

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
***DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL***  
***ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS***

**AROLDO FELIX DE LIMA JUNIOR**

**O IMPACTO DO CUSTO IMPRODUTIVO DOS EQUIPAMENTOS EM  
OBRAS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIAS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

CURITIBA  
2016

**AROLDO FELIX DE LIMA JUNIOR**

**O IMPACTO DO CUSTO IMPRODUTIVO DOS EQUIPAMENTOS EM  
OBRAS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIAS**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. M. Eng. Carlos Alberto da Costa

CURITIBA  
2016

**AROLDO FELIX DE LIMA JUNIOR**

**O IMPACTO DO CUSTO IMPRODUTIVO DOS EQUIPAMENTOS EM  
OBRAS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIAS**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. M. Eng. Carlos Alberto da Costa  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2016

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, dons e proteção.

Aos meus queridos pais Aroldo e Almeri, pelos ensinamentos e apoio ao longo dos anos.

Ao meu irmão João Paulo, pelo companheirismo e incentivo.

À minha noiva Larissa, por todo amor e carinho de sempre.

Aos professores do Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras, pelo conhecimento que me foi passado.

Ao professor Carlos Alberto, pela orientação e contribuição para que este trabalho fosse realizado.

Aos meus colegas de curso pela amizade.

Aos demais funcionários do Departamento Acadêmico de Construção Civil, pela dedicação.

## RESUMO

A improdutividade dos equipamentos é um item importante nos orçamentos de obras de infraestrutura, podendo impactar significativamente no custo das mesmas, embora seja, muitas vezes, subestimada pelos seus gerentes. O objetivo deste trabalho foi verificar o real impacto do custo improdutivo dos equipamentos pesados no resultado das obras rodoviárias, através do levantamento do tempo improdutivo destes equipamentos. O método adotado para chegar as conclusões foi o estudo de caso. Foram analisadas três obras de pavimentação asfáltica: Rodovia SP-270 em São Paulo, Rodovia BR-392 no Rio Grande do Sul e Rodovia BR-040 em Minas Gerais. A coleta dos dados foi feita através de consulta a fichas de apropriação de horas de equipamentos das obras analisadas e os resultados obtidos demonstraram um impacto de 3,4%, 2,2% e 3,9% sobre a receita total das mesmas. Esses valores são expressivos e podem inclusive comprometer o equilíbrio econômico dos referidos contratos. Buscou-se também definir os motivos de tais improdutividades para auxiliar os gerentes de obra em seus orçamentos e no controle destes custos durante a execução dos serviços.

Palavras-chave: Tempo improdutivo, custo improdutivo, equipamento, obra rodoviária.

## ABSTRACT

The lack of productivity of the equipment is an important item in the budgets of infrastructure works and can have significantly influence the cost of the same, although it is often underestimated by their managers. The aim of this study was to assess the real impact of unproductive cost of heavy equipment on the result of road works, through the lifting of the downtime of this equipment. The method used was the case study. Three works of asphalt pavements were analyzed: SP-270 highway in São Paulo, BR-392 highway in Rio Grande do Sul and BR-040 highway in Minas Gerais. Data collection was done by looking at the equipment hours of appropriation chips of tthe works and the results demonstrated an impact of 3.4%, 2.2% and 3.9% of the total revenue from them. These values are significant and may even compromise the economic equilibrium of the contracts. It attempted to also define the reasons for such lack productivity to assist project managers in their budgets and control of these costs during the performance of services.

Keywords: unproductive time, unproductive cost, equipment, roadwork.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz de transporte brasileira em 2005 .....	13
Figura 2: Projeção da matriz de transporte brasileira para 2025 .....	14
Figura 3: Terraplenagem .....	15
Figura 4: Estrutura típica dos pavimentos .....	16
Figura 5: Pavimento de concreto de cimento .....	19
Figura 6: Pavimento de concreto betuminoso usinado a quente .....	19
Figura 7: Calçamento de alvenaria poliédrica .....	20
Figura 8: Calçamento de paralelepípedo .....	21
Figura 9: Calçamento de blocos de concreto pré-moldados do tipo "blokret" .....	22
Figura 10: Pavimento intertravado .....	22
Figura 11: Composição de preço unitário com produção de equipe mecânica .....	37
Figura 12: Composição de preço unitária.....	38
Figura 13: Produção de equipe mecânica.....	39
Figura 14: Gráfico de vida útil dos equipamentos.....	43
Figura 15: Modelo de ficha de apropriação de horas de equipamento.....	46
Figura 16: Tempo produtivo x tempo improdutivo total.....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparativo do custo de transporte entre os modais.....	14
Quadro 2: Classificação das bases.....	17
Quadro 3: Classificação dos revestimentos.....	18
Quadro 4: Principais dispositivos de drenagem.....	24
Quadro 5: Equipamentos de escavação.....	27
Quadro 6: Equipamentos de transporte.....	29
Quadro 7: Equipamentos de compactação.....	30
Quadro 8: Outros equipamentos.....	31
Quadro 9: Equipamentos do setor industrial.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Horas disponíveis, produtivas e improdutivas da obra 01.....	48
Tabela 2: Horas disponíveis, produtivas e improdutivas da obra 02.....	49
Tabela 3: Horas disponíveis, produtivas e improdutivas da obra 03.....	50
Tabela 4: Horas perdidas na obra 01 .....	52
Tabela 5: Horas perdidas na obra 02 .....	53
Tabela 6: Horas perdidas na obra 03 .....	54
Tabela 7: Custo improdutivo da obra 01 .....	55
Tabela 8: Custo Improdutivo da obra 02.....	56
Tabela 9: Custo Improdutivo da obra 03.....	56
Tabela 10: Impacto do custo improdutivo.....	57

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específicos.....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES .....	13
2.2	OBRAS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS .....	15
2.2.1	Terraplenagem .....	15
2.2.2	Pavimentação .....	16
2.2.3	Drenagem.....	23
2.2.4	Obras de Arte Correntes, Obras de Arte Especiais e Obras Complementares..	24
2.2.5	Sinalização .....	25
2.3	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS.....	25
2.4	LICITAÇÕES.....	32
2.5	ORÇAMENTAÇÃO DE OBRA.....	35
2.5.1	Composição de Custo Unitário e a Produção dos Equipamentos .....	36
2.5.2	Custo Horário do Equipamento .....	40
2.5.3	Tempo Produtivo e o Tempo Improdutivo .....	41
2.6	VIDA ÚTIL DO EQUIPAMENTO .....	42
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>44</b>
3.1	COLETA DE DADOS .....	45
3.2	ANÁLISE DOS DADOS .....	47
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
4.1	TEMPO DISPONÍVEL, PRODUTIVO E IMPRODUTIVO .....	48
4.2	CUSTO IMPRODUTIVO.....	55
4.3	IMPACTO NO RESULTADO DA OBRA.....	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo IBGE (2016), o setor da construção está dividido em três segmentos: construção de edifícios (também conhecido como edificação ou construção civil), obras de infraestrutura (mais popularmente chamado de construção pesada) e serviços especializados para construção.

As obras de infraestrutura por sua vez, compreendem a construção de: autoestradas, vias urbanas, pontes, túneis, ferrovias, metrô, pistas de aeroportos, portos, redes de abastecimento de água, sistemas de irrigação, sistemas de esgoto, instalações industriais, redes de transporte por dutos (gasodutos, minerodutos, oleodutos), linhas de eletricidade, instalações esportivas, entre outros (IBGE, 2016).

O setor de infraestrutura de transportes tem grande importância no crescimento da economia, seja no incentivo a novos investimentos, na geração de empregos, na integração entre regiões, no bem-estar da sociedade e principalmente por estar diretamente ligado a competitividade e expansão dos setores produtivos (BETARELLI; JUNIOR, 2007, apud FABIANO, 2013).

