



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Caio Borges Wand-Del-Rey

**ANÁLISE OPERACIONAL DE HARVESTER EM SISTEMA
DE TORAS CURTAS NO SUL DO ESTADO DA BAHIA**

Prof. Dr. Wilson Ferreira de Mendonça Filho

Orientador

Seropédica - RJ
Junho - 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Caio Borges Wand-Del-Rey

**ANÁLISE OPERACIONAL DE HARVESTER EM
SISTEMA DE TORAS CURTAS NO SUL DO ESTADO DA
BAHIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. Wilson Ferreira de Mendonça Filho

Orientador

Seropédica - RJ
Junho – 2011

ANÁLISE OPERACIONAL DE HARVESTER EM SISTEMA DE TORAS CURTAS NO SUL DO ESTADO DA BAHIA

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 22 de Junho de 2011.

Prof. Wilson Ferreira de Mendonça Filho
UFRRJ/IF/DS
Orientador

Prof. Lucas Amaral de Melo
UFRRJ/IF/DS
Membro

Jorge Mitiyo Maêda
UFRRJ/IF/DS
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Ana Amélia Fernandes Borges Oliveira por todo sacrifício e batalha para eu poder chegar até aqui, ao meu pai Laerte Wand-Del-Rey de Oliveira por todo apoio e carinho de sempre, aos meus queridos irmãos que sempre estão me acompanhando: Lucas, Nilo e Ana Carolina e a Deus por ter me oferecido uma grande família linda e batalhadora. Obrigado tios, primos, avós, vocês são tudo pra mim.

Quero agradecer aos meus amigos de infância que sempre estiveram presentes mesmo com certa distância, mas participaram diretamente dessa grande conquista: Rafael, Rennan e José Vagner.

Agradeço também meus companheiros de alojamento, M2 quartos 221, 222 (Brilha muito) e o 223 que foram minha família nessa longa caminhada: Talles, Tiziu, Sérgio, Capão, Gard, Bicudo, Arthur, John, Gigante, Diego, Hermes, Maicon, aos bixos que chegaram e vão nos suceder por aqui, e ao inseparável companheiro de guerra Baiano.

Complicado falar da família cevadaceae, a turma 2006-I, a melhor de todas. Marrone, Kiko, Joaquim, Ana Helena, Lorenzinho, Gabriel, Natália, Mini-craque, Capixaba, Gabriela, Flávia, a todos, sou muitíssimo grato por todos esses anos de convivência, amizade, estudos, churrascos e inter-períodos ganhos (ganhamos o último novamente, somos penta-campeões agora). Enfim, essa turma participou intensamente da minha vida nesses anos e isso ficará guardado pra sempre. Agradeço em especial a galera do alojamento pelas madrugadas de estudo e conversas fiadas: Danilo, Erick, Melina, Vanessa e Lucas.

Aos muitos amigos e colegas feitos nesses anos de faculdade, à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Instituto de Florestas) por possibilitar tantos ensinamentos e crescimento como cidadão brasileiro. Aos professores e técnicos pela dedicação e esforços prestados para realizarem atividades e tarefas que contribuíram para nossa formação técnica e ética como profissionais qualificados, principalmente ao professor orientador Wilson Ferreira de Mendonça Filho por toda ajuda e paciência nesses meses de pesquisa.

Agradeço ao meu tio Leony Wand-Del-Rey pela dica de cursar Engenharia florestal, a qual sou apaixonado e estou agora concluindo. À minha tia Maria Leide Wand-Del-Rey pela valiosa ajuda de sempre, e ao meu amigo Engenheiro florestal Adriano de Paula Marques pela enorme ajuda nesse trabalho e orientações profissionais.

Aos parceiros nesse trabalho por todo o apoio e por me possibilitarem a realização do mesmo: Manoel Wand-Del-Rey, Ivan Mateus Moura, Dreusffs Bernard e a empresa que esses representam.

Por fim agradeço a minha namorada e companheira Mariana Depollo, muito obrigado por estar sempre comigo, ter muita paciência e me apoiar em todas as ocasiões.

RESUMO

O corte de madeira realizado mecanicamente através de tratores florestais *harvesters* em sistemas de toras curtas nos plantios homogêneos de *Eucalyptus* é uma realidade cada vez mais presente no setor florestal brasileiro. Isso se deve ao fato desses equipamentos apresentarem benefícios como alta produtividade, segurança ao operador e facilidade de acompanhamento operacional.

Para que essas máquinas apresentem um desempenho satisfatório, é necessário um acompanhamento minucioso em seu planejamento operacional e produtividade, de forma a adequar o sistema e as atividades que esses realizam, conseqüentemente aumentando sua eficiência e rentabilidade.

Nessa pesquisa a coleta dos dados foi realizada no Sul do estado da Bahia, região que apresenta relevo plano a levemente ondulado, em povoamentos de clones de *Eucalyptus* com média de 06 anos de idade, 0,19 m³ por árvore, dispostos em espaçamento 3 x 3 metros. Foi realizada visita a campo no intuito de acompanhar as atividades das máquinas e analisar os fatores de intervenção nas operações, determinado através de técnicas de estudo do tempo de trabalho. Foi analisado o comportamento operacional de oito *harvesters* no ano de 2010, quatro da marca Komatsu, sendo (um PC196 cabeçote Valmet 370E, um PC198 cabeçote Valmet 370E, e dois PC200 cabeçote Valmet 370E) e quatro *harvesters* da marca John Deere (três 200C LC cabeçote JD Waratah 270 e um 200D LC cabeçote JD Waratah 270).

Identificou-se que a eficiência operacional dos *harvesters* é afetada por vários fatores de ordem mecânica e operacional, diminuindo significativamente as horas de trabalho efetivo das máquinas. O planejamento operacional é de suma importância para a funcionalidade e manutenção produtiva do sistema, sendo que as paradas operacionais representaram de 8 a 13 % do tempo total disponível do equipamento, e a atividade que mais impactou foram as paradas para inspeção geral, com 68 a 124 horas anuais.

Quanto às paradas de ordem mecânica, o fator que mais impactou o tempo produtivo da máquina foram as paradas devido a consertos do sistema elétrico, representando de 10 a 22 % desse tempo, com perdas de 120 a 236 horas no ano de 2010. Outro fator que representou perdas efetivas ao tempo produtivo do equipamento foram as paradas por conta de espera por mecânico e espera por peças, chegando a apresentar valores de 437 horas anuais em uma máquina-base John Deere.

O somatório destes fatores afetou diretamente o funcionamento e a eficiência operacional dos equipamentos. As máquinas tiveram eficiência operacional de 69 a 78 % do tempo total disponível no ano, que foi de 6138 a 6355 horas. A produtividade média dos equipamentos nesse ano variou de 15,5 a 17,7 m³/hora.

Palavra chave: *harvester*, colheita florestal, análise operacional, tempo produtivo.

SUMMARY

Timber cutting accomplished mechanically through harvesters in cut-to-length systems in the homogeneous plantations of eucalyptus is more and more a reality in the Brazilian forest sector. That is due to the fact of those equipments presents benefits as high productivity, safety to the operator and easiness of operational accompaniment.

So that those machines present a satisfactory acting, it is necessary a meticulous accompaniment in its operational planning and productivity, in way to adapt the system and the activities that those accomplish, consequently increasing its efficiency and profitability.

In that research the collection of the data was accomplished in the South of the state of Bahia, area with flat to very gentle steeps terrain in eucalyptus clone plantation 06 year-old, 0,19 m³ for tree, 198 m³ for hectare, planted in 3 x 3 meters. Visit was accomplished in the field to accompany the activities of the machines and to analyze the intervention factors in the operations determined through time study techniques. The operational behavior of eight harvesters was analyzed in the year of 2010, four Komatsu brand, being (a PC196 harvesting head Valmet 370E, a PC198 harvesting head Valmet 370E, and two PC200 harvesting head Valmet 370E) and four John Deere brand (three 200C LC harvesting head JD Waratah 270 and a 200D LC harvesting head JD Waratah 270).

It was identified that the operational efficiency of the harvesters is affected by several factors of mechanical and operational order, decreasing significantly the effective machines working hours. The operational planning is of highest importance for the functionality and productive maintenance of the system, and the operational stops representing 8 to 13% of the available total time of the equipment, and the activity with more impact was the stops due to the general inspection, with 68 at 124 annual hours.

Regarding to the mechanical order stops, the factor with more impact in machine productive time was the stops due to repairs of the electrical system, representing 10 to 22% of that time, representing losses of 120 at 236 hours in the year of 2010. Another factor that represented effective losses at the productive time of the equipment was the stops due to wait for mechanic and parts, getting to present values of 437 annual hours in a machine-base John Deere.

The junction of these factors affected the operation and the operational efficiency of the equipments directly. The machines had operational efficiency of 69 to 78% of the available total time in the year, representing 6138 to 6355 hours. The medium productivity of the equipments on that year varied from 15,5 to 17,7 m³/hour.

Key word: *harvester*, forest crop, operational analysis, productive time.

SUMÁRIO

Pg

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	1
3. OBJETIVO	3
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
4.1 Descrição do equipamento.....	4
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
5.1 Estudo operacional do <i>harvester</i> Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280106.....	5
5.2 Estudo operacional do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280108.....	11
5.3 Estudo operacional do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280114.....	17
5.4 Estudo operacional do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280118.....	22
5.5 Estudo operacional do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote Jonh Deere Waratah 270. Máquina 280121.....	26
5.6 Estudo operacional do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote Jonh Deere Waratah 270. Máquina 280125.....	31
5.7 Estudo operacional do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote Jonh Deere Waratah 270. Máquina 280129.....	35
5.8 Estudo operacional do <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote Jonh Deere Waratah 270. Máquina 280134.....	40
6. TABELAS RESUMO.....	45
7. CONCLUSÕES	46
8. RECOMENDAÇÕES	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE FIGURAS	pg
Figura 1: <i>Harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270	5
Figura 2: Paralelo entre paradas de ordem mecânica e tempo produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.....	6
Figura 3: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.....	7
Figura 4: Representação das paradas de ordem mecânica do <i>harvester</i> Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.....	8
Figura 5: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 28010.....	9
Figura 6: Representação das paradas operacionais do <i>harvester</i> Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.....	10
Figura 7: Representação dos tempos totais para o <i>harvester harvester</i> Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.....	11
Figura 8: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.....	12
Figura 9: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.....	13
Figura 10: Representação das paradas de ordem mecânica produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.....	14
Figura 11: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.....	15
Figura 12: Representação das paradas operacionais produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.....	16
Figura 13: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.....	17
Figura 14: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.....	18
Figura 15: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.....	18
Figura 16: Representação das paradas de ordem mecânica do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.....	19

Figura 17: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.....	20
Figura 18: Representação das maiores paradas operacionais do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.....	21
Figura 19: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.....	22
Figura 20: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.....	23
Figura 21: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.....	23
Figura 22: Representação das paradas mecânicas do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.....	24
Figura 23: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.....	25
Figura 24: Representação das paradas operacionais do <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.....	25
Figura 25: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.....	26
Figura 26: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.....	27
Figura 27: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.....	27
Figura 28: Representação das paradas de ordem mecânica do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.....	28
Figura 29: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.....	29
Figura 30: Representação das paradas operacionais do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.....	30
Figura 31: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 28012.....	31
Figura 32: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.....	32

Figura 33: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.....	32
Figura 34: Representação das paradas de ordem mecânica do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.....	33
Figura 35: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.....	34
Figura 36: Representação das paradas operacionais do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.....	34
Figura 37: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.....	35
Figura 38: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.....	36
Figura 39: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.....	36
Figura 40: Representação das paradas de ordem mecânica do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.....	37
Figura 41: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.....	38
Figura 42: Representação das paradas operacionais do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.....	39
Figura 43: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> do <i>harvester</i> John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.....	40
Figura 44: Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.....	41
Figura 45: Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.....	41
Figura 46: Representação das paradas de ordem mecânica do <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.....	42
Figura 47: Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.....	43
Figura 48: Representação das paradas operacionais do <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.....	44
Figura 49: Representação dos tempos totais para o <i>harvester</i> John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.....	45

LISTA DE TABELAS

	pg
Tabela 1: Maior parada de ordem mecânica, maior parada de ordem operacional, tempo produtivo e eficiência operacional das máquinas Komatsu.....	45
Tabela 2: Maior parada de ordem mecânica, maior parada de ordem operacional, tempo produtivo e eficiência operacional das máquinas John Deere.....	46

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 60, o setor florestal brasileiro recebeu inúmeros estímulos, principalmente financeiros através da política governamental de programas de incentivos fiscais, cujo objetivo era aumentar a produção de florestas plantadas de crescimento rápido e diminuir a pressão sobre os recursos naturais, especialmente as florestas nativas. Com os avanços silviculturais proporcionados por esse contexto, foi possível a implementação de povoamentos florestais distribuídos pelo país, principalmente pelas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, tornando o setor florestal nacional mais tecnificado e eficaz.

Segundo Freitas (2005), a crescente demanda pelos produtos florestais incentivou as empresas a investirem no planejamento integrado do processo produtivo, aumentando a competitividade. Neste tocante a colheita florestal tornou-se uma das atividades agregadas na produção de produtos florestais mais importantes, visto que é o setor que apresenta os maiores custos de produção final do processo.

No Brasil, inicialmente a indústria começou a produzir máquinas de porte médio e leve, entre elas as motosserras profissionais, o uso de pequenos tratores agrícolas para o arraste de toras e os rudimentares carregadores florestais. (MALINOVSKI e MALINOVSKI 1988).

Na atualidade são utilizadas máquinas com cabeçote de corte e acumulador (*Feller-Buncher*), que permitem fazer feixes de árvores para o posterior arraste, e máquinas com cabeçote de corte processador (*Harvester*), que deixam as toras prontas para o carregamento, sendo cada dia mais frequentes nos povoamentos florestais. Portanto, a mecanização passou a ser um dos pontos mais importantes da colheita florestal, já que seu custo de operação interfere diretamente no valor do m³ de madeira levado a processamento em fábrica (50 % a 60 %). Logo, os sistemas de colheita florestal sofreram várias alterações e sistematizações, visando se enquadrarem operacionalmente nas variáveis das empresas florestais que se seguem: financeiro, grau de mecanização, qualificação profissional, relevo e povoamento florestal. (MARQUES, 2010).

Devido ao alto custo de aquisição e manutenção dessas máquinas, é essencial um acompanhamento sistemático da sua operacionalidade. No Brasil ainda não existem testes padrões para nossas condições, ficando a caráter das empresas e de seus técnicos a avaliação da operacionalidade de suas máquinas. Segundo Andrade (1998) a prática dos estudos de tempos e movimentos é essencial para otimização e planejamento da colheita florestal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Mendonça Filho (2000), em várias partes do país está cada vez mais frequente o surgimento de modernas máquinas denominadas colheitadeiras florestais (*ou harvester*), que são capazes de cortar, desgalhar, descascar, traçar, destopar, e algumas até fazer o baldeio das toras.

O uso desse equipamento vem trazendo uma expressiva mudança no cenário da exploração florestal. Seu principal benefício é a velocidade de trabalho, substituindo o uso de motosserras, e do *Feller-Buncher*, que apesar de cortar e empilhar as árvores, não adiantava o processo já que a velocidade de desgalhamento, descascamento, toramento

e destopamento das árvores não acompanhava o volume de madeira cortado pelo mesmo. Portanto, as colheitadeiras surgem como uma solução interessante na indústria florestal, graças a sua capacidade “multitarefa”, alta produtividade e eficácia no seu controle e na observação de fatores operacionais.

Segundo Mendonça Filho (2000) as colheitadeiras florestais além de apresentar grandes diferenças em sua construção em relação ao fabricante e seu uso final, são compostas basicamente por três conjuntos: o de corte e/ou processamento, o de posicionamento da cabeça de corte e processamento e o de movimentação. Algumas variações podem ocorrer como a divisão do conjunto de corte e processamento em dois segmentos e o surgimento do conjunto de carga, quando a madeira é também transportada além de processada. De acordo com o mesmo autor, são as características de cada um:

- O de corte e processamento é o que derruba a árvore e posteriormente corta a copa, desgalha e traça a madeira. O corte propriamente dito pode ser feito por lâminas de corte ou correntes semelhantes às usadas nas motosserras.
- O conjunto de posicionamento é composto por um braço, acionado hidráulicamente, que coloca a cabeça de corte e processamento rente a árvore a ser cortada e processada.
- O de movimentação é responsável por movimentar e sustentar os conjuntos de corte e de posicionamento, podendo ser sobre esteiras ou rodados.

O sistema de toras curtas (*cut-to-length*), no país, é amplamente usado na colheita do *Eucalyptus*. Malinovski et al. (2002) relatam que nesse sistema a árvore é processada no local de corte, sendo posteriormente baldeada para a margem da estrada ou pátio provisório em forma de toras pequenas, com até seis metros de comprimento.

Segundo Bramucci (2001), em relação ao sistema de colheita de toras curtas, o harvester é a máquina principal utilizada na derrubada e processamento, que consiste no desgalhamento, toramento pré-determinado e em alguns casos no descascamento das árvores.

Para cada tipo de situação no campo, deve-se verificar qual o tipo de equipamento necessário, de simples cortadores direcionais a colheitadeiras florestais modernas. Esses equipamentos são itens caros e merecem o devido acompanhamento no que diz respeito à manutenção e operação. (MENDONÇA FILHO, 2000). Conclui-se que tais equipamentos devem ser devidamente acompanhados através de testes sistemáticos, os quais mostrarão seu rendimento e sua eficácia na operação do corte da madeira.

Conhecer o comportamento da produtividade das máquinas florestais para as diversas situações de operação é uma valiosa informação usada como ferramenta de trabalho na escolha e quantificação das máquinas necessárias para uma atividade mecanizada. (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 1998).

Burla (2008) diz que na atividade de colheita de madeira com *harvester* há uma diferença de produtividade em relação às variações das condições das florestas, sendo diferentes características para cada empresa.

Segundo Simões e Fenner (2010) é imperativo a prática de estudos a respeito das variáveis que influenciam a produtividade da colheita de madeira, objetivando o decréscimo dos custos e a eficiência operacional. O apontamento dessas variáveis pode ser obtido através de estudos específicos que permitam estimar a produtividade, resultando em ferramentas que podem ser usadas numa avaliação mais precisa do processo produtivo.

A eficiência operacional do *harvester* está intrinsecamente ligada ao tamanho da árvore, já que à medida que diminui-se o volume desta, o rendimento operacional também decai. (AKAY et al, 2004).

De acordo com Andrade (1998), o estudo de tempos e movimentos é uma das técnicas utilizadas para planejar e otimizar a operação da colheita florestal. O método de cronometragem pode ser utilizado para medição do tempo gasto e indicar os ciclos operacionais, pois com esse método determina-se o tempo e as atividades parciais que fazem parte da operação. De forma conjunta, faz-se o estudo dos movimentos, o qual tem finalidade de proporcionar condições mais propícias para o andamento da operação.

3. OBJETIVO

Analisar a operacionalidade de *harvesters* das marcas John Deere e Komatsu determinando os fatores que interferem no planejamento operacional e no tempo produtivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta dos dados foi realizada na região Sul do estado da Bahia, através de uma empresa do ramo de papel e celulose que atua nesta região, no Norte do Espírito Santo e Minas Gerais, em povoamentos compostos por clones de espécies do gênero *Eucalyptus* dispostos num espaçamento de 3 x 3 metros, com média de 0,19 m³ por árvore e 6 anos de idade no ano de 2010.

A região do Extremo Sul baiano possui relevo plano a levemente ondulado, clima quente e úmido com 1 a 2 meses secos. Sua temperatura média anual está entre 22 a 24°C. As temperaturas absolutas máximas e mínimas chegam a 38 e 8°C, respectivamente. O solo varia entre latossolo amarelo distrófico e vermelho-amarelo distrófico e a pluviosidade anual, entre 1.500 e 1.750 mm.

Os dados dos tempos utilizados nessa pesquisa foram cronometrados e anotados diariamente pelos funcionários da empresa durante todo o ano de 2010 para cada operação realizada dentro de seu sistema de acompanhamento, em conjunto com visita a campo para visualizar as atividades das máquinas.

Através do método de cronometragem descreveu-se quanto tempo foi despendido em paradas operacionais, que é qualquer tipo de atividade que intervenha no tempo produtivo da máquina relacionado à sua operação; paradas de ordem mecânica (intervenções no tempo produtivo do equipamento relacionado a reparos mecânicos) e tempo produtivo das máquinas (tempo que a máquina efetivamente trabalhou). A partir desses dados foi feito um estudo quanto aos tipos de intervenções e quanto tempo foi inutilizado por conta das maiores paradas, no intuito de gerar um estudo que possa mostrar um pouco sobre o estado das máquinas e a operacionalidade das mesmas.

Foram analisadas no estudo, um total de oito máquinas, sendo quatro *harvesters* da marca Komatsu (um PC196 cabeçote Valmet 370E, um PC198 cabeçote Valmet 370E, e dois PC200 cabeçote Valmet 370E) e quatro *harvesters* da marca John Deere (três 200C LC cabeçote JD Waratah 270 e um 200D LC cabeçote JD Waratah 270).

4.1-DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O *harvester* (Figura 1) é um trator chamado de colhedor ou processador florestal, que possui um conjunto automotriz de alta estabilidade e boa mobilidade, sua finalidade é cortar e processar árvores no interior da floresta. Seus rodados podem ser com esteiras ou pneus em *tandem*. No mercado existem inúmeras marcas e modelos. Atualmente as empresas florestais têm adotado os rodados de esteira, pois exercem menor pressão no solo, diminuindo sua compactação mecânica devido ao trabalho dessas máquinas. Alguns modelos podem ser adaptações de retroescavadeiras. Sua cabina é fechada, com sistema de condicionador de ar e proteção adequada contra queda de galhos e árvores. A estrutura da cabina permite uma movimentação de 180 graus de giro e bom campo de visão, facilitando o trabalho do operador. O cabeçote de múltiplas funções é acoplado ao braço hidráulico da retroescavadeira. Esse acoplado à estrutura da retroescavadeira é conhecido como trator *Harvester*. A altura máxima e o alcance do braço hidráulico articulado são com movimentos telescópicos em alguns modelos. (MACHADO, 2008)

O mesmo autor descreve que o cabeçote é formado de braços acumuladores (prensos), cuja finalidade é segurar e levantar a árvore após o corte. Este é realizado por um sabre, uma serra ou um disco. Após ser cortada, a árvore é posta na horizontal e é movimentada numa estrutura metálica de corte para a esquerda e para a direita, de forma que descasque e desgalhe a árvore. Após esse processo, inicia-se a toragem e o empilhamento de acordo com a finalidade da madeira. Esse tipo de trator possui a movimentação e acionamento dos dispositivos do cabeçote realizados pelo operador através de um *joystick*.

