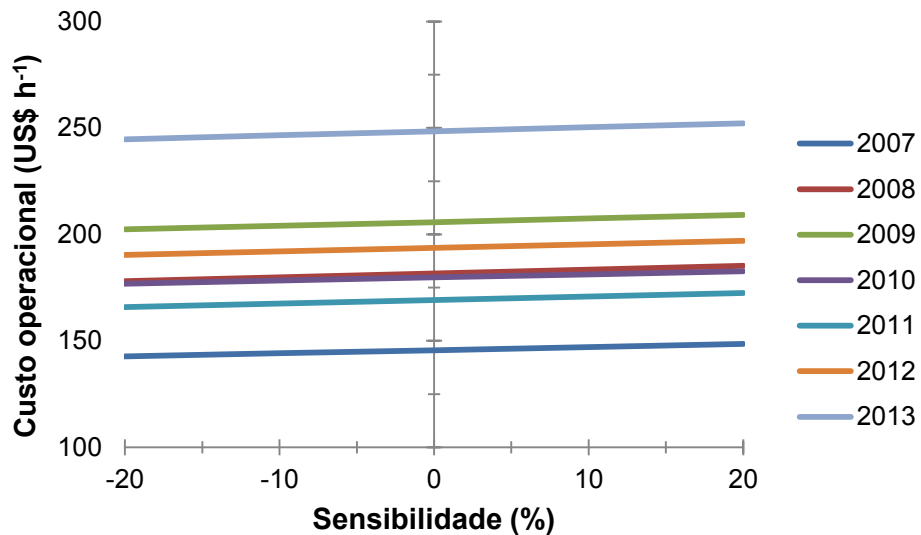
Os resultados da influência dos custos de manutenção e reparos, mão-de-obra e combustível na composição dos custos totais foram os mesmos obtidos na avaliação considerando a depreciação até o 7º ano (Figura 27, 28 e 29). Isso pode ter ocorrido uma vez que a depreciação não exerce influência sobre os custos variáveis.



**Figura 27.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* com depreciação até 2010 da variável manutenção e reparos.



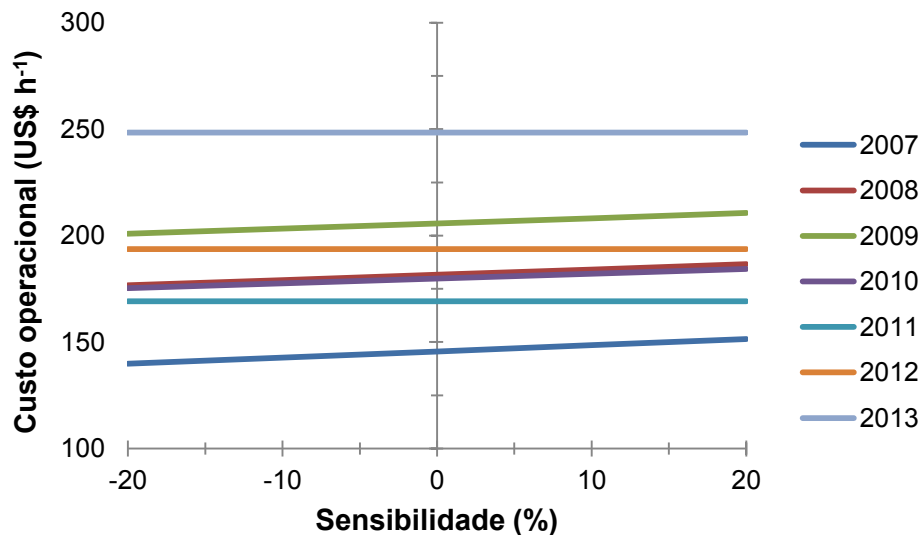
**Figura 28.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* com depreciação até 2010 da variável mão-de-obra.



**Figura 29.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* com depreciação até 2010 da variável combustível.

#### 5.1.2.2.2 Depreciação

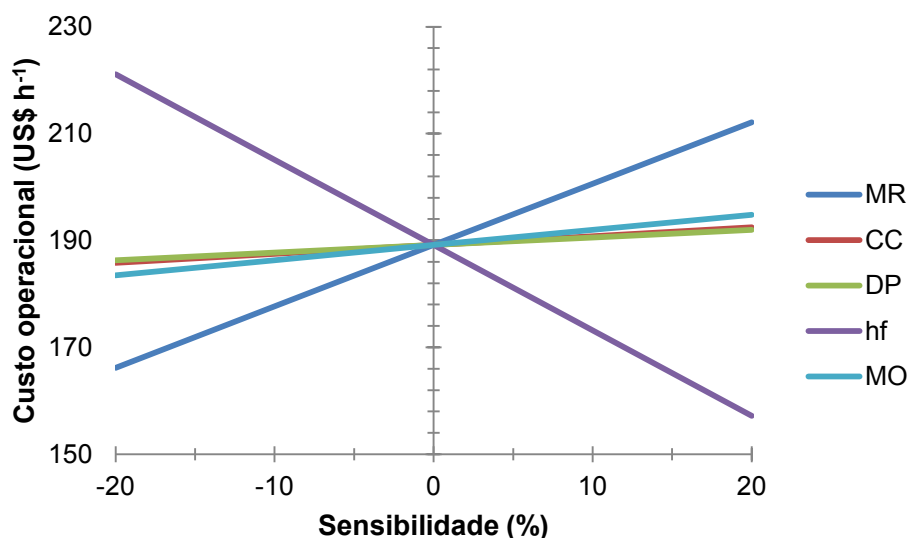
Na Figura 29, verifica-se que o aumento da depreciação não influenciou o custo operacional nos anos de 2011 até 2013 por este valor ser igual a zero. A cada um 10% de acréscimo neste custo o custo operacional aumentou US\$ 2,88 h<sup>-1</sup> em 2007; US\$ 2,48 h<sup>-1</sup> em 2008; US\$ 2,42 h<sup>-1</sup> em 2009; US\$ 2,26 h<sup>-1</sup> em 2010; e para os demais anos esse valor foi igual à zero.



**Figura 30.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *harvester* com depreciação até 2010 da variável depreciação.

### 5.1.2.2.3 Custo operacional médio geral

Através do diagrama *Spiderplot* (Figura 31) é possível perceber que as variáveis manutenção e reparos, combustível, depreciação, horas efetivas de trabalho e mão-de-obra seguem a mesma tendência no aumento e redução do custo operacional médio geral quando comparadas a análise considerando a depreciação até o ano de 2013.



**Figura 31.** Diagrama de *spiderplot* das principais variáveis do custo operacional médio geral do *harvester* com depreciação até 2010. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra.

### 5.1.3 Custo de produção

O custo de produção encontrado para uma produtividade média por hora efetiva de trabalho de 24,50 m<sup>3</sup> foi de US\$ 8,46 m<sup>-3</sup> considerando o custo de depreciação para todos os anos avaliados e de US\$ 8,34 m<sup>-3</sup> com a depreciação somente até o ano de 2010. Simulando um acréscimo de 10% na produtividade haveria uma economia média anual total geral de US\$ 64.163,98. O custo de produção e produtividade anual média segue conforme o Quadro 4.

Esses resultados se assemelham aos encontrados por Jiroušek et al. (2007), em uma avaliação de custos no sistema de toras curtas utilizando o modal *harvester* + *forwarder* na Irlanda para os anos de 2008, 2010 e 2011. Para uma produtividade média de 23,69 m<sup>3</sup> foi encontrado um custo de produção de € 4,93 m<sup>-3</sup>, ou seja, US\$ 6,71 m<sup>-3</sup>. Fernandes et al. (2013) também obtiveram resultados semelhantes para esses anos ao avaliarem um *harvester*

em áreas planas de alta produtividade e em áreas acidentadas com baixa produtividade do povoamento sendo o custo de produção entre US\$ 3,28 m<sup>-3</sup> e US\$ 7,00 m<sup>-3</sup>.

Costa (2012), ao realizar uma análise de custos do *harvester* operando 3.688,44 horas anuais com produtividade de 29.101,79 m<sup>3</sup> de madeira obteve resultados superiores aos encontrados neste trabalho sendo seu custo de produção de US\$ 16,56 m<sup>-3</sup>. Este mesmo autor ao aumentar 10% da sua produtividade encontrou uma redução do custo de produção de US\$ 37.832,32.

Ao avaliar um sistema de colheita mecanizada no estado de Minas Gerais em áreas com declividade entre 7 e 38°, e produtividade média de 28,7 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> Robert (2013), encontrou um custo de produção para o *harvester* X3M da marca Komatsu de US\$ 4,59 m<sup>-3</sup> para uma taxa de utilização de 60% e US\$ 4,47 m<sup>-3</sup> para uma taxa de 75%. Esse resultado diferiu do encontrado devido sua produtividade média ter sido maior do que a deste trabalho.

Paula (2011) também obteve valores diferentes para produtividades médias de dois modelos de *harvester* (PC 200 e PC 228) de 18,57 e 19,88 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente, sendo o custo de produção equivalente a US\$ 4,80 m<sup>-3</sup> (PC 200) e US\$ 4,83 m<sup>-3</sup> (PC 228). Isso ocorreu devido ao seu menor custo operacional, uma vez que não foram considerados os custos de oficina, material de corte, pneus e esteiras, ao maior número de horas efetivas de operação considerada (5.000 h ano<sup>-1</sup>) e ao menor número de anos avaliados (5 anos).

**Quadro 4.** Produtividade horária (Pd) e custo de produção (CP) do *harvester* considerando o custo de depreciação (DP) até 2013 e até 2010.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
<b>Pd (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>)</b>	24,73	25,03	23,16	23,16	28,13	22,78	17, 15	24,50
<b>CP (US\$ m<sup>-3</sup>) com DP até 2013</b>	5,38	6,82	8,46	6,85	6,55	9,28	15,91	8,46
<b>CP (US\$ m<sup>-3</sup>) com DP até 2010</b>	5,89	7,26	8,92	7,25	6,01	8,53	14,54	8,34

A partir da Figura 32, é possível observar que o aumento da vida útil da máquina culminou no aumento do custo de produção, sendo que nos anos de 2011 a 2013 este custo foi menor quando não se considerou o custo de depreciação. Mesmo assim a retirada do custo de depreciação no período de 2011 á 2013 não viabilizou a continuidade do uso das máquinas. O aumento do

custo de produção no ano de 2009 se deve pelo alto valor obtido para o custo com manutenção e reparos neste ano.

Os modelos de regressão seguem conforme as Equações 27 e 28.

$$CP_{H1} = 8,3864 - 2,0044*ID + 0,4050*ID^2 \quad (27)$$

$$R^2 = 0,7035$$

$$CP_{H2} = 8,7419 - 1,7862*ID + 0,3374*ID^2 \quad (28)$$

$$R^2 = 0,5714$$

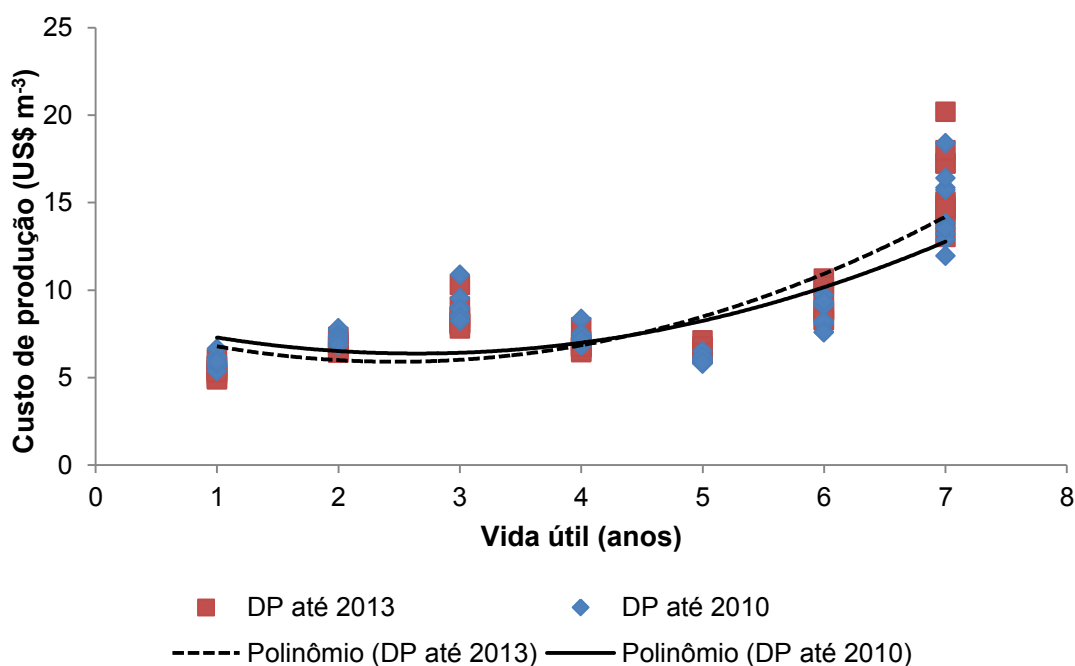
\*significativo a 5% pelo teste “t”.

em que

$CP_{H1}$  = custo de produção do *harvester* com depreciação até o ano de 2013 (US\$ m<sup>-3</sup>);

$CP_{H2}$  = custo de produção do *harvester* com depreciação até o ano de 2010 (US\$ m<sup>-3</sup>); e,

ID= idade da máquina (anos).

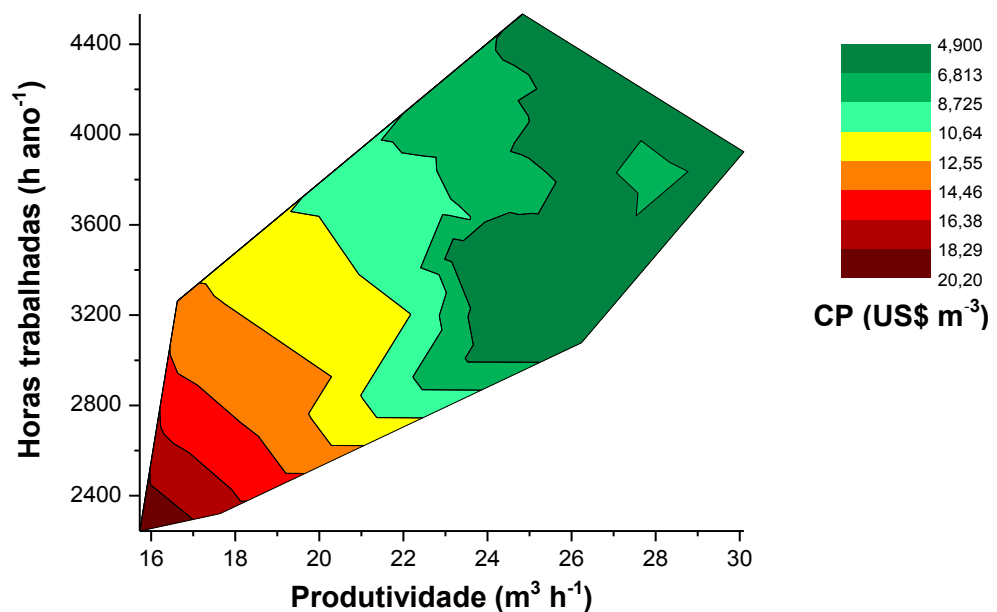


**Figura 32.** Custo de produção do *harvester* considerando a depreciação até o ano de 2013 (DP até 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (DP até 2010).