Nos últimos anos houve um grande investimento nas obras de infraestrutura, tanto por parte da iniciativa privada como dos órgãos públicos, principalmente pelo governo federal, através de programas como o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) 1 e 2, do Programa de Investimentos em Logística (PIL), que prevê a abertura à participação privada de concessões de rodovias e ferrovias, das obras para os grandes eventos esportivos, como a Copa do Mundo de Futebol de 2014 e as Olimpíadas do Rio de Janeiro de 2016 e mais recentemente das concessões de portos e aeroportos (PEDUZZI, 2015).

Somente para o período entre 2014 e 2019, os investimentos públicos e privados em grandes obras de infraestrutura e industrial chegarão ao montante de R\$ 1,17 trilhão. São obras nos setores de energia, petróleo e gás, saneamento, transporte e logística, infraestrutura da habitação, arenas esportiva, indústria e outros (SOBRATEMA, 2014).

Entretanto, o ritmo deste avanço ainda é lento e o Brasil ainda possui uma enorme carência em infraestrutura. É o que aponta o levantamento da Confederação Nacional do Transporte (CNT) de 2013. Segundo a pesquisa, os problemas mais comuns que enfrentamos na nossa infraestrutura de transporte são: portos sobrecarregados, com limitações de espaço nos terminais e nas retro áreas, falta de acessos rodoviários e ferroviários, subutilização e falta

de manutenção em hidrovias, ferrovias com gargalos físicos, financeiros e institucionais, rodovias em más condições de conservação, entre outros.

Para se ter uma ideia, segundo Frischtak (2014), “investimos em transportes (incluindo mobilidade urbana), energia, saneamento e telecomunicações em torno de 2,5% do PIB este ano. E deveríamos estar investindo 4,5% do PIB”.

Portanto, um dos maiores desafios para as empresas do setor de obras de infraestrutura é expandir seus negócios num mercado extremamente competitivo, em meio a um cenário de incertezas e de preços baixos, com pouca margem de lucro e de alto risco.

## **1.1 Justificativa**

O preço de venda praticado em obras públicas está abaixo do custo e a margem de erro nos preços de referência dos órgãos públicos calcula-se estar em torno de 15% (DIAS, 2011).

Com relação ao custo, devido ao porte e à complexidade das obras do setor de construção pesada, as mesmas exigem a utilização de equipamentos pesados e modernos, com grande produtividade e, conseqüentemente, altos valores para aquisição, operação e manutenção. Desta forma, identificar e quantificar todos os custos relacionados aos equipamentos é de suma importância nos orçamentos para obras de infraestrutura, pois atualmente a parcela do custo correspondente aos equipamentos, comparada ao custo total da obra, é significativa. Segundo a PINI (2013), o impacto no custo das obras de infraestrutura devido às variações nos consumos dos insumos, que são resultado das características e das condições em que os trabalhos são realizados podem ser de 13 a 30%, sendo que este impacto ocorre especialmente pela produção de equipamentos.

Assim sendo, as empresas de construção que atuam neste segmento terão de se adaptar às novas condições do negócio, aumentando seu gerenciamento sobre o prazo e o custo ao longo da execução da obra, incluindo neste, o custo dos equipamentos pesados, inclusive o custo improdutivo dos mesmos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho de pesquisa é estudar o impacto do custo improdutivo dos equipamentos pesados no resultado da obra e conseqüentemente no seu lucro.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos consistem em:

- Identificar os tipos de custos, em especial os custos dos equipamentos;
- Analisar o custo horário improdutivo;
- Analisar o tempo improdutivo dos equipamentos;
- Propor alternativas para a redução destes tipos de custos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Infraestrutura de transportes

Segundo UFPR (2013), “transporte é um meio que viabiliza de forma econômica os deslocamentos para satisfação de necessidades pessoais ou coletivas, sendo que, os maiores benefícios produzidos são a mobilidade e acessibilidade”.

A infraestrutura de transporte compreende os modelos de transporte rodoviário, ferroviário, aquaviário (fluvial ou marítimo), dutoviário e aeroviário.

Já a infraestrutura de transportes brasileira, está distribuída conforme ilustrado na figura 1.

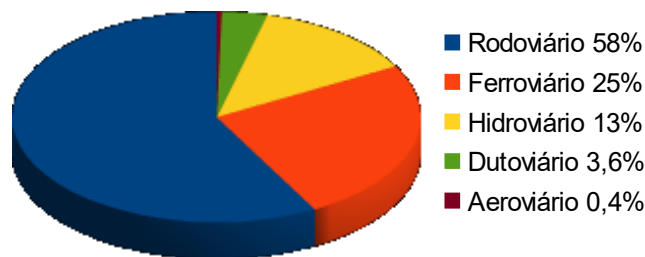


Figura 1: Matriz de transporte brasileira em 2005

Fonte: Ministério dos Transportes (2009)

Nota-se que seu planejamento ao longo de décadas privilegiou os investimentos no modal rodoviário, o que não é uma prática recomendada para países com grande extensão territorial, visando que o custo de operação deste é superior aos demais, como, por exemplo, o modal ferroviário e o modal hidroviário, conforme demonstra o quadro 1.

<b>Modal</b>	<b>Centavos US\$ / tkm</b>
Aéreo	1060
Rodoviário	133
Ferrovário	22
Aquaviário	30
Dutoviário	25

Quadro 1: Comparativo do custo de transporte entre os modais

Fonte: Lima (2014)

Embora, ao que indica a projeção atual, ilustrada na figura 2, ocorrerá uma melhor distribuição entre os modais da matriz brasileira nos próximos anos.

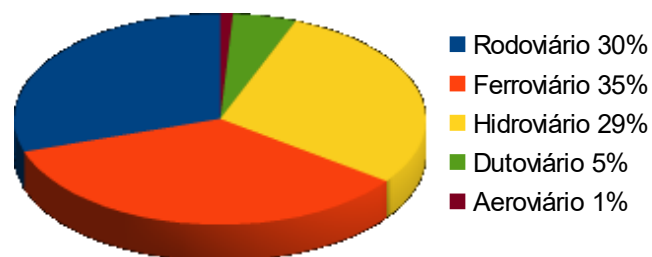


Figura 2: Projeção da matriz de transporte brasileira para 2025

Fonte: Ministério dos Transportes (2009)

Se confirmada tal projeção, haverá um acréscimo importante da participação ferroviária e hidroviária no transporte de cargas no Brasil, mais compatível com o que ocorre nos países desenvolvidos.

## 2.2 Obras de construção de rodovias

Obras de construção rodoviárias são aquelas obras de implantação de vias rurais pavimentadas, geralmente subdivididas em grupos de serviços denominados:

- Terraplenagem;
- Pavimentação;
- Drenagem;
- Obras de arte correntes (OAC) e Obras de arte especiais (OAE);
- Sinalização;
- Serviços complementares.

### 2.2.1 Terraplenagem

Os serviços de terraplenagem (figura 3) são as movimentações de solo que compreendem o corte, o aterro e a compactação do material escavado, sobre o qual se dará a construção da rodovia. São alguns dos primeiros serviços a serem executados e estão condicionados à influência do tempo no local. Para Ricardo e Catalani (2007), terraplenagem ou movimentação de terras é “o conjunto de operações necessárias à remoção do excesso de terra para locais onde esta esteja em falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado”.



Figura 3: Terraplenagem

Fonte: O autor (2014)

## 2.2.2 Pavimentação

Senço (1997) define pavimento como sendo:

A estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente, a:

- Resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-lo;
- Melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

O pavimento é classificado em dois tipos básicos, conforme Senço (1997):

Pavimentos rígidos são aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento. Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações. Pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até um certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

A figura 4 ilustra as estruturas dos pavimentos rígido e flexível.