Alguns modelos possuem sistema de informação que registra o volume de madeira processada no período de trabalho. Existem variações na potência do motor de acordo com os modelos disponíveis entre 70 e 170 kw e o peso total entre 8,5 e 16,5 toneladas. Este trator florestal vem sendo bastante usado em povoamentos florestais de alta produtividade. (MACHADO, 2008).



Figura 1 *Harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270. Fonte: arquivo pessoal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Estudo operacional do harvester Komatsu Pc196 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280106.

Foram somados todos os tempos gastos com cada operação da máquina durante o ano de 2010. Esse tempo foi dividido em três partes: paradas operacionais, paradas de ordem mecânica e tempo produtivo. Foi feito um paralelo entre o tempo despendido com paradas de ordem mecânica e tempo produtivo, mostrando uma forte ligação entre essas, ou seja, quanto maior o tempo gasto com paradas de ordem mecânica, menor o tempo produtivo e quanto menor o tempo gasto por essas paradas, maior o tempo produtivo, salvo uma situação específica (Figura 2). Esta relação é explicada através do teste de correlação de Pearson (r) ao nível de 5 % de probabilidade.

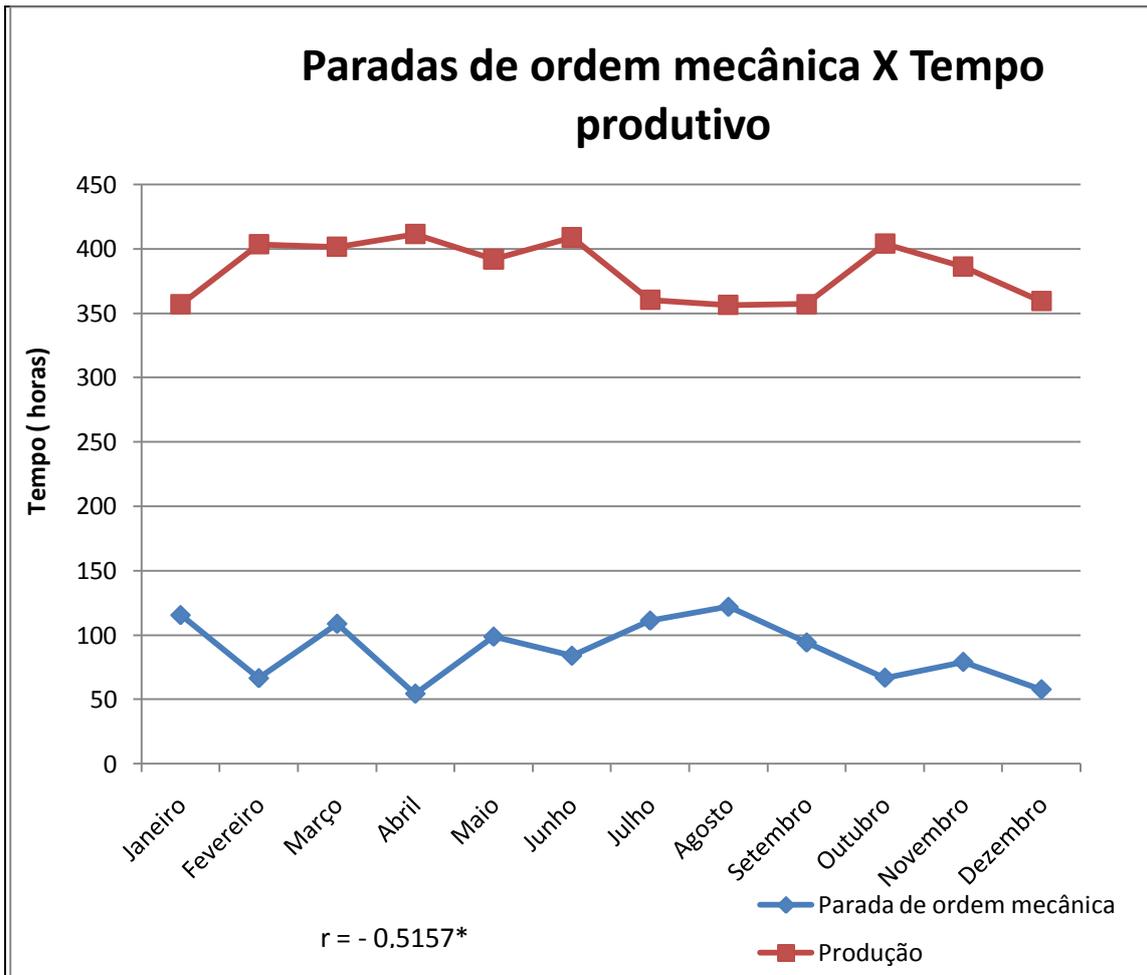


Figura 2 Comparação entre paradas de ordem mecânica e tempo produtivo do *harvester* Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106. * - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Foram 24 as atividades descritas pela empresa como paradas de ordem mecânica: consertos a cabine, pinos e buchas, ponta de sabre, reservatório de água, rotator/biela, grua, estrutura, mangueiras, cilindros, cilindro do rolo, conjunto de corte, melhoria do equipamento, sistema de ar condicionado, sistema de arrefecimento, sistema hidráulico, sistema elétrico, sistema de escapamento, sistema de alimentação, sistema de rodas, serviços de solda, reparos no motor, aguardando peça, aguardando mecânico e manutenção de facas. Dessas atividades dentro das paradas de ordem mecânica, foram analisadas as 10 que apresentaram os maiores tempos gastos, representando 85,9 % do tempo total de paradas mecânicas. As 14 demais operações tiveram impactos irrelevantes, somando juntas 14,1 % do total (Figura 3).

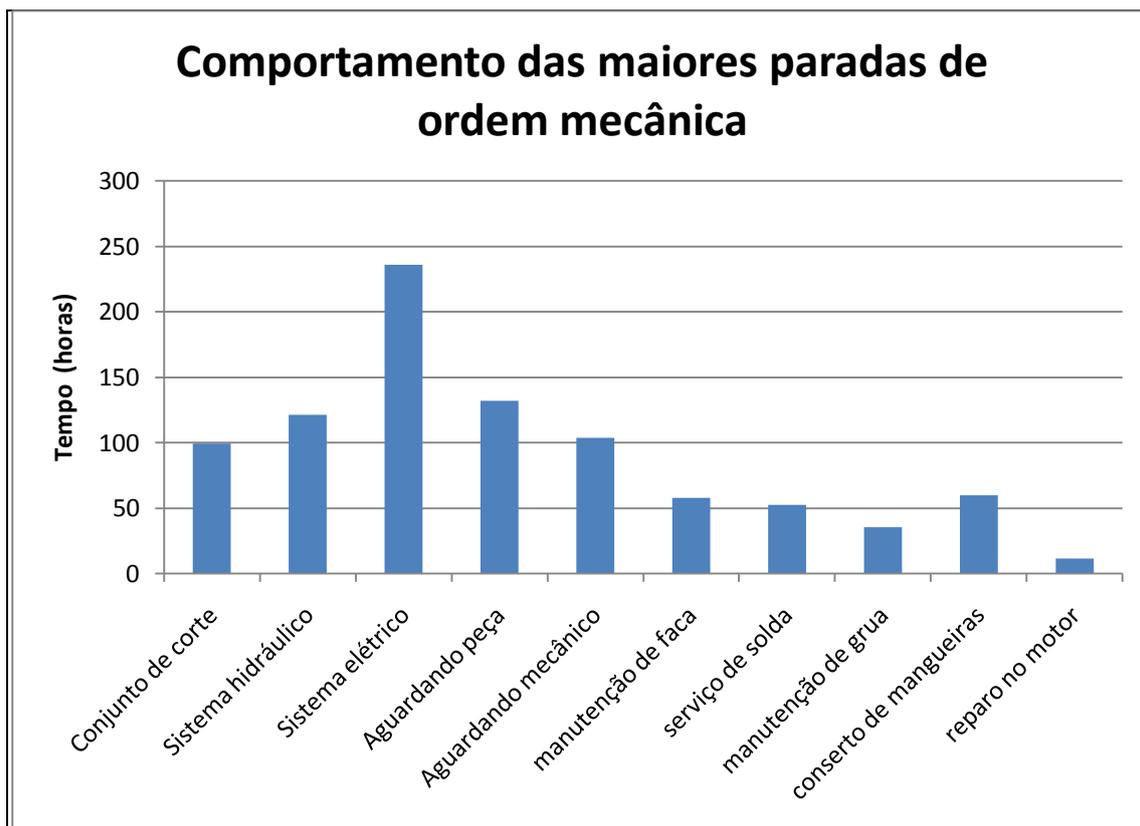


Figura 3 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.

Verificou-se que as ações mais impactantes foram as de conserto ao sistema elétrico com 236 horas no ano, aguardando peça (132 horas), sistema hidráulico (112 horas), aguardando mecânico (103 horas) e conjunto de corte com 100 horas. Essas paradas representaram 22 %, 13 %, 11 %, 10 % e 9 % respectivamente (Figura 4). É importante verificar a possibilidade de melhora no sistema elétrico dessa máquina, pois somente ele foi responsável por 3,8 % das 6271 horas disponíveis desse equipamento no ano de 2010. Interrupções como aguardando mecânico e aguardando peça devem ser minimizadas ao máximo no planejamento da máquina, seja por uma melhor elaboração de logística de peças e mecânicos, seja pela contratação de mão de obra qualificada se possível, seja pelo estoque estratégico das peças que quebram com maior frequência.

Representação das paradas de ordem mecânica

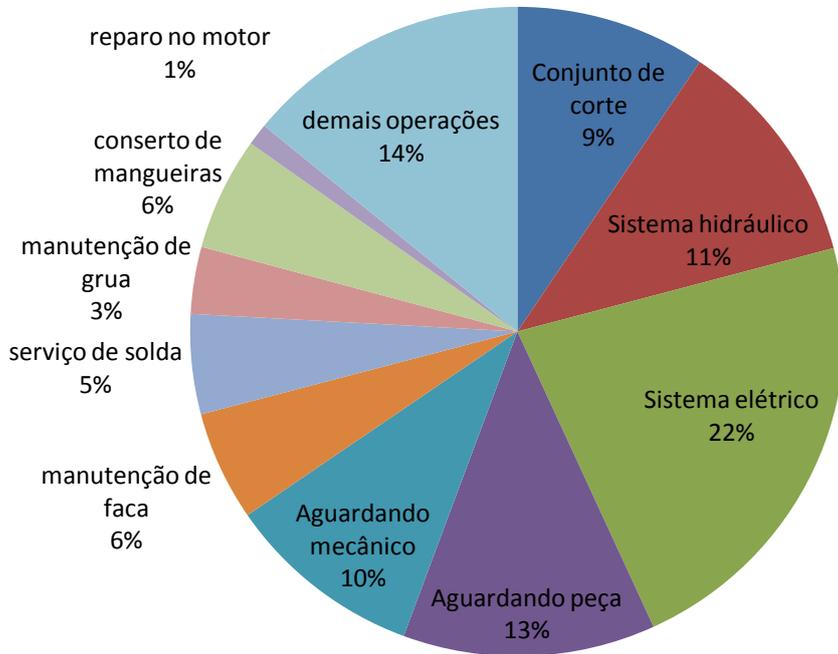


Figura 4 Representação das paradas de ordem mecânica do *harvester* Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.

Quanto às paradas operacionais, foram 22 as operações listadas pela empresa: diálogo de segurança, falta de frente, falta operador, aguardando prancha, ginástica laboral, monitoramento, parada administrativa, reunião, parada por decisão da gestão, treinamento, apoio operacional, transporte do equipamento, trânsito do equipamento, limpeza do equipamento, inspeção geral, troca de turno, aguardando combustível, lubrificação, reaperto/regulagem, abastecimento, visita e chuva. Foram analisadas as doze que apresentaram os maiores tempos despendidos, representando 91,4 % do tempo total perdido. As dez operações restantes somadas atingiram 9,6 % do total. Foi analisado o tempo gasto com cada um dos 12 fatores operacionais que causaram maiores perdas de tempo no ano de 2010 (Figura 5).

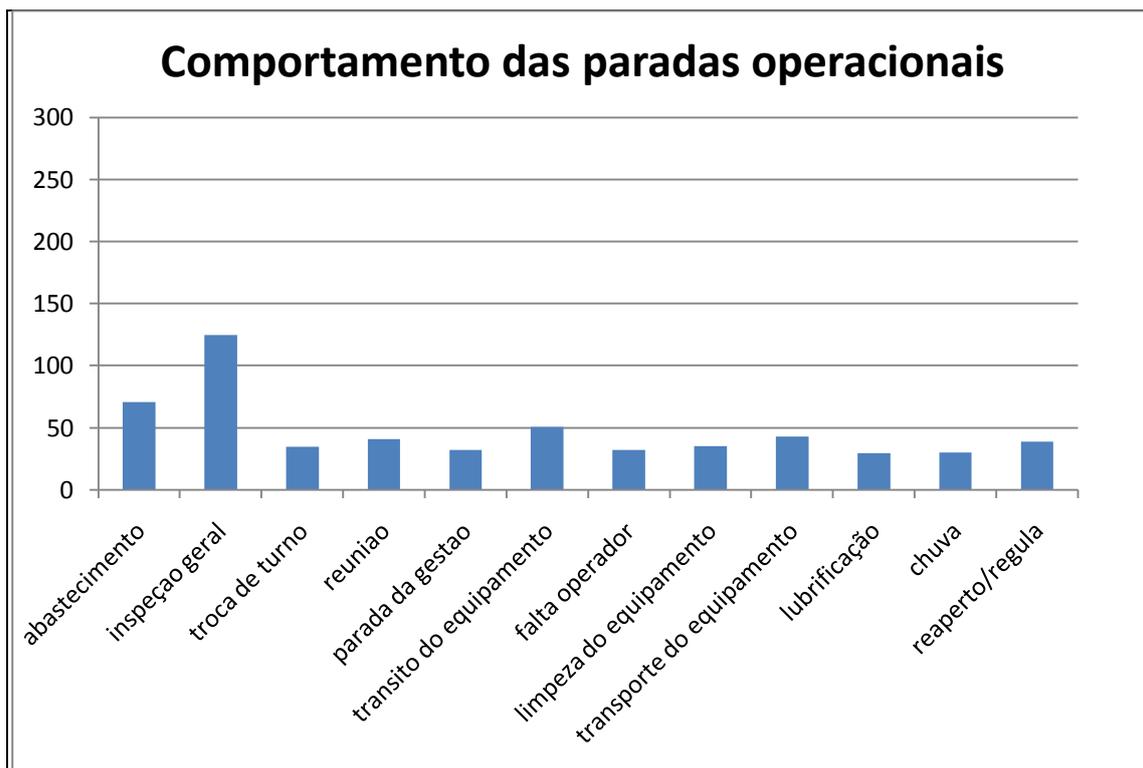


Figura 5 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do *harvester* Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.

Verificou-se que os maiores tempos foram gastos em inspeção geral com 124 horas no ano, abastecimento (70 horas), trânsito do equipamento (50) horas, transporte do equipamento (43) horas. Essas paradas representaram respectivamente 20 %, 11 %, 8 %, 7 %, como observado na Figura 6. Deve-se analisar a necessidade dessas horas paradas por motivo de inspeção geral. Se for possível, a inspeção geral deve ser feita antes ou após os turnos de serviço, excetuando-se as horas produtivas da máquina, ação que aumentaria seu tempo produtivo e conseqüentemente sua produção.

Paradas como reunião (41 horas) e paradas por decisão da gestão (38 horas), devem ser evitadas ao máximo durante o tempo produtivo da máquina. Interrupções como transporte do equipamento e trânsito do mesmo estão diretamente ligadas à logística de corte das áreas, fazendo parte do planejamento estratégico, cabendo à gestão analisar se existe alguma forma de minimizar essas perdas.

Representação das paradas operacionais

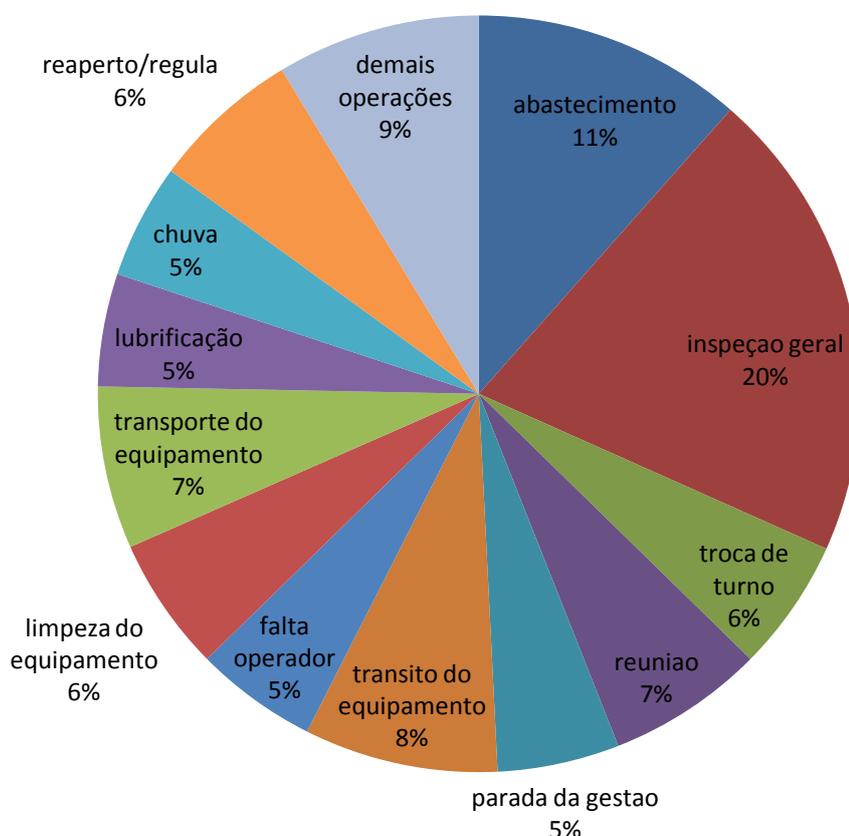


Figura 6 Representação das paradas operacionais do *harvester* Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.

Após a divisão desses tempos nas análises anteriores, foi feito um somatório de todas as horas em cada uma das três operações citadas acima em relação ao tempo total da máquina no ano de 2010. O tempo produtivo, que a máquina efetivamente trabalhou, ou seja, sua eficiência operacional foi de 73 %, o de parada por ordem mecânica foi de 17 % e parada operacional (10 %) (Figura 7). Visto que essas porcentagens estão relacionadas num horizonte de 6271 horas anuais, as paradas operacionais representam 616 horas e paradas mecânicas 1057 horas. Portanto, uma possível diminuição nessas horas através dessa análise operacional pode representar ganhos expressivos na operação de corte da empresa, visto que a produtividade média dessa máquina foi de 17,1 m³/hora. Daí a importância desse tipo de estudo. Para efeito de comparações é importante citar que o horímetro dessa máquina registra 22507 horas trabalhadas.

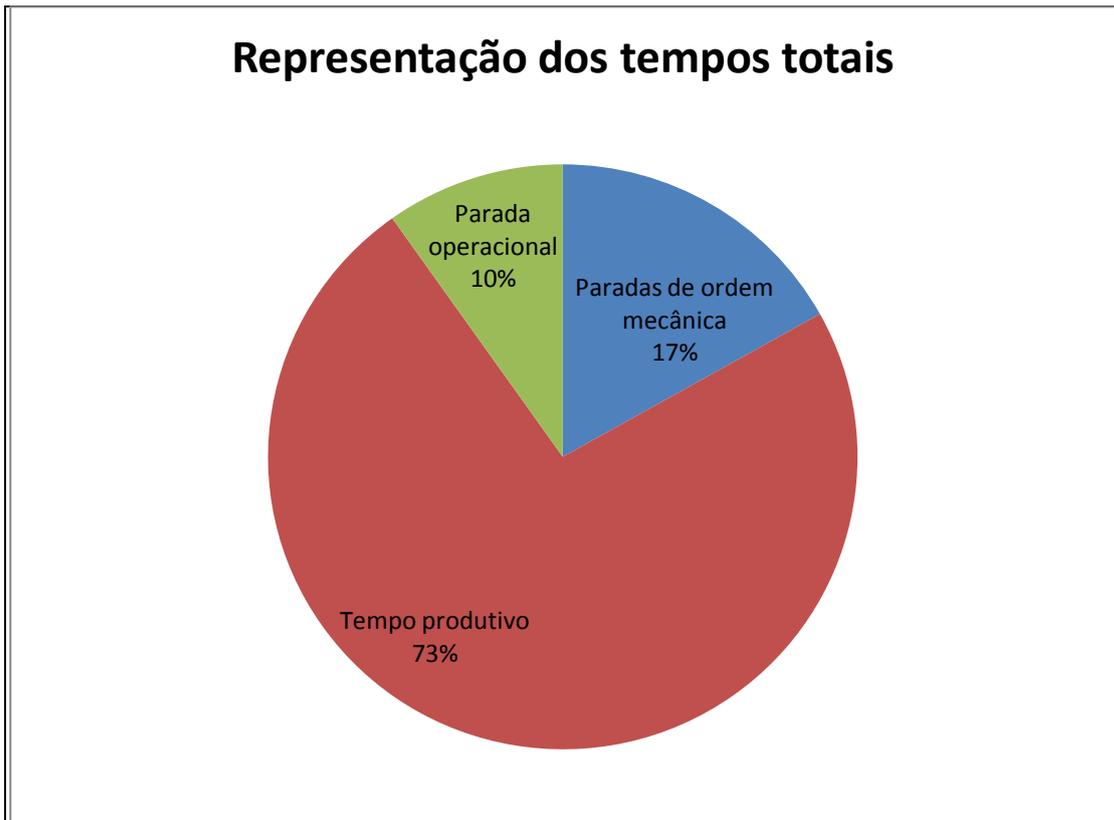


Figura 7 Representação dos tempos totais para o *harvester harvester* Komatsu PC196 cabeçote Valmet 370E, máquina 280106.