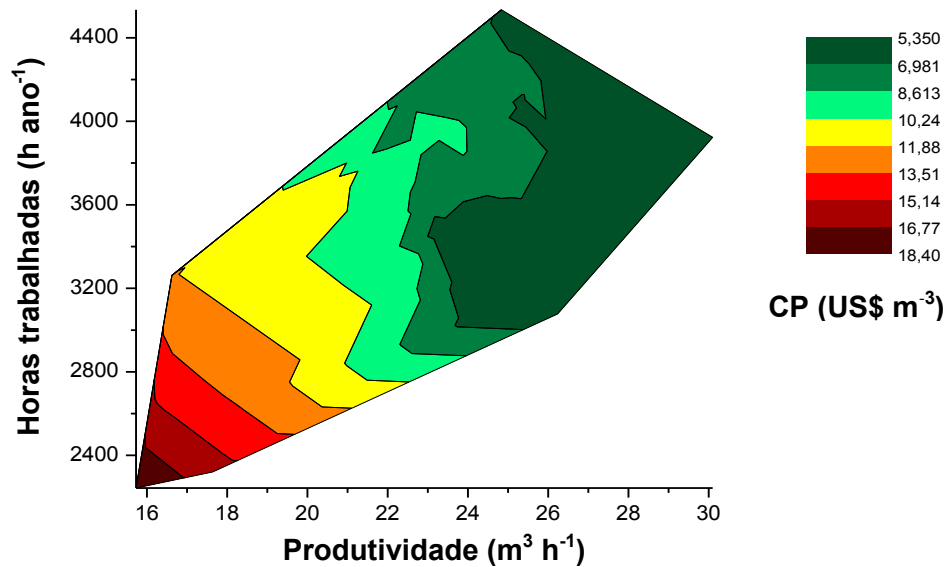
Através das Figuras 33 e 34 pode-se perceber que quanto maior a produtividade por hora efetiva de trabalho e maior o número de horas efetivas

trabalhadas por ano menor será o custo de produção da máquina. Sendo assim, o planejamento adequado para execução da atividade e a qualificação do operador são fatores de extrema importância para redução deste custo. Nota-se ainda na Figura 33, que para uma produtividade entre 27,00 e 29,00  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$  e número de horas efetivas de trabalhadas por ano entre 3.700 e 3.900 ocorreu um aumento do custo de produção de valores entre 4,90 e 6,81  $\text{US\$ h}^{-1}$  para valores entre 6,81 e 8,72  $\text{US\$ h}^{-1}$ . Isso pode ter acontecido pela obtenção de um maior custo operacional neste período resultado tanto do aumento dos custos variáveis quanto dos fixos.

Quando não se calculou o custo de depreciação nos anos de 2011 a 2013 esse fato pode não ter ocorrido pela redução dos custos fixos o que fez com que o custo operacional e consequentemente de produção diminuíssem (Figura 34).



**Figura 33.** Custo de produção do *harvester* ( $\text{US\$ m}^{-3}$ ) considerando a depreciação até o ano de 2013 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho da máquina.



**Figura 34.** Custo de produção do *harvester* (US\$ m<sup>-3</sup>) considerando a depreciação até o ano de 2010 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho da máquina.

O comportamento do custo de produção em função da produtividade e da quantidade de horas efetivas de trabalho da máquina pode ser obtido através das Equações 29 e 30.

$$CP_{H1} = 31,3974 - 0,7606 * Pd - 0,0013 * hf \quad (29)$$

$$r^2 = 0,8046 \quad \text{erro padrão} = 1,4021$$

$$CP_{H2} = 28,0264 - 0,7196 * Pd - 0,0007 * hf \quad (30)$$

$$r^2 = 0,8426 \quad \text{erro padrão} = 1,0651$$

\* significativo a 5% pelo teste “t”.

em que

CP<sub>H1</sub> = custo de produção do *harvester* com depreciação até o ano de 2013 (US\$ m<sup>-3</sup>);

CP<sub>H2</sub> = custo de produção do *harvester* com depreciação até o ano de 2010 (US\$ m<sup>-3</sup>);

Pd= produtividade (m<sup>3</sup>); e,

hf= horas efetivas de trabalho (h<sup>-1</sup>).

#### 5.1.4 Ponto de equilíbrio (H)

Para determinação do ponto de equilíbrio do *harvester* foi utilizado o preço (US\$) pago para a realização da atividade de colheita de madeira com *harvester* de mercado (US\$ 8,61 m<sup>-3</sup>). Os resultados podem ser visualizados a partir do Quadro 5.

**Quadro 5.** Número de horas efetivas (H) que o *harvester* deveria trabalhar para justificar sua aquisição com depreciação até 2013 e até 2010 e número de horas efetivas de trabalho real.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Média
H com DP até 2013 (h ano <sup>-1</sup> )	726,28	1.308,57	3.316,33	1.431,91	1.201,28	8.797,23	2.796,93
H com DP até 2010 (h ano <sup>-1</sup> )	1.138,43	1.928,93	4.875,85	2.063,69	456,85	2.655,08	2.186,47
h ano <sup>-1</sup> real	3.345,52	3.870,02	3.970,07	4.256,41	4.052,02	3.578,44	3.845,41

É possível perceber que de 2007 a 2011 o número de horas para viabilização da compra da máquina foi menor do que o número de horas efetivamente trabalhadas pelo *harvester*. Sendo somente no ano de 2012 quando considerada a depreciação até o ano de 2013 esse valor superior (8.797,23 h ano<sup>-1</sup>). Quando foi considerada a depreciação até o ano de 2010 o número de horas efetivamente trabalhadas real foi menor apenas no ano 2009 (3.970,07 h ano<sup>-1</sup>). Esse fato pode ser justificado uma vez que o preço pago para realização das atividades de derrubada e processamento da madeira de mercado ser superior ao custo de produção obtido pela empresa, resultando na queda do número de horas a serem trabalhadas.

Em 2013 os dados não foram apresentados por serem negativos. Isso ocorreu devido aos custos variáveis serem altíssimos, em consequência obteve-se um valor negativo para cálculo do ponto de equilíbrio, ou seja, para a produtividade de 17,15 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> de madeira e preço do aluguel da máquina de mercado de US\$ 8,61 m<sup>-3</sup>, não há um número de horas que não resulte em prejuízo para um custo variável de US\$ 242,64 h<sup>-1</sup>.

Quando comparado o ponto de equilíbrio com depreciação até o ano de 2013 e até o ano de 2010, observa-se que o aumento do custo de depreciação nos primeiros quatro anos culminou no aumento da quantidade de horas a serem trabalhadas até o ano de 2010, a partir desse período com a redução deste custo reduziu-se esse valor.

Esses resultados diferiram do de Leite (2012), ao avaliar o número de horas trabalhadas pela máquina operando em sentido de aclave e declive sendo este valor de 3.800 h ano<sup>-1</sup> e 4.527 h ano<sup>-1</sup> respectivamente. No entanto o preço pago para realização da atividade de derrubada e processamento da madeira utilizado por este autor foi de US\$ 5,00 m<sup>-3</sup>.

### 5.1.5 Custo anual equivalente (CAE)

Observa-se no Quadro 6 que o CAE quando é considerado o custo de depreciação até o ano de 2010 aumenta com o aumento da vida útil do *harvester* até que este cai e retorna a subir. O ponto de mínimo no valor do CAE corresponde ao ponto de troca da máquina. A partir desse momento devido ao alto custo operacional ocasionado principalmente pelo aumento dos custos variáveis se torna inviável sua utilização.

Para esta análise quando foi considerada a depreciação até o sétimo ano não foi encontrado o ponto de substituição da máquina. Já na avaliação considerando o custo de depreciação até 2010 o momento ideal para substituição da máquina por uma nova foi obtido no ano de 2011, ou seja, deveria ter sido realizada a troca do *harvester* aos cinco anos de idade.

No entanto os resultados obtidos para determinação da troca do *harvester* ocorrer aos cinco anos foi influenciado pela retirada do custo de depreciação a partir de 2011, uma vez que este item é utilizado para obtenção do custo de investimento e influência o custo de operação da máquina. Dados estes utilizados para cálculo do CAE.

**Quadro 6.** Custo anual equivalente (CAE) do *harvester* com depreciação até 2013 e até 2010.

(US\$ ano <sup>-1</sup> )	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>CAE - DP 2013</b>	501.269	580.057	643.490	662.748	678.838	690.783
<b>CAE - DP 2010</b>	585.634	643.470	699.959	715.722	689.399	689.965

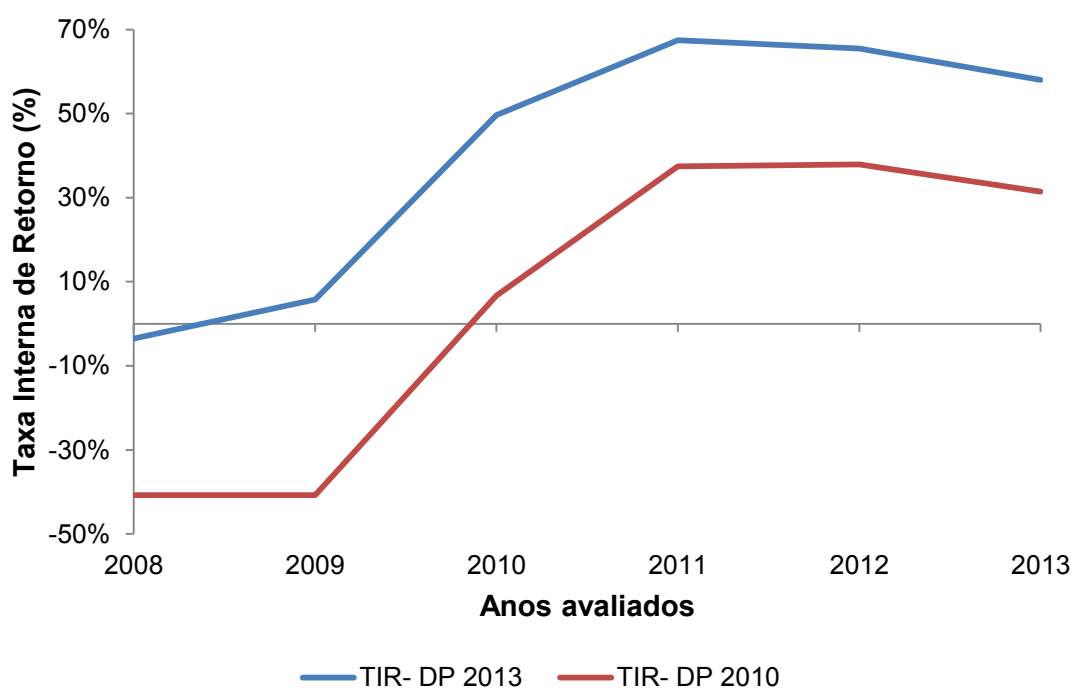
### 5.1.6 Taxa interna de retorno (TIR)

O *harvester* apresentou rentabilidade de investimento de 67,43% em 2011, 65,49% em 2012 e 58,05% em 2013 (com DP até 2013) (Figura 35). Com base nesses dados observa-se que o melhor momento para substituir ou trocar as máquinas é entre os anos de 2011 e 2012, uma vez que a maior TIR foi encontrada aos cinco anos de idade do *harvester*, e após esse período

ocorreu à redução desse percentual. Esse fato pode ser explicado devido ao aumento dos custos variáveis e redução da quantidade de horas efetivas trabalhadas por ano e produtividade da máquina.

Quando foi considerado o custo de depreciação até o ano de 2010 os percentuais da TIR foram de 37,44%; 37,89%; e 31,42% em 2011; 2012; e 2013 respectivamente. Esses resultados indicam que é possível obter maior retorno do investimento nos anos de 2011 e 2012, sendo recomendada a troca da máquina nesse período.

Leite (2012), ao avaliar um *harvester* encontrou rentabilidade de 34,56% para o sentido de operação em aclive e 6,26% para o sentido de operação em declive. Esses valores diferiram dos encontrados neste trabalho, uma vez que a máquina trabalhou na área como um todo (tanto em declive como em aclive) resultando em uma rentabilidade total do povoamento independentemente do seu sentido de operação.



**Figura 35.** Taxa interna de retorno (TIR) do *harvester* considerando a depreciação até o ano de 2013 (TIR - DP 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (TIR - DP 2010).

## **5.2 Forwarder**

### **5.2.1 Custo operacional**

#### **5.2.1.1 Custo operacional considerando o custo de depreciação até o sétimo ano**

O menor custo operacional médio foi de US\$ 117,51 por hora efetiva de trabalho obtido para o ano de 2007. O de maior custo foi obtido em 2013 correspondendo a US\$ 200,75 h<sup>-1</sup>. O custo operacional médio geral foi de US\$ 147,80 h<sup>-1</sup>. A representatividade dos custos variáveis no custo total médio geral foi de 87,63% (Quadro 7).

Os resultados para os anos de 2007 a 2010 foram semelhantes aos encontrados por Robert (2013), ao avaliar economicamente a operação de extração com *forwarder* considerando uma eficiência operacional de 60% e produtividade de 31,79 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Sendo o custo operacional de US\$ 122,26 por hora efetiva de trabalho. Leite (2012), também encontrou um custo operacional (US\$ 125,24 h<sup>-1</sup>) próximo ao encontrado neste trabalho para um *forwarder* John Deere 1710D representando 20,88% de custos fixos e 79,12% de custos variáveis.

Simões e Fenner (2010), ao avaliarem um *forwarder* em povoamentos de primeiro corte, eficiência operacional de 82,21% obtiveram um custo operacional de US\$ 92,47 h<sup>-1</sup>, correspondendo 35,83% de custos fixos e 64,17% custos variáveis. Camargo Júnior (2013), ao analisarem o trator florestal *forwarder* com produtividade horária de 41,63 m<sup>3</sup> e eficiência operacional de 81,93% encontraram valores para o custo operacional da ordem de US\$ 94,55 h<sup>-1</sup>. Minette et al. (2004), avaliando um trator florestal *Forwarder* com eficiência de 80% e produtividade de 40,15 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> obtiveram o custo operacional ainda menor equivalendo a US\$ 60,70 h<sup>-1</sup>. Esse fato pode ser justificado uma vez que a eficiência operacional das máquinas avaliadas neste trabalho foi em média 54% e a produtividade média foi de 33,22 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>.

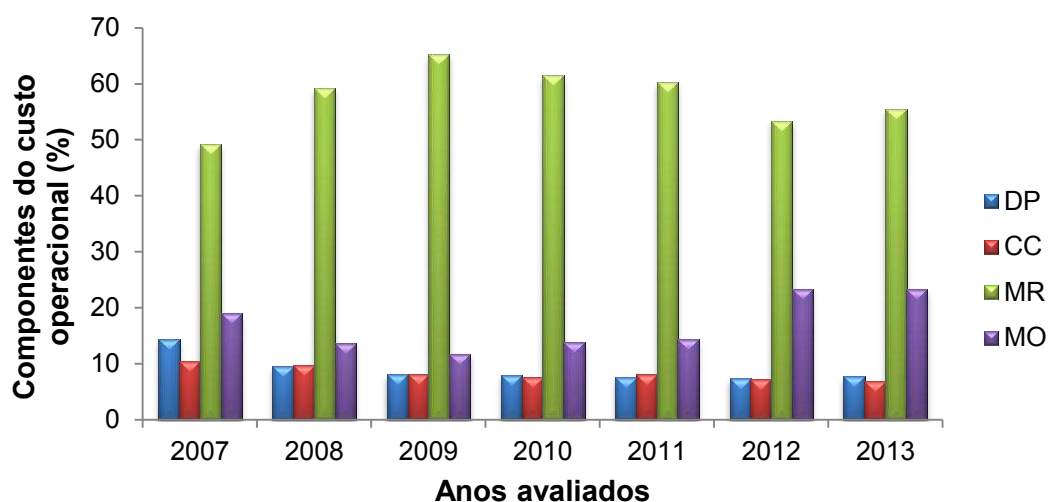
O custo operacional médio no ano de 2007 foi influenciado pela quantidade de horas trabalhadas (1.380,13 h<sup>-1</sup>) de uma das sete máquinas avaliadas, como este custo é resultante do somatório dos custos fixos e variáveis e estes são obtidos em função da quantidade de horas efetivamente

trabalhadas pela máquina, houve o acréscimo no valor dos custos fixos e variáveis e conseqüentemente no custo operacional.

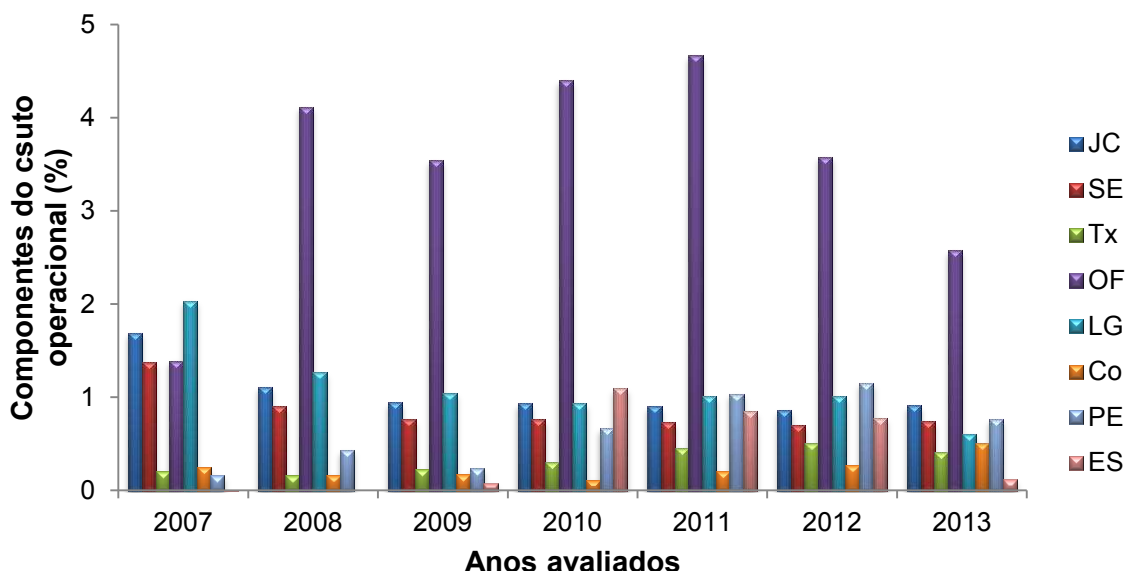
**Quadro 7.** Custos fixos (CF), variáveis (CV), operacional (CO) médio por hora efetiva de trabalho de sete *forwarder* John Deere modelo 1270D de 2007 à 2013.