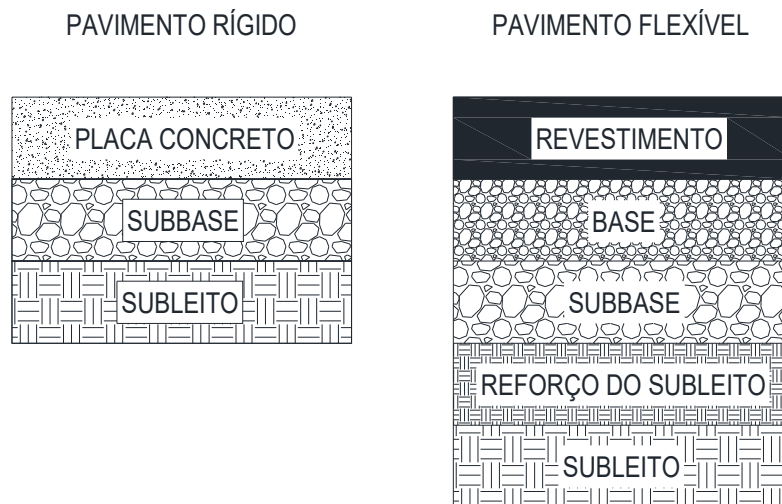


Figura 4: Estrutura típica dos pavimentos

Fonte: DNIT (2006a)

Os pavimentos rodoviários são formados por camadas, cada qual com sua função, que são classificadas, de acordo com o DNIT (2006a), como:

Subleito: é o terreno de fundação do pavimento;

Leito: é a superfície obtida pela terraplenagem ou obra de arte e conformada ao seu greide e perfis transversais;

Greide do leito: é o perfil do eixo longitudinal do leito;

Regularização: é a camada posta sobre o leito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações; a regularização não constitui, propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor, uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável;

Reforço do subleito: é uma camada de espessura constante, posta por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito;

Sub-base: é a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização;

Base: é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento;

Revestimento: é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste.

As bases e sub-bases são classificadas conforme apresentado no quadro 2.

Rígidas	Concreto de Cimento	
	Macadame de Cimento	
	Solo-cimento	
Flexíveis	Estabilizado	Granulometricamente – SAFL
		Solo-brita
		Solo-cal
		Solo-betume
	Macadame Hidráulico	
	Brita Graduada	
	Brita Graduada com Cimento	
	Macadame Betuminoso	
	Alvenaria Poliédrica	Por Aproveitamento
	Paralelepípedos	

Quadro 2: Classificação das bases

Fonte: Senço (1997)

O quadro 3 apresenta a classificação dos revestimentos.

Rígidos	Concreto de Cimento			
	Macadame de Cimento			
	Paralelepípedos Rejuntados com Cimento			
Flexíveis	Betuminosos	Usinados	Concreto Betuminoso	
			Pré-misturado a Quente	
			Pré-misturado a Frio	
	Tratamento Superficial	Penetração Direta	Simples, Duplo, Triplo e Quádruplo	
		Penetração Invertida		
	Calçamentos	Alvenaria Poliédrica		
		Paralelepípedo		
Blocos de Concreto Pré-moldados e Articulados				

Quadro 3: Classificação dos revestimentos

Fonte: Senço (1997)

Atualmente, nas obras rodoviárias no Brasil, o revestimento rígido de concreto de cimento e o revestimento flexível betuminoso, ilustrados nas figuras 5 e 6 respectivamente, são os mais empregados.



Figura 5: Pavimento de concreto de cimento

Fonte: ABCP (2016)

O revestimento rígido de concreto de cimento, é formado por uma mistura de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, distribuído e devidamente adensado numa camada, que funciona tanto como revestimento quanto como base (DNIT, 2006a).



Figura 6: Pavimento de concreto betuminoso usinado a quente

Fonte: O autor (2014)

Os revestimentos flexíveis betuminosos são amplamente utilizados no Brasil e entre eles destaca-se o concreto betuminoso usinado a quente, formado pela mistura em usina de agregados e materiais betuminosos, sendo aplicado na pista ainda quente.

Os revestimentos flexíveis por calçamento podem ser de dois tipos, pedra natural ou blocos de concretos pré-moldados. Apesar de estarem em desuso e não serem mais

empregados no pavimento de rodovias, ainda são encontrados em vias urbanas ou em pátios de estacionamento.

As figuras 7 e 8 apresentam os calçamentos compostos por pedras naturais irregulares (alvenaria poliédrica) e regulares (paralelepípedo).



Figura 7: Calçamento de alvenaria poliédrica  
Fonte: Prefeitura Municipal de Missal/PR (2016)

O revestimento de alvenaria poliédrica é composto por pedras irregulares assentadas e comprimidas sobre um colchão de regularização, constituído de material granular apropriado; as juntas são formadas com pedaços da própria pedra ou do colchão (DNIT, 2006a).



Figura 8: Calçamento de paralelepípedo

Fonte: O autor (2016)

Os calçamentos de paralelepípedos são formados por blocos regulares de granito, gnaisse ou basalto, assentados sobre um colchão de regularização constituído de material granular apropriado. As juntas entre os paralelepípedos podem ser tomadas com o próprio material do colchão de regularização, pedrisco, materiais ou misturas betuminosas ou com argamassa de cimento Portland (DNIT, 2006a).

De utilização mais recente, os pavimentos de blocos de concreto pré-moldados estão substituindo as pedras naturais na pavimentação de vias urbanas. No Brasil destacam-se dois tipos: o “blokret”, figura 9 e o “paver”, figura 10.

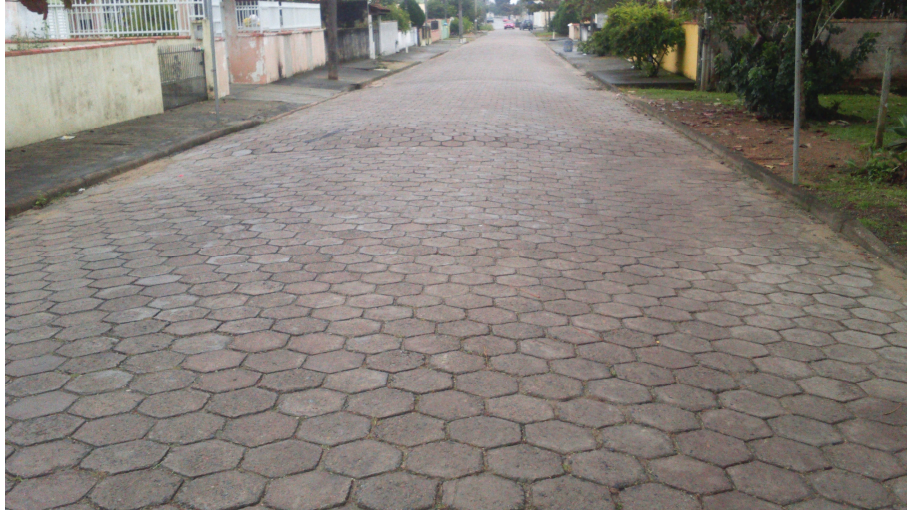


Figura 9: Calçamento de blocos de concreto pré-moldados do tipo "blokret"

Fonte: O autor (2016)

Os blocos do tipo “blokret” tem o formato de um hexágono regular. Eles são assentados e comprimidos sobre uma base de areia ou de concreto e suas juntas são preenchidas com pedrisco e asfalto aquecido.



Figura 10: Pavimento intertravado

Fonte: O autor (2016)

O pavimento intertravado executado com blocos de concreto pré-moldados tipo “paver” é um pavimento flexível, bastante empregado em calçadas, ciclovias, praças ou pátios de estacionamento, mas também pode receber o tráfego de veículos pesados. O assentamento

dos blocos se dá sobre o material de assentamento, geralmente areia, e suas juntas são preenchidas com material granular. O intertravamento do sistema ocorre através da viga de contenção.

### 2.2.3 Drenagem

Para o DNIT (2006b), “a drenagem rodoviária deve eliminar a água que sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via”. Classifica-se a estrutura de drenagem em:

- Drenagem superficial;
- Drenagem subsuperficial ou do pavimento;
- Drenagem subterrânea ou profunda;
- Drenagem para transposição de talvegues.