5.2- Estudo operacional do harvester Komatsu Pc198 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280108.

Foi usada a mesma metodologia da máquina anterior para analisar a operacionalidade deste equipamento. A ligação entre as paradas de ordem mecânica também se apresentam fortemente relacionadas ao tempo produtivo de forma inversamente proporcional, como representado abaixo (Figura 8). Essa correlação é explicada pelo teste de Pearson, sendo significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

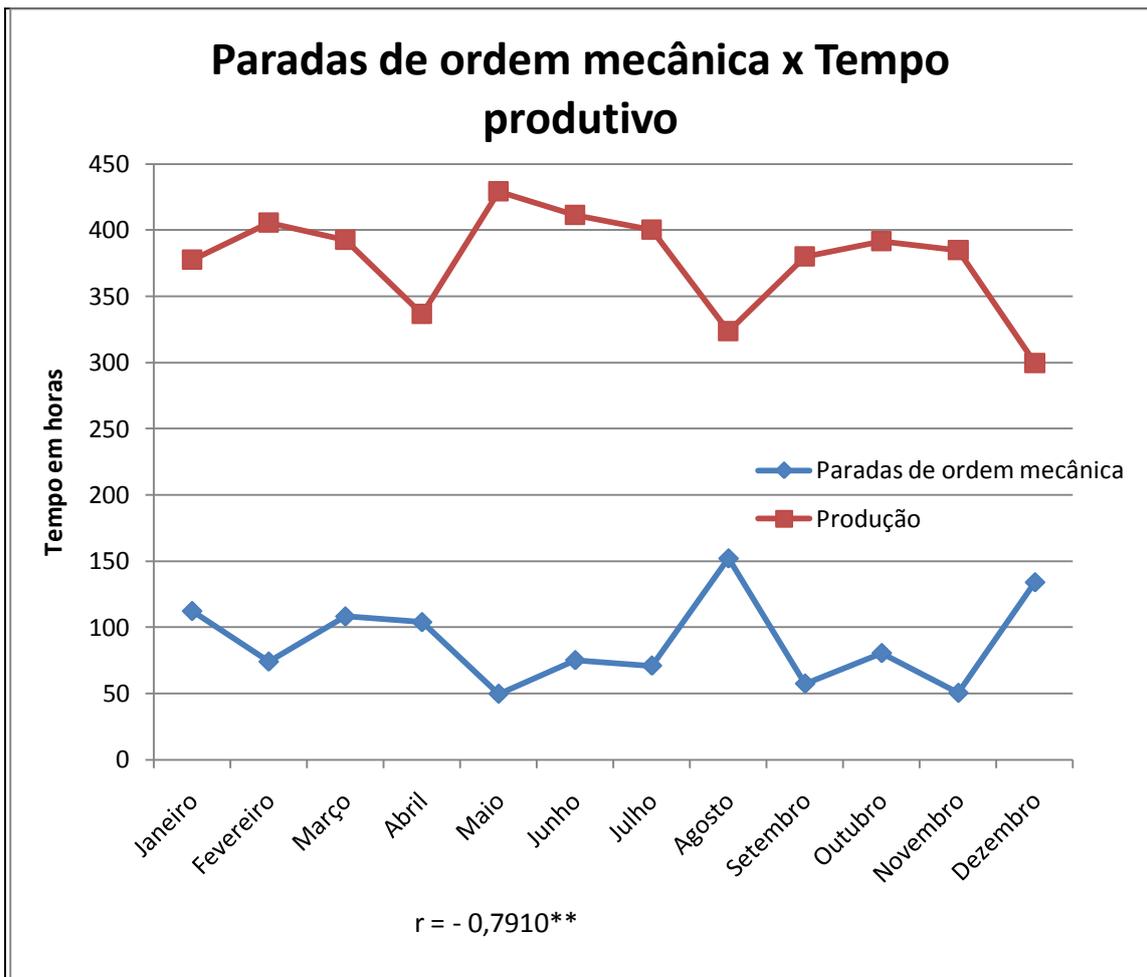


Figura 8 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108. ** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Da mesma forma, das 24 operações dentro das paradas de ordem mecânica, foram listadas as 10 que apresentaram os maiores tempos gastos, representando 82,8 % desse tempo total. As outras 14 operações tiveram impactos irrelevantes, somando juntas 17,2 %. Foi analisado o comportamento desses tempos no ano de 2010 (Figura 9).

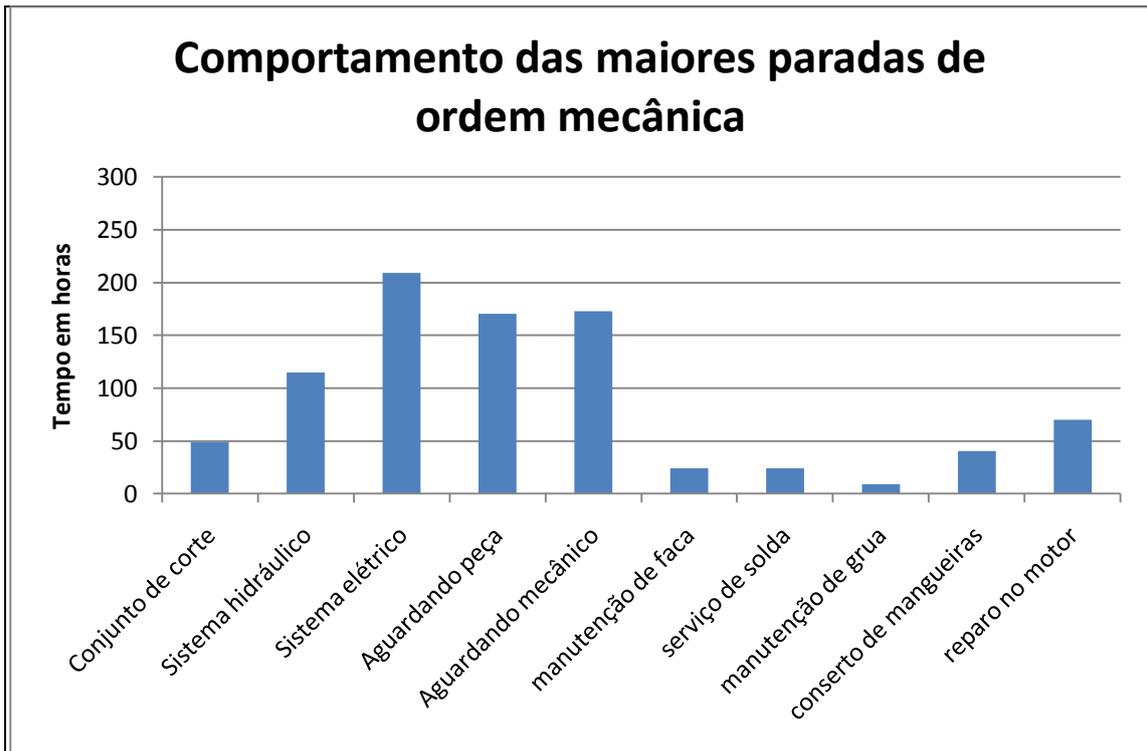


Figura 9 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo produtivo do *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.

Verificou-se que o maior atraso foi ocasionado pelo sistema elétrico com 210 horas no ano, aguardando mecânico (173 horas), aguardando peça (170 horas), sistema hidráulico (115 horas) e reparo no motor (70 horas). Representando 20 %, 16 %, 16 %, 11 % e 6 %, respectivamente (Figura 10). Como visto na máquina anterior, o sistema elétrico foi novamente o maior ocasionador de interrupções no tempo produtivo da máquina, fazendo valer uma análise criteriosa junto ao sistema elétrico das máquinas-base Komatsu, já que essas estão apresentando grandes problemas nesse sistema. As paradas de espera às peças e mecânicos estão relacionadas à gestão e logística de trabalho, como dito anteriormente.

Representação das paradas de ordem mecânica

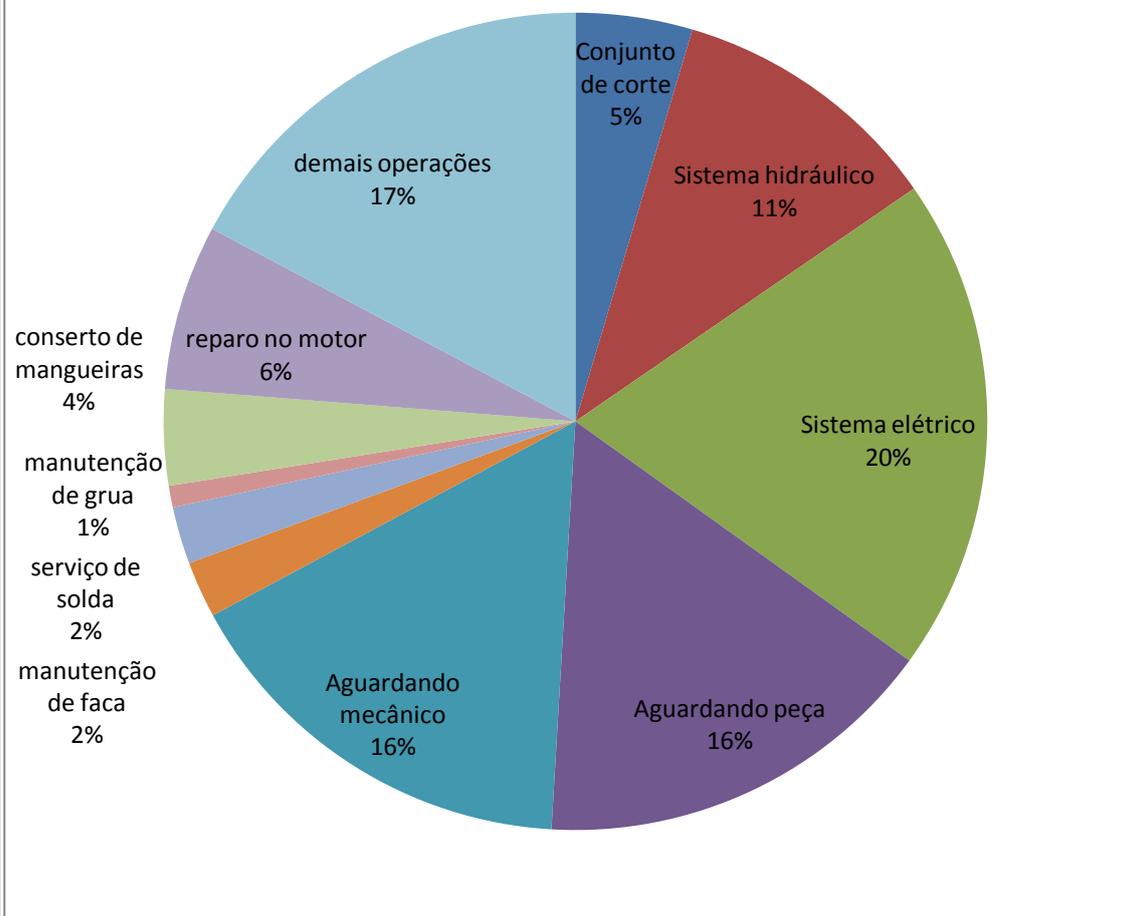


Figura 10 Representação das paradas de ordem mecânica produtivo do *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.

Da mesma forma que na máquina anterior, foi analisado o comportamento das paradas operacionais com maior perda de tempo (Figura 11), representando 92,1 % do tempo total dessas paradas. As demais paradas somadas atingiram 7,9 % do total.

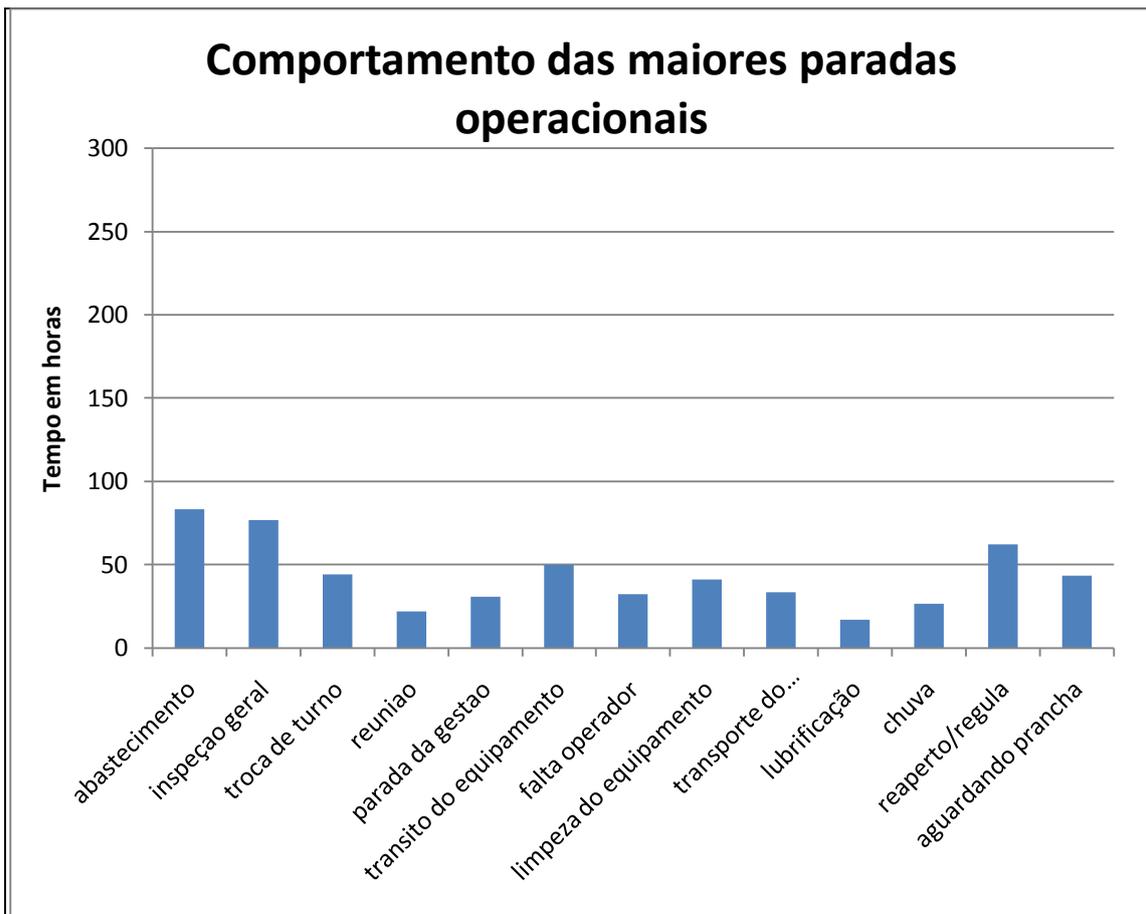


Figura 11 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo produtivo do *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.

Foi verificada nessa análise, que as maiores paradas interrompendo as atividades produtivas foram devido ao abastecimento com 83 horas, inspeção geral com 76 horas, reaperto e regulagem com 62 horas, trânsito do equipamento com 50 horas e troca de turno com 44 horas. Essas paradas representaram 13 %, 12 %, 10 %, 8 % e 7 % do tempo total de paradas operacionais, respectivamente (Figura 12). Das máquinas-base komatsu essa foi a que apresentou o maior tempo despendido com abastecimento, podendo ser um indicativo de que a máquina esteja consumindo mais combustível do que o normal, sendo que a mesma apresenta um horímetro registrando 18291 horas trabalhadas e produtividade média de 16,5 m³/hora.

A análise da inspeção geral vale a mesma da máquina anterior, assim como as interrupções causadas por decisão da gestão, reunião, transporte, trânsito do equipamento e aguardando prancha, que devem ser evitadas conforme um planejamento logístico mais preciso. A operação de aperto e regulagem foi bem expressiva nessa máquina (62 horas), também sendo a maior entre as máquinas-base komatsu.

Representação das paradas operacionais

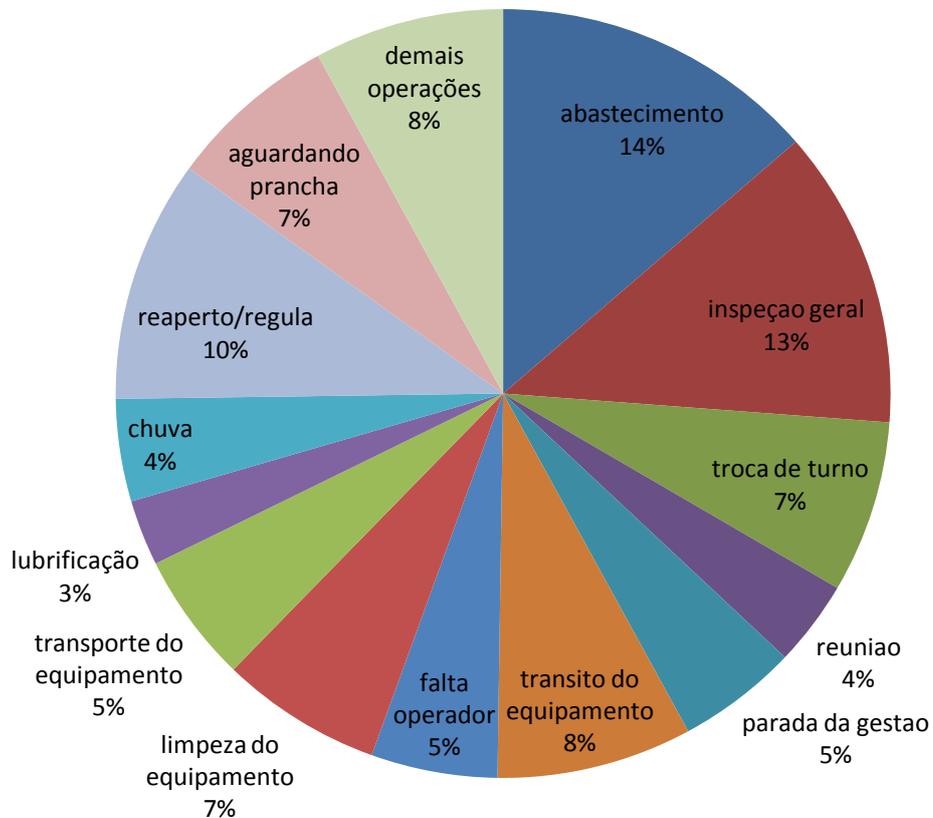


Figura 12 Representação das paradas operacionais do *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.

Após todas as análises foi separado o tempo total da máquina no ano de 2010 para cada uma das três operações descritas no estudo. A eficiência operacional dessa máquina foi de 73 %, as paradas de ordem mecânica representaram 17 % e paradas operacionais (10 %), assim como na máquina anterior (Figura 13). O tempo total dessa máquina foi de 6213 horas, com perdas de tempo de ordem mecânica representando 1069 horas, paradas operacionais 611 horas e tempo produtivo de 4533 horas.

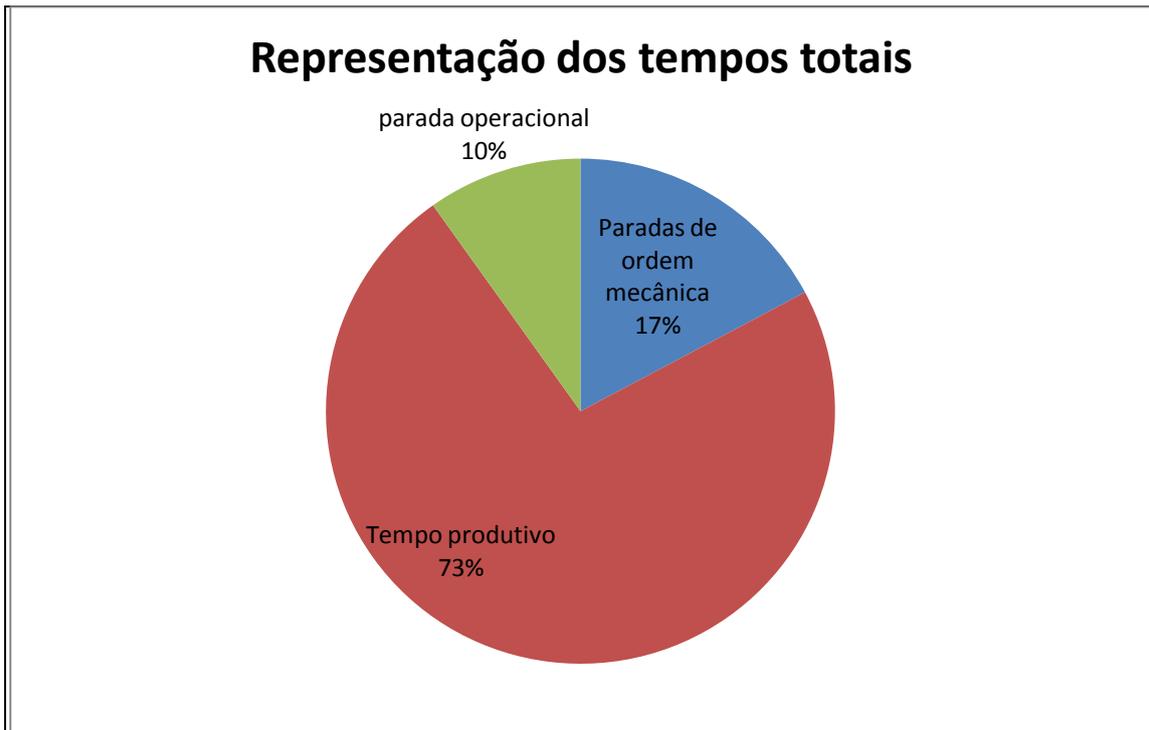


Figura 13 Representação dos tempos totais para o *harvester* Komatsu PC198 cabeçote Valmet 370E, máquina 280108.

5.3- Estudo operacional do harvester Komatsu Pc200 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280114.