(US\$ h <sup>-1</sup> )	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
<b>CF</b>	22,33	18,59	17,79	19,60	22,19	22,71	24,83	21,15
<b>CV</b>	95,19	99,69	114,23	116,95	132,11	152,47	175,92	126,65
<b>CO</b>	117,51	118,29	132,03	136,56	154,30	175,18	200,75	147,80

A distribuição percentual dos componentes que compõem o custo operacional segue conforme as Figuras 36 e 37. Observa-se que o custo de manutenção e reparos foi da ordem de 49,16; 59,17; 65,19; 61,47; 60,19; 53,34; 55,40 % para os anos de 2007 à 2013 respectivamente, tendo assim maior representatividade. Seguido dos custos de mão-de-obra (18,97; 13,75; 23,34; 23,33%); depreciação (14,34; 7,95; 7,32; 7,73%); e combustível (10,43; 7,61; 7,14; 6,90%) nos anos de 2007, 2010, 2012 e 2013. E dos custos de mão-de-obra (13,54; 11,72; 14,27%); combustível (9,70; 8,09; 8,04%); e depreciação (9,43; 8,00; 7,63%) nos anos de 2008, 2009 e 2011.

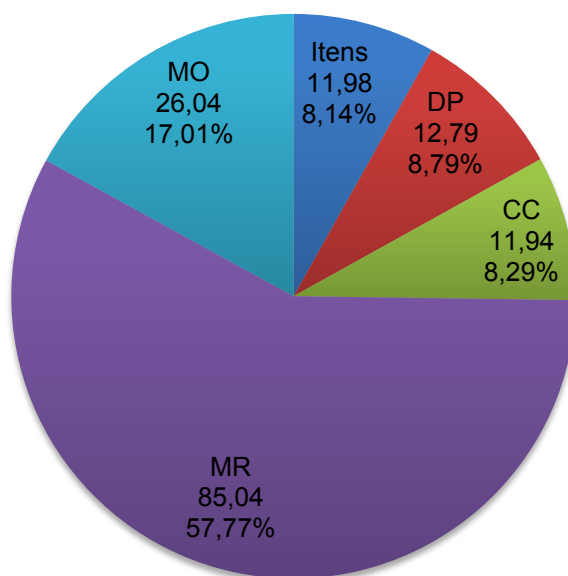


**Figura 36.** Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do *forwarder* em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.



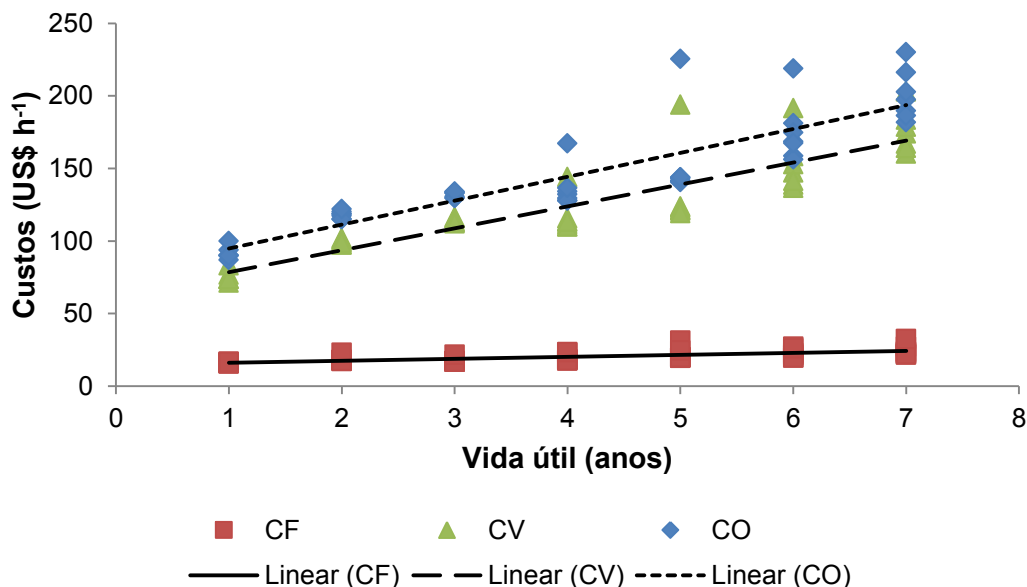
**Figura 37.** Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do *forwarder* em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte.

Na Figura 38 é possível observar os custos de maior representatividade no custo total médio geral, sendo eles manutenção e reparos (57,77%), mão-de-obra (17,01%), depreciação (8,79%), e combustível (8,29%). Os custos de juros sobre capital investido, seguro, taxas administrativas, oficina, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, pneus e esteiras corresponderam juntos a 8,14% do custo total geral do *forwarder*.



**Figura 38.** Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>) do *forwarder*.

O comportamento dos custos em função da idade da máquina segue conforme a Figura 39. Observa-se que o custo fixo aumentou quase de maneira constante de acordo com aumento da vida útil da máquina. Os custos operacionais aumentaram na mesma proporção dos custos variáveis.



**Figura 39.** Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do *forwarder* em função da vida útil em anos.

Os modelos de regressão seguem conforme as Equações 31, 32 e 33.

$$CF = 14,8114 + 1,3679 * ID \quad (31)$$

$$r^2 = 0,4874 \quad \text{erro padrão} = 0,9340$$

$$CV = 63,4700 + 15,1112 * ID \quad (32)$$

$$r^2 = 0,8035 \quad \text{erro padrão} = 4,9758$$

$$CO = 78,2814 + 16,4792 * ID \quad (33)$$

$$r^2 = 0,7919 \quad \text{erro padrão} = 5,6244$$

\*Significativo a 5% pelo teste "t".

em que

CF = custo fixo (US\$ h<sup>-1</sup>);

CV= custo variável (US\$ h<sup>-1</sup>);

CO= custo operacional (US\$ h<sup>-1</sup>); e,

ID = idade da máquina (anos).

### 5.2.1.2 Custo operacional considerando o custo de depreciação até o quarto ano

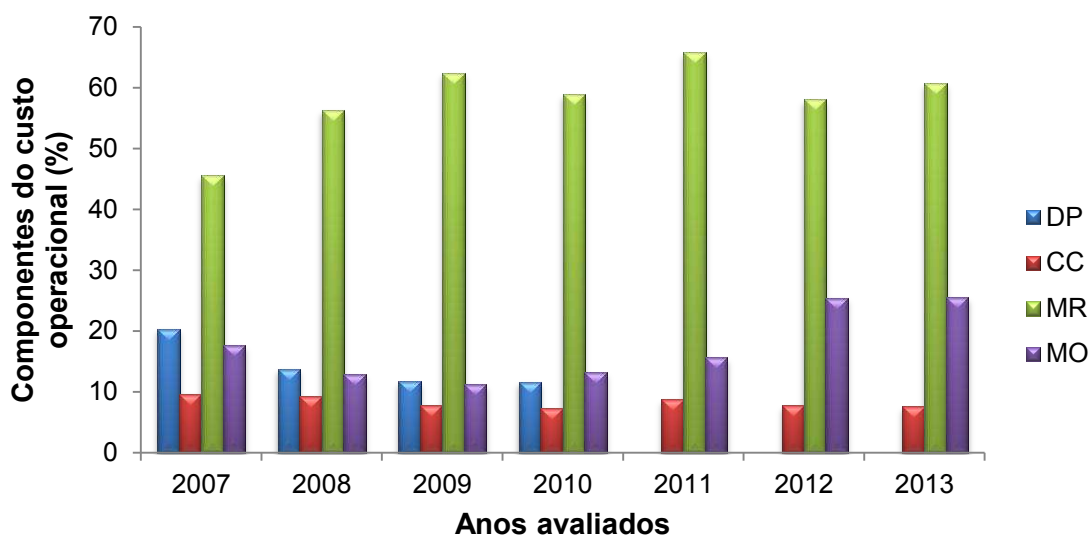
Com o aumento do custo de depreciação de 2007 a 2010 houve um aumento do custo operacional do *forwarder* em relação aos custos obtidos quando se considerou a depreciação nos sete anos avaliados de 7,85% (US\$ 9,22 h<sup>-1</sup>) em 2007; 5,16% (US\$ 6,10 h<sup>-1</sup>) em 2008; 4,38% (US\$ 5,78 h<sup>-1</sup>) em 2009; 4,35% (US\$ 5,94 h<sup>-1</sup>) em 2010; e redução deste custo de 8,53% (US\$ 13,15 h<sup>-1</sup>) em 2011; 8,18% (US\$ 14,33 h<sup>-1</sup>) em 2012; e 8,64% (US\$ 17,35 h<sup>-1</sup>) em 2013 (Quadro 8). Este fato pode ser explicado uma vez que com a redução da vida útil da máquina aumentou-se a taxa de depreciação de cada máquina, e conseqüentemente os custos de depreciação, fixos e operacionais. O custo operacional médio geral foi de US\$ 145,26 h<sup>-1</sup> correspondendo 87,19% de custos variáveis e 12,81% de custos fixos.

**Quadro 8.** Custos fixos (CF), variáveis (CV), e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho com depreciação até o quarto ano de sete *forwarder* John Deere modelo 1270D de 2007 à 2013.

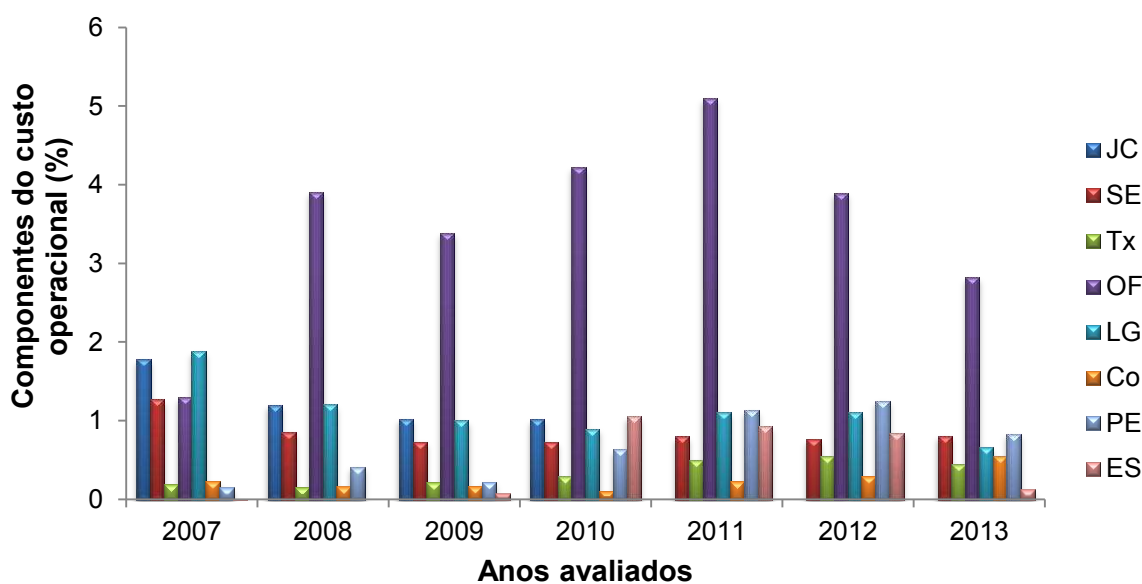
(US\$ h <sup>-1</sup> )	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
<b>CF</b>	31,55	24,70	23,57	25,55	9,03	8,37	7,47	18,61
<b>CV</b>	95,19	99,69	114,23	116,95	132,11	152,47	175,92	126,65
<b>CO</b>	126,74	124,39	137,81	142,50	141,14	160,85	183,39	145,26

Nas figuras 40 e 41 observa-se que o custo que apresenta a maior representatividade no custo operacional da máquina continua sendo o de manutenção e reparos para todos os anos avaliados com valores da ordem de 45,58% (2007) até 65,81% (2011). Em seguida em 2007; 2008; e 2009 o custo de depreciação (20,36; 13,73; 11,74%); mão-de-obra (17,58; 12,87; 11,23%); e combustível (9,67; 9,22; 7,75%). No ano de 2010 os custos de mão-de-obra (13,17%); depreciação (11,67%) e combustível (7,30%). E nos anos de 2011, 2012 e 2013 os custos de mão-de-obra (15,60; 25,42; 25,54%); combustível (8,79; 7,78; 7,56%) e depreciação (0,00%).

O maior percentual do custo de mão-de-obra no custo total da máquina nos anos de 2011 a 2013 se deve pela contratação de mais um operador (totalizando quatro operadores) para realização da atividade de extração aos finais de semana e feriados.

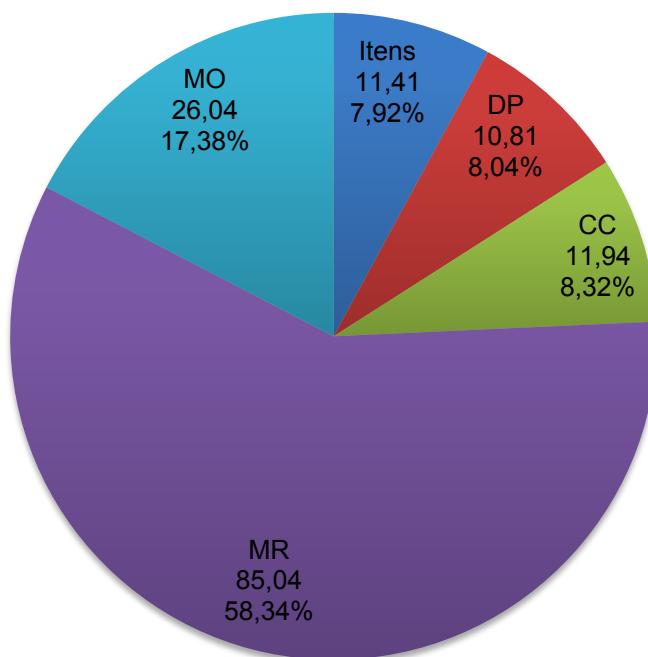


**Figura 40.** Distribuição dos custos mais representativos na composição do custo operacional médio do *forwarder* com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, DP: depreciação; CC: combustível; MR: manutenção e reparos; e MO: mão-de-obra.



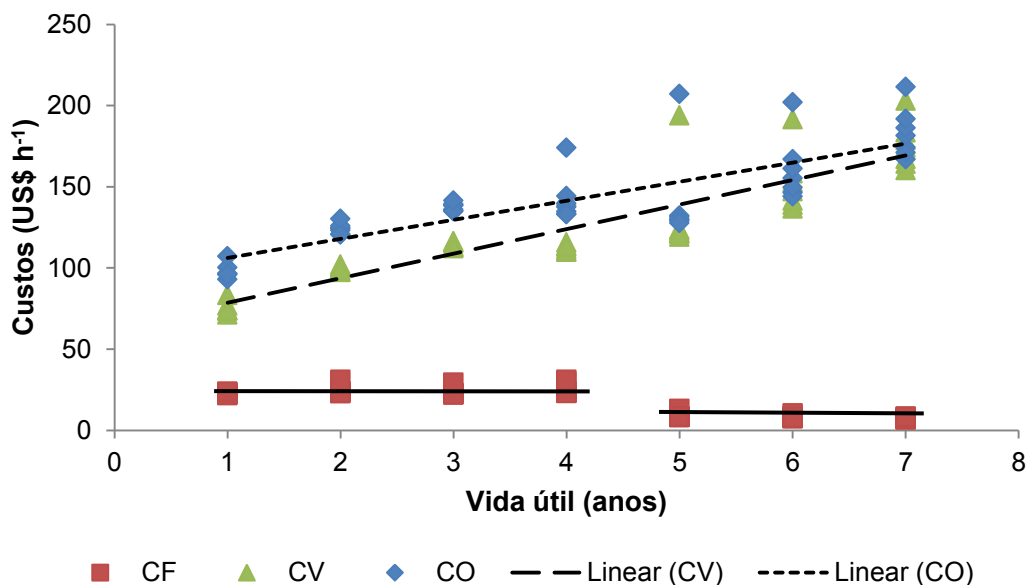
**Figura 41.** Distribuição dos outros custos que compõem o custo operacional médio do *forwarder* com depreciação até o quarto ano em porcentagem (%). Sendo, JC: juros sobre capital investido; SE: seguro; Tx: taxas administrativas; OF: oficina; LG: lubrificantes e graxas; Co: óleo hidráulico; PE: pneus; ES: esteiras; e MT: material de corte.