Conforme DNIT (2006b): “a drenagem superficial de uma rodovia tem como objetivo interceptar e captar, conduzindo ao deságue seguro, as águas provenientes de suas áreas adjacentes e aquelas que se precipitam sobre o corpo estradal, resguardando sua segurança e estabilidade”.

UFPR (2009a) afirma que, “a drenagem subsuperficial, é o sistema de drenagem que tem por objetivo a rápida e eficiente coleta e condução das águas que se infiltram nas camadas do pavimento”.

Para Felex (2005, apud Quinalia, 2005):

A drenagem subterrânea ou profunda envolve técnicas rigorosas e, em geral, é executada nos taludes e nas proximidades dos acostamentos para controlar as águas subterrâneas, provenientes do lençol freático, a mais de 1,5 m de profundidade ou em locais onde a terraplenagem exponha o lençol freático.

A Transposição de talvegues, obstáculos a serem vencidos pela rodovia, compreende a execução de uma ou mais linhas de bueiros sob os aterros e a construção de pontilhões ou pontes transpondo os cursos d’água (DNIT, 2006b). Os principais dispositivos utilizados para drenagem de rodovias são listados no quadro 4.

DRENAGEM SUPERFICIAL	DRENAGEM SUBSUPERFICIAL	DRENAGEM SUBTERRÂNEA
Valetas	Camada drenante	Drenos profundos
Sarjetas	Drenos rasos longitudinais	Drenos espinha de peixe
Descidas d'água	Drenos laterais de base	Colchão drenante
Meios-fios	Drenos transversais	Drenos horizontais profundos
Descidas d'água		Valetões Laterais
Saídas d'água		Drenos verticais de areia
Caixas coletoras		
Bueiros de greide		
Dissipadores de energia		
Escalonamento de taludes		
Corta-rios		

Quadro 4: Principais dispositivos de drenagem

Fonte: DNIT (2006b)

#### 2.2.4 Obras de arte correntes, obras de arte especiais e obras complementares

Obras de Arte Correntes (OAC) são estruturas muito utilizadas para drenagem de rodovias e são derivadas de projetos padrões, como por exemplo bueiros, drenos e pontilhões.

Já as Obras de Arte Especiais (OAE) são estruturas utilizadas para transposição de obstáculos e cujos projetos são exclusivos, por isso recebe a nomeação de especiais. Constituem exemplos de OAE as pontes, viadutos, túneis, passarelas, muros de arrimo, entre outros.

Execução de cercas, plantio de gramas, árvores e arbustos, abrigos de ônibus, barreiras de concreto, defensas metálicas e obras de contenção são algumas das obras ditas complementares.

### 2.2.5 Sinalização

Segundo o DNIT (2010), no seu Manual de Sinalização Rodoviária:

A sinalização permanente, composta em especial por sinais em placas e painéis, marcas viárias e dispositivos auxiliares, constitui-se num sistema de dispositivos fixos de controle de tráfego que, ao serem implantados nas rodovias, ordenam, advertem e orientam os seus usuários.

De modo geral, a sinalização deve conquistar a atenção e a confiança do usuário, permitindo-lhe ainda um tempo de reação adequado.

O sistema de sinalização pode ser do tipo:

- Vertical – formada pelas placas, painéis, pórticos e dispositivos auxiliares;
- Horizontal – formada pelas faixas (longitudinais, transversais, zebreados, setas, símbolos e legendas), tachas e tachões;
- Semafórica – tem a função de executar o controle do tráfego num cruzamento por meio da alternância do direito de passagem exibido em grupos focais de cores regulamentadas pelo Código de Trânsito Brasileiro.

### 2.3 Equipamentos mecânicos de construção de rodovias

No que se refere ao campo tecnológico, até início do século XX, a execução das obras de movimentação de terras, se dava exclusivamente pela utilização do trabalho manual. Após esse período, houve um processo de mecanização, com a substituição do trabalho manual pelo trabalho mecanizado (RICARDO; CATALANI, 2007).

O processo global de mecanização iniciou-se na agricultura e na indústria, principalmente na indústria têxtil, durante a revolução industrial, ocorrida entre os anos de 1760 e 1850 na Inglaterra e que se espalhou pela Europa (Alemanha, Bélgica, França e Itália) e pelos Estados Unidos da América a partir de 1830. Com a mecanização houve um aumento significativo da produção industrial, que por sua vez provocou uma revolução nos transportes, impulsionada pela demanda gerada pela necessidade de escoamento dessa produção, com destaque para as estradas de ferro e a navegação a vapor (BARROS; MALUF, 1986).

Após a revolução industrial, a melhoria do padrão de vida, a criação das técnicas de produção seriada e o avanço tecnológico geral criaram uma demanda irrefreável por infraestrutura, em todas as suas vertentes: estradas, aeroportos, canais, saneamento e outras. Essa situação, que exigia equipamentos cada vez mais produtivos e confiáveis para a execução das obras, tornou-se ainda mais emergencial após o final da Segunda Guerra

Mundial, quando a Europa precisava reconstruir as cidades e as redes de infraestrutura destruídas durante o conflito (VELOSO, 2014).

Entretanto, foi o surgimento dos motores à combustão interna que impulsionou a produção em escala dos equipamentos para a construção, reduzindo os preços e tornando-os viáveis economicamente para o trabalho nas obras pelo simples fato de que, a partir de então, essas máquinas sofreriam uma redução significativa de suas dimensões, ou seja, diminuíram de tamanho, facilitando desta maneira a sua construção, transporte e operação, conforme explica Veloso (2014):

Em termos tecnológicos, os principais avanços desse período foram os pneus de baixa pressão (introduzidos em 1932 e utilizados em equipamentos de construção a partir de 1935), a hidráulica de baixa pressão (disponível a partir de 1920 e cujo desenvolvimento assegurou maior confiabilidade e durabilidade) e, finalmente, os motores a diesel (utilizados a partir de 1930).

Além disso, com o crescente aumento do custo da mão de obra e a alta produtividade obtida pelos novos equipamentos, a utilização de máquinas em substituição ao trabalho manual resultou numa redução significativa nos custos dos serviços, apesar do alto custo de investimento na aquisição dos equipamentos e na operação dos mesmos, é o que explica Ricardo e Catalani (2007), ao se referirem às máquinas de terraplenagem:

Em resumo, pode-se entender que a mecanização surgiu em consequência de:




- Escassez e encarecimento da mão de obra causados, sobretudo, pela industrialização;
- Alta eficiência mecânica dos equipamentos, traduzindo-se em grande produtividade, a qual conduzia a preços mais baixos, se comparados com os obtidos manualmente, especialmente em virtude da redução de mão de obra.

Nos anos seguintes, depois de superada a barreira econômica, em que o trabalho mecânico comparado ao trabalho manual proporcionou uma redução dos custos dos serviços, o avanço tecnológico se acelerou, em especial após a Segunda Guerra Mundial, principalmente com o avanço da hidráulica, dos motores elétricos, do advento do ar comprimido, do aumento gradativo da potência empregada nos motores, proporcionando assim o aumento da produtividade das máquinas e redução do custo de operação.

Atualmente as máquinas e equipamentos são o fator predominante e os grandes responsáveis, pela produtividade e velocidade na execução dos serviços, tanto é que existe uma diversidade muito grande de máquinas disponíveis no mercado, com diferentes funções,

capacidade de operação, potência e fabricantes, atendendo praticamente todo e qualquer serviço a ser realizado em obras rodoviárias.

Os serviços de escavação de material geralmente são executados utilizando-se escavadeiras hidráulicas, motoniveladoras, motoscrapers, pás carregadeiras, retroescavadeiras e tratores de esteiras, conforme ilustrado no quadro 5.