Seguindo a mesma metodologia, foi comparado o tempo produtivo dessa máquina com o tempo gasto em paradas de ordem mecânica, representando a mesma tendência verificada anteriormente (Figura 14). O teste de correlação de Pearson explicou a ligação entre as paradas de ordem mecânica e o tempo produtivo dessa máquina, sendo significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

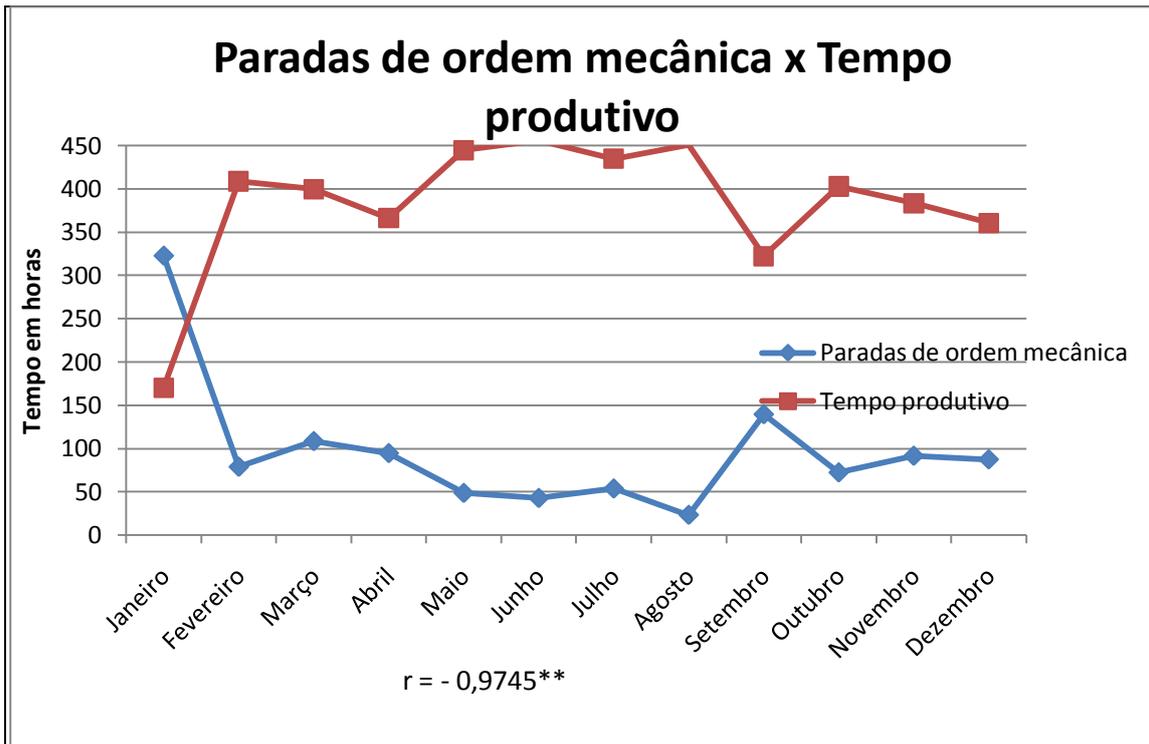


Figura 14 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114. ** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Foram separadas as 10 maiores paradas de ordem mecânica, representando 87 % do total das interrupções por ordem mecânica e analisado o seu comportamento no ano de 2010 (Figura 15). Essa máquina apresentou um comportamento diferente de todas as máquinas no mês de janeiro, pois as horas de reparos mecânicos foram maiores do que o tempo produtivo da mesma. O fato se deve ao problema no motor, que teve um peso de 282 horas da máquina parada nesse mês por conta de reparos no mesmo.

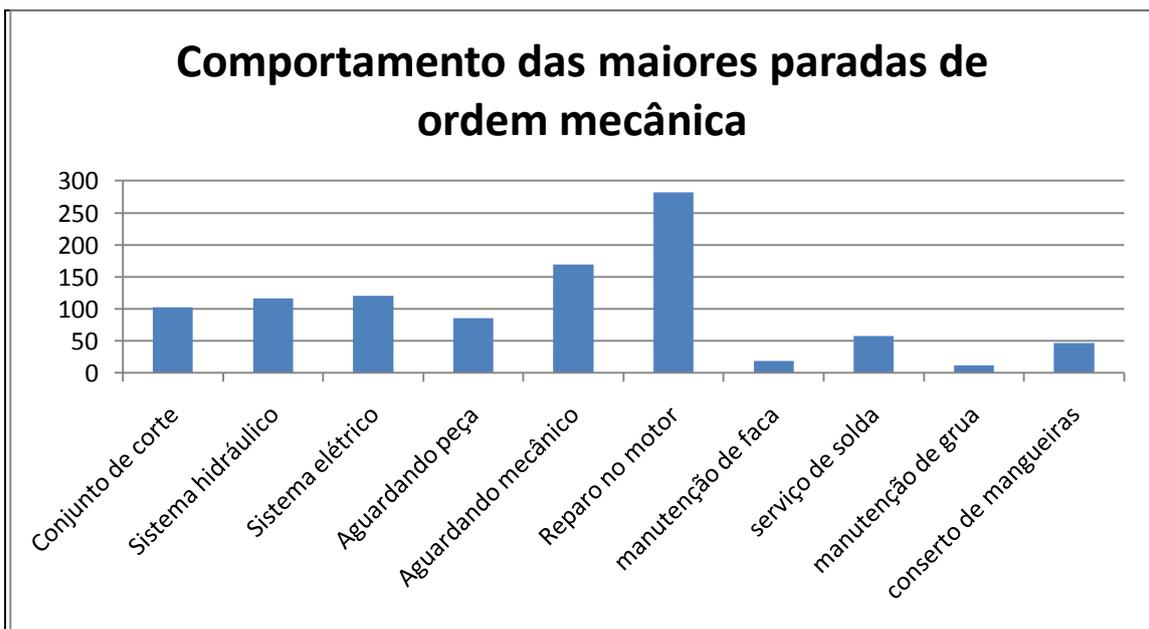


Figura 15 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.

Foi constatado que a maior parada desse equipamento se deve aos reparos no motor com 282 horas no ano, representando sozinha 24 % de todas as paradas mecânicas, devendo ser analisado especificamente o que está ocorrendo em seu motor. Essa atividade representou uma perda de tempo altíssima no mês de janeiro e perdas pequenas, mas constantes, pelo resto do ano. A segunda maior interrupção foi devido à espera de mecânico e depois o sistema elétrico, representando 15 % e 10 % respectivamente (Figura 16).

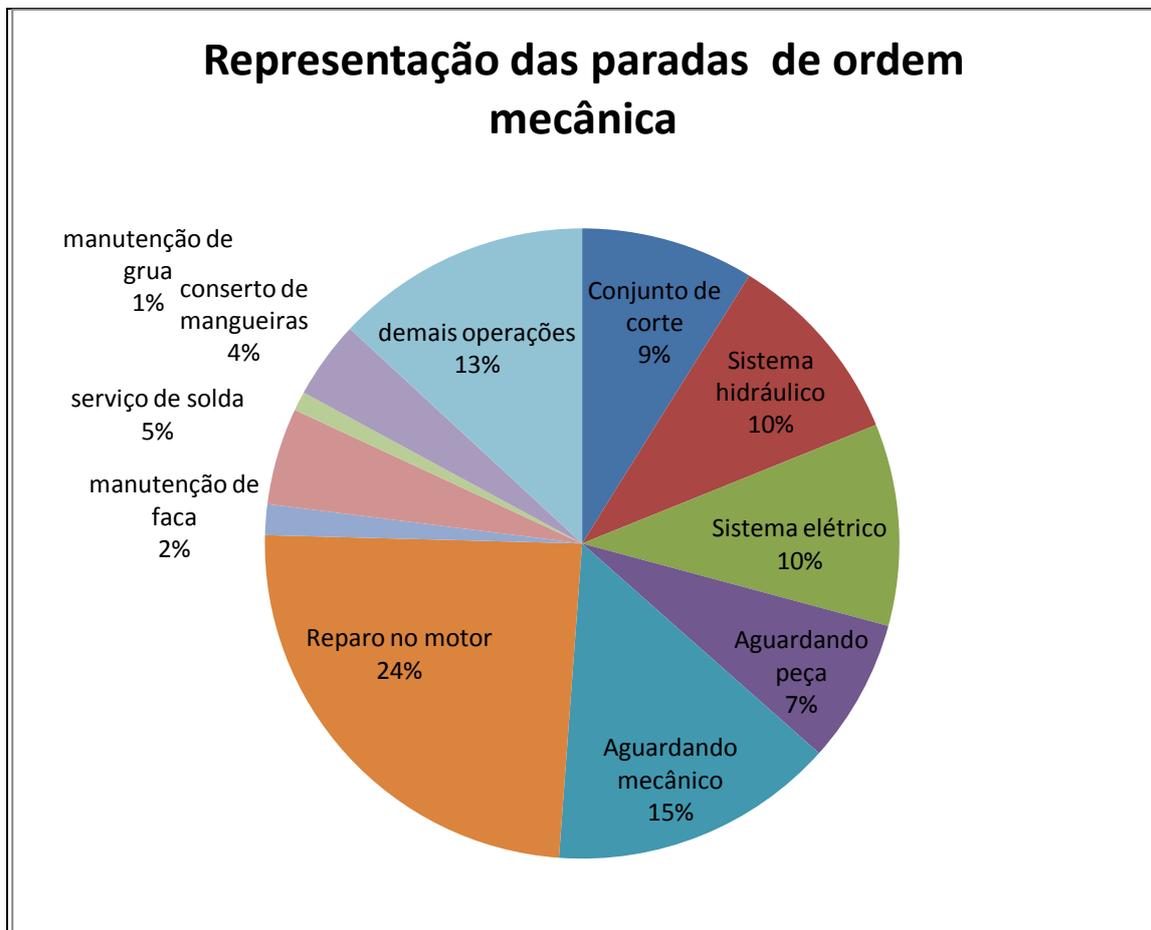


Figura 16 Representação das paradas de ordem mecânica do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.

Foram analisadas as 14 paradas operacionais com maiores perdas de tempo desse equipamento através de seu comportamento no ano de 2010, representando 81 % do tempo total dessas operações (Figura 17).

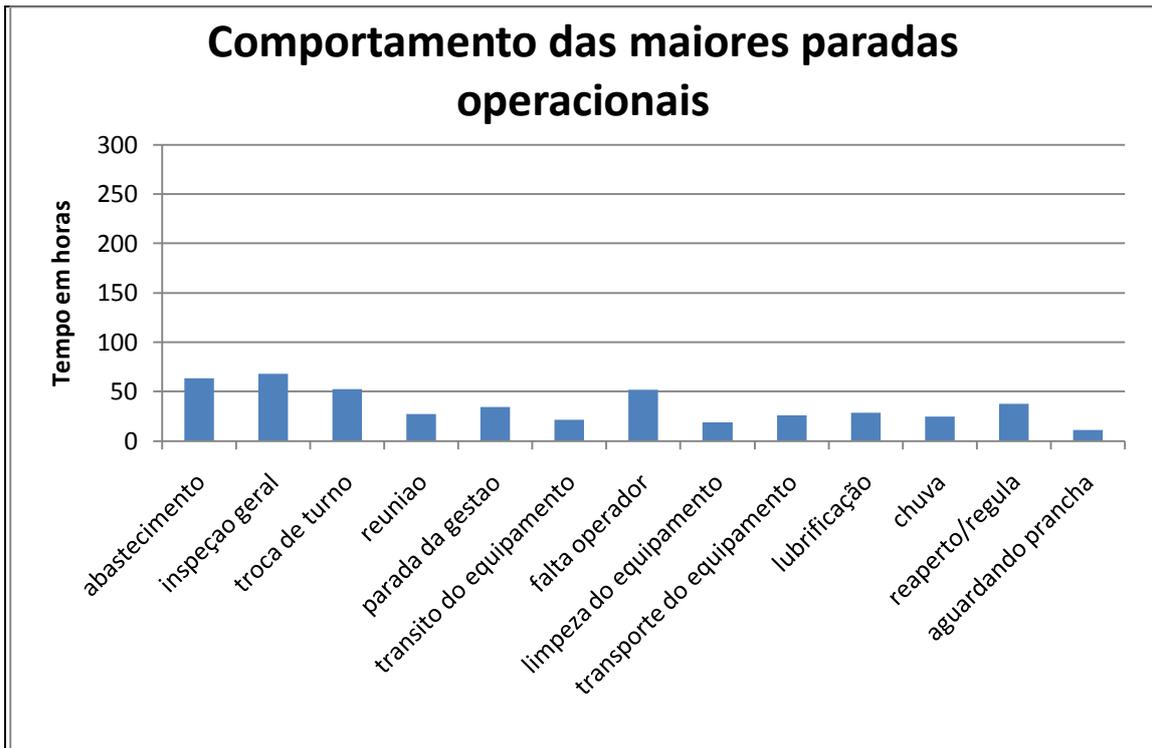


Figura 17 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.

De acordo com a análise, as interrupções mais significativas foram com inspeção geral, abastecimento, falta de operador, troca de turno e reaperto e regulagem, sendo 68 horas, 63 horas, 52 horas, 52 horas e 38 horas respectivamente. Valem as mesmas conclusões das máquinas anteriores quanto às paradas de inspeção geral, reunião e parada por decisão da gestão.

Paradas devido à falta de operador podem ser causadas por consequência do setor financeiro, operacional, disponibilidade de mão-de-obra qualificada, logística. Atividade não produtiva como troca de turno com perda anual de mais de 50 horas deve ser diminuída ao máximo, partindo do pressuposto que os turnos têm horários fixos de entrada e saída dos operadores. Na Figura 18 é possível observar essa representação.

Representação das paradas operacionais

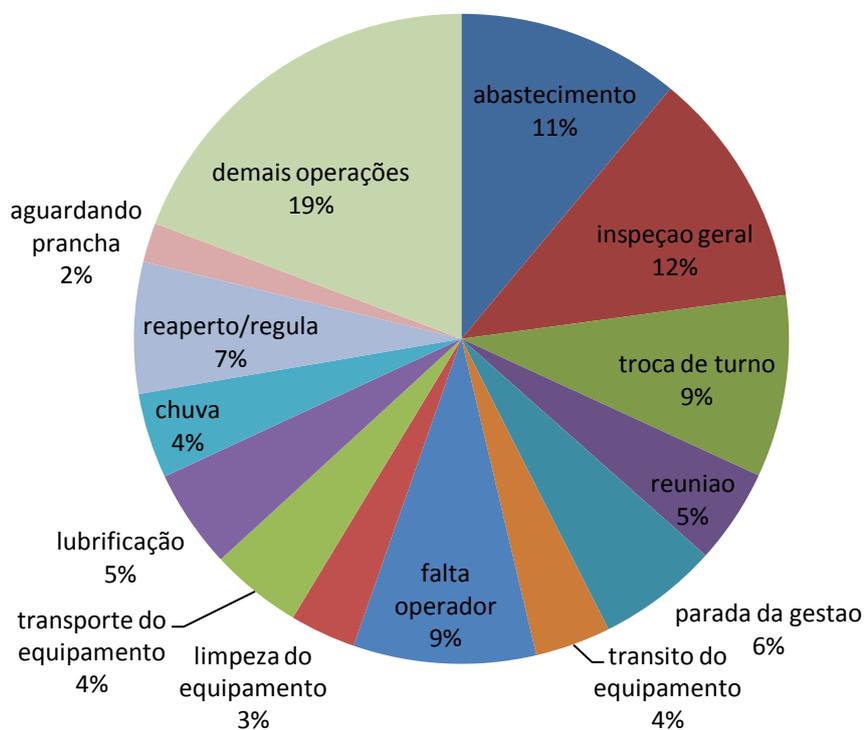


Figura 18 Representação das maiores paradas operacionais do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.

Para finalizar a análise dessa máquina, foi calculada sua eficiência operacional e quanto tempo gastou-se em paradas operacionais e mecânicas. Sua eficiência operacional foi de 73 %, com 18 % de paradas mecânicas e 9 % de paradas operacionais (Figura 19). Nesse caso, as paradas de ordem operacionais foram menores do que as outras máquinas, contudo os atrasos de ordem mecânica acabaram recompensando essa maior eficiência.

Esse equipamento apresenta um horímetro registrando 18621 horas e produtividade média de 17,3 m³/hora. Seu tempo total foi 6340 horas, o tempo de paradas operacionais foi de 577 horas, o de paradas mecânicas 1164 horas e o tempo produtivo de 4600 horas.

Representação dos tempos totais

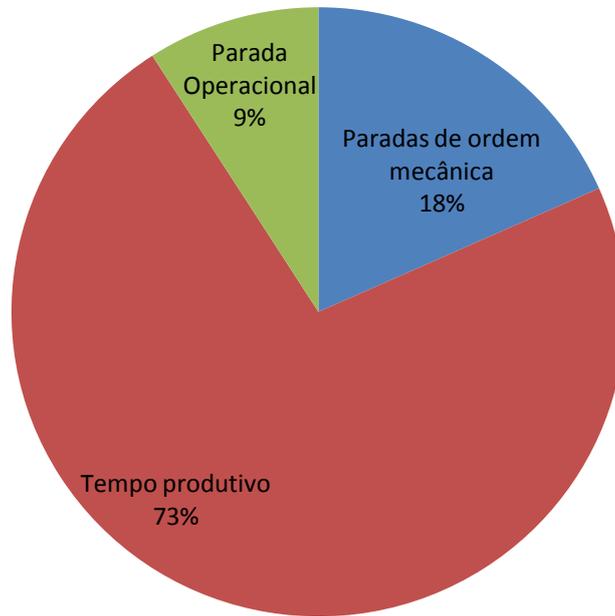


Figura 19 Representação dos tempos totais para o *harvester* do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280114.

5.4- Estudo operacional do *harvester* Komatsu Pc200 cabeçote Valmet 370E. Máquina 280118.

Esse equipamento apresentou a mesma relação entre o tempo produtivo e as paradas de ordem mecânica vistas nos exemplos anteriores (Figura 20). Esta relação é explicada através do teste de correlação de Pearson ao nível de 1 % de probabilidade.

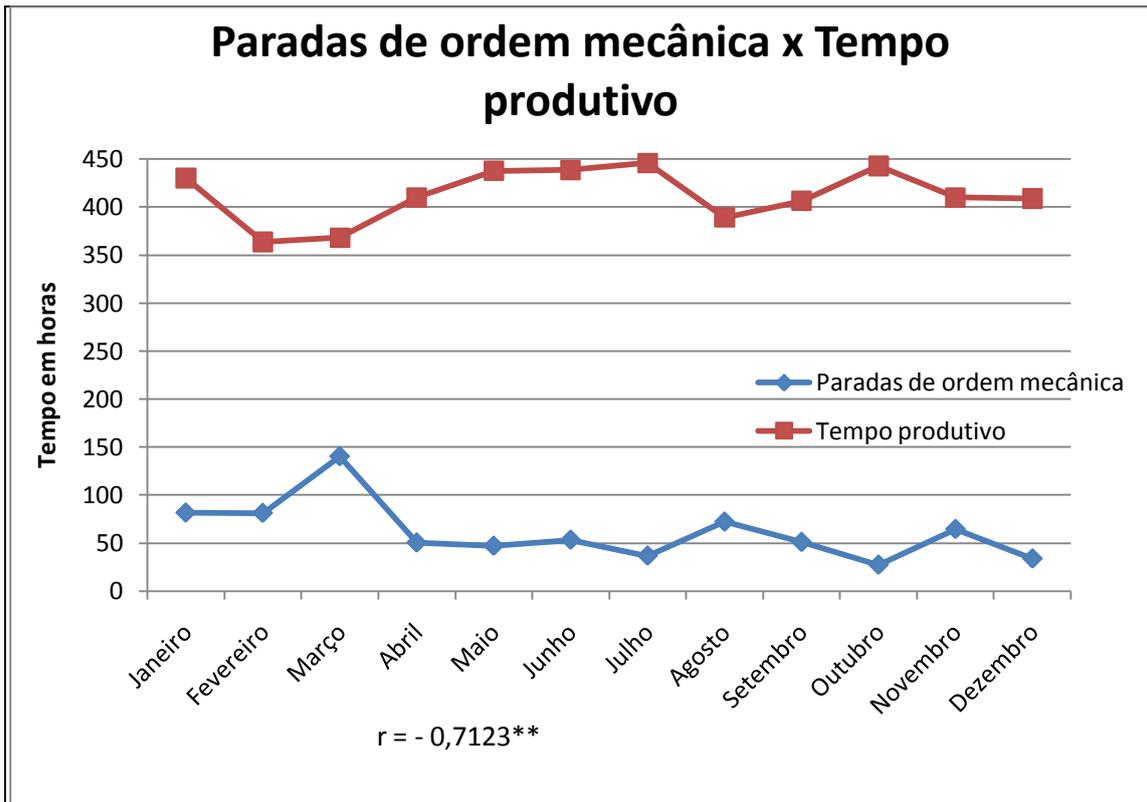


Figura 20 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118. ** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Foram analisadas as 10 paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo (Figura 21), representando 71 % desse tempo total.

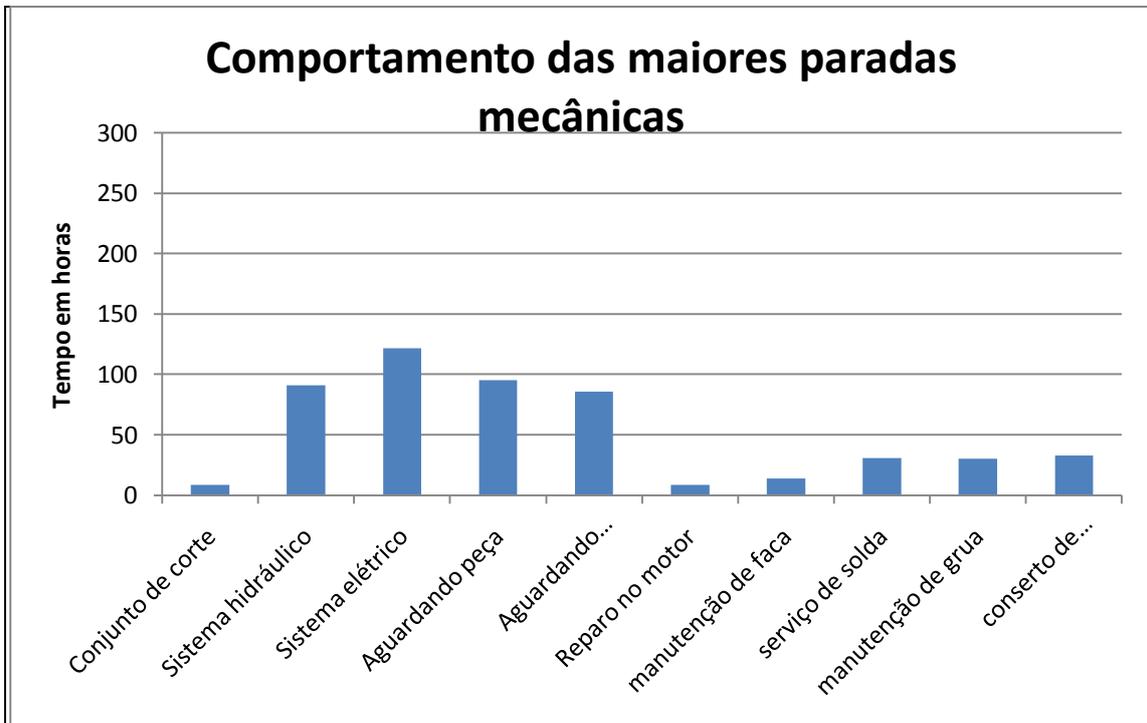


Figura 21 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.