Os custos de maior representatividade no custo total médio geral foram semelhantes aos encontrados quando se considerou a depreciação até o ano de 2013. Sendo eles manutenção e reparos (58,34%), mão-de-obra (17,38%), combustível (11,94%) e depreciação (10,81%) (Figura 42).



**Figura 42.** Distribuição dos componentes do custo operacional médio geral em porcentagem (%) e em dólares por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>) do *forwarder* com depreciação até o quarto ano.

Na Figura 43 é possível observar o comportamento dos custos fixos, variáveis e operacionais com o aumento da vida útil do *forwarder*. Diferentemente da avaliação considerando a depreciação até o ano de 2013 os custos operacionais foram proporcionais aos custos variáveis somente a partir do ano de 2011 devido ao aumento dos custos de depreciação nos primeiros quatro anos da máquina.



**Figura 43.** Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médios por hora efetiva de trabalho do *forwarder* com depreciação até o quarto ano em função da vida útil em anos.

Os modelos de regressão seguem conforme as Equações 34, 35, 36 e 37. Foram ajustadas duas equações para os custos fixos (uma até o ano 4 e outra do ano 5 ao ano 7), uma vez que a partir do ano de 2011 se considerou o custo de depreciação igual a zero, tendo portanto os resultados obtidos um comportamento diferente a partir desse momento.

$$CF1 = 24,1899 \quad (34)$$

$$CF2 = 9,8527 - 0,7793*ID \quad (35)$$

$$r^2 = 0,2266 \quad \text{erro padrão} = 0,7134$$

$$CV = 63,4700 + 15,1112*ID \quad (36)$$

$$r^2 = 0,8035 \quad \text{erro padrão} = 4,9758$$

$$CO = 94,4978 + 11,7163*ID \quad (37)$$

$$r^2 = 0,6647 \quad \text{erro padrão} = 5,5408$$

\*Significativo a 5% pelo teste “t”.

em que

CF = custo fixo (US\$ h<sup>-1</sup>);

CV= custo variável (US\$ h<sup>-1</sup>);

CO= custo operacional (US\$ h<sup>-1</sup>); e,

ID = idade da máquina (anos).

## 5.2.2 Análise de sensibilidade

Através da análise de sensibilidade do *forwarder* obteve-se a seguinte sequência na influência da composição do custo operacional: horas efetivas de trabalho, manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação.

Para Robert (2013) as variáveis mais relevantes na composição do custo operacional do *forwarder* são o valor de aquisição da máquina, o preço do combustível, vida útil, depreciação, mão-de-obra; taxa de juros e manutenção e reparos.

Simulando uma situação em que a empresa consiga uma economia real de 10% em cada um desses itens e aumento de 10% na quantidade de horas efetivas trabalhadas, ela poderá reduzir seu custo operacional em 24,77% em 2007; 24,86% em 2008; 24,01% em 2009; 24,06% em 2010; 24,30% em 2011; 23,04% em 2012; e 22,27% em 2013 considerando o custo de depreciação até 2013 e 24,33; 24,78; 24,01; 24,04; 24,74; 23,42; 22,74% respectivamente para os anos de 2007 até 2013 considerando a depreciação até o ano de 2010. Em média haveria uma redução do custo operacional de 23,96%.

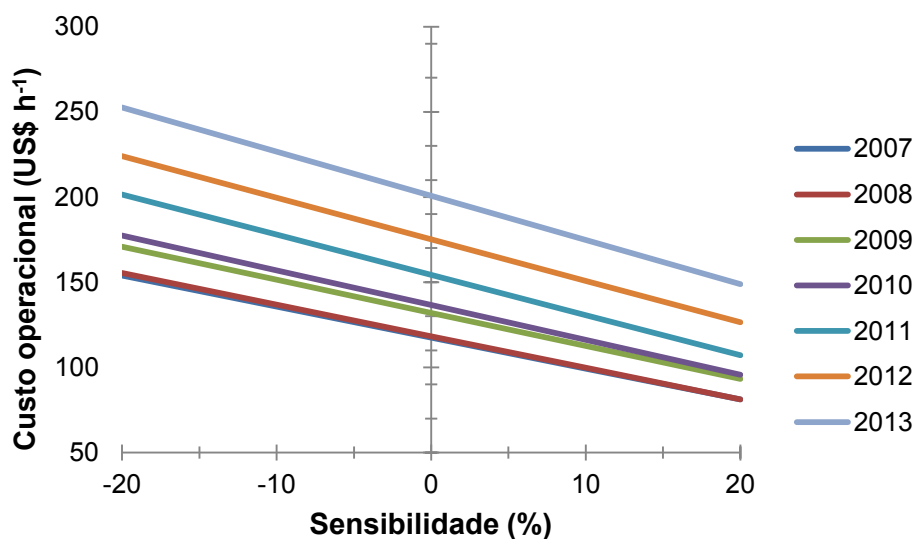
Esses valores diferiram dos obtidos por Leite (2012). Para este autor com a redução de 10% dos itens de maior expressão (valor de aquisição da máquina, manutenção e reparos, preço do combustível, vida útil econômica, depreciação e taxa de juros) e aumento de 10% na vida útil do *forwarder* a empresa poderia reduzir 15% do seu custo operacional.

Se a empresa conseguir reduzir pelo menos 10% dos custos com manutenção e reparos e aumentar em 10% o número de horas efetivas de trabalho esta poderá reduzir seu custo operacional de 2007 a 2013 de 20,39; 21,59; 21,23; 21,13; 21,31; 19,26; e 18,47% respectivamente com a depreciação até o 7º ano e em 2007-19,57%; 2008-21,20%; 2009-20,94%; 2010-20,83%; 2011-22,31%; 2012-20,10%; 2013-19,43% com depreciação até o 4º ano, sendo estes os principais elementos na composição do custo operacional. Em média haveria uma redução do custo operacional de 20,55%.

### 5.2.2.1 Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o sétimo ano

#### 5.2.2.1.1 Horas efetivas de trabalho

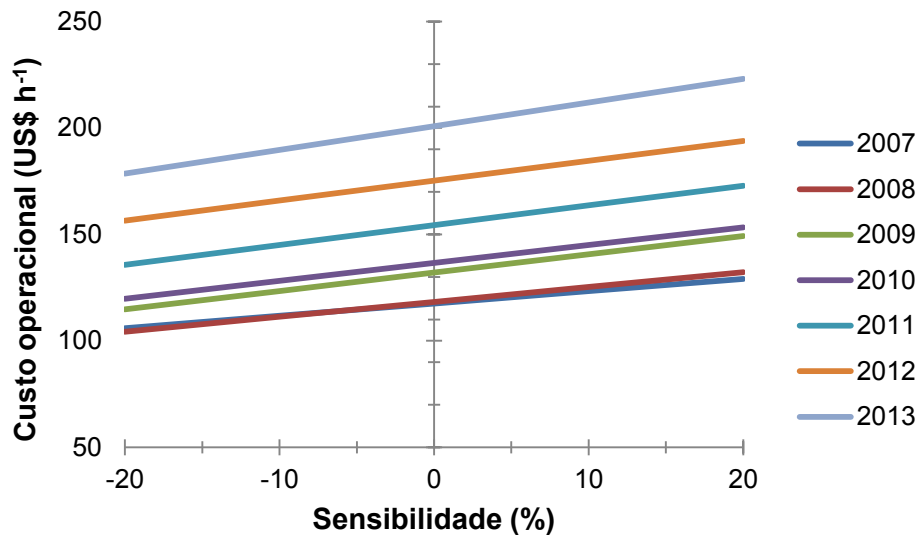
Os resultados da influência da variável horas efetivas de trabalho seguem conforme a Figura 44. Como nos anos de 2007 e 2008 os valores do custo operacional são próximos, a sua variação nestes anos seguiram a mesma tendência. A cada 10% de acréscimo na quantidade de horas trabalhadas pela máquina houve a redução do custo operacional de US\$ 18,20 h<sup>-1</sup>; US\$ 18,54 h<sup>-1</sup>; US\$ 19,42 h<sup>-1</sup>; US\$ 20,46 h<sup>-1</sup>; US\$ 23,59 h<sup>-1</sup>; US\$ 24,40 h<sup>-1</sup>; e US\$ 25,95 h<sup>-1</sup> para os anos de 2007 a 2013 respectivamente.



**Figura 44.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* da variável horas efetivas de trabalho.

#### 5.2.2.1.2 Manutenção e reparos

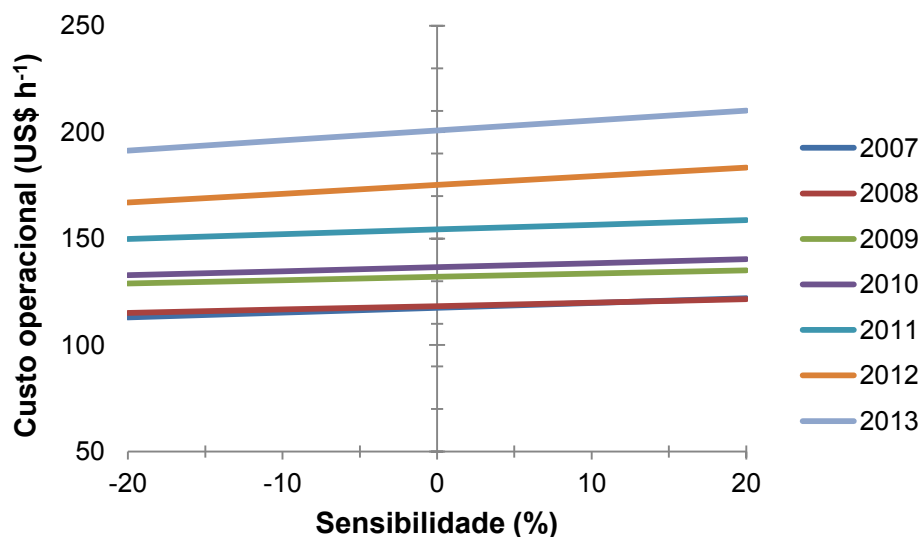
Verifica-se na Figura 45 o comportamento da variável manutenção e reparos. O aumento de 10% acarretou no aumento de US\$ 5,78 h<sup>-1</sup> em 2007; US\$ 7,00 h<sup>-1</sup> em 2008; US\$ 8,61 h<sup>-1</sup> em 2009; US\$ 8,40 h<sup>-1</sup> em 2010; US\$ 9,29 h<sup>-1</sup> em 2011; US\$ 9,35 h<sup>-1</sup> em 2012; e US\$ 11,12 h<sup>-1</sup> em 2013 no custo operacional do *forwarder*.



**Figura 45.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* da variável manutenção e reparos.

#### 5.2.2.1.3 Mão-de-obra

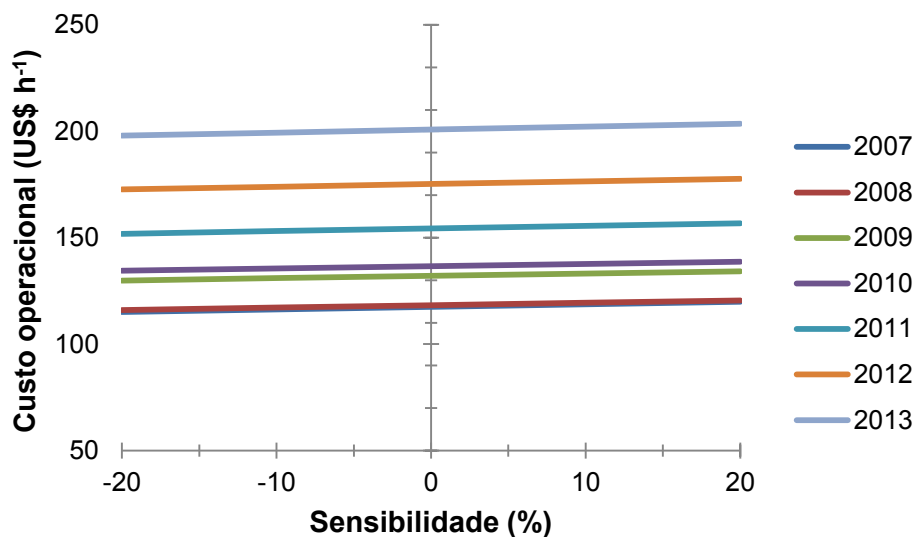
Na Figura 46 encontram-se os resultados da variável mão-de-obra. Com base nos resultados obtidos, observou-se que o aumento de 10% aumentou o custo operacional em US\$ 2,23 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,60 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,55 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,88 h<sup>-1</sup>; US\$ 2,20 h<sup>-1</sup>; US\$ 4,10 h<sup>-1</sup>; US\$ 4,70 h<sup>-1</sup>; nos anos de 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; e 2013 respectivamente.



**Figura 46.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* da variável mão-de-obra.

#### 5.2.2.1.4 Combustível

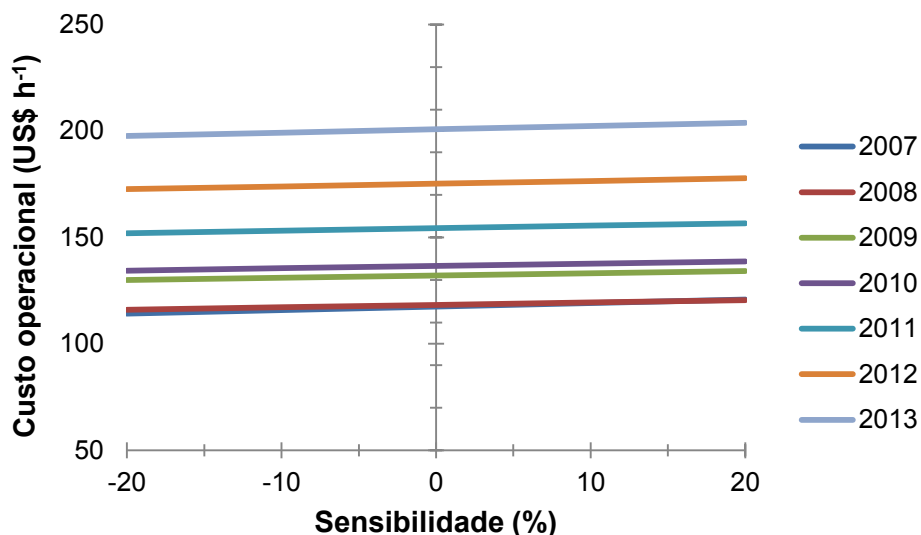
Na Figura 47 pode ser verificado o comportamento da variável combustível. Observa-se que a cada 10% de aumento desta variável ocorre o aumento do custo operacional de 2007 a 2013 de US\$ 1,22 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,15 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,10 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,04 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,24 h<sup>-1</sup>; US\$ 1,25 h<sup>-1</sup>; e US\$ 1,39 h<sup>-1</sup>.