IMAGEM	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	GRUPO DE SERVIÇO
	Escavadeira Hidráulica	Escavação e carregamento	Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem
	Motoniveladora c/ Escarificador	Nivelamento, espalhamento, conformação de terrenos e escarificação	Terraplenagem e Pavimentação
	Motocrawler	Escavação e transporte	Terraplenagem

Quadro 5: Equipamentos de escavação

Fonte: Jaworski (2011)

IMAGEM	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	GRUPO DE SERVIÇO
	Pá Carregadeira	Escavação e carregamento	Terraplenagem e Pavimentação
	Retroescavadeira	Escavação e carregamento	Terraplenagem e Drenagem
	Trator de Esteira c/ Lâmina e Escarificador	Tração, reboque, desmatamento, destocamento, limpeza, escavação, transporte, escarificação e espalhamento	Terraplenagem e Pavimentação

Quadro 5: Equipamentos de escavação (continuação)

Fonte: Jaworski (2011)




Os serviços de transporte horizontal de materiais poderão ser feitos através de caminhões, como ilustrado no quadro 6.

IMAGEM	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	GRUPO DE SERVIÇO
	Caminhão Basculante ou Caminhão Caçamba	Transporte de argila, areia, brita e rocha	Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem
	Caminhão Betoneira	Transporte de concreto	OAE, OAC e Obras Complementares
	Caminhão Carroceria c/ Munck	Transporte de madeiras, tijolos, tubos e materiais ensacados	Drenagem, OAC, OAE, Sinalização e Obras Complementares
	Caminhão Espargidor	Transporte e aplicação de material asfáltico	Pavimentação
	Caminhão Fora de Estrada Articulado	Transporte de argila, areia, brita e rocha	Terraplenagem e Pavimentação
	Caminhão Fora de Estrada Rígido	Transporte de argila, areia, brita e rocha	Terraplenagem e Pavimentação
	Caminhão Pipa	Transporte de água	Terraplenagem e Pavimentação

Quadro 6: Equipamentos de transporte

Fonte: Jaworski (2011)

Os rolos compactadores, apresentados no quadro 7, realizam a compactação dos materiais.

IMAGEM	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	GRUPO DE SERVIÇO
	Rolo Compactador Liso ou Corrugado	Compactação	Terraplenagem e Pavimentação
	Rolo Compactador de Pneus	Compactação	Pavimentação
	Rolo Compactador Tandem	Compactação	Pavimentação

Quadro 7: Equipamentos de compactação

Fonte: Jaworski (2011)

Existem também outros equipamentos com funções particulares bastante utilizados em obras rodoviárias, entre eles as bombas de concreto, perfuratrizes, distribuidores de agregados, tratores agrícolas e vibro acabadoras. Estes estão demonstrados no quadro 8.

IMAGEM	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	GRUPO DE SERVIÇO
	Caminhão Bomba de Concreto	Lançamento de concreto	OAE, OAC e Obras Complementares
	Carreta Perfuratriz	Perfuração em rocha	Terraplenagem e Pavimentação
	Distribuidor de Agregados	Distribuição de agregados	Pavimentação
	Trator Agrícola c/ Grade de Discos	Aeração	Terraplenagem e Pavimentação
	Vibro Acabadora	Execução de camada asfáltica	Pavimentação

Quadro 8: Outros equipamentos

Fonte: Sobratema (2014)

As usinas de asfalto, concreto e solos, bem como as centrais de britagens são parte do chamado setor industrial e estão representadas no quadro 9.

IMAGEM	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	GRUPO DE SERVIÇO
	Central de Britagem	Produção de britas	Pavimentação, Drenagem, OAE, OAC e Obras Complementares
	Usina de Asfalto	Produção de concreto betuminoso	Pavimentação
	Usina de Concreto	Produção de concreto de cimento	OAE, OAC e Obras Complementares
	Usina de Solos	Mistura de solos	Pavimentação

Quadro 9: Equipamentos do setor industrial

Fonte: Sobratema (2014)

## 2.4 Licitações

Os clientes das empresas do ramo da construção pesada podem ser empresas públicas ou privadas. Se o cliente é público, a contratação geralmente é feita através de licitação, e se o cliente for privado, a contratação é feita de maneira direta.

Conforme Brasil (1993), as modalidades de licitação existentes são:

Concorrência – é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto.

Tomada de preços – é a modalidade de licitação entre interessados devidamente cadastrados ou que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação.

Convite – é a modalidade de licitação entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de 3 (três) pela unidade administrativa, a qual afixará, em local apropriado, cópia do instrumento convocatório e o estenderá aos demais cadastrados na correspondente especialidade que manifestarem seu interesse com antecedência de até 24 (vinte e quatro) horas da apresentação das propostas.

Concurso – é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante a instituição de prêmios ou remuneração aos vencedores, conforme critérios constantes de edital publicado na imprensa oficial com antecedência mínima de 45 (quarenta e cinco) dias.

Leilão – é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para a venda de bens móveis inservíveis para a administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis prevista no art. 19, a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação.

Em obras de engenharia a modalidade do tipo convite poderá ser aplicada para contratos com valor de até R\$ 150.000,00, a modalidade tomada de preços ocorrerá para contratos com valor de até R\$ 1.500.000,00 e para valores acima de R\$ 1.500.000,00 o modelo deverá ser a concorrência (BRASIL, 1993).

Segundo Brasil (1993), os tipos de contrato que poderão ser firmados entre as partes são:

Empreitada por Preço Global, quando se contrata a execução da obra ou serviço por preço certo e total;

Empreitada por Preço Unitário, quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo e de unidades determinadas.

Já o critério para a escolha de empresa vencedora do certame será o menor preço, quando a escolha se der pela proposta de menor valor, respeitando as condições impostas pelo edital, melhor técnica quando o critério de seleção se basear na proposta de melhor conteúdo técnico, sendo mais vantajosa para o órgão em questão; ou finalmente a melhor técnica e preço quando a escolha se basear numa média ponderada entre os quesitos técnicos e menor valor.

Atualmente, foi instituído o Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC), com regras particulares, que foi e poderá ser utilizado para as obras da Copa das Confederações 2013, Copa do Mundo 2014, Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de 2016, ações integrantes do PAC, obras e serviços de engenharia do Sistema Único de Saúde (SUS), obras

e serviços de engenharia para construção, ampliação e reforma de estabelecimentos penais e unidades de atendimento socioeducativo, obras e serviços de engenharia, relacionadas a melhorias na mobilidade urbana ou ampliação de infraestrutura logística, entre outros (BRASIL, 2011).

Esse novo modelo introduziu algumas novidades no certame, especialmente o regime de Contratação Integrada, de acordo com Brasil (2011):

A contratação integrada compreende a elaboração e o desenvolvimento dos projetos básico e executivo, a execução de obras e serviços de engenharia, a montagem, a realização de testes, a pré-operação e todas as demais operações necessárias e suficientes para a entrega final do objeto.

Ou seja, a empresa vencedora da licitação fica encarregada de toda a obra, dos projetos à execução, dispondo apenas de um anteprojeto para elaborar sua proposta. No modelo tradicional de licitação, são contratadas duas empresas: projetista e executora, quando não três, incluindo a supervisora, sendo que, a empresa projetista também poderá ser a supervisora.

Outras diferenças para o modelo tradicional são:

- A inversão das fases de habilitação e propostas de preços;
- A adoção do sistema de disputa aberto, onde as ofertas são feitas por meio de lances públicos;
- Empreitada por preço global, como tipo de contrato preferido.

De acordo com TCU (2010), em todos esses processos licitatórios públicos, os órgãos contratantes deverão elaborar um orçamento de referência para as obras a serem licitadas, de forma a servir de parâmetro para avaliar as propostas dos interessados e garantir os recursos para a execução da obra e definir o modelo de licitação.

Os orçamentos de referência e as tabelas de preços básicos mais conhecidas em território nacional, para obras de construção civil, são do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) divulgadas pela Caixa Econômica Federal (CEF) e do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) divulgado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para obras rodoviárias.