Na análise desses tempos, foi visto que a maior interrupção mecânica deveu-se ao sistema elétrico com 121 horas, seguido de espera por peça com 95 horas, sistema hidráulico com 91 horas e aguardando mecânico com 86 horas. Essas paradas representaram 17 %, 13 %, 12 % e 12 % respectivamente (Figura 22).

Como em três das quatro máquinas, o sistema elétrico apresentou-se como o maior fator impactante, portanto este fato deve ser estudado com maior cuidado, já que está representando grandes perdas ao tempo produtivo de todos os *harvesters* Komatsu. No entanto, essa máquina apresentou números muito menores de parada mecânica do que as anteriores, refletindo num maior tempo produtivo da mesma.

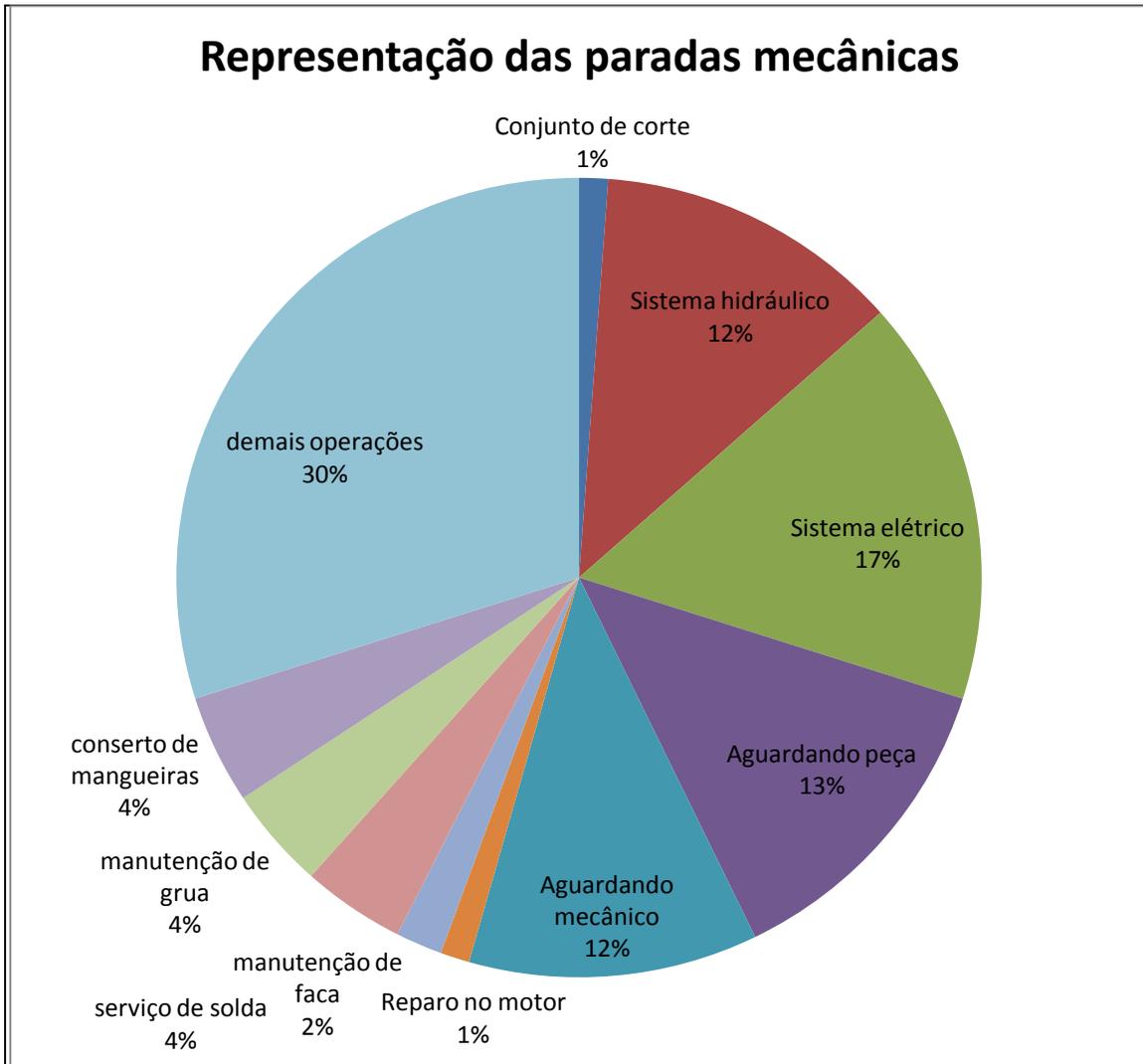


Figura 22 Representação das paradas mecânicas do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.

Das 24 operações descritas pela empresa relacionadas às paradas operacionais, foram analisadas as 13 com maiores perdas de tempo durante o ano de 2010, representando 89,9 % do total de interrupções de ordem operacional (Figura 23).



Figura 23 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.

O maior tempo despendido nas paradas operacionais, novamente foi a inspeção geral com 96 horas, seguido de abastecimento com 76 horas, trânsito do equipamento (57 horas) e troca de turno com 56 horas (Figura 21). Representaram 15 %, 12 %, 9 % e 9 %, respectivamente (Figura 24). Valem as mesmas interpretações das outras máquinas para esses tipos de paradas.

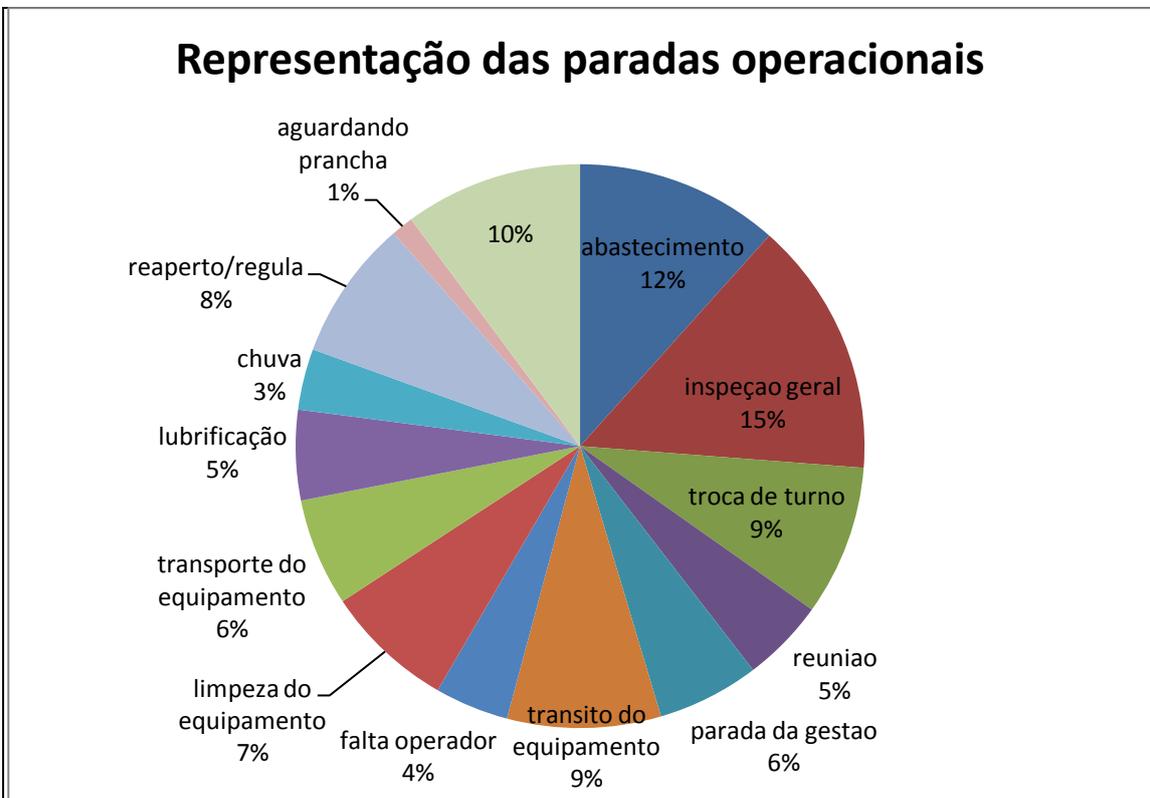


Figura 24 Representação das paradas operacionais do *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.

Nesse equipamento foi encontrada uma eficiência operacional de 78 % ou 4952 horas, paradas de ordem mecânica com 12 % do tempo total ou 740 horas e paradas operacionais representando 10 % ou 653 horas (Figura 25). Esse *harvester* apresenta um horímetro registrando 18820 horas e produtividade média nesse ano de 17,4 m³/hora. Vale ressaltar que essa máquina apresentou uma maior eficiência operacional do que as outras máquinas-base komatsu, graças a uma diminuição das paradas de ordem mecânica.

Os outros equipamentos apresentaram paradas no horizonte de 1000 a 1100 horas em interrupções de ordem mecânica contra 740 horas nesse caso. Portanto, o maior tempo produtivo se deve ao fato de que a máquina ficou menos tempo parada no que diz respeito a interrupções mecânicas. Seu tempo total foi de 6344 horas.

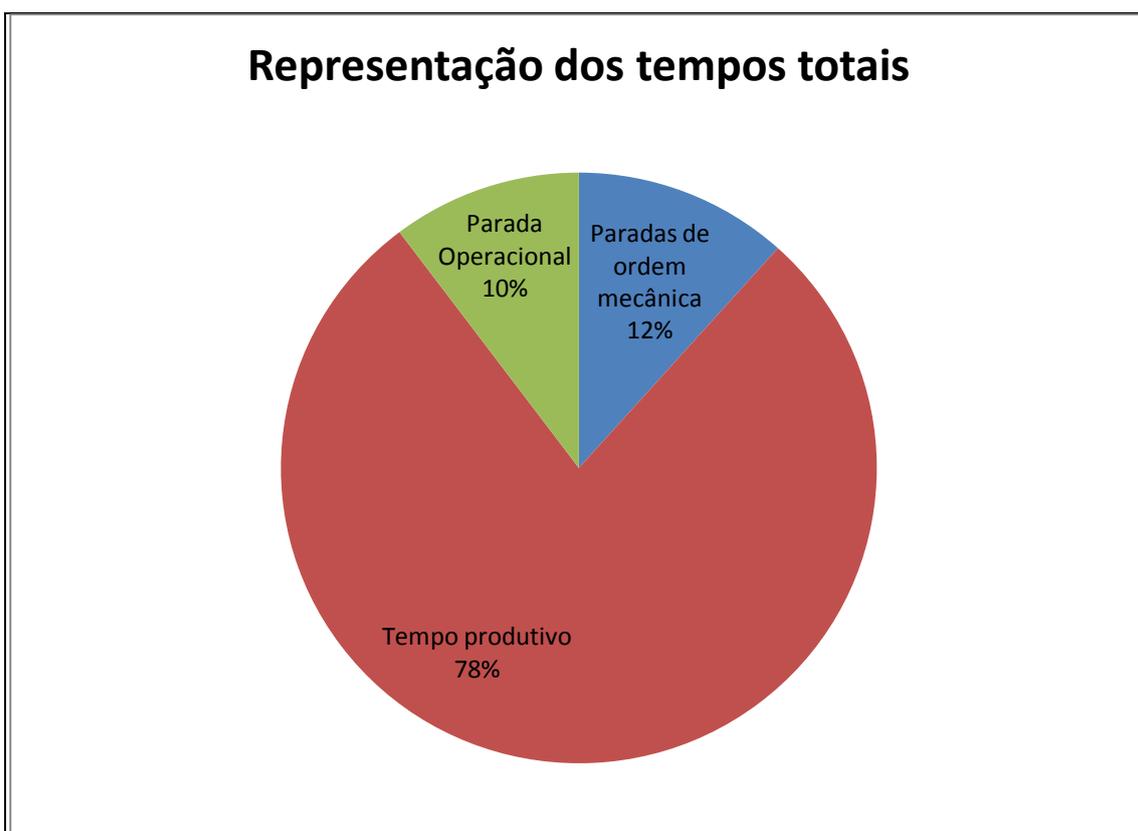


Figura 25 Representação dos tempos totais para o *harvester* Komatsu PC200 cabeçote Valmet 370E, máquina 280118.

5.5- Estudo operacional do harvester Jonh Deere 200C LC cabeçote John Deere Waratah 270 . Máquina 280121.

O mesmo procedimento adotado para análise dos tempos das máquinas-base komatsu foi adotado para as máquinas-base John Deere. Na Figura 26 pode ser observado o paralelo entre tempo produtivo e paradas de ordem mecânica, apontando a mesma tendência encontrada em todos os equipamentos. Esta relação é explicada através do teste de correlação de Pearson ao nível 1 % de probabilidade.

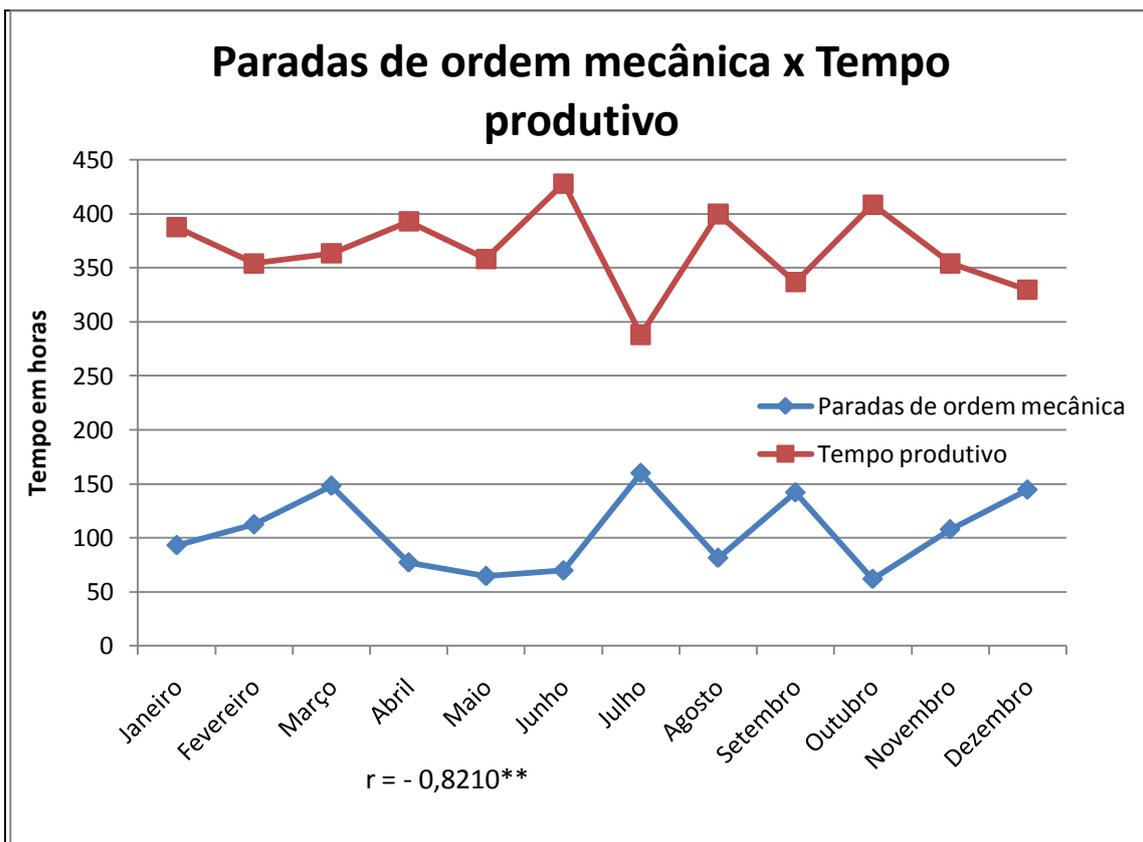


Figura 26 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121. ** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Das 24 operações descritas pela empresa, foram analisadas as 10 paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo durante o ano de 2010 (Figura 27), representando 82,8% desse total.

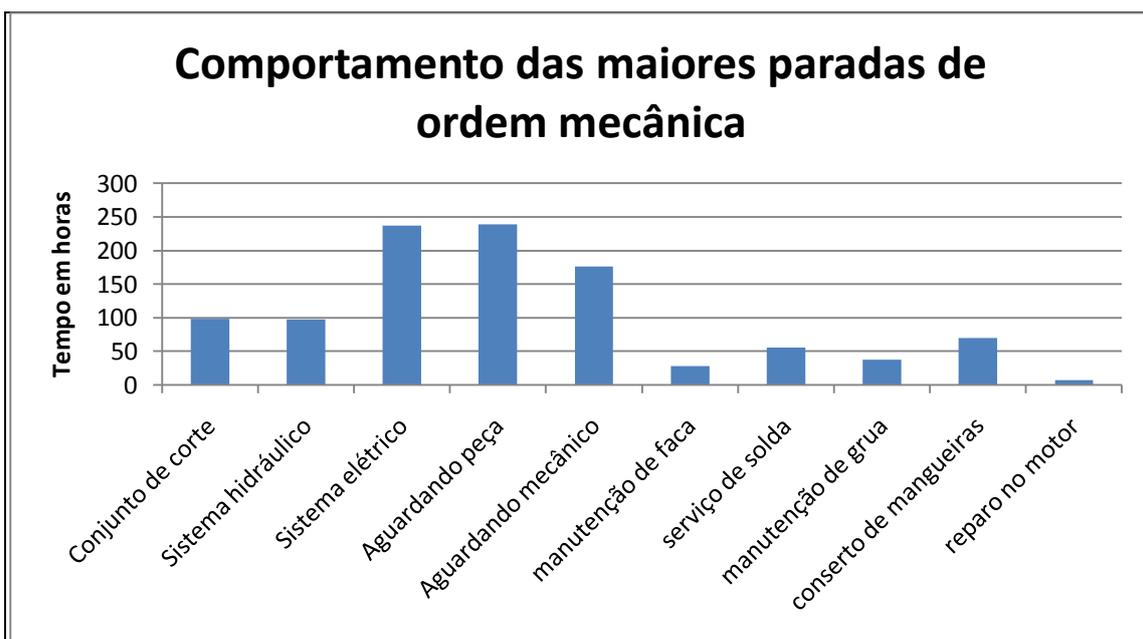


Figura 27 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.

Essa máquina apresentou como maior parada de ordem mecânica espera por peça (239 horas), seguida por reparos ao sistema elétrico (237 horas), espera por mecânico (176 horas) e conjunto de corte com 98 horas (Figura 27). Essas paradas representaram 19 %, 19 %, 14 % e 8 %, respectivamente (Figura 28).

Pode-se observar que entre as maiores perdas de tempo estão interrupções ligadas ao planejamento estratégico da colheita, como espera por mecânico e peças.

Nesse contexto, cabe uma pesquisa mais detalhada para definir exatamente o que se pode fazer quanto à contratação de mão-de-obra qualificada para reparos mecânicos dos equipamentos, ou uma logística mais eficiente, e um estoque estratégico das peças que são mais comumente danificadas e conseqüentemente trocadas para tentar diminuir essa espera por peças. Novamente o sistema elétrico aparece como um grande fator impactante no tempo produtivo da máquina, diminuindo a eficiência operacional da mesma.

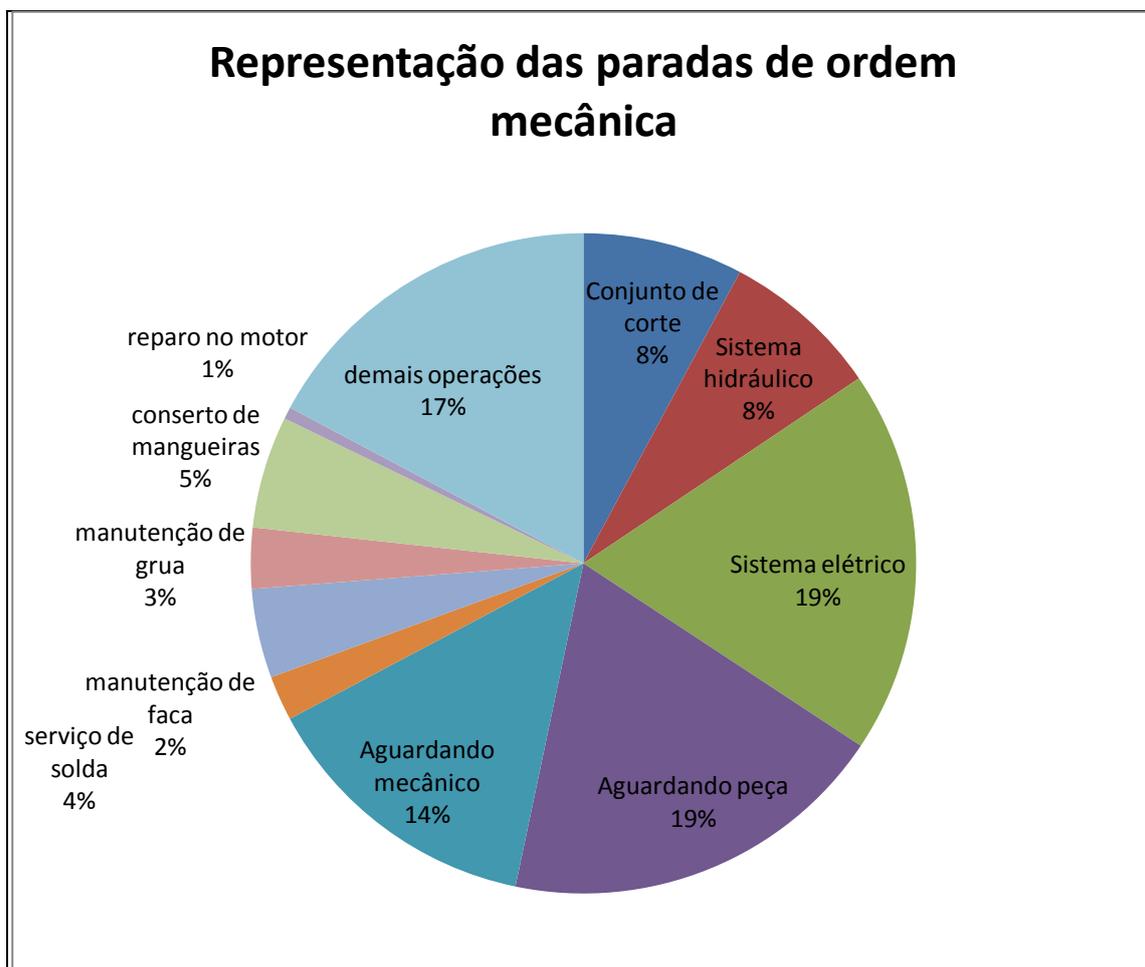


Figura 28 Representação das paradas de ordem mecânica do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.