**Figura 47.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* da variável combustível.

#### 5.2.2.1.5 Depreciação

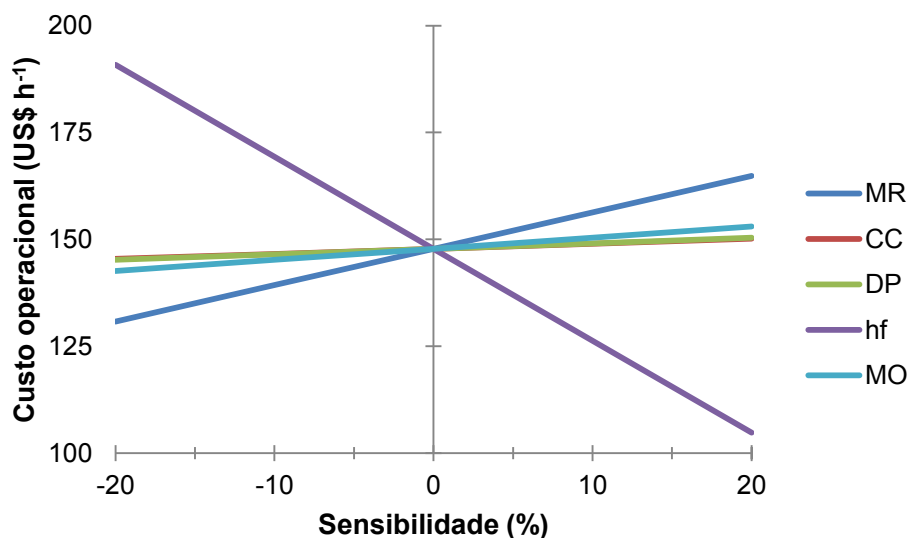
Visualiza-se na Figura 48, que o ano mais influenciado por esse custo foi o ano de 2007 uma vez que neste ano a depreciação obteve um maior percentual na composição do custo total da máquina. O aumento de US\$ 1,68 h<sup>-1</sup> em 2007; de US\$ 1,11 h<sup>-1</sup> em 2008; US\$ 1,06 h<sup>-1</sup> em 2009; US\$ 1,08 h<sup>-1</sup> em 2010; US\$ 1,18 h<sup>-1</sup> em 2011; US\$ 1,28 h<sup>-1</sup> em 2012; e US\$ 1,55 h<sup>-1</sup> em 2013 e a cada 10% de aumento do custo de depreciação.



**Figura 48.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* da variável depreciação.

#### 5.2.2.1.6 Custo operacional médio geral

A partir da Figura 49 observa-se que a redução dos custos de manutenção e reparos e o aumento das horas efetivas trabalhadas resultam em economia significativa no custo total geral do *forwarder*, sendo estas as variáveis de maior influência no custo operacional. Quanto maior for a inclinação da reta em relação ao eixo x maior é a sua influência no custo.

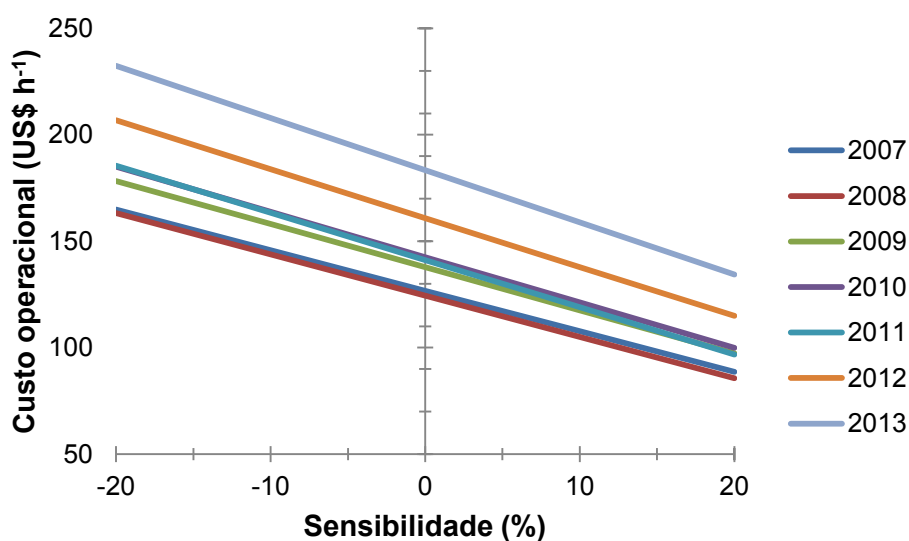


**Figura 49.** Diagrama de *spiderplot* das principais variáveis do custo operacional médio geral do *forwarder* com depreciação até 2010. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra.

## 5.2.2.2 Análise de sensibilidade considerando o custo de depreciação até o quarto ano

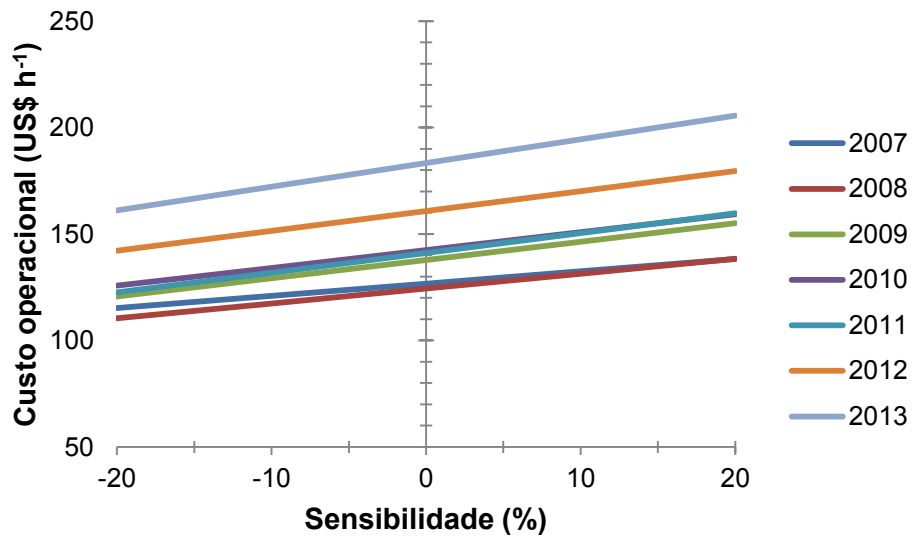
### 5.2.2.2.1 Horas efetivas de trabalho

A redução de 10% acarretou no acréscimo do custo operacional de US\$ 19,02 h<sup>-1</sup> (2007); US\$ 19,37 h<sup>-1</sup> (2008); US\$ 20,25 h<sup>-1</sup> (2009); US\$ 21,26 h<sup>-1</sup> (2010); US\$ 22,20 h<sup>-1</sup> (2011); US\$ 23,00 h<sup>-1</sup> (2012); e US\$ 24,52 h<sup>-1</sup> (2013) conforme a Figura 50.

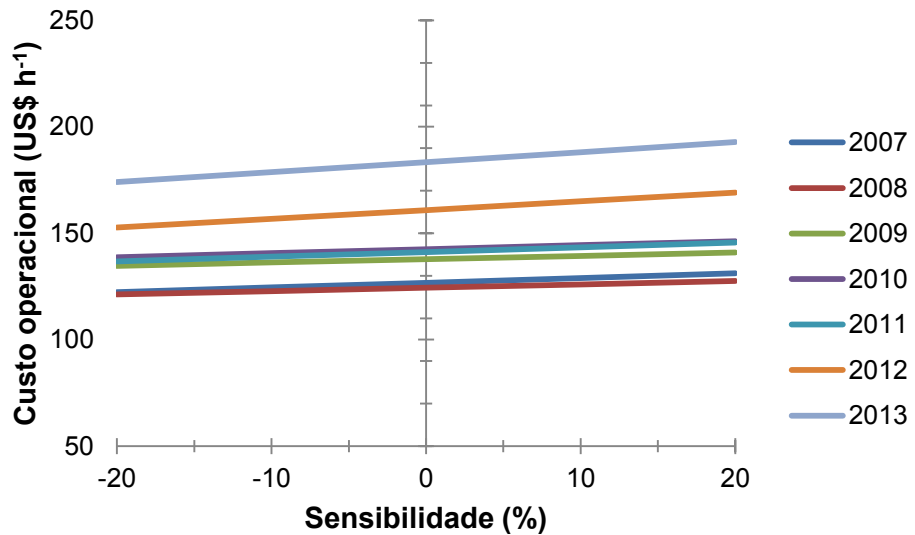


**Figura 50.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* com depreciação até 2010 da variável horas efetivas de trabalho.

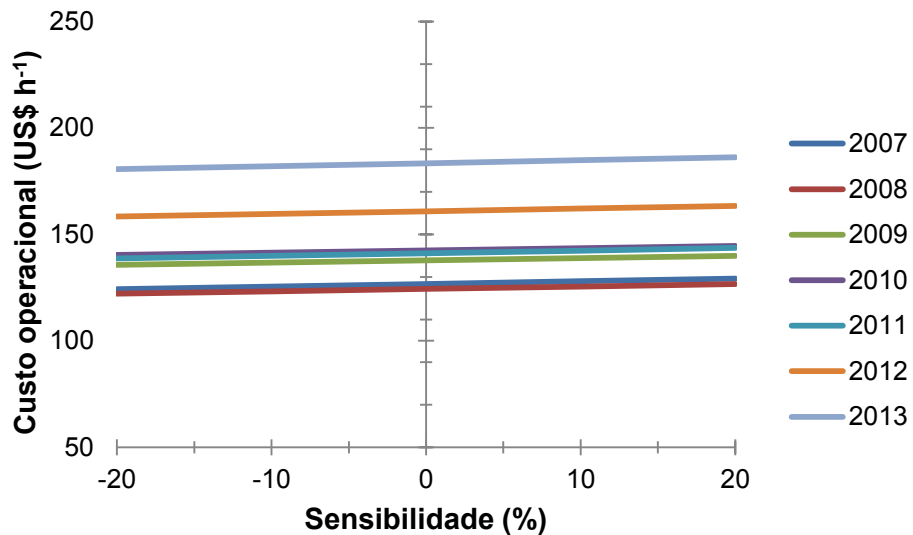
Os valores encontrados para o aumento do custo operacional com o aumento de 10% das variáveis manutenção e reparos, mão-de-obra e combustível foram os mesmos obtidos na análise de sensibilidade considerando a depreciação até o ano de 2013 (Figura 51, 52 e 53). Isto ocorreu devido ao custo de depreciação não exercer influência sobre os custos variáveis.



**Figura 51.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* com depreciação até 2010 da variável manutenção e reparos.



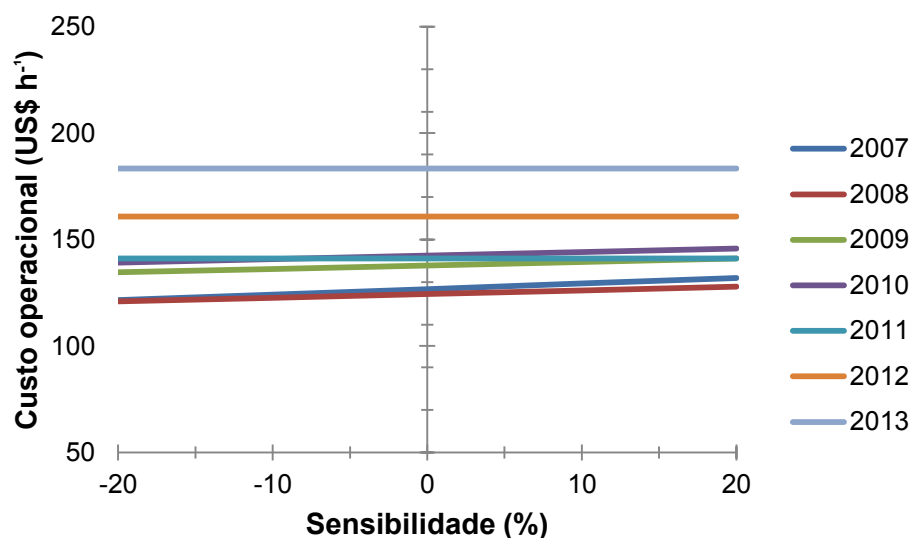
**Figura 52.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* com depreciação até 2010 da variável mão-de-obra.



**Figura 53.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* com depreciação até 2010 da variável combustível.

#### 5.2.2.2.2 Depreciação

O aumento de 10% acarretou no acréscimo do custo operacional de US\$ 2,58 h<sup>-1</sup> (2007); US\$ 1,71 h<sup>-1</sup> (2008); US\$ 1,62 h<sup>-1</sup> (2009); e US\$ 1,66 h<sup>-1</sup> (2010). Para os demais anos como o custo de depreciação foi zero não houve alteração no custo (Figura 54).

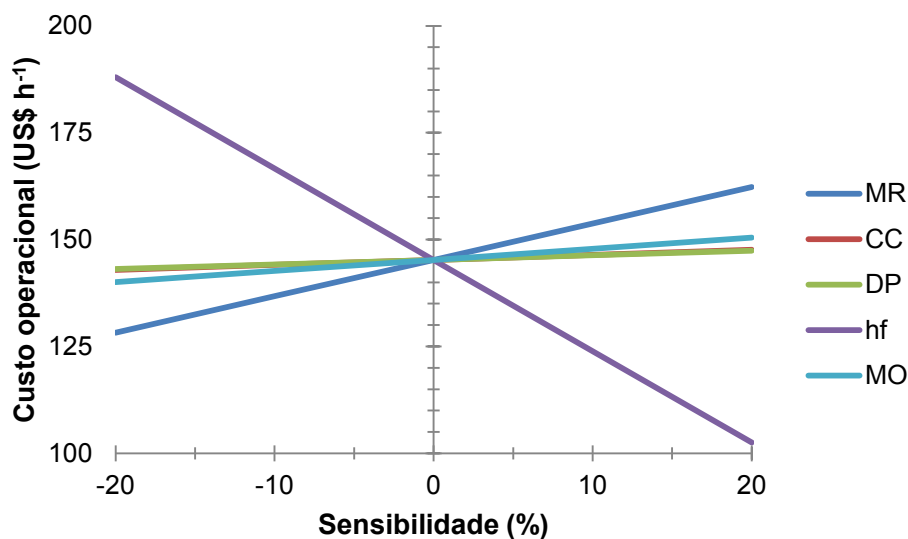


**Figura 54.** Análise de sensibilidade em  $\pm 20\%$  do valor do custo operacional do *forwarder* com depreciação até 2010 da variável depreciação.

#### 5.2.2.2.3 Custo operacional médio geral

Através do diagrama *Spiderplot* (Figura 55) visualiza-se as cinco principais variáveis do custo operacional do *forwarder*. A partir dessa Figura é

possível perceber que as variáveis que exercem maior influência no custo total da máquina são as horas efetivas de trabalho e a manutenção e reparos.



**Figura 55.** Diagrama de *spiderplot* das principais variáveis do custo operacional médio geral do *forwarder* com depreciação até 2010. MR: Manutenção e reparos; CC: Combustível; DP: Depreciação; hf: Horas efetivas de trabalho e MO: mão-de-obra.

### 5.2.3 Custo de produção

Para uma produtividade média de  $33,22 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  o custo de produção médio geral encontrado foi de  $\text{US\$ } 4,58 \text{ m}^{-3}$  considerando o custo de depreciação para todos os anos avaliados e  $\text{US\$ } 4,48 \text{ m}^{-3}$  com a depreciação até os quatro anos de idade das máquinas. Simulando que a empresa consiga aumentar sua produtividade em 10% ela pouparia em média  $\text{US\$ } 49.994,99$ . O custo de produção e produtividade anual média segue conforme o Quadro 9.

Simões e Fenner (2010) encontraram valores semelhantes aos encontrados para os anos de 2007 e 2008 para uma produtividade de  $35 \text{ m}^3$  por hora efetiva de trabalho sendo o custo de extração do *forwarder* de aproximadamente  $\text{US\$ } 3,20 \text{ m}^{-3}$ .

Camargo Júnior (2013) encontrou valores diferentes aos encontrados neste trabalho para uma produtividade horária de  $41,63 \text{ m}^3$  de madeira sem casca processadas em toras de 6,30 m, sendo o custo de produção de  $\text{US\$ } 2,27 \text{ m}^{-3}$ . Isso pode ter ocorrido em virtude da maior produtividade horária da máquina avaliada por este autor.