## 2.5 Orçamentação de obra

Executar uma obra de engenharia compreende realizar racionalmente inúmeras tarefas ou atividades dependentes ou não uma das outras. Essas atividades surgidas da decomposição da obra são chamadas de serviços. Assim sendo, para se obter o custo total de determinada obra, basta somar o custo de todos os serviços relacionados àquela em questão.

Quando estes serviços puderem ser quantificados através de algum tipo de medição, os chamamos de serviços diretos e seu custo correspondente é chamado de custo direto, já os serviços indiretos não podem ser quantificados e são representados por uma verba ou um valor fixo por uma unidade de tempo qualquer, sendo mais comum a utilização de um custo fixo mensal.

Gadelha (2006) define os custos diretos e indiretos como sendo:

Custos Diretos – o conjunto de custos ligados diretamente às quantidades da planilha, e cujos preços unitários normalmente não se alteram se as quantidades sofrerem variação, exceto quando a atividade é comprimida, objetivando a redução do prazo, exigindo com isso uma injeção de recursos, provocando um aumento no preço.

Custos Indiretos – quando os custos são abrangentes para todo o projeto e não se relacionam individualmente com a duração de cada atividade, sendo, entretanto, diretamente proporcionais ao prazo da obra.

Os serviços diretos serão remunerados diretamente pelo contrato, enquanto os demais custos, sendo eles os custos indiretos, tributos, custos financeiros, riscos e imprevistos, seguros, garantias e o lucro serão contemplados através dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), que nada mais é do que uma taxa sobre o custo direto, compondo assim o preço de venda.

Para Dias (2011), o BDI “é o rateio do Lucro (B) mais os Custos Indiretos (DI) aplicado aos Custos Diretos (CD). O BDI poderia ser admitido como sendo a sigla LCI – Lucro e Custo Indireto”.

Portanto, o preço de venda de determinada obra se dará pela soma do custo direto total e do BDI, ou de forma matemática, conforme equação 1:

$$PREÇO DE VENDA = CUSTO DIRETO \times (1 + BDI) \quad (1)$$

### **2.5.1 Composição de custo unitário e a produção dos equipamentos**

Para calcular o custo de um serviço direto, é necessário primeiramente definir todos os elementos necessários para a execução do mesmo, quantificá-los através de alguma unidade de medida e obter seus custos unitários nas referidas unidades.

A esses elementos chamamos de insumos e os separamos em três diferentes grupos: material, mão de obra e equipamento. Esse agrupamento se faz necessário devido às características diferentes de cada um deles para o cálculo do seu valor unitário.

Insumos do grupo material terão seus custos formados pelo preço do material, incluindo o transporte e os tributos e taxas necessárias, sendo quantificados através de unidades geométricas, unidades de massa, unidades de energia ou outras específicas. Já para a mão de obra, o custo será formado pelo salário mais os encargos sociais e a unidade de medida será o tempo, podendo ser expresso em hora ou mês. Os insumos do tipo equipamento terão seu custo formado pelas despesas de operação, manutenção e de propriedade e serão representados pela unidade de tempo hora.

As variações que podem ocorrer no consumo dos três diferentes tipos de insumos (mão de obra, equipamento e materiais) dentro das composições de custo, são elas: a variação da produtividade da mão de obra, a variação do consumo de materiais e a variação da produção de equipamentos (PINI, 2013).

Definidos os insumos e seus consumos, para representá-los podemos utilizar a Ficha de Composição de Custo Unitário, que servirá para o cálculo do custo unitário do serviço. Os tipos mais comuns são com ou sem produção da equipe mecânica, conforme o ilustrado nas figuras 11 e 12, respectivamente.

Data Base: 13/03/2014

Valores expressos em Reais (R\$)

Serviço: 40050 Colchão drenante de areia para fundação de aterros

Unidade: m3

(A) Equipamento	Código	CT	Qtde.	Ut. Pr.	Ut. Imp	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp.	Custo Horário
Trator lâmina D5-K média	32004	M	1,00	1,00	0,00	149,78	58,35	149,78
<b>(A) Total:</b>								149,78
(B) Mao-de-Obra	Código	Eq. Salarial	Consumo	Sal/Hora	Custo Horário			
Apontador	20002	2,25	1,00	15,46	15,46			
Encarregado de Serviço	21006	6,00	0,10	41,25	4,12			
Servente	20013	2,20	2,00	15,12	30,24			
					<b>(B) Total:</b>		49,82	
(C) Itens de Incidência	Código	%	M. O.	Mat.	Equip.	Custo		
						<b>(C) Total:</b>	0,00	
					<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>		199,60	
(D) Produção da Equipe	386,10	(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)						0,51
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário			
Areia	13900	m3	39,36	1,1500	45,26			
					<b>(F) Total:</b>		45,26	
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário			
					<b>(G) Total:</b>		0,00	
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Fórmula	X1	X2	Custo	Consumo	Custo Unit.
Areia (Trecho)	1901	t	$0,36x1+0,43x2$	0,000	0,000			
			$0,36x1+0,43x2+0,90$	0,000	0,000	0,00	1,7300	0,00
					<b>(H) Total:</b>		0,00	
					<b>Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)</b>		45,77	
					<b>Bonificação: 32,40%</b>		14,82	
					<b>Preço Unitário Total</b>		60,59	

Figura 11: Composição de preço unitário com produção de equipe mecânica

Fonte: DER-PR (2014)

Para o modelo da figura 11, é necessário determinar além da produção da equipe, o tempo produtivo e improdutivo dos equipamentos individualmente e o custo horário operativo e improdutivo dos mesmos.

Tabela de preços: TABELA SEIL/PRED JANEIRO 2014 COM DESONERAÇÃO - RESOLUÇÃO CONJUNTA SEIL/PRED N° 004/ 2014 - REFERÊNCIA JANEIRO/2014 - VIGÊNCIA MARÇO/2014  
 Serviço: ABRACADEIRA DE FIXAÇÃO DE BRACOS DE LUMINARIAS DE 4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO  
 Fonte: Sinapi

Data base: 01/01/2014  
 Unidade: UN

(A) Equipamentos	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
CAMINHÃO TOCO FORD CARGO 1717 E MOTOR CUMMINS 170 CV - PBT=16000 KG - CARGA UTIL + CARROCERIA = 11090 KG - DIST ENTRE EIXOS 4800 MM - INCL CARROCERIA FIXA ABERTA DE MADEIRA P/ TRANSP. GERAL DE CARGA SECA - DIMENSÕES APROX. 2,50 X 7,00 X 0,50 M	UN	178.240,81	0,0000009	0,16
CAMINHÃO TOCO FORD F-4000, POTENCIA 120 CV, PBT = 6800 KG, CARGA UTIL + CARROCERIA = 3980 KG, DIST ENTRE EIXOS 4181MM - INCL CARROCERIA FIXA ABERTA DE MADEIRA P/ TRANSP. GERAL DE CARGA SECA - DIMENSÕES APROX. 2,25 X 4,10 X 0,50 M.	UN	104.420,01	0,0000405	4,23
GUINDAUTO HIDRAULICO MADAL MD-6501, CARGA MAX 3,25T (A 2M) E 1,62T (A 4M), ALTURA MAX = 6,6M, P/ MONTAGEM SOBRE CHASSISDE CAMINHÃO**CAIXA**	UN	25.257,18	0,0000390	0,99
<b>(A) Total:</b>				<b>5,38</b>

(B) Mãos-de-obra	Eq. Salarial	Sal/Hora	Encargos(%)	Consumo	Custo Horário
SERVENTE	8,38	8,38		0,7300000	6,12
ELETRICISTA	11,83	11,83		0,3000000	3,55
MOTORISTA DE CAMINHÃO E CARRETA	12,34	12,34		0,2045210	2,52
<b>(B) Total:</b>					<b>12,19</b>

(C) Materiais	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
ABRACADEIRA FERRO GALV MODULAR E = 1/2" D = 4"	UN	6,34	1,0000000	6,34
ÓLEO LUBRIFICANTE PARA MOTORES DE EQUIPAMENTOS PESADOS (CAMINHÕES, TRATORES, RETROS E ETC...)	L	15,41	0,0526416	0,81
ÓLEO DIESEL COMBUSTIVEL COMUM	L	2,46	2,5999998	6,40
GRAXA LUBRIFICANTE	KG	18,45	0,0175472	0,32
CONJUNTO PNEUS CAMINHÃO TOCO 3.5T	UN	3.723,83	0,0001225	0,46
<b>(C) Total:</b>				<b>14,33</b>

<b>Custo direto total (A) + (B) + (C) + (D) + (E)</b>				<b>31,90</b>
<b>BDI: 0,00%</b>				<b>0,00</b>
<b>Preço unitário total</b>				<b>31,90</b>

Figura 12: Composição de preço unitária

Fonte: Paraná Edificações (2014)

Para o modelo da figura 12, informa-se diretamente o custo e o consumo do item na composição do serviço.