Quanto às paradas operacionais, das 22 operações descritas pela empresa, foram analisadas as 13 com maiores perdas de tempo e seu comportamento durante o ano de 2010 (Figura 29), representando 89,3% do total para essas operações.

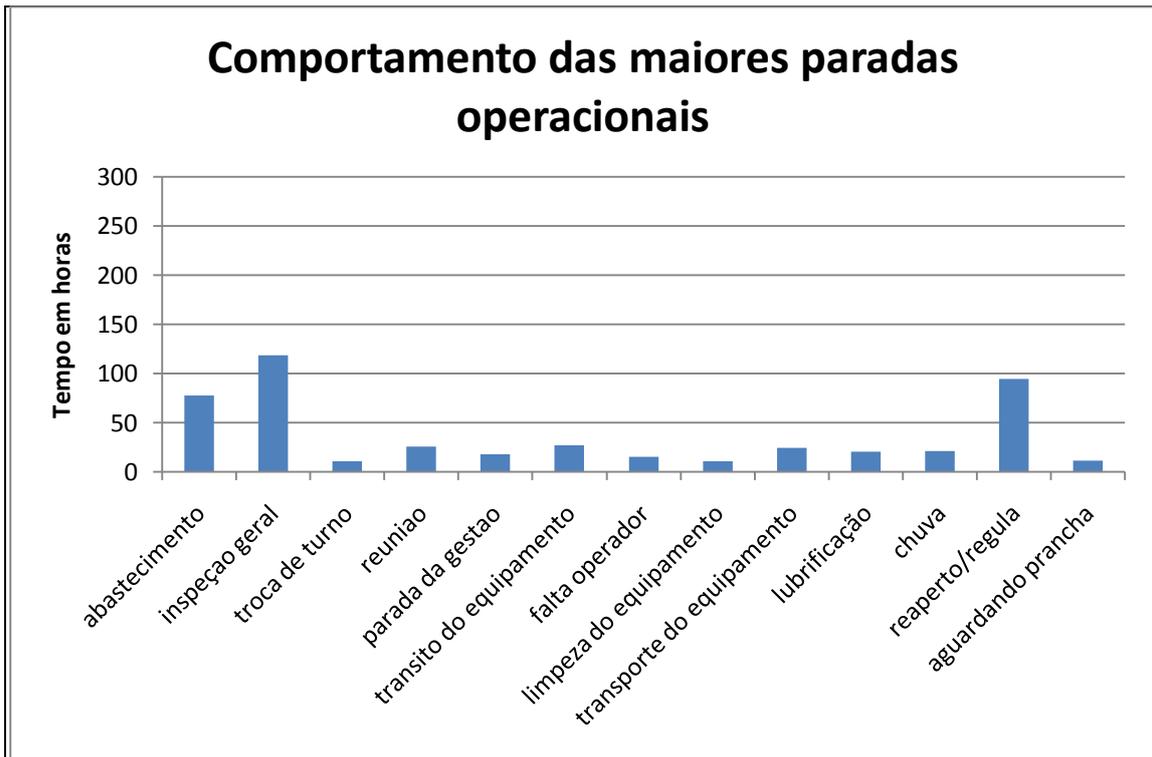


Figura 29 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.

A inspeção geral aparece como o maior tempo de parada operacional com 118 horas, seguido de reaperto e regulagem (95 horas) e abastecimento (77 horas). Essas paradas representaram respectivamente, 24 %, 15 % e 19% (Figura 30).



Figura 30 Representação das paradas operacionais do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.

Nessa máquina-base John Deere, a eficiência operacional foi de 71 %, representando 4400 horas, as paradas por ordem mecânica apresentaram 21% do tempo total, ou 1263 horas e as paradas operacionais 502 horas ou 8 % do tempo disponível do equipamento (Figura 31). Seu tempo total disponível durante esse ano foi 6165 horas, apresentando uma produtividade média de 15,5 m³/horas e horímetro registrando 16207 horas trabalhadas.

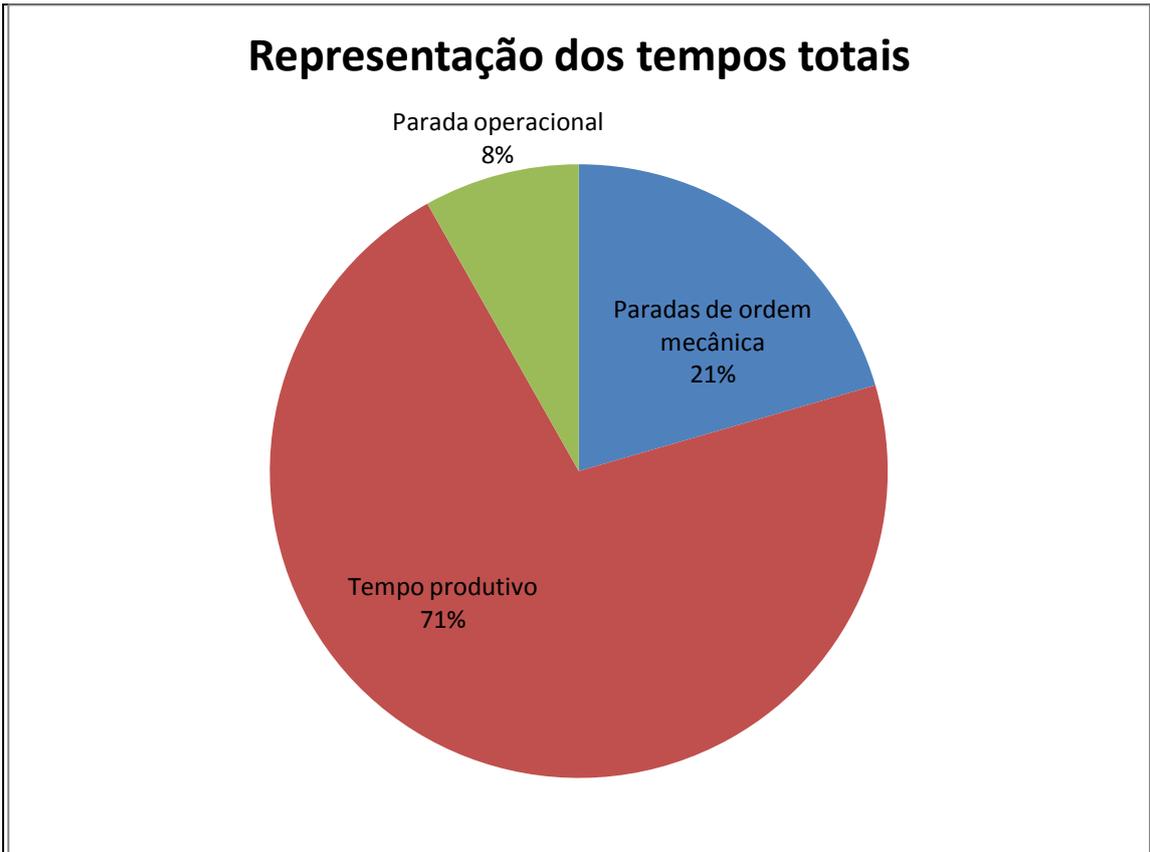


Figura 31 Representação dos tempos totais para o *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280121.

5.6- Estudo operacional do harvester Jonh Deere 200C LC cabeçote John Deere Waratah 270 . Máquina 280125.

Nesse equipamento foi feito o mesmo paralelo entre as paradas de ordem mecânica com o tempo produtivo, mas essa relação não apresentou significância através da correlação de Pearson (Figura32).

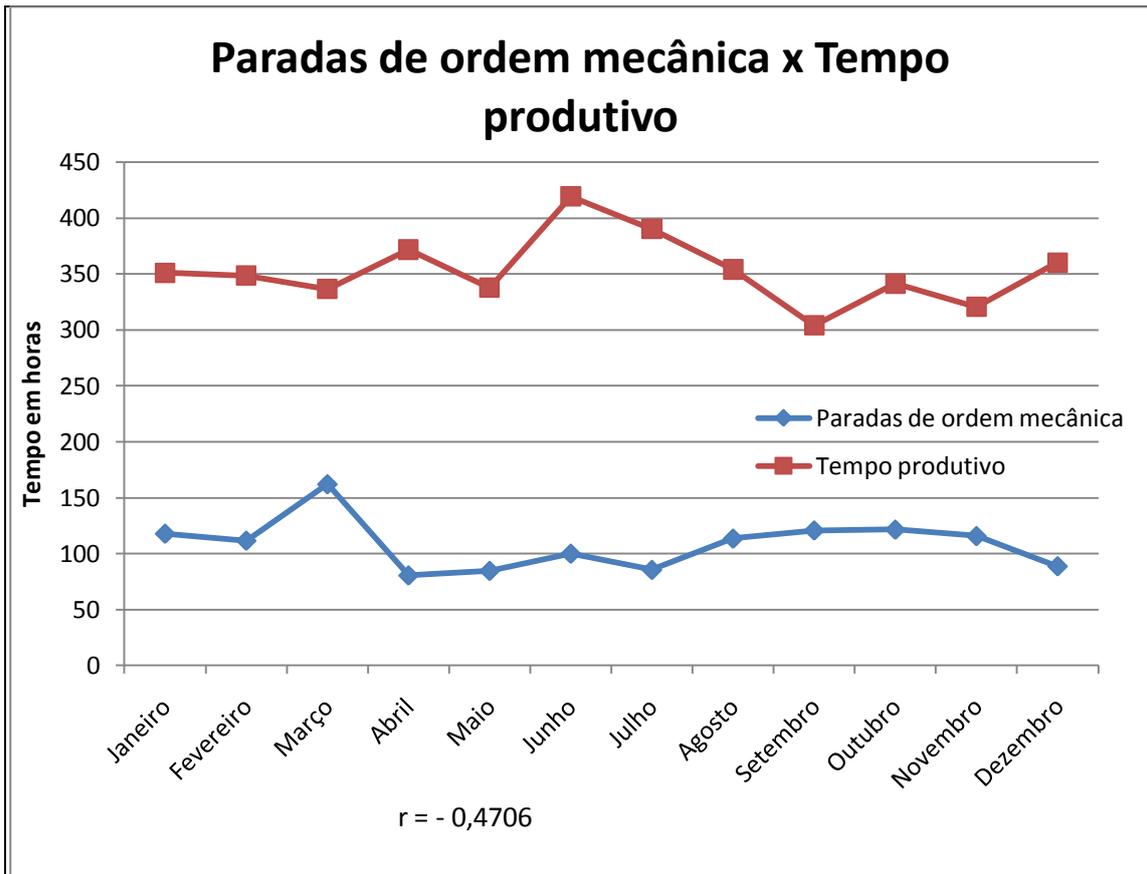


Figura 32 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125. Não significativo.

O próximo passo foi analisar das 24 operações de ordem mecânica descritas pela empresa, as 10 que tiveram maiores perdas de tempo produtivo da máquina durante o ano de 2010, representando 82,1 % desse tempo (Figura 33).

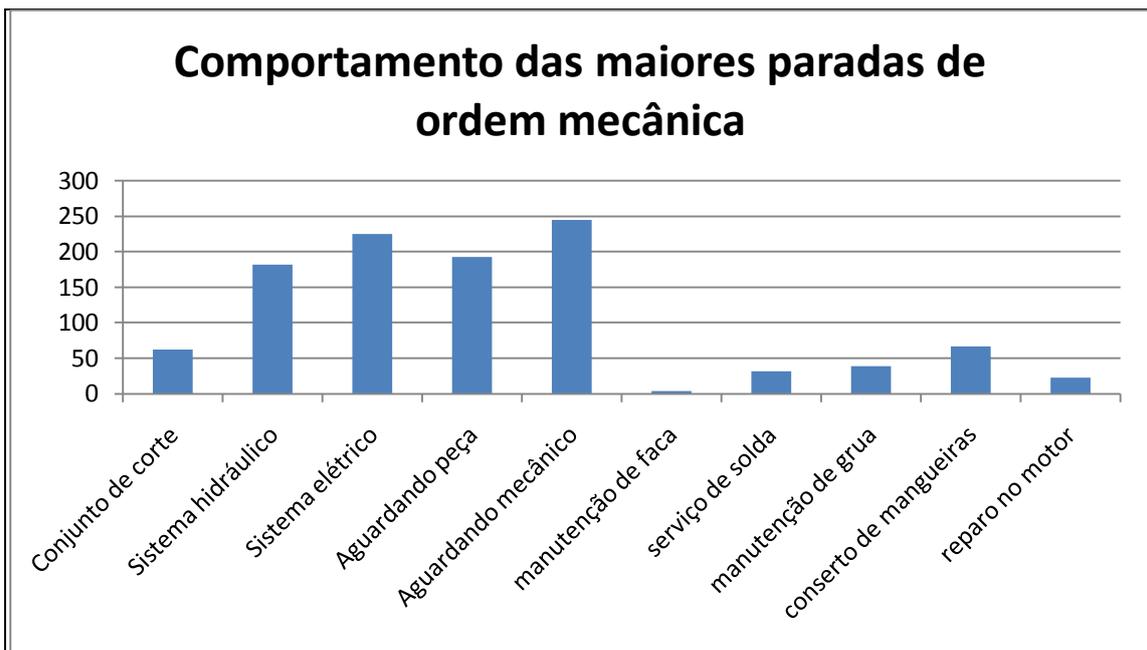


Figura 33 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.

Verificou-se que a maior perda do tempo produtivo nessa classificação foi devido à espera por mecânico com 245 horas, seguida pelo sistema elétrico (225 horas), espera por peça com 192,8 horas e sistema hidráulico com 182,1 horas. Essas paradas representaram respectivamente, 19 %, 17 %, 15 % e 14 % desse tempo total (Figura 34). Esse equipamento teve uma perda significativa de tempo devido à espera por mecânico e por peça, ressaltando a importância de uma pesquisa mais detalhada da gestão de colheita sobre as possibilidades de melhoras nessa questão. O sistema elétrico apresentou um dos maiores valores de todas as máquinas, reiterando a importância de estudo detalhado desse sistema. Já o sistema hidráulico proporcionou a maior perda de todas as máquinas.

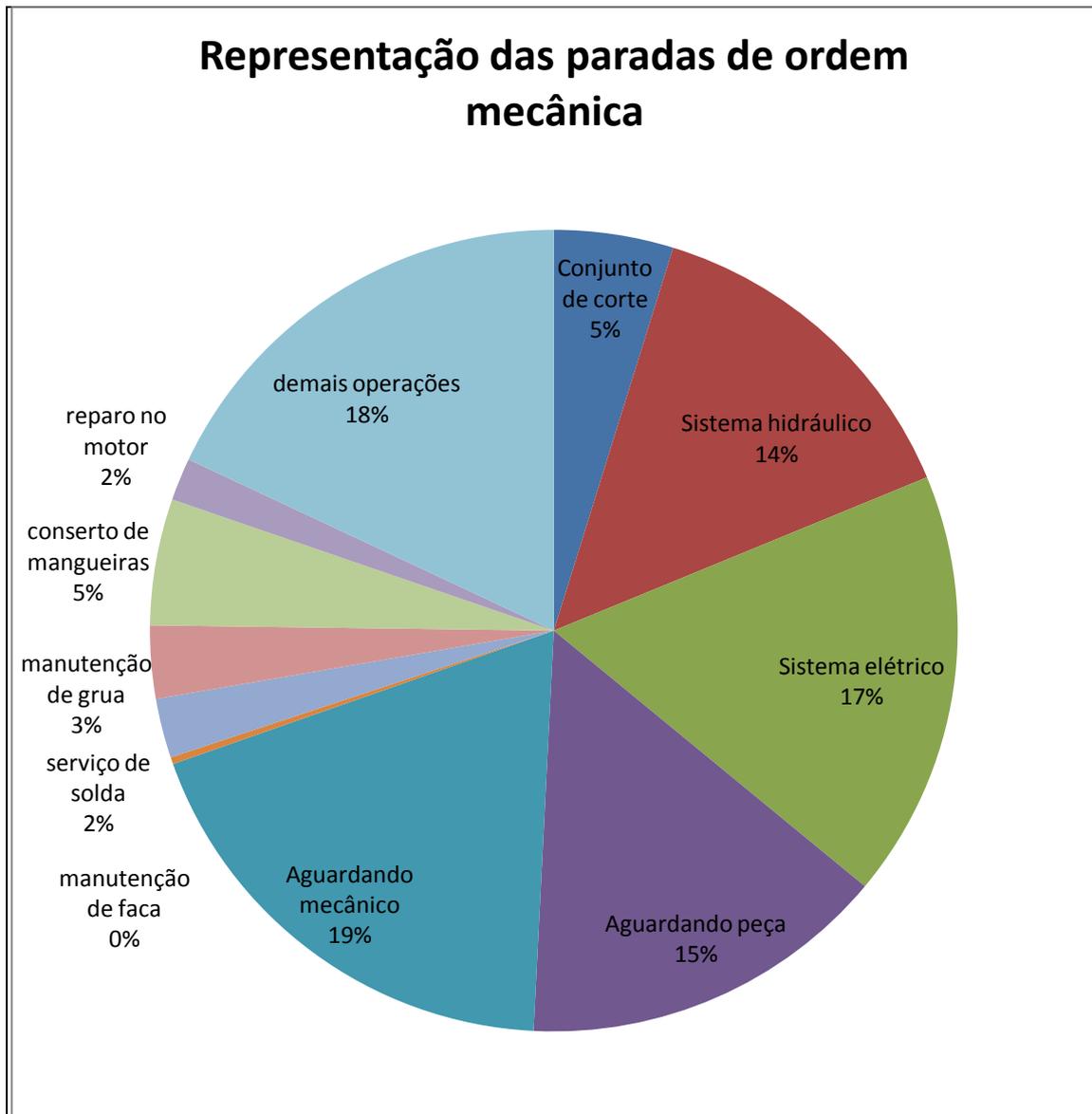


Figura 34 Representação das paradas de ordem mecânica do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.

Ao que diz respeito às paradas operacionais, das 22 operações estudadas, foi analisado o comportamento das 13 ações mais impactantes no tempo produtivo do equipamento (Figura 35), representando 91,1 % desse tempo.

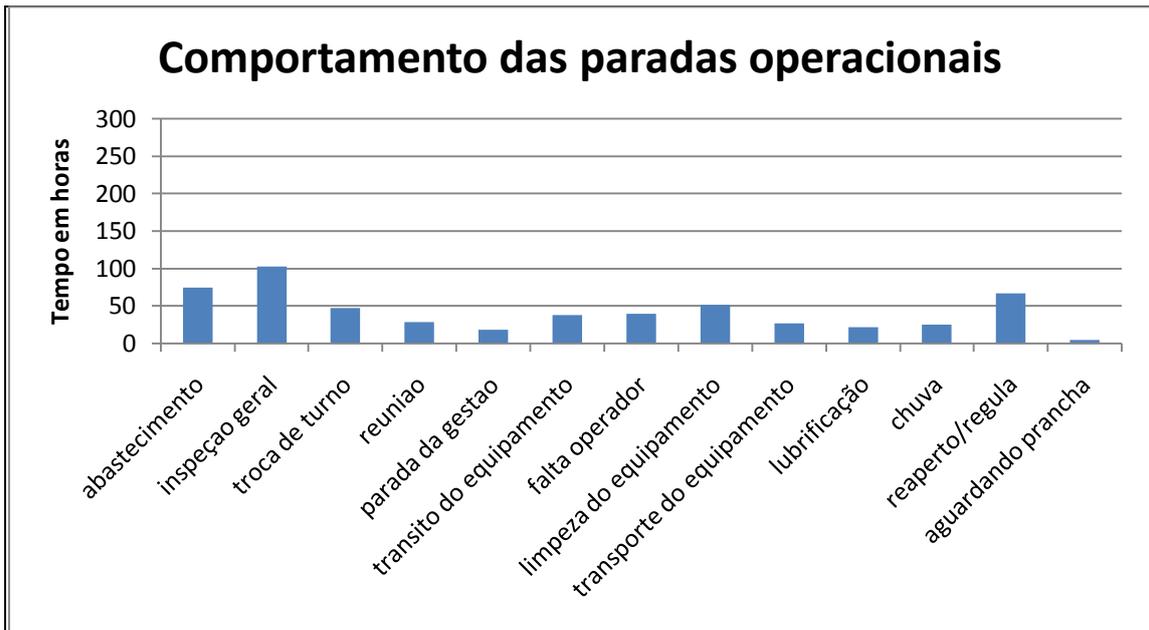


Figura 35 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.

A parada operacional que apresentou mais impacto foi a inspeção geral com 103 horas, seguida por abastecimento e reaperto e regulagem. Elas representaram, respectivamente, 17 %, 12 % e 9 % (Figura 36). Paradas como reuniões, decisão da gestão, troca de operador, devem ser minimizadas por serem ações que impactam diretamente o tempo produtivo da máquina e não são consideradas necessárias no processo produtivo da máquina.