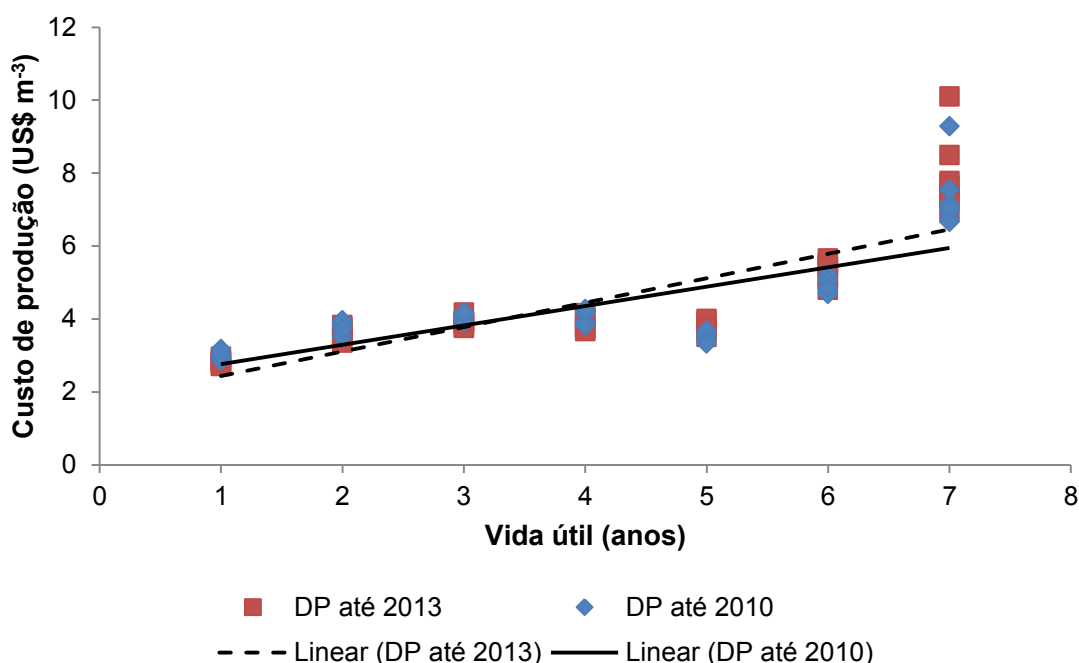
Santos e Machado (2001), ao realizarem uma análise de custos do *forwarder* considerando somente os elementos juros; depreciação; mão-de-

obra; peças e manutenção; combustível e lubrificantes para composição dos custos operacionais, e produtividade média de  $33,36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  obtiveram um custo de produção da ordem de  $\text{US\$ } 0,69 \text{ m}^{-3}$ . Fato explicado pelo maior número de elementos para composição do custo operacional e anos avaliados utilizado neste trabalho.

**Quadro 9.** Produtividade horária (Pd) e custo de produção (CP) do *forwarder* considerando o custo de depreciação (DP) até 2013 e até 2010.

	2007	2008	2009	2020	2011	2012	2013	Média
<b>Pd (<math>\text{m}^3 \text{ h}^{-1}</math>)</b>	32,97	33,14	34,00	35,32	39,52	32,46	25,16	33,22
<b>CP (<math>\text{US\\$ m}^{-3}</math>) com DP até 2013</b>	3,58	3,57	3,88	3,84	3,81	5,34	8,02	4,58
<b>CP (<math>\text{US\\$ m}^{-3}</math>) com DP até 2010</b>	3,85	3,76	4,05	4,01	3,48	4,91	7,33	4,48

A partir da Figura 56, observa-se que quanto mais velha é a máquina utilizada maior é o seu custo de produção. Quando se considerou o custo de depreciação até o ano de 2010 notou-se uma redução do custo de extração nos anos de 2011, 2012 e 2013 em relação aos custos com depreciação até 2013. Porém este evento não viabilizou a continuidade da utilização dos *forwarders* em 2012 e 2013.



**Figura 56.** Custo de produção do *forwarder* considerando a depreciação até o ano de 2013 (DP até 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (DP até 2010).

Os modelos de regressão seguem conforme as Equações 40 e 41.

$$CP_{F1} = 1,7661 + 0,6698*ID \quad (40)$$

$$r^2 = 0,6601 \quad \text{erro padrão} = 0,3200$$

$$CP_{F2} = 2,2302 + 0,5312*ID \quad (41)$$

$$r^2 = 0,5826 \quad \text{erro padrão} = 0,2994$$

\*significativo a 5% pelo teste "t".

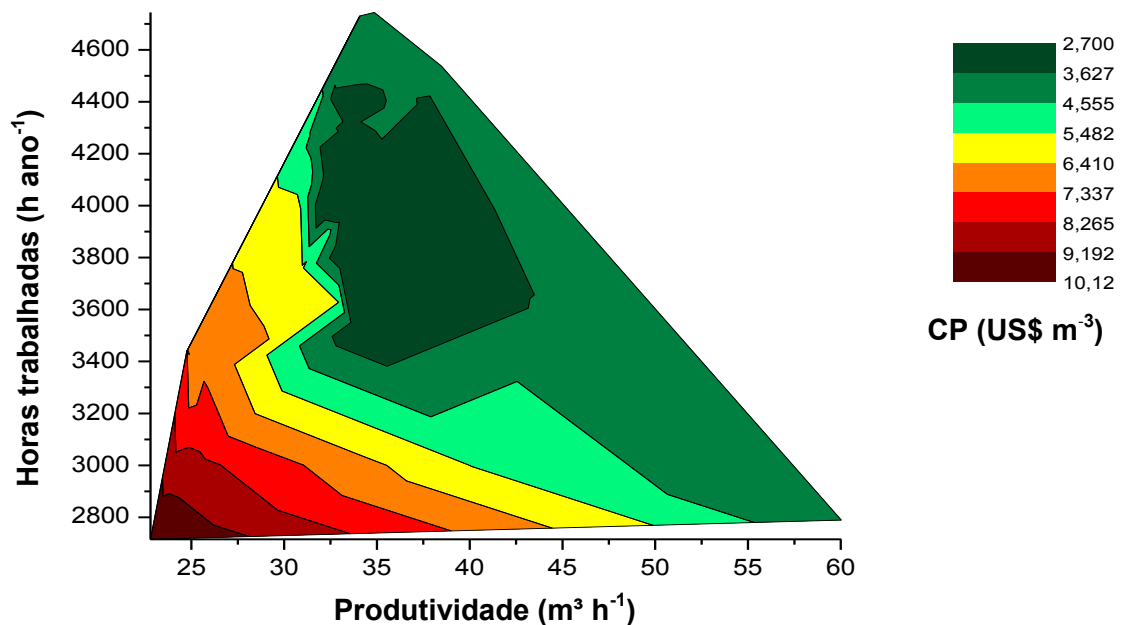
em que

$CP_{F1}$  = custo de produção do *forwarder* com depreciação até o ano de 2013 (US\$ m<sup>-3</sup>);

$CP_{F2}$  = custo de produção do *forwarder* com depreciação até o ano de 2010 (US\$ m<sup>-3</sup>); e,

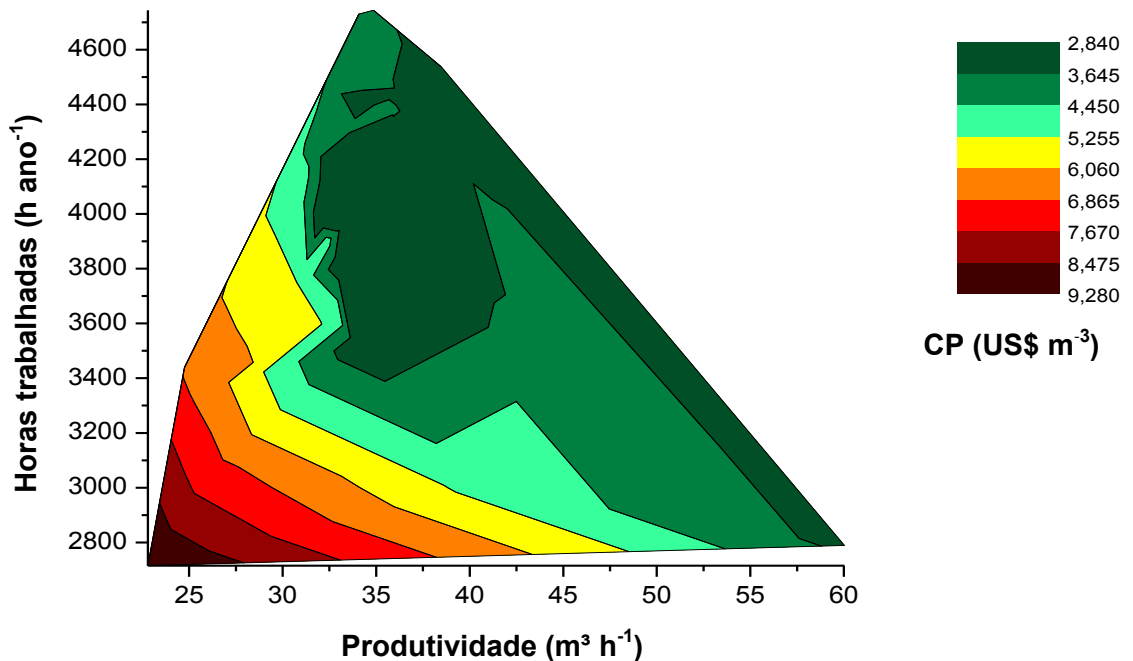
ID= Idade da máquina (anos).

Nas Figuras 57 e 58 observa-se uma correlação entre a produtividade e as horas efetivas de trabalho por ano, sendo que o aumento das horas efetivas de trabalho e da produtividade da máquina resultam na redução do custo de extração.



**Figura 57.** Custo de produção do *forwarder* (US\$ m<sup>-3</sup>) considerando a depreciação até o ano de 2013 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho.

A partir da Figura 58, pode-se perceber que mesmo trabalhando um número de horas por ano menor (2.800 h ano<sup>-1</sup>) é possível obter um menor custo de extração (entre 2,84 e 3,64 US\$ m<sup>-3</sup>) para uma produtividade entre 59 e 60 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Isso pode ter ocorrido pela redução dos custos operacionais, uma vez que não se computou os custos de depreciação a partir de 2011.



**Figura 58.** Custo de produção do *forwarder* (US\$ m<sup>-3</sup>) considerando a depreciação até o ano de 2010 em função da produtividade e horas efetivas de trabalho.

O comportamento do custo de produção em função da produtividade e da quantidade de horas efetivas de trabalho do *forwarder* pode ser obtido através das Equações 42 e 43.

$$CP_{F1} = 16,4080 - 0,1424*Pd - 0,0017*hf \quad (42)$$

$$r^2 = 0,7033 \quad \text{erro padrão} = 1,1618$$

$$CP_{F2} = 14,4869 - 0,1305*Pd - 0,0014*hf \quad (43)$$

$$r^2 = 0,7119 \quad \text{erro padrão} = 0,9665$$

\*significativo a 5% pelo teste “t”.

em que

$CP_{F1}$  = custo de produção do *forwarder* com depreciação até o ano de 2013  
(US\$ m<sup>-3</sup>);

$CP_{F2}$  = custo de produção do *forwarder* com depreciação até o ano de 2010  
(US\$ m<sup>-3</sup>);

$P_d$  = produtividade (m<sup>3</sup>); e,

$h_f$  = horas efetivas de trabalho (h<sup>-1</sup>).

#### 5.2.4 Ponto de equilíbrio (H)

Para determinação do ponto de equilíbrio do *forwarder* foi utilizado o preço (US\$) pago pela atividade de extração da madeira de mercado (US\$ 4,64 m<sup>-3</sup>). Os resultados podem ser visualizados a partir do Quadro 10.

**Quadro 10.** Número de horas efetivas (H) que o *forwarder* deveria trabalhar para justificar sua aquisição com depreciação até 2013 e até 2010 e número de horas efetivas de trabalho real.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Média
<b>H com DP até 2013 (h ano<sup>-1</sup>)</b>	1.365,38	1.496,80	1.876,19	1.878,22	1.824,02	10.939,54	3.230,03
<b>H com DP até 2010 (h ano<sup>-1</sup>)</b>	1.929,41	1.988,22	2.486,01	2.447,61	742,46	3.577,12	2.195,14
<b>h ano<sup>-1</sup> real</b>	3.533,52	4.350,23	4.589,37	4.494,93	4.209,29	3.812,34	4.164,94

Observa-se que nos anos de 2007 a 2012 (quando considerada a depreciação até o ano de 2010) o número de horas necessárias para viabilização da aquisição do *forwarder* foi menor do que o número de horas efetivamente trabalhadas e no ano de 2012 (quando considerada a depreciação até o 7º ano) esse valor foi superior.

O menor número de horas encontradas pode ter sido em decorrência do custo de extração da empresa ter sido menor do que os valores de mercado utilizados neste trabalho. Em 2012 (com depreciação até 2013) como as máquinas não conseguiram trabalhar o suficiente para viabilizar sua compra teria sido melhor a empresa ter optado pela terceirização da operação.

Em 2013 devido ao custo variável médio ter sido alto (US\$ 175,92 h<sup>-1</sup>) não houve um número de horas trabalhadas pela máquina que resultasse em lucro para uma produtividade horária média de 25,16 m<sup>3</sup> e preço de aluguel de mercado de US\$ 4,64 m<sup>-3</sup>.

É possível perceber ainda que a quantidade de horas a serem trabalhadas de 2007 a 2010 quando se considerou a depreciação até 2010 foi maior do que quando se considerou a depreciação até o ano de 2013, sendo que a partir desse período com a retirada deste custo reduziu-se esse valor.

Leite (2012), ao avaliar o ponto de equilíbrio do *forwarder* operando em sentido de aclave e declive observou que este deveria trabalhar 5.038 h ano<sup>-1</sup> e 2.417 h ano<sup>-1</sup> respectivamente. A partir desses dados este autor notou que seria necessário evitar a operação em áreas de aclave para viabilização da compra da máquina.

### 5.2.5 Custo anual equivalente (CAE)

O momento de substituição da máquina foi obtido quando o CAE obteve o menor valor (MARIA; LUZ, 2010). A partir do Quadro 11 observa-se que o CAE foi crescente quando se considerou a depreciação até 2013.

Ao analisarem o comportamento do custo anual equivalente em função da aplicação de diferentes métodos de depreciação Simões et al. (2013), também encontraram um CAE crescente para os cinco anos do *forwarder* avaliados.

Quando se considerou a depreciação até 2010 este ponto ocorreu nos anos de 2008 e 2011. Fato explicado em 2008 pelo aumento do CAE em 2007, devido ao aumento do custo de investimento e operacional neste ano resultado do menor número de horas trabalhadas por uma das máquinas avaliadas e em 2011 pela retirada do custo de depreciação o que fez com que o custo de investimento fosse igual a zero e houvesse uma pequena redução no custo operacional. Após o ano de 2011 mesmo com a retirada do custo de investimento e depreciação os custos foram tão altos que inviabilizaram o uso da máquina.

**Quadro 11.** Custo anual equivalente (CAE) do *forwarder* com depreciação até 2013 e até 2010.

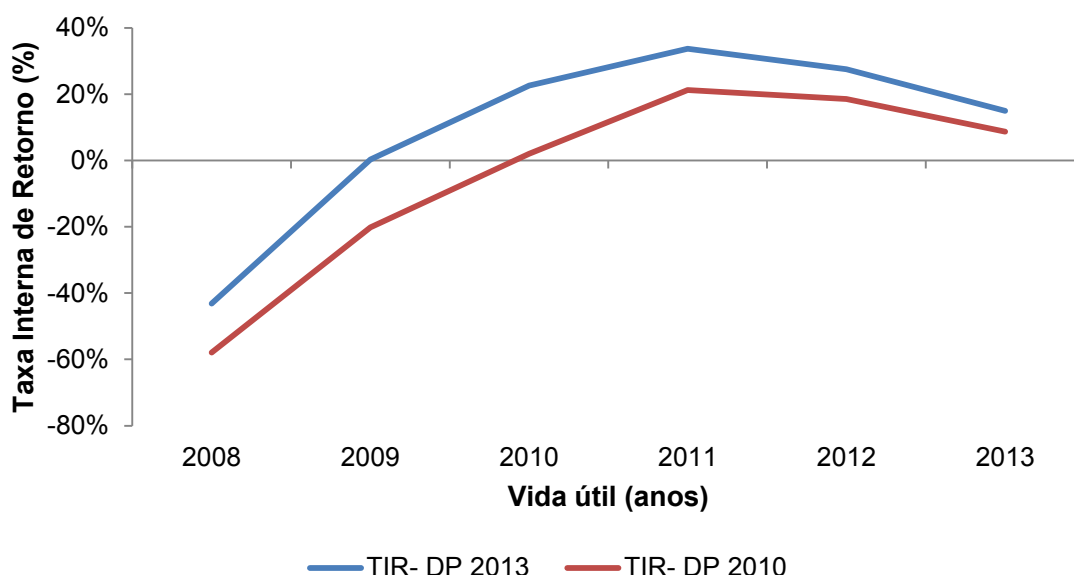
(US\$ ano <sup>-1</sup> )	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>CAE - DP 2013</b>	476.138	489.439	527.380	548.349	567.832	583.456
<b>CAE - DP 2010</b>	541.084	532.378	564.969	583.356	569.421	576.315

## 5.2.6 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno do investimento do *forwarder* foi obtida no ano de 2011 para as duas avaliações realizadas (com DP até 2013 e com DP até 2010) sendo este percentual da ordem de 34% e 21% respectivamente (Figura 59). Esse resultado confirma o encontrado na análise realizada para determinar a vida econômica do *forwarder* (CAE) para a análise com depreciação até o ano de 2010.