Conforme visto anteriormente, a variação da produção da equipe mecânica tem um peso grande nos orçamentos de obras de infraestrutura. Jaworski (2011), define a produção como sendo a quantidade de material movimentado em uma hora de trabalho e segundo Gadelha (2006), ela é função das características dos equipamentos como a velocidade, a capacidade e a largura de operação.

Para determinar a produção horária, é necessário calcular o ciclo dos equipamentos em função das suas características e aplicar os fatores para correção.

A figura 13 apresenta a planilha padrão do DNIT para cálculo da produção horária do equipamento para o serviço de "Escavação, Carga e Transporte de Material de 1ª Categoria, DMT de 200 a 400 m, com Escavadeira".

CÓDIGO: 2S.01.100.23		SERVIÇO: Escav. Carga e Transp. Mat. 1º Cat. DMT 200 a 400m c/ e			UNIDADE: m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		UNIDADE	EQUIPAMENTOS		
			Escavadeira Hidráulica	Caminhão Basculante	Motoniveladora
a	AFASTAMENTO				
b	CAPACIDADE	m³	1,5	14	
c	CONSUMO (QTDE.)				
d	DISTÂNCIA	m		300	
e	ESPASSAMENTO				
f	ESPESSURA	m			
g	FATOR DE CARGA		0,9	0,90	
h	FATOR DE CONVERSÃO		0,77	0,77	
i	FATOR DE EFICIÊNCIA		0,83	0,83	
j	LARGURA DE OPERAÇÃO	m			
l	LARGURA DE SUPERPOSIÇÃO	m			
m	LARGURA ÚTIL	m			
n	NÚMERO DE PASSADAS				
o	PROFUNDIDADE				
p	TEMPO FIXO (CARGA, DESCARGA E MANOBRA)	min		2,81	
q	TEMPO IDA	min		1,88	
r	TEMPO RETORNO	min		1,15	
s	TEMPO TOTAL DE CICLO	min	0,27	5,84	
t	VELOCIDADE (IDA) MÉDIA	m/min		160	
u	VELOCIDADE RETORNO	m/min		260	
OBSERVAÇÕES			FÓRMULAS		
Especif. Serviço: DNER-ES-280 e DNER-ES-281			P=60. b.g.h.i/s	P=60. b.g.h.i/s	
PRODUÇÃO HORÁRIA			192	83	
NÚMERO DE UNIDADES			1	3	1
UTILIZAÇÃO OPERATIVA			1,00	0,77	0,11
UTILIZAÇÃO IMPRODUTIVA			0,00	0,23	0,89
PRODUÇÃO DA EQUIPE			192	192	192

Figura 13: Produção de equipe mecânica

Fonte: DNIT (2016)

O fator de conversão é referente à variação do volume do material que ocorre durante a execução do serviço, o fator de carga é a relação entre a capacidade efetiva do equipamento e a capacidade nominal e o fator de eficiência (E) é o coeficiente da diferença entre a produção instantânea e a produção média num período para um determinado equipamento.

Essa diferença ocorre devido às perdas de tempo (improdutividade) que acontecem durante a realização do trabalho e que não são percebidas instantaneamente. Jaworski (2011), exemplifica dizendo que “se não houvesse perda de tempo na jornada diária de trabalho, a eficiência seria de cem por cento (100 %) e o valor do fator E, alcançaria a unidade (1,0)”, e define o fator de eficiência através da equação 2.

$$E = \frac{\text{Número médio de minutos de trabalho em uma hora}}{60} \quad (2)$$

Jaworski (2011), também detalha alguns motivos para a ocorrência desta perda de produtividade:

- Espera de unidades auxiliares;
- Pequenos reparos mecânicos e a manutenção preventiva;
- Breves pausas causadas pela fadiga do operador;
- Recebimento ou transmissão de instruções.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) considera um fator de eficiência de 0,83, o que representa 50 minutos produtivos para cada hora de trabalho, enquanto a estimativa da PINI, em sua Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), aponta para um fator de eficiência médio em torno de 0,75, ou seja, 45 minutos produtivos a cada hora de trabalho.

### **2.5.2 Custo horário do equipamento**

Segundo Mattos (2007), “os custos envolvidos na hora do equipamento são: depreciação, juros, pneus, combustível, lubrificação, operador e manutenção”.

Para DNIT (2003), as despesas que compõem o custo de um equipamento são classificadas da seguinte forma:

Custos de Propriedade: depreciação, custo de oportunidade do capital, seguros e impostos;

Custos de Manutenção: reparos em geral, material rodante, pneus e partes de desgaste (bordas cortantes, dentes de caçamba, ferramenta de penetração no solo, entre outras);

Custos de Operação: combustível, filtros e lubrificantes e mão de obra de operação.

Em resumo, farão parte do custo horário do equipamento os gastos com operação, que compreendem as despesas de mão de obra de operação, óleo combustível, óleos lubrificantes, óleo hidráulico, graxas e outros, os gastos com a manutenção, que são as despesas com peças, serviços de manutenção e materiais de desgaste e os gastos financeiros, que sejam as despesas com o capital investido e a depreciação dos equipamentos.

### 2.5.3 Tempo produtivo e o tempo improdutivo

O intervalo de tempo em que os equipamentos trabalham podem ser classificados em operativo (produtivo e em esperas) e improdutivo. No tempo produtivo, o equipamento está efetivamente executando alguma tarefa com o motor ligado. Quando em espera, o equipamento está aguardando, sem desligamento de motor, que algum outro componente da patrulha complete sua parte, de modo a abrir frente para que ele possa atuar. Os tempos improdutivos ocorrem quando os equipamentos permanecem vinculados aos serviços com seus operadores mobilizados, mesmo que seus motores estejam desligados (DNIT, 2003).

Para cada uma das condições acima haverá consumos diferentes e conseqüentemente, o custo horário do equipamento poderá sofrer variação, dependendo da sua utilização:

- Equipamento parado com motor desligado;
- Equipamento estacionado com motor ligado em marcha lenta;
- Equipamento com motor ligado em operação.

Gadelha (2006), define que o custo horário dos equipamentos é composto pelo custo horário em operação, podendo este ser produtivo ou operacional e pelo custo do equipamento parado ou custo improdutivo.

Custo produtivo – compreende todas as despesas decorrentes do equipamento em funcionamento, como sejam: amortização, juros, manutenção e operação.

Custo operacional – no custo operacional, consideramos apenas as despesas com os materiais de operação, como combustível, filtro, óleo e graxas.

Custo do equipamento parado ou improdutivo – compreende os itens relativos a amortização, juros e mão de obra de operação.