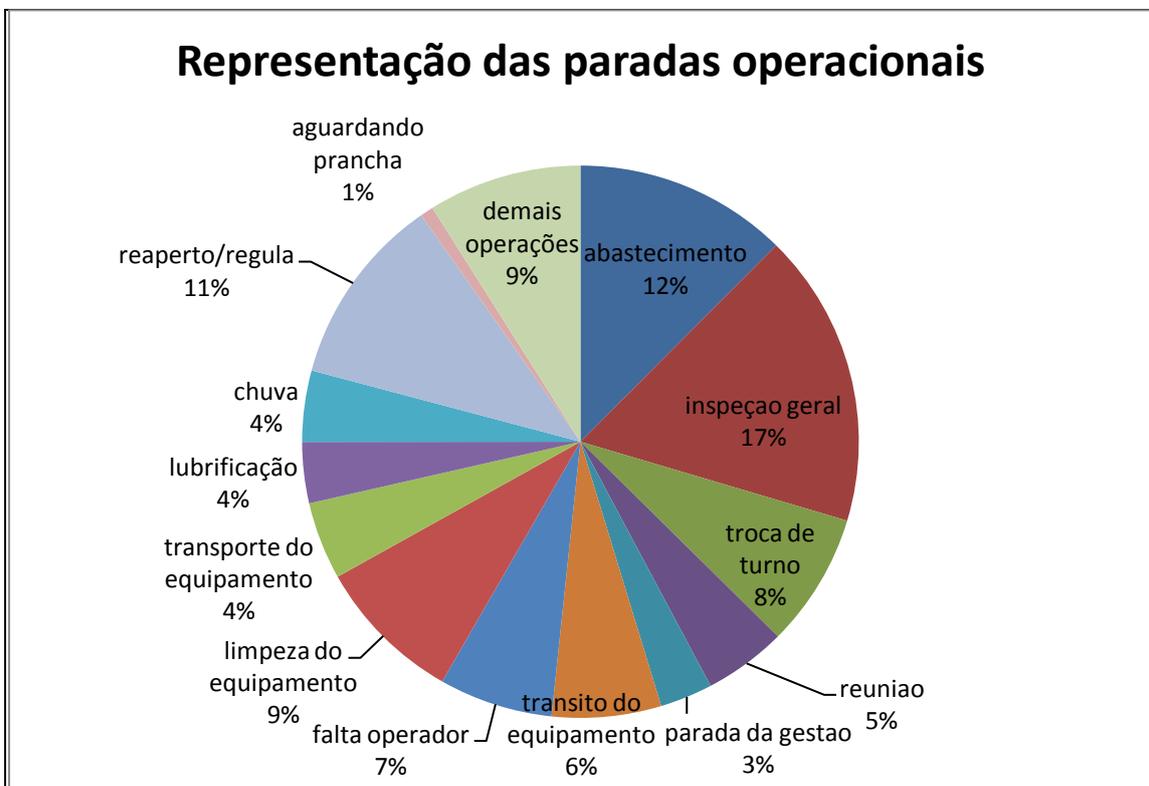


Figura 36 Representação das paradas operacionais do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.

Essa máquina-base John Deere apresentou uma eficiência operacional de 69 % (4236 horas), paradas de ordem mecânica representando 21 % do seu tempo disponível (1303 horas), e paradas de ordem operacional representando 10 % (599 horas) no ano de 2010 (Figura 37). Seu tempo total disponível foi de 6138 horas. Seu horímetro registra 16755 horas e nesse ano sua produtividade média foi de 15,9 m³/hora.

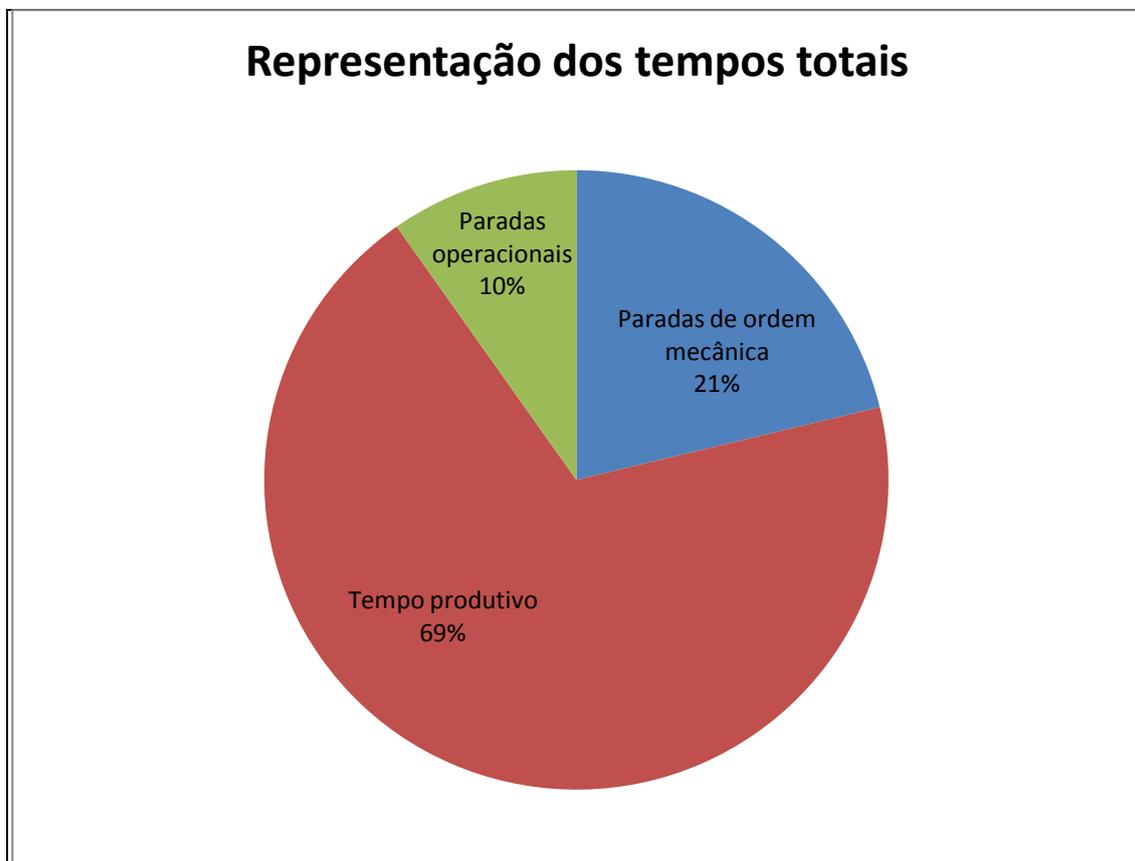


Figura 37 Representação dos tempos totais para o *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280125.

5.7- Estudo operacional do harvester Jonh Deere 200C LC cabeçote John Deere Waratah 270 . Máquina 280129.

Na comparação entre o tempo produtivo desse *harvester* verifica-se a mesma tendência encontrada no restante das máquinas analisadas, salvo algumas exceções devido a ação de outras variáveis do processo (Figura 38). Esta relação é explicada através do teste de correlação de Pearson ao nível de 1 % de probabilidade.

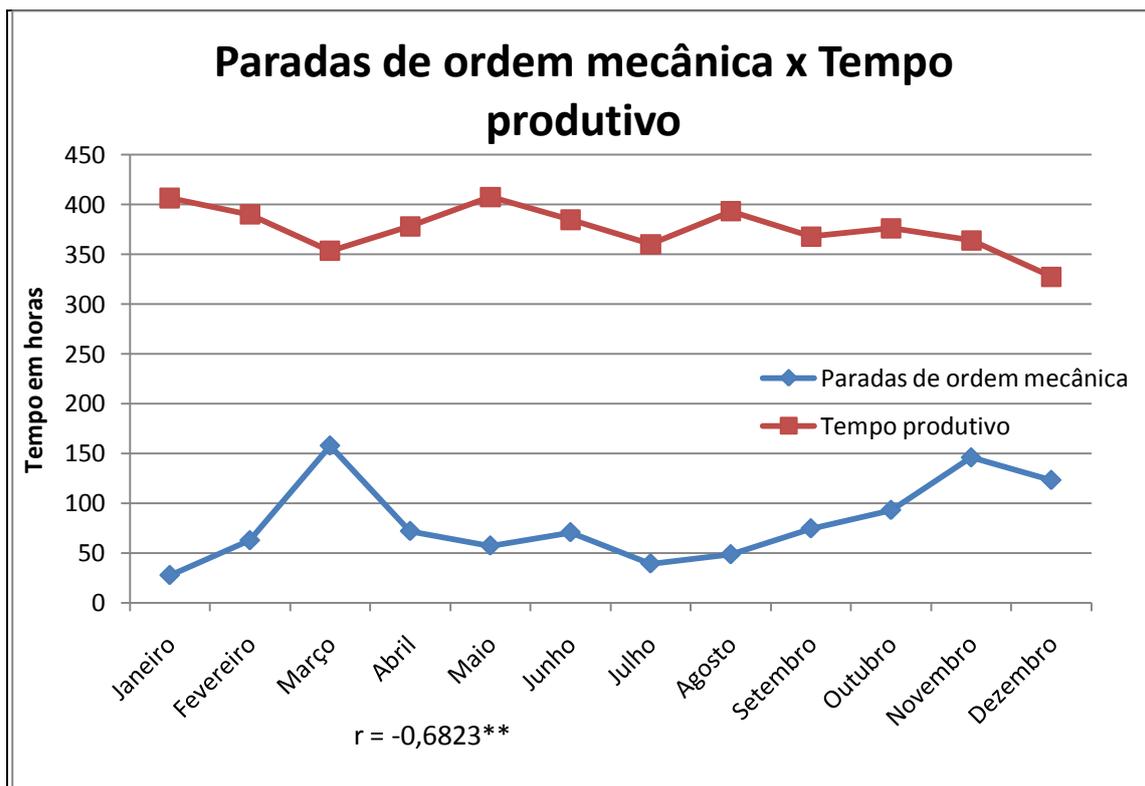


Figura 38 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129. ** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Para analisar os fatores de ordem mecânica que mais impactaram o tempo produtivo dessa máquina-base John Deere, das 24 operações detalhadas pela empresa, foram separadas as 10 que tiveram maior influência na perda de tempo da mesma durante o ano de 2010, representando 81% do total de interrupções de ordem mecânica (Figura 39).

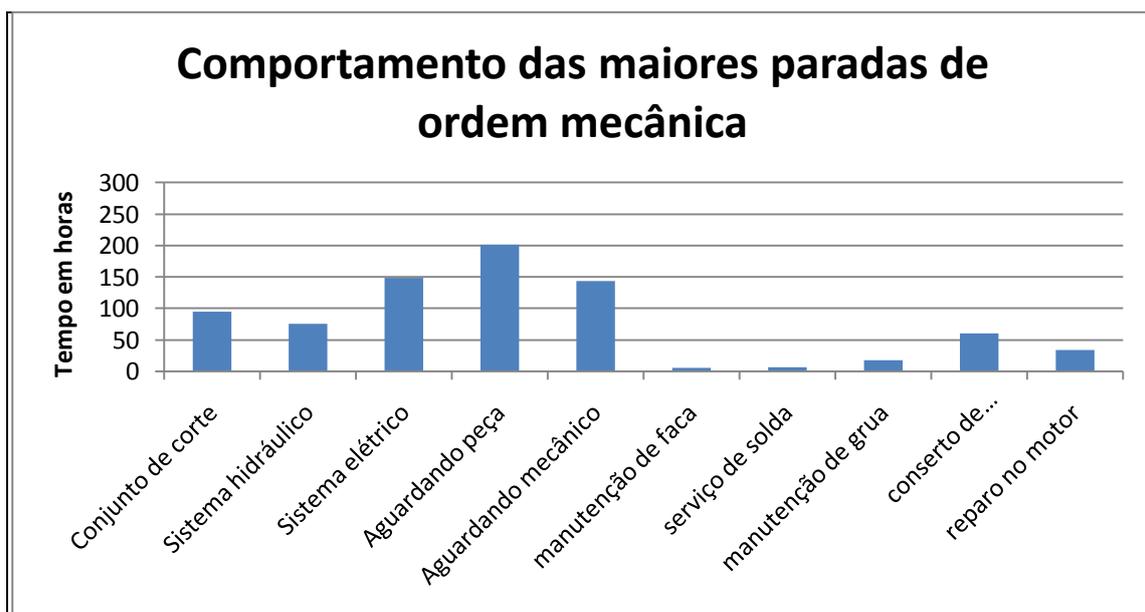


Figura 39 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.

Como se pode constatar pela Figura 39, a maior parada foi causada pela espera de peça com 202 horas, seguida pelo sistema elétrico (148 horas) e espera por mecânico (143 horas), representando 21 %, 15 % e 15 %, respectivamente, desse tempo total (Figura 40).

Novamente paradas como espera por peça e mecânico tiveram impactos extremamente expressivos no tempo produtivo do equipamento, constatando a necessidade de um estudo detalhado do que está ocorrendo, como verificação das peças que mais quebram para montar um estoque estratégico e análise se a mão-de-obra disponível está suprimindo as necessidades das máquinas.

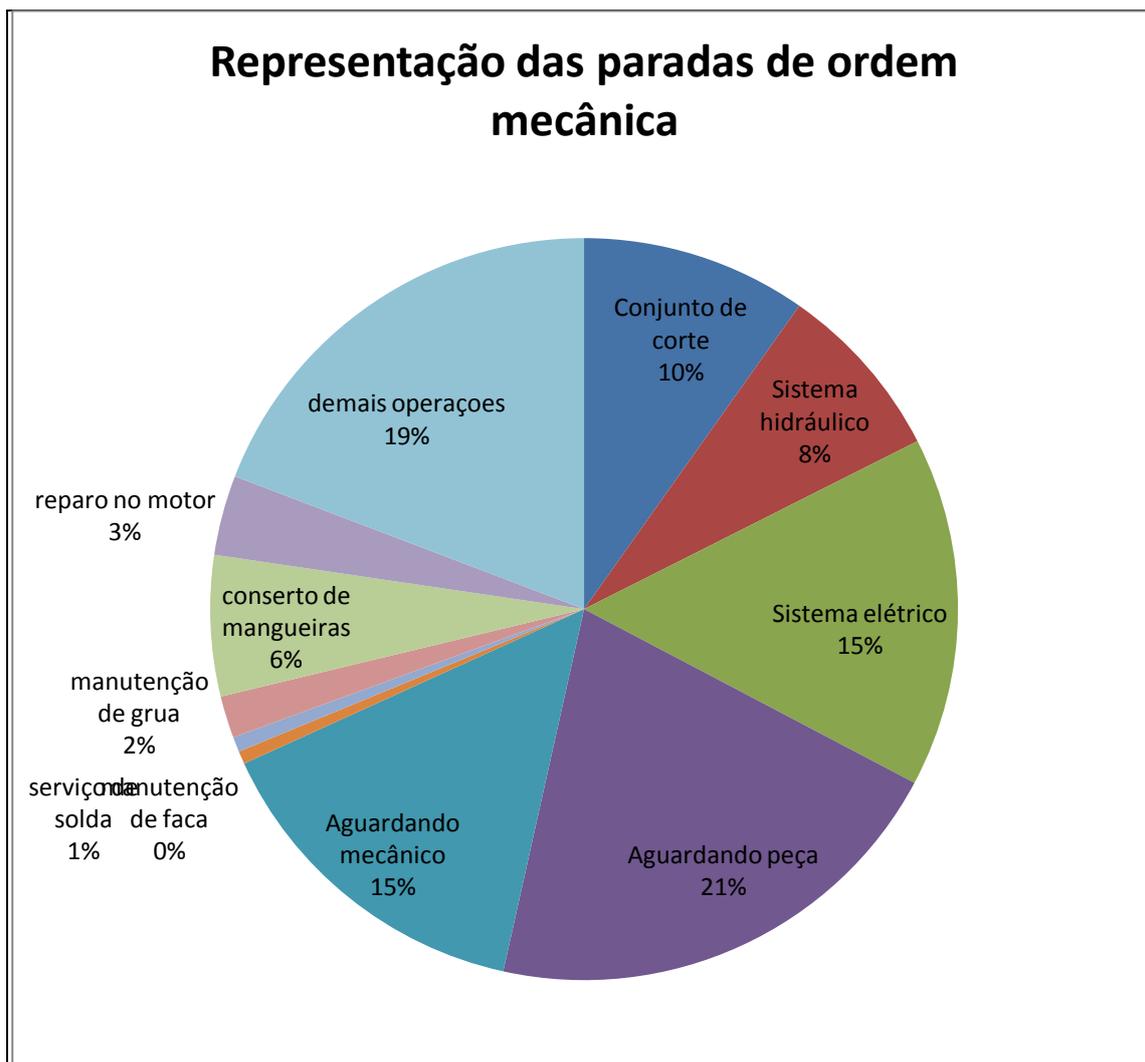


Figura 40 Representação das paradas de ordem mecânica do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.

Após essa análise, foram separadas das 22 operações de ordem operacional realizadas pela empresa, as 13 com maiores perdas de tempo, representando 92,4 % desse tempo (Figura 41).



Figura 41 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.

O maior tempo parado por ordem operacional ocorreu durante a atividade de inspeção geral, com 165 horas, seguidos por limpeza do equipamento (117 horas) e abastecimento (67 horas). Essas paradas representaram 22 %, 15 % e 9 % respectivamente (Figura 42).

Como dito anteriormente, deve ser analisada a hipótese de realizar as inspeções gerais antes e após os turnos de trabalho, o que geraria um ganho considerável de horas produtivas de todas as máquinas, conseqüentemente aumentando sua produtividade. Nesse equipamento a ação de limpeza teve grande impacto, mas deve estar relacionada às condições de limpeza dos talhões que trabalhou.

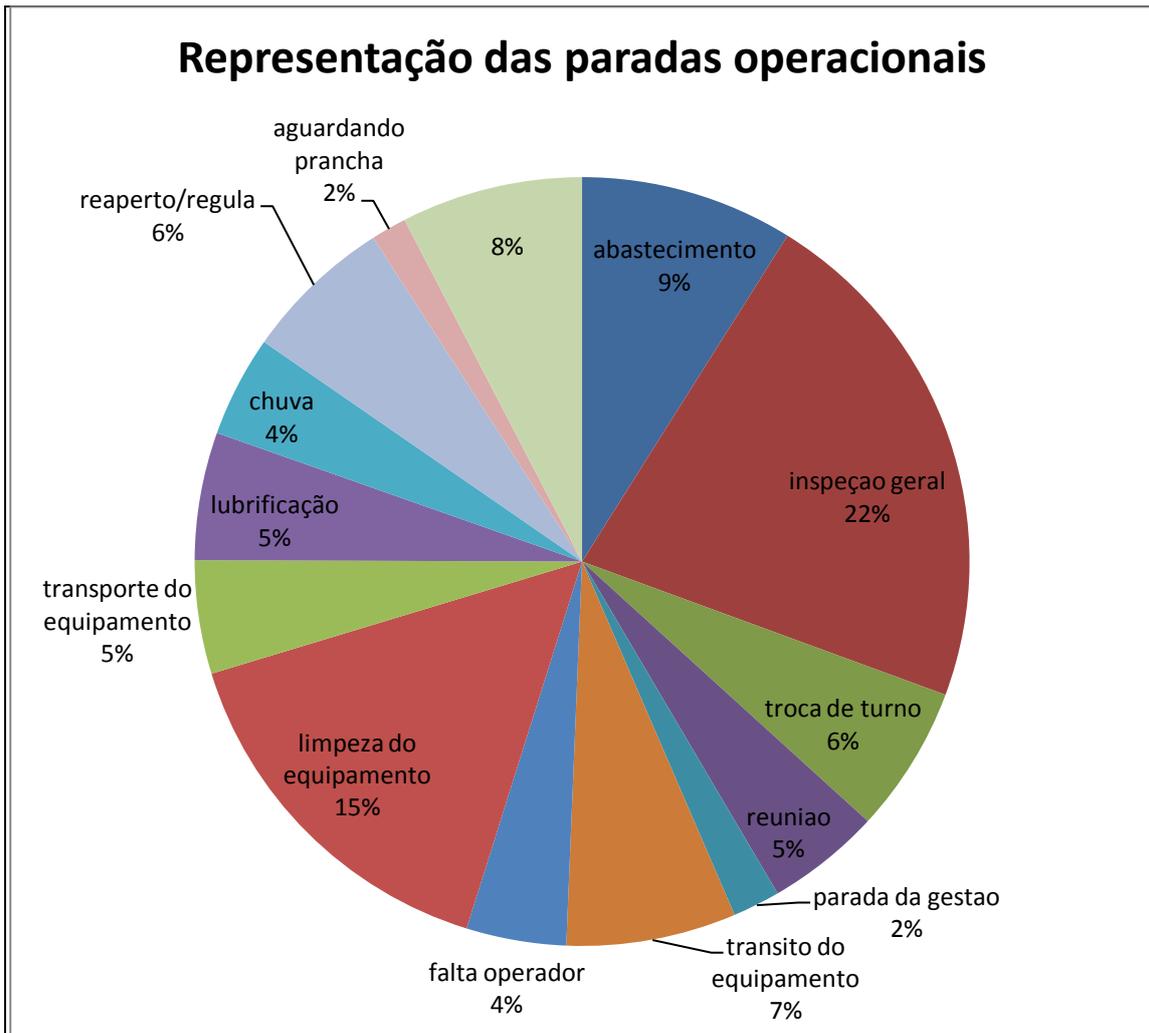


Figura 42 Representação das paradas operacionais do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.

Essa máquina-base John Deere teve eficiência operacional de 72 % ou 4508 horas, paradas de ordem operacional representando 12 % de seu tempo disponível, ou 757 horas e paradas de ordem mecânica com 16 % ou 974 horas trabalhadas no ano de 2010 (Figura 43), sendo que o total de horas disponíveis foi 6308 horas. Seu horímetro registra 15884 horas trabalhadas e sua produtividade média no ano foi de 17,4 m³/hora.