A diferença de percentual da TIR nas duas avaliações se deve pelo aumento dos custos fixos nos primeiros anos na avaliação com depreciação até o 4º ano, sendo que nos anos de 2011, 2012 e 2013 a retirada deste custo, não foi suficiente para superar os resultados obtidos quando se avaliou a TIR com depreciação até 2013.

Leite (2012), ao avaliarem um *forwarder* encontrou rentabilidade de 13% para o sentido de operação em aclave e 122,86% para o sentido de operação em declive. Esses valores diferiram dos encontrados neste trabalho, uma vez que foi obtida a rentabilidade total do povoamento independentemente do seu sentido de operação, além do aumento dos custos variáveis no primeiro ano obtido pela menor quantidade de horas efetivas trabalhadas ( $1.380,13 \text{ h ano}^{-1}$ ) por uma das máquinas avaliadas.



**Figura 59.** Taxa interna de retorno (TIR) do *forwarder* considerando a depreciação até o ano de 2013 (TIR - DP 2013) e com depreciação até o ano de 2010 (TIR - DP 2010).

## 6 Conclusão

- O custo operacional médio geral do sistema de toras curtas constituído pelo módulo de colheita *harvester* e *forwarder* foi de US\$ 338,65 h<sup>-1</sup> quando se considerou a depreciação até 2013 e de US\$ 334,41 h<sup>-1</sup> quando se considerou a depreciação até 2010.

- As variáveis mais influentes no custo total de operação foram: horas efetivas de trabalho, manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação.

- No ano de 2013 não foi encontrado um número de horas de trabalho que viabilize a aquisição do *harvester* e *forwarder*.

- Não foi encontrado o ponto de troca do *harvester* e *forwarder* quando se considerou a depreciação até 2013.

- Quando se considerou a depreciação até 2010 a substituição do *harvester* deveria ter ocorrido aos cinco anos de uso e o *forwarder* deveria ter sido substituído entre dois e cinco anos de uso.

- Para as duas avaliações realizadas a maior rentabilidade do *harvester* e do *forwarder* foi obtida em 2011.

- As máquinas avaliadas apresentaram maior rentabilidade quando se considerou o custo operacional até o ano de 2013, ou seja, a retirada do custo de depreciação não viabilizou a continuidade do uso das máquinas a partir de 2011.

## 7 Referências bibliográficas

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013**. Brasília, DF: Associação brasileira de produtores de florestas plantadas-ABRAF, 2013. 142 p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2011: machinery, equipment and buildings: operating costs**. Iowa: Ames, 2001. p. 164-226.

BCB. Indicadores econômicos consolidados. Banco Central do Brasil, 2014. Disponível em: < <http://www.bcb.gov.br/?INDECO> >. Acesso em: 03 Jun. 2014.

BELMONTE, G. Z. **Construção de um banco de dados sobre máquinas utilizadas na produção de madeira, na etapa de colheita florestal**. 2005. 62 f. Relatório de estágio (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

BRACELPA. Florestas Plantadas. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: < <http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/134> >. Acesso em: 21 de maio de 2014.

BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do *harvester* na colheita do eucalipto**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

BURLA, E. R.; FERNANDES, H. C.; MACHADO, C. C.; LEITE, D. M.; FERNANDES, P. S. Avaliação técnica e econômica do *harvester* em diferentes condições operacionais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 20, n. 5, p. 412-422, 2012.

CHAND, S.; MCCLURG, T.; WARD, J. A model for parallel machine replacement with capacity expansion. **Elsevier Science**, p. 519-531, 2000.

COSTA, E. M. D. **Avaliação do desempenho e de custos de um *harvester* em floresta de eucalipto de baixa produtividade**. 2012. 85 f. Dissertação

(Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

DG Política Regional Comissão Europeia. **Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento**. DG Política Regional Comissão Europeia, 2003. 155 f.

DOSSA, D.; SILVA, H. D. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. **Produção e Rentabilidade do eucalipto em empresas florestais**. Comunicado Técnico: Embrapa, 2002. 4 f.

FERNANDES, H. C.; BURLA, E. R.; LEITE, E. D. S.; MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica de um "harvester" em diferentes condições de terreno e produtividade da floresta. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 41, n. 97, p. 145-151, 2013.

FILHO, E. M. A. Colheita florestal: um planejamento de longo prazo. **Revista Opiniões**, p. 12. Jun./Ago., 2010. Disponível em: < <http://revistaonline.revistaopinioes.com.br/revistas/revistas/11/#page/12> >. Acesso em: 21 mai. 2014.

FREITAS, K. E. D. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada**. 2005. 27 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

FREITAS, L. C. D.; MARQUES, G. M.; SILVA, M. L. D.; MACHADO, R. R.; MACHADO, C. C. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 855-863, 2004.

GRAÇA, L. R.; RODIGHERI, H. R.; CONTO, A. J. D. **Custos florestais de produção: conceituação e aplicação**. Embrapa Florestas, 2000. 32 f.

IBÁ. Dados e fatos. 2014. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/web/pt/dados-fatos/> >. Acesso em: 21 de maio de 2014.

JIROUSEK, R.; KLVAC, R.; SKOUPY, A. Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. **Journal of Forest Science**, v. 53, n. 10, p. 476-482, 2007.

JUNIOR, R. R. D. C. **Análise de sistemas de colheita de povoamentos de eucalipto com baixa produtividade**. 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2013.

LEITE, E. D. S. **Desenvolvimento de planos de colheita florestal de precisão utilizando tecnologias de geoprocessamento**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

LEITE, E. D. S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas**. 2012. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

LEITE, E. D. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem técnica e de custos do *harvester* no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 41, n. 98, p. 205-215, 2013.

LEITE, E. D. S.; MINETTE, L. J.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P. D.; AMARAL, E. J. D.; LACERDA, E. D. G. Desempenho do *harvester* na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 000-000, 2014.

LOPES, E. D. S. Colheita de baixo volume individual. **Revista Opiniões**, p. 42, Mar./Mai, 2012. Disponível em: < <http://revistaonline.revistaopinioes.com.br/revistas/revistas/74/#page/42> >. Acesso em: 21 mai. 2014.

LOPES, E. D. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de Pinus com cabeçote *harvester* em

diferentes condições operacionais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, p. 305-313, 2007.

LOPES, E. S.; MINETTI, L. J. **Operação e manutenção de motosserras: manual técnico**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001. 132 f.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65 p.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N. D.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G. P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. p.15-45.

MAGALHÃES, P. A. D.; KATZ, I. Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com *harvester* em uma indústria madeireira. **Tékhn e Lógos**, Botucatu, SP, v. 2, n. 1, p. 1-20, 2010.

MALINOVSKI, J. R. Colheita de madeira: uma atividade respeitável. **Revista Opiniões**, p. 34. Jun./Ago., 2010. Disponível em: < <http://revistaonline.revistaopinioes.com.br/revistas/revistas/11/#page/34> >. Acesso em: 21 mai. 2014.

MARIA, R. C.; LUZ, J. A. M. D. Aspectos da avaliação técnico-econômica de circuitos de flotação. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, MG, v. 63, n. 4, p. 645-651, 2010.

MARTINS, R. J.; SEIXAS, F.; STAPE, J. L. Avaliação técnica e econômica de um *harvester* trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 37, n. 83, p. 253-263, 2009.

MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P. D.; MACHADO, C. C.; SILVA, K. R. Análise técnica e econômica do *forwarder* em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2004.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; MIRANDA, G. D. M.; SOUZA, A. P. D.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica da operação de extração de *Eucalyptus* spp. utilizando o trator autocarregável e o trator floresta transportador "forwarder" na região sul da Bahia. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 3, p. 312-317, 2008a.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. N. Carregamento e descarregamento. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. p.163-177.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D.; SILVA, E. P. D.; MEDEIROS, N. M. Postos de trabalho e perfil de operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Ceres**, p. 066-073, 2008b.

MORAIS, M. G. A. D. **Colheita e transporte de madeira: terceirização x verticalização das operações**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MOREIRA, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. 2000. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

NETO, L. S. M. **Contabilidade de custos**. Nota de aula, 2014. 44 f.

NOVAIS, L. F. **Análise da colheita florestal mecanizada em povoamentos de *Eucalyptus* spp na região de Coronel Fabriciano-MG**. 2006. 33 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de peus: avaliação de uma frota**. 2000. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000.

OLIVEIRA, A. D. D.; FERREIRA, T. C.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. D.; REZENDE, J. L. P. Avaliação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. **Revista Cerne**, v. 14, n. 1, p. 82-91, 2008.

OLIVEIRA, D. D.; LOPES, E. D. S.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do *forwarder* na extração de toras de pinus. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, v. 37, n. 84, p. 525-533, 2009.

PAULA, E. N. D. S. O. D. **Avaliação técnica, de custos e ambiental de dois modelos de harvester na colheita florestal**. 2011. 82 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

PEREIRA, R. S. Inovações da colheita e transporte de madeira. **Revista Opiniões**, p. 41, Jun./Ago., 2010. Disponível em: < <http://revistaonline.revistaopinioes.com.br/revistas/flo/11/#page/40>>. Acesso em: 21 Mai. 2014.

QUADROS, D. S. D.; MALINOVSKI, J. R. Análise econômica de empresas prestadoras de serviço florestal em duas regiões do estado de Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 1, p. 35-48, 2012.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 358 f.

ROBERT, R. C. G. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita mecanizada em plantios de *Eucalyptus* spp. em duas condições de relevo acidentado**. 2013. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013.

SANT'ANNA, C. D. M. Corte. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014.

SANTOS, S. L. M. D.; MACHADO, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com *forwarder* em diferentes volumes por árvore e

comprimentos de toras. Nota técnica. **Madera y Bosques**, v. 7, n. 2, p. 87-94, 2001.

SEIXAS, F.; CAMILO, D. R. **Colheita e transporte: notas de aula**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 2008.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**. 2. ed. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2012. 178 f.

SILVA, E. N. D.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L. D.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus sp.* com *harvester*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010b.

SILVA, M. L. D.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, E. D. S. Custos. In: MACHADI, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. p.253-287.

SILVA, R. M. D.; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre diagrama tornado em análise de sensibilidade VII INIC/ IV EPG - UNIVAP 2004. **Universidade do Vale do Paraíba**, p. 8-11 2004.

SIMÕES, D.; CERVI, R. G.; FENNER, P. T. Análise da depreciação do *forwarder* com aplicação do custo anual uniforme equivalente. **Tékhn e Lógos**, Botucatu, SP, v. 4, n. 2, p. 33-49, 2013.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do *forwarder* na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; BANTEL, C. A. Custos e rendimentos operacionais da extração de madeira de eucalipto com cabo aéreo. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 16, n. 2, p. 185-192, 2010a.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com *harvester*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 38, n. 88, p. 611-618, 2010b.

SOARES, N. S.; SILVA, M. L. D.; REZENDE, J. L. P. D.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. Competitividade da produção de celulose em diferentes estados do Brasil. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 19, n. 2, p. 297-305, 2013.

STOHR, G. W. D. Cálculo de custos de máquinas florestais. **Revista Floresta**, p. 23-30, 1977.

TANAKA, O. K. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 141, p. 24-30, 1986.

TORRES, R. **Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática**. 2004. 94 f. Monografia (Graduação em Matemática) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VALVERDE, S. R.; REZENDE, J. L. P. SUBstituição de máquinas e equipamentos: métodos e aplicações. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 353-364, 1997.

# APÊNDICES

# Apêndice A

**Quadro 1A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 01.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	476.595,25	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	119.148,81	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	68.153,12	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.471,25	3.672,98	3.691,97	4.116,75	3.775,65	3.201,93	2.651,64
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,16	0,18	0,29	0,39	0,61	0,69	0,53
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	3,24	4,46	4,50	5,63	6,19	3,77	1,55
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	20,64	25,65	25,17	22,65	25,66	24,74	22,06
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,99	1,16	1,17	1,07	1,30	1,50	1,18
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,60	0,68	0,69	0,58	0,76	1,18	1,87
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 2A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 02.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	423.270,04	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	105.817,51	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	60.527,62	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.551,28	3.894,43	4.028,60	4.199,40	4.091,08	3.624,83	2.738,48
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,18	0,20	0,32	0,44	0,68	0,78	0,60
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,39	5,02	5,06	6,34	6,97	4,24	1,74
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	20,18	24,20	23,07	22,21	23,69	21,86	21,36
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,97	1,09	1,07	1,05	1,20	1,32	1,14
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,59	0,64	0,63	0,57	0,70	1,04	1,81
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 3A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 03.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	467.893,55	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	116.973,39	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	66.908,78	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.601,29	3.671,83	3.934,25	4.284,38	3.923,38	3.800,62	2.693,92
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,16	0,18	0,29	0,40	0,62	0,71	0,54
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,16	4,54	4,58	5,73	6,31	3,84	1,57
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	19,90	25,66	23,62	21,77	24,70	20,85	21,72
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,96	1,16	1,10	1,03	1,25	1,26	1,16
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,58	0,68	0,65	0,56	0,73	1,00	1,84
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 4A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 04.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	467.893,55	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	116.973,39	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	66.908,78	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.533,26	3.886,73	4.043,25	4.533,85	4.202,92	3.880,29	2.778,17
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,16	0,18	0,29	0,40	0,62	0,71	0,54
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,16	4,54	4,58	5,73	6,31	3,84	1,57
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	20,28	24,24	22,98	20,57	23,06	20,42	21,06
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,98	1,10	1,07	0,98	1,17	1,24	1,13
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,59	0,64	0,63	0,53	0,68	0,98	1,79
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 5A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 05.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	423.270,04	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	105.817,51	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	60.527,62	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.443,00	3.956,96	3.837,50	4.190,30	4.094,90	3.384,34	3.262,24
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,18	0,20	0,32	0,44	0,68	0,78	0,60
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,39	5,02	5,06	6,34	6,97	4,24	1,74
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	20,81	23,81	24,21	22,25	23,66	23,41	17,93
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	1,00	1,08	1,12	1,06	1,20	1,42	0,96
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,60	0,63	0,66	0,57	0,70	1,12	1,52
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 6A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 06**

<b>Item</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	414.042,42	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	103.510,60	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	59.208,07	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.314,73	3.848,25	4.035,65	4.340,10	4.023,63	3.656,03	2.320,58
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,18	0,20	0,33	0,45	0,70	0,80	0,62
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,72	5,13	5,18	6,48	7,13	4,34	1,78
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	21,62	24,49	23,02	21,49	24,08	21,67	25,21
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	1,04	1,11	1,07	1,02	1,22	1,31	1,35
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,63	0,65	0,63	0,55	0,71	1,04	2,14
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 7A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 07**

<b>Item</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	420.831,01	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	105.207,75	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	60.178,83	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.190,27	3.891,91	4.125,95	4.327,83	4.241,78	3.648,84	2.886,56
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,18	0,20	0,33	0,44	0,69	0,79	0,61
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,70	5,05	5,09	6,38	7,01	4,27	1,75
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	22,46	24,21	22,52	21,55	22,84	21,71	20,27
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	1,08	1,09	1,04	1,02	1,16	1,31	1,08
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,65	0,64	0,62	0,55	0,68	1,04	1,72
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 8A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 08**

<b>Item</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	460.811,00	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	115.202,75	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	65.895,97	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.041,53	3.931,30	3.846,48	4.189,03	4.092,13	3.843,34	2.243,66
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,16	0,18	0,30	0,40	0,63	0,72	0,55
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,56	4,61	4,65	5,82	6,40	3,90	1,60
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	23,56	23,97	24,16	22,26	23,68	20,62	26,07
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	1,13	1,08	1,12	1,06	1,20	1,25	1,39
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,68	0,63	0,66	0,57	0,70	0,98	2,21
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 9A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 09

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	460.814,60	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	115.203,65	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	65.896,49	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.077,47	3.881,04	4.030,50	4.211,05	3.990,02	3.343,32	2.560,58
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,16	0,18	0,30	0,40	0,63	0,72	0,55
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,56	4,61	4,65	5,82	6,40	3,90	1,60
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	23,28	24,28	23,05	22,14	24,29	23,70	22,85
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	1,12	1,10	1,07	1,05	1,23	1,43	1,22
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,68	0,64	0,63	0,57	0,72	1,13	1,94
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 10A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *harvester* 10**

<b>Item</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	463.449,34	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	115.862,34	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	66.273,26	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.231,14	4.064,76	4.126,55	4.171,42	4.084,67	3.400,87	2.306,40
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,16	0,18	0,30	0,40	0,62	0,71	0,55
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,56	4,58	4,63	5,79	6,37	3,88	1,59
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	22,18	23,18	22,52	22,36	23,72	23,30	25,37
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,84
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	1,07	1,05	1,04	1,06	1,20	1,41	1,36
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	2,65	2,07	1,71	1,61	1,86	2,06	1,96
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,64	0,61	0,62	0,57	0,70	1,11	2,15
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,55	1,43	1,07	0,85	1,18	1,39	1,43
Número de pneus substituídos	0,30	0,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.468,88	0,00	1.188,79	2.031,30	1.934,55	2.798,85	1.342,01
Número de câmaras de ar substituídas	0,30	0,00	0,50	0,50	0,30	0,20	1,30
Valor unitário da câmara de ar	216,92	0,00	364,14	182,81	275,78	298,79	314,29
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	8.630,35	8.561,66	17.741,26	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	0,10	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,00	0,00	0,00	2,30	6,90	17,60	0,00
Valor unitário do elo da esteira	0,00	0,00	0,00	116,59	125,64	111,62	0,00
Número de sabre	21,30	21,40	32,10	42,80	34,80	48,20	64,30
Número corrente	132,24	158,15	239,37	265,91	312,02	335,50	450,70
Número de elo material de corte	453,60	2.011,50	971,00	1.107,90	1.075,40	517,60	238,90
Preço de um sabre (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	235,54	254,06	422,17	270,55	200,29	211,87	247,26
Preço de uma corrente (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	31,86	31,87	31,86	31,89	31,86	37,16	31,86
Preço de um elo do material de corte (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	1,51	1,23	2,28	1,44	2,84	2,88	3,69
Custo de serviço (US\$)	194.587,94	261.261,58	300.248,68	307.069,71	320.349,33	267.383,62	213.030,18
Custo com peças (US\$)	139.443,14	330.275,78	449.201,79	348.290,63	334.349,87	330.934,49	371.585,93
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 11A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *forwarder* 01.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	375.668,75	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	93.917,19	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	53.720,63	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	4.116,00	4.351,78	4.528,00	4.585,82	4.395,67	3.899,95	3.296,77
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,20	0,22	0,36	0,49	0,77	0,88	0,68
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,11	5,63	5,71	7,14	7,86	6,29	4,32
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	13,42	15,55	15,03	15,27	16,87	16,48	15,78
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,30	0,38	0,41	0,42	0,43	0,49	0,49
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,14	0,14	0,20	0,18	0,25	0,33	0,67
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1.551,49	10.835,55	4.744,86	14.884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	46.969,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 12A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do forwarder 02.**

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	375.668,75	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	93.917,19	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	53.720,63	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.965,49	4.309,28	4.528,73	4.730,15	4.454,63	3.627,78	3.438,81
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,20	0,22	0,36	0,49	0,77	0,88	0,68
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,11	5,63	5,71	7,14	7,86	6,29	4,32
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	13,93	15,70	15,03	14,80	16,64	17,71	15,13
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,31	0,38	0,41	0,40	0,43	0,52	0,47
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,15	0,14	0,20	0,17	0,25	0,36	0,65
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução do mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1.551,49	10.835,55	4.744,86	14.884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	469.69,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 13A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *forwarder* 03.**

<b>Item</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	371.384,28	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	92.846,07	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	53.107,95	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.961,37	4.288,42	4.640,30	4.507,38	4.371,13	3.756,58	2.715,16
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,20	0,23	0,37	0,50	0,78	0,89	0,69
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,14	5,70	5,77	7,22	7,95	6,37	4,37
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	13,94	15,78	14,66	15,53	16,96	17,11	19,16
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,31	0,38	0,40	0,42	0,43	0,50	0,60
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,15	0,14	0,20	0,18	0,25	0,34	0,82
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1.551,49	10.835,55	4.744,86	14.884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	46.969,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 14A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do forwarder 04.**

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	371.384,28	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	92.846,07	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	53.107,95	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.812,71	4.247,53	4.496,27	4.672,08	4.474,05	4.135,99	3.163,60
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,20	0,23	0,37	0,50	0,78	0,89	0,69
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,24	5,70	5,77	7,22	7,95	6,37	4,37
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	14,48	15,93	15,13	14,98	16,57	15,54	16,45
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,33	0,39	0,41	0,41	0,42	0,46	0,51
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,15	0,14	0,21	0,17	0,25	0,31	0,70
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1551,49	10835,55	4744,86	14884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	46.969,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 15A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *forwarder* 05.**

<b>Item</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	370.870,88	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	92.717,72	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	53.034,54	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.976,67	4.438,95	4.609,30	3.618,78	2.789,00	2.999,06	3.082,68
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,20	0,23	0,37	0,50	0,78	0,89	0,69
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	2,14	5,71	5,78	7,23	7,96	6,37	4,37
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	13,89	15,24	14,76	19,34	26,58	21,43	16,88
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,31	0,37	0,40	0,53	0,68	0,63	0,53
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,15	0,14	0,20	0,22	0,40	0,43	0,72
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1551,49	10835,55	4744,86	14884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	46.969,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 16A.** Valores utilizados no cálculo do custo operacional do *forwarder* 06.

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	376.804,84	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	94.201,21	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	53.883,09	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	3.522,24	4.437,84	4.648,65	4.743,92	4.443,53	4.206,13	3.355,89
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,20	0,22	0,36	0,49	0,77	0,88	0,68
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,60	5,62	5,69	7,12	7,83	6,27	4,31
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	15,68	15,25	14,64	14,76	16,68	15,28	15,51
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,35	0,37	0,40	0,40	0,43	0,45	0,48
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,16	0,14	0,20	0,17	0,25	0,31	0,66
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1551,49	10835,55	4744,86	14884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	46.969,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

**Quadro 17A. Valores utilizados no cálculo do custo operacional do forwarder 07.**

Item	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Valor de aquisição (US\$ h <sup>-1</sup> )	532.725,16	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 4 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	133.181,29	-	-	-	-	-	-
Valor residual da máquina com vida útil de 7 anos (US\$ h <sup>-1</sup> )	76.179,70	-	-	-	-	-	-
Taxa anual de juros simples (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Horas efetivas de trabalho por ano (h ano <sup>-1</sup> )	1.380,13	4.377,78	4.674,32	4.606,37	4.537,00	4.060,91	3.002,20
Percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (%)	0,14	0,16	0,26	0,35	0,54	0,62	0,48
Percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (%)	0,18	3,97	4,02	5,03	5,54	4,44	3,05
Consumo de óleo diesel (L h <sup>-1</sup> )	40,01	15,46	14,56	15,20	16,34	15,82	17,33
Preço de um litro de óleo diesel (US\$ L)	0,68	0,74	0,72	0,66	0,69	0,73	0,83
Consumo de lubrificantes e graxas (L h <sup>-1</sup> )	0,90	0,37	0,40	0,42	0,42	0,47	0,54
Preço de um litro de lubrificantes e graxas (US\$ L)	5,93	3,99	3,40	2,97	3,36	3,53	2,36
Consumo de óleo hidráulico (L h <sup>-1</sup> )	0,42	0,14	0,20	0,18	0,25	0,32	0,74
Preço de um litro de óleo hidráulico (US\$ L)	1,57	1,44	1,14	0,85	1,19	1,38	1,43
Número de pneus substituídos	0,14	3,00	3,14	4,29	4,71	4,00	2,14
Valor total de troca de um pneu por novo e reconstrução do mesmo (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	3.617,88	678,51	389,61	881,00	1.316,25	1.793,82	1.995,66
Número de câmaras de ar substituídas	0,29	1,00	1,00	1,71	2,43	2,00	1,86
Valor unitário da câmara de ar	212,40	191,94	190,67	153,93	142,64	212,62	279,92
Valor total de troca de uma esteira por nova e reconstrução da mesma (US\$ unidade <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	1551,49	10835,55	4744,86	14884,81	0,00
Número de esteiras substituídas	0,00	0,00	0,29	0,57	0,86	0,29	0,00
Número de elos da esteira substituídos	0,14	0,00	0,00	4,29	10,00	8,00	6,29
Valor unitário do elo da esteira	79,27	0,00	0,00	115,54	130,64	109,86	115,23
Custo de serviço (US\$)	131.183,56	200.362,57	222.723,30	225.906,05	236.432,50	194.676,91	164.373,96
Custo com peças (US\$)	46.969,78	104.052,51	172.187,89	148.439,19	144.162,99	157.494,98	184.120,27
Salário mensal dos operadores (US\$)	1.597,78	1.635,39	1.700,17	2.198,29	2.457,40	3.486,73	3.705,42
Benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (US\$)	3.113,63	3.141,93	3.176,50	3.359,14	3.700,54	7.244,78	7.330,99
Fator de encargos sociais (decimal)	0,64	0,63	0,61	0,65	0,55	0,60	0,32

# **Apêndice B**

**Quadro 1B.** Componentes do custo operacional médio do *harvester* com depreciação até 2013.

Item	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )
JC	1,46	1,94	0,98	1,67	0,83	1,63	0,89	1,52	0,87	1,60	0,86	1,81	0,91	2,48
SE	1,18	1,57	0,79	1,36	0,68	1,32	0,72	1,23	0,70	1,30	0,70	1,47	0,74	2,01
Tx	0,17	0,22	0,13	0,22	0,18	0,35	0,26	0,43	0,39	0,71	0,44	0,93	0,36	0,98
OF	1,56	2,02	3,22	5,49	2,77	5,41	3,71	6,31	3,96	7,29	2,39	5,04	1,04	2,82
DP	12,36	16,45	8,31	14,19	7,09	13,84	7,59	12,90	7,35	13,56	7,30	15,39	7,72	21,02
CC	11,06	14,71	10,56	18,02	8,65	16,87	8,55	14,53	8,91	16,42	7,70	16,24	6,91	18,79
LG	2,06	2,74	1,34	2,28	0,95	1,86	0,98	1,67	1,23	2,26	1,32	2,78	0,87	2,35
Co	0,73	0,97	0,54	0,92	0,35	0,68	0,28	0,48	0,45	0,84	0,70	1,48	1,00	2,72
PE	0,25	0,33	0,00	0,00	0,19	0,38	0,35	0,59	0,30	0,55	0,45	0,96	0,27	0,72
ES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,47	1,15	2,12	0,50	1,05	0,00	0,00
MT	0,99	1,31	0,87	1,48	1,34	2,61	1,32	2,25	1,18	2,18	1,42	3,00	1,94	5,27
MR	52,71	70,13	62,73	107,09	67,80	132,30	63,48	107,85	61,43	113,22	55,72	117,50	57,60	156,62
MO	15,49	20,61	10,55	18,01	9,18	17,90	11,59	19,69	12,10	22,30	20,50	43,23	20,66	56,17

**Quadro 2B.** Componentes do custo operacional médio do *harvester* com depreciação até 2010.

Item	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )
JC	1,51	2,20	1,04	1,67	0,90	1,85	0,96	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE	1,08	1,57	0,75	1,36	0,64	1,32	0,69	1,23	0,77	1,30	0,76	1,47	0,81	2,01
Tx	0,15	0,22	0,12	0,22	0,17	0,35	0,24	0,43	0,42	0,71	0,48	0,93	0,39	0,98
OF	1,42	2,02	3,03	5,49	2,63	5,41	3,51	6,31	4,31	7,29	2,60	5,04	1,14	2,82
DP	19,75	28,78	13,66	24,83	11,76	24,22	12,55	22,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CC	10,10	14,71	9,93	18,02	8,20	16,87	8,08	14,53	9,70	16,42	8,39	16,24	7,56	18,79
LG	1,88	2,74	1,26	2,28	0,90	1,86	0,93	1,67	1,34	2,26	1,43	2,78	0,95	2,35
Co	0,66	0,97	0,51	0,92	0,33	0,68	0,26	0,48	0,49	0,84	0,76	1,48	1,10	2,72
PE	0,23	0,33	0,00	0,00	0,18	0,38	0,33	0,59	0,32	0,55	0,50	0,96	0,29	0,72
ES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,47	1,25	2,12	0,54	1,05	0,00	0,00
MT	0,90	1,31	0,82	1,48	1,27	2,61	1,25	2,25	1,29	2,18	1,55	3,00	2,12	5,27
MR	48,15	70,13	58,98	107,09	64,31	132,30	59,99	107,85	66,92	113,22	60,67	117,50	63,04	156,62
MO	14,15	20,61	9,92	18,01	8,70	17,90	10,95	19,69	13,18	22,30	22,32	43,23	22,61	56,17

**Quadro 3B.** Componentes do custo operacional médio do *forwarder* com depreciação até 2013.

Item	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )
JC	1,69	1,99	1,11	1,31	0,94	1,24	0,94	1,28	0,90	1,39	0,86	1,51	0,91	1,83
SE	1,37	1,61	0,90	1,07	0,76	1,01	0,76	1,04	0,73	1,12	0,70	1,23	0,74	1,48
Tx	0,21	0,24	0,16	0,19	0,23	0,30	0,30	0,41	0,46	0,71	0,50	0,88	0,41	0,81
OF	1,39	1,64	4,11	4,87	3,54	4,67	4,40	6,01	4,67	7,20	3,58	6,27	2,58	5,18
DP	14,34	16,85	9,43	11,15	8,00	10,57	7,95	10,86	7,63	11,77	7,32	12,82	7,73	15,52
CC	10,43	12,26	9,70	11,47	8,09	10,68	7,62	10,41	8,04	12,41	7,14	12,51	6,91	13,87
LG	2,03	2,39	1,27	1,50	1,05	1,38	0,93	1,27	1,01	1,56	1,01	1,77	0,61	1,22
Co	0,25	0,29	0,17	0,20	0,17	0,23	0,11	0,15	0,21	0,32	0,27	0,47	0,50	1,01
PE	0,16	0,19	0,43	0,51	0,23	0,31	0,66	0,91	1,04	1,60	1,15	2,02	0,76	1,53
ES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,10	1,10	1,50	0,85	1,31	0,78	1,36	0,12	0,23
MR	49,16	57,77	59,17	69,99	65,19	86,07	61,47	83,94	60,20	92,88	53,34	93,45	55,40	111,22
MO	18,97	22,29	13,54	16,01	11,72	15,47	13,75	18,78	14,27	22,02	23,34	40,89	23,33	46,84

**Quadro 4B.** Componentes do custo operacional médio do *forwarder* com depreciação até 2010.

Item	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )	%	(US\$/h <sup>-1</sup> )
JC	1,78	2,26	1,20	1,49	1,03	1,41	0,94	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE	1,27	1,61	0,86	1,07	0,73	1,01	0,76	1,04	0,80	1,12	0,76	1,23	0,81	1,48
Tx	0,19	0,24	0,16	0,19	0,22	0,30	0,30	0,41	0,50	0,71	0,55	0,88	0,44	0,81
OF	1,29	1,64	3,91	4,87	3,39	4,67	4,40	6,01	5,10	7,20	3,90	6,27	2,82	5,18
DP	20,36	25,81	13,73	17,08	11,74	16,18	7,95	16,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CC	9,67	12,26	9,22	11,47	7,75	10,68	7,62	10,41	8,79	12,41	7,78	12,51	7,56	13,87
LG	1,88	2,39	1,21	1,50	1,00	1,38	0,93	1,27	1,11	1,56	1,10	1,77	0,67	1,22
Co	0,23	0,29	0,16	0,20	0,17	0,23	0,11	0,15	0,23	0,32	0,29	0,47	0,55	1,01
PE	0,15	0,19	0,41	0,51	0,22	0,31	0,66	0,91	1,13	1,60	1,25	2,02	0,83	1,53
ES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,10	1,10	1,50	0,93	1,31	0,85	1,36	0,13	0,23
MR	45,58	57,77	56,27	69,99	62,45	86,07	61,47	83,94	65,81	92,88	58,10	93,45	60,64	111,22
MO	17,59	22,29	12,87	16,01	11,23	15,47	13,75	18,78	15,60	22,02	25,42	40,89	25,54	46,84