Representação dos tempos totais

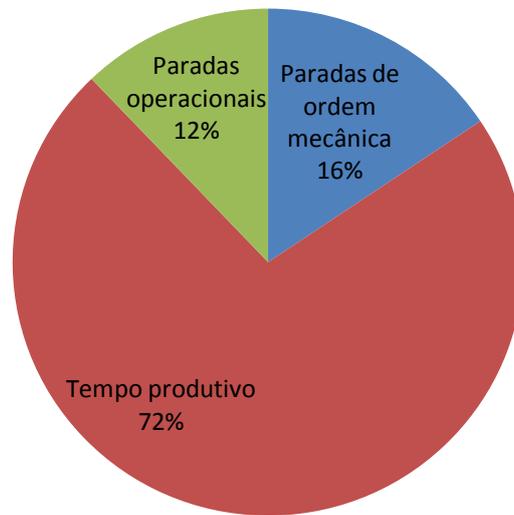


Figura 43 Representação dos tempos totais para o *harvester* do *harvester* John Deere 200C LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280129.

5.8- Estudo operacional do harvester Jonh Deere 200D LC cabeçote John Deere Waratah 270 . Máquina 280134.

Foi verificada nessa máquina a relação entre seu tempo produtivo e as paradas ocasionadas por ordem mecânica, apresentando uma tendência semelhante às anteriores, ou seja, comportamento inversamente proporcional (Figura 44). Esta relação é explicada através do teste de correlação de Pearson ao nível de 1 % de probabilidade.

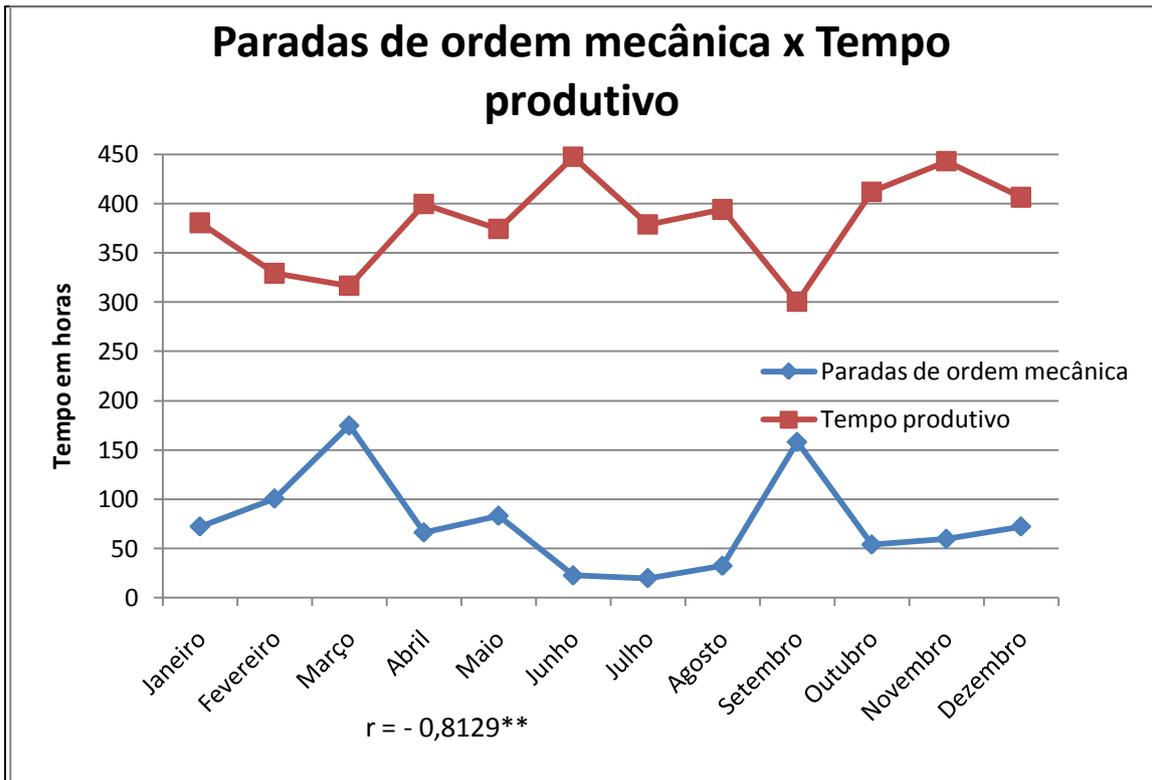


Figura 44 Paradas de ordem mecânica x Tempo produtivo do *harvester* John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134. ** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Para verificação de sua eficiência operacional, foram separadas as horas gastas por motivo operacional, de ordem mecânica e seu tempo produtivo durante o ano de 2010. Das 24 operações de ordem mecânica listadas pela empresa, foram separadas as 10 que tiveram maiores impactos no tempo total, representando 86,2 % do mesmo (Figura 45).

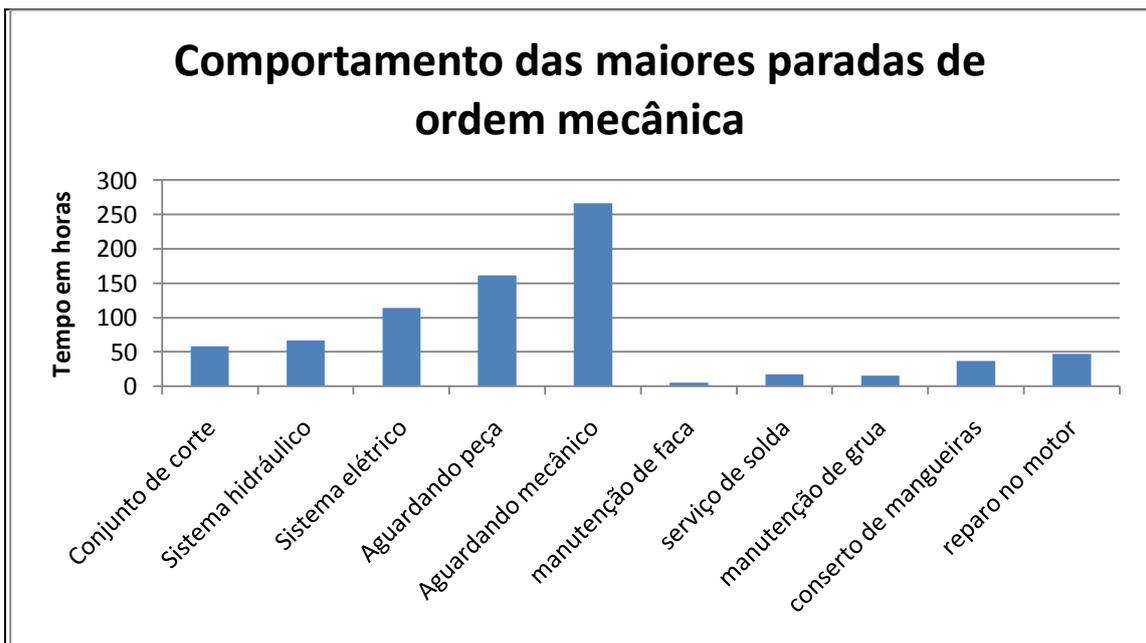


Figura 45 Paradas de ordem mecânica com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.

A parada mais impactante no tempo produtivo desse equipamento foi espera de mecânico com 267 horas, seguida de espera por peça (161 horas) e sistema elétrico (114 horas), representando respectivamente 29 %, 18 % e 12 % (Figura 46). Novamente interrupções não produtivas como espera por mecânico e peça representaram impacto negativo no tempo produtivo da máquina, ratificando uma necessidade de avaliação em relação á disponibilidade de mão-de-obra da empresa e sua demanda necessária.

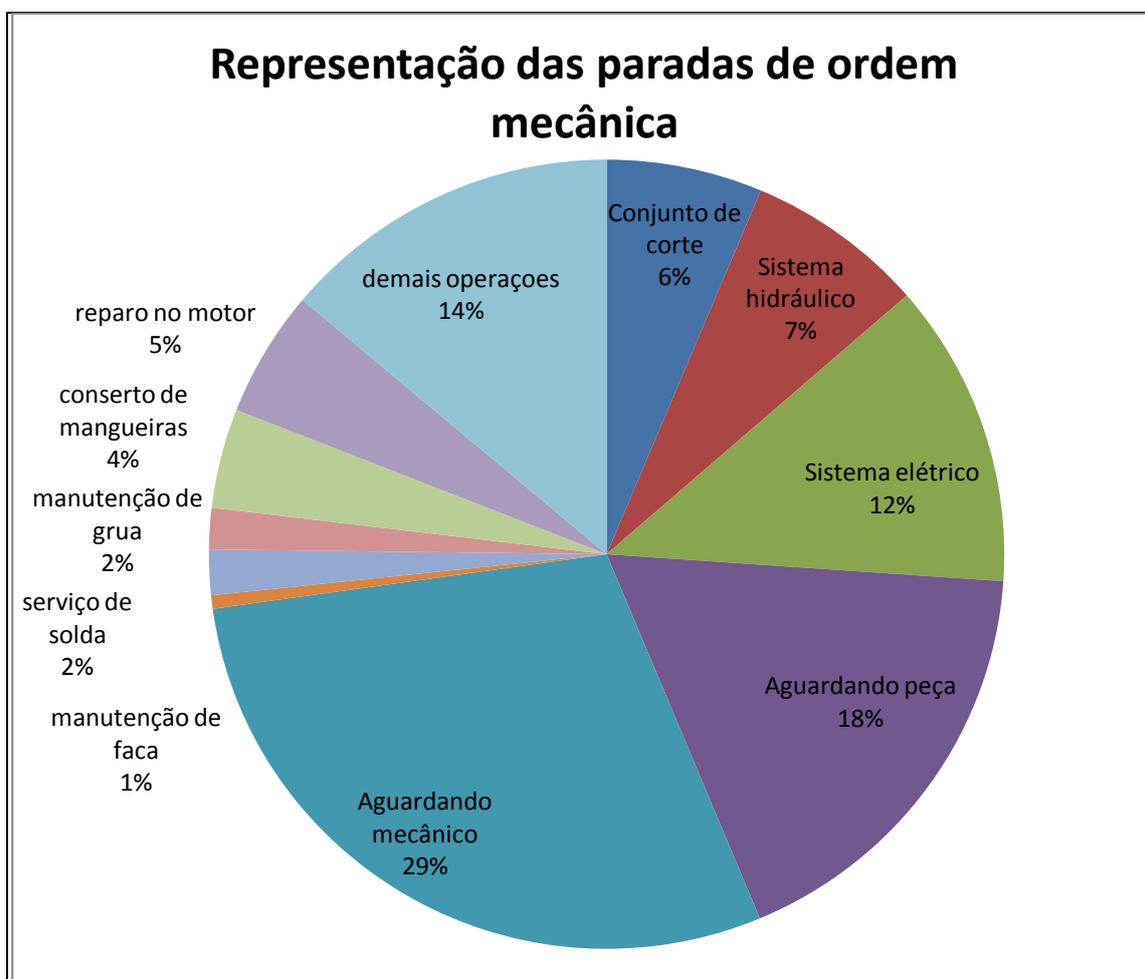


Figura 46 Representação das paradas de ordem mecânica do *harvester* John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.

Quanto às paradas operacionais, das 22 ações listadas pela empresa, foram analisadas as 13 maiores impactantes no tempo produtivo do equipamento, representando 91,4 % das mesmas (Figura 47).



Figura 47 Paradas operacionais com maiores perdas de tempo do *harvester* John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.

Foi encontrada novamente como maior parada operacional a atividade de inspeção geral com 150 horas, seguida por reaperto e regulagem com 82 horas e abastecimento com 79 horas. Essas paradas representaram 19 %, 10 % e 10 % do tempo total de paradas operacionais, respectivamente (Figura 48). A inspeção geral foi a ação operacional que mais interrompeu o tempo produtivo da máquina nesse ano, assim como sete dos oito equipamentos, reiterando o estudo da possibilidade de realizar essa atividade fora da hora de trabalho da máquina.

Trânsito do equipamento e transporte do mesmo também apresentaram valores expressivos, fazendo valer a revisão de logística de corte para analisar a possibilidade de melhoras. Troca de turno apresentou um valor de 65 horas no ano, o maior das oito máquinas analisadas, sendo uma interrupção que deve ser minimizada ao máximo na operação, visto que os horários de entrada e saída de turno dos operadores são fixos.

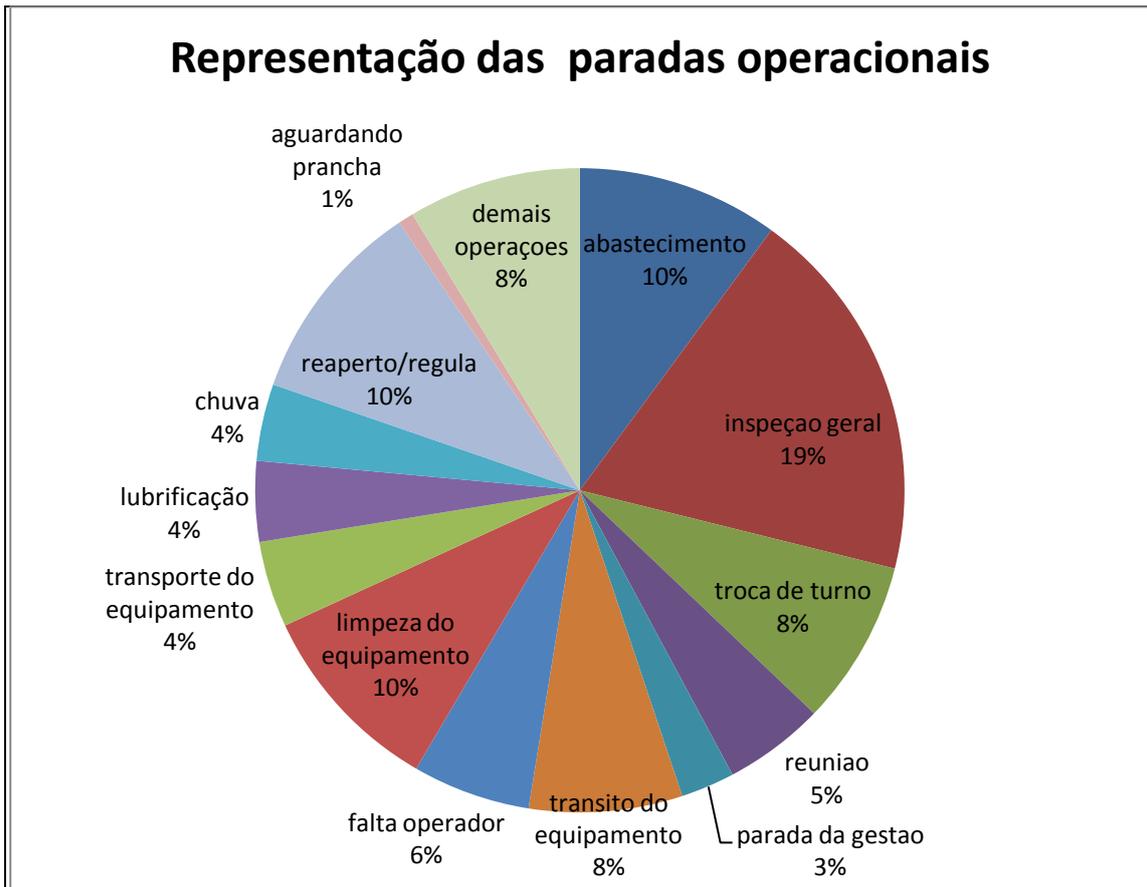


Figura 48 Representação das paradas operacionais do *harvester* John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.

Esse equipamento apresentou uma eficiência operacional de 73 %, com 4581 horas trabalhadas no ano de 2010, paradas de ordem mecânica representando 14 % de seu tempo produtivo (917 horas) e paradas operacionais 13 % (793 horas) (Figura 49). O tempo total disponível do equipamento nesse ano foi de 6355 horas, com um horímetro registrando 15788 horas e produtividade média de 17,7 m³/hora.

Representação dos tempos totais



Figura 49 Representação dos tempos totais para o *harvester* John Deere 200D LC cabeçote JD Waratah 270, máquina 280134.

6. TABELAS RESUMO

Tabela resumo das máquinas Komatsu.

Tabela 1 Maior parada de ordem mecânica, maior parada de ordem operacional, tempo produtivo e eficiência operacional das máquinas Komatsu.

Máquinas Komatsu	KM PC196 cabeçote 370E	KM PC198 cabeçote 370E	KM PC200 cabeçote 370E	KM PC 200 cabeçote 370E
Maiores paradas mecânicas em 2010.	Sistema elétrico. 236 horas. 22,3 % das 1057 horas.	Sistema elétrico. 209 horas. 19,6 % das 1069 horas.	Reparo no motor. 282 horas. 24,2 % das 1164 horas.	Sistema elétrico. 121 horas. 16,4 % das 740 horas.
Maiores paradas operacionais em 2010.	Inspeção geral. 124 horas. 11,7 % das 616 horas.	Abastecimento. 83 horas. 13,6 % das 611 horas.	Inspeção geral . 68 horas. 11,8 % das 557 horas.	Inspeção geral. 96 horas. 14,6 % das 653 horas.
Tempo produtivo e eficiência operacional.	4597 horas. 73 % das 6271 horas disponíveis.	4533 horas. 73 % das 6213 horas disponíveis.	4600 horas. 72,5 % das 6341 horas disponíveis.	4951 horas. 78% das 6342 horas disponíveis.

Tabela resumo das máquinas John Deere.

Tabela 2 Maior parada de ordem mecânica, maior parada de ordem operacional, tempo produtivo e eficiência operacional das máquinas John Deere.

Máquinas John Deere	JD 200C LC cabeçote JD 270	JD 200C LC cabeçote JD 270	JD 200C LC cabeçote JD 270	JD 200D LC cabeçote JD 270
Maiores paradas mecânicas em 2010.	Aguardando peça. 239 horas. 19,8 % das 1563 horas.	Aguardando mecânico. 245 horas. 15,5 % das 1303 horas.	Aguardando peça. 202 horas. 16,5% das 974 horas.	Aguardando mecânico. 266 horas 22,7 % das 917 horas.
Maiores paradas operacionais em 2010.	Inspeção geral. 119 horas. 23,6 % das 502 horas.	Inspeção geral. 103 horas. 17,2 % das 599 horas.	Inspeção geral . 165 horas. 21,7 % das 757 horas.	Inspeção geral. 150 horas. 18,9 % das 793 horas.
Tempo produtivo e eficiência operacional.	4400 horas. 71 % das 6165 horas disponíveis.	4236 horas. 69 % das 6138 horas disponíveis.	4508 horas. 72 % das 6308 horas disponíveis.	4581 horas. 73% das 6355 horas disponíveis.

7. CONCLUSÕES

Entre os fatores que mais afetaram o tempo produtivo das máquinas no quesito interrupções operacionais, a inspeção geral é a atividade que mais causou impacto, apresentando valores de 12 % a 25 % desse tempo total.

Foi observado que grandes perdas de horas produtivas das máquinas aconteceram devido a paradas por decisão da gestão e reuniões, não sendo consideradas ações essenciais ao processo produtivo, devendo ser minimizadas ao máximo.

No que diz respeito às paradas de ordem mecânica, o fator mais impactante é o sistema elétrico das máquinas, apresentando valores de 114 horas a 237 horas anuais.

As interrupções relativas à espera por peças e mecânico representaram grandes perdas de tempo produtivo dos equipamentos, principalmente nas máquinas-base John Deere, chegando quando somadas ao valor máximo de 437 horas anuais, considerando que estes equipamentos alcançam produtividade média de 15,5 a 17,7 m³/ hora, representa uma perda expressiva para empresa.

8. RECOMENDAÇÕES

O corte realizado através de tratores florestais *harvesters* é de grande eficiência e produtividade condizente com a necessidade das empresas de base florestal. No entanto, análises operacionais são ferramentas essenciais para um bom planejamento do processo produtivo, já que essas têm como objetivo analisar o comportamento dos equipamentos no sistema de corte.

É recomendado que seja adotada pelas empresas uma rotina de acompanhamento detalhado das operações, chamando atenção para uma melhor separação dos tempos de máquina a serem observados, ou seja, definir corretamente as atividades que devem ocorrer dentro e fora do turno de trabalho dos equipamentos e as atividades que fazem parte de paradas operacionais e paradas mecânicas.

É indicado acrescentar às atividades de ordem operacional o tempo gasto para paradas de ordem pessoal, aquelas interrupções causadas quando o operador pára a máquina por iniciativa própria, de forma a controlar se realmente existe a necessidade de parar ou se alguns operadores estão se aproveitando do fato de não estarem sendo observados.

A atividade de inspeção geral poderia ser planejada de forma que fosse realizada antes e após os turnos de serviços, representando um ganho produtivo pela empresa, já que essa ação apresentou perdas anuais de 68 a 164 horas anuais e os *harvesters* alcançaram produtividades médias de 15,5 a 17,7 m³/hora no ano de 2010.

A operação de troca de turno também ocasionou perdas de tempo, sendo enriquecedor para a empresa, que os profissionais da gestão e supervisão dos trabalhos apliquem uma política de conscientização e maior cobrança à pontualidade dos operadores já que os turnos de trabalho são em horários fixos.

O sistema elétrico, por ser o maior detentor de paradas de ordem mecânica, merece um estudo detalhado quanto ao que se pode melhorar em sua eficiência, seja numa avaliação dos problemas mais frequentes para se testar outros fornecedores de peças, seja na contratação de mão-de-obra qualificada capaz de solucionar esse problema.

Por fim, algumas prováveis soluções para minimizar as perdas excessivas quanto à espera por peças ou mecânico seriam uma descrição minuciosa das peças que quebram com maior frequência para que seja montado um estoque estratégico dessas, e a contratação de mão-de-obra especializada para suprir a demanda mecânica dos equipamentos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAY, A.E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. **Journal of Applied Sciences**, v.4, n.1, p.100-105, 2004.

ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita de madeira**. 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

BURLA, E.R. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto**. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

FREITAS, K.E. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada**. 2005. 27p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. 2. UFV, Ed. Viçosa, MG, Impr. Univ, 501pg. 2008.

MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV / Imprensa Universitária, 2002. p.145-167.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Evolução dos sistemas de colheita de madeira para pinus na região Sul do Brasil. Curitiba: **FUPEF**, 108 pg, 1998.

MARQUES, A. P. **Análise do sistema de produção de cavacos no campo**. 2010 19p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

MENDONÇA FILHO, W. F. Análise operacional de colheitadeiras florestais. **Floresta e Ambiente** v. 7, n. 1, p. 265 - 278, 2000

SIMÕES, D.; FENNER, P.T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.85, n.38, p.107-114, 2010.