Para DNIT (2003):

O custo horário operativo é calculado somando-se os custos horários de depreciação, operação, manutenção e mão de obra. O custo horário improdutivo é igual ao custo horário da mão de obra. Não se consideram os outros custos, pois se admite que estes ocorram somente ao longo da vida útil, expressa em horas operativas.

Já para UFPR (2009) existem dois tipos diferentes de custo horário:

Custo Horário Produtivo é o custo horário do equipamento durante a sua operação efetiva e engloba os custos horários da depreciação, juros, manutenção e operação (material mais mão de obra).

Custo Horário Improdutivo é o custo horário do equipamento durante o período em que o mesmo fica parado aguardando a operação de outro equipamento. Como a mão de obra é remunerada mesmo que não esteja sendo utilizada, e o equipamento continua a sofrer depreciação e juros quando parado, o custo da hora improdutiva engloba os custos horários da depreciação, juros e mão de obra de operação.

A maior divergência está no quesito custo horário improdutivo, em que o órgão DNIT exclui a parcela do custo devido à depreciação e juros, considerando que estes ocorrem somente sobre as horas de uso efetivo dos equipamentos. Para as demais fontes, assim como grande parte dos demais órgãos licitantes, durante a improdutividade ocorrem custos de mão de obra de operação, depreciação e juros sobre o capital investido.

Essa diferença no custo horário improdutivo é devido aos juros sobre o capital investido, que alguns autores consideram em seu cálculo, enquanto o DNIT utiliza apenas o custo da mão de obra.

Entretanto, durante a execução da obra ocorrerão outras situações, além das citadas anteriormente, nas quais as equipes terão de ficar parados, ou seja, sem operar, ocasionando ociosidade e conseqüente redução da produtividade da equipe e acréscimo de custo do serviço. Essas paradas denominadas impeditividades, não estarão cobertas pelo fator de eficiência (E).

Mattos (2014), explica que as “impeditividades não se confundem com fator de eficiência, não sendo possível considerá-las pressupostas nas composições de custos unitários dos bancos de dados referenciais”.

Alguns fatores de impeditividades são: período de cadastramento e integração, diálogo diário de segurança, meio ambiente e saúde, auditoria comportamental, deslocamentos e velocidade controlada (MATTOS, 2014).

O próprio DNIT (2003) admite:

As Composições de Serviços contidas no SICRO2 incluem somente o tempo improdutivo correspondente ao dimensionamento das patrulhas. A outra parcela poderá ser acrescentada na fase do orçamento pelo Engenheiro de Custos, ao compor os custos dos itens de serviço, diante das condições particulares de cada obra.

## **2.6 Vida útil do equipamento**

Sabemos intuitivamente que ao adquirir um equipamento novo o mesmo vai perdendo valor de mercado com o passar do tempo, ou seja, vai depreciando devido ao seu desgaste e obsolescência tecnológica.

Esse custo de depreciação é significativamente maior nos primeiros anos de vida da máquina e com o passar do tempo vai diminuindo. Então é correto afirmar, do ponto de vista da depreciação, que equipamento novo tem um custo horário maior do que o equipamento usado. Já em relação à manutenção, a tendência é que os custos vão aumentando assim que o

equipamento vai envelhecendo. Por este ponto de vista, afirma-se que o equipamento novo tem um custo menor que o equipamento usado. Assim, ao somarmos estas duas parcelas de custo (depreciação e manutenção), perceberemos que ao longo do tempo haverá um período no qual o equipamento terá um custo total menor do que a média.

De acordo com o DNIT (2003):

Existe um momento, em que as economias de custo de manutenção, que se pode obter pela utilização de um equipamento novo, são suficientes para cobrir a diferença para mais no custo de depreciação. Este seria o ponto ideal de troca, pois, embora nesse preciso instante, os custos totais das duas opções sejam os mesmos, o equipamento antigo entrará, daí por diante, em regime de custos crescentes e o novo em regime de custos decrescentes.

Esse período se chama Período de Vida Útil e está representado genericamente na figura 14. Ao manter a frota de equipamentos operando dentro da vida útil é provável conseguir uma redução dos custos horários.

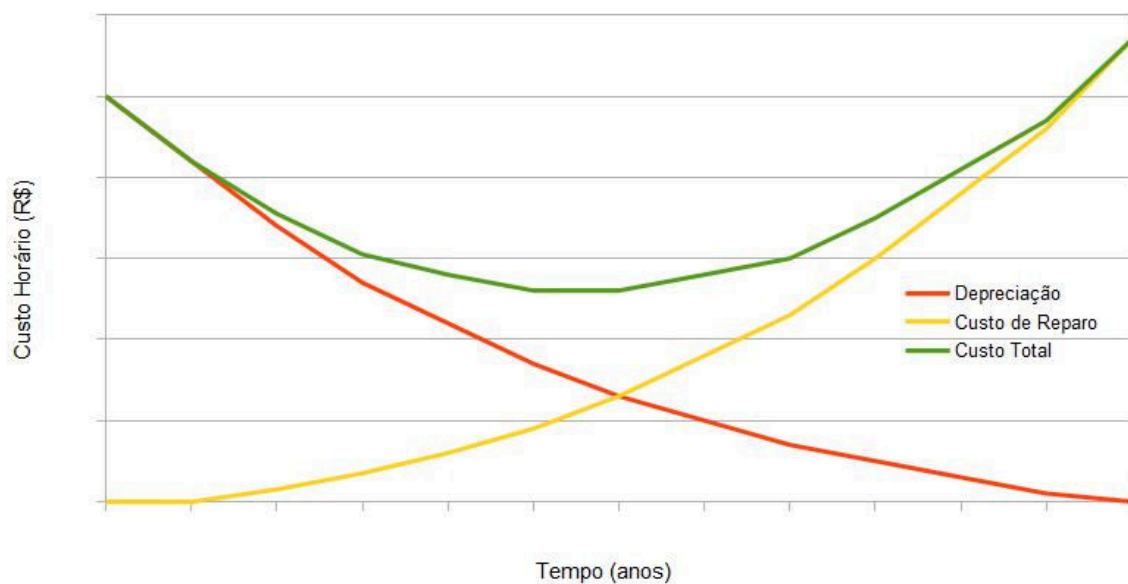


Figura 14: Gráfico de vida útil dos equipamentos

Fonte: DNIT (2003)

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os materiais, equipamentos e métodos utilizados para realizar a pesquisa. Define a estratégia geral, as etapas e o tipo de pesquisa empregado no processo de investigação, além de sua amostragem.

A estratégia escolhida para realizar a pesquisa foi o Estudo de Caso, dado à variedade de fatores que podem influenciar nos resultados, que são de difícil controle e reprodução experimental, pela grande disponibilidade de casos para o estudo e pelo período de tempo limitado.

A investigação abordou o caso de uma empresa de construção do ramo de obras de infraestrutura, com quase 50 anos de experiência em obras rodoviárias, já tendo atuado em todas as regiões do país e inclusive em outros países.

Ao todo foram coletados dados de três obras, sendo elas:

- Execução das obras e serviços de recuperação da Rodovia SP-270;
- Obras de terraplenagem, pavimentação, drenagem, sinalização e obras de artes especiais na restauração da Rodovia BR-392/RS;
- Obras de duplicação, recapeamento, restauração e pavimentação da Rodovia BR-040/MG.

A escolha destas obras se motivou por elas terem características de projeto semelhantes. São obras de pavimentação asfáltica, com serviços de terraplenagem, drenagem, obras de arte correntes, obras de arte especiais e sinalização. Também por serem contratos do tipo “preços unitários” celebrados com clientes públicos, no caso o DNIT e o DER-SP, que possuem banco de dados de preços referenciais.

Essas obras são representativas, pois apresentaram quantidades expressivas de serviços, com grandes volumes de movimentação de terra, escavação em rocha, obras de contenção de encostas, restauração de pavimento antigo e execução de pavimento novo (sendo 16 km na SP-270, 25 km na BR-392 e 35 km na BR-040). Por consequência, esses serviços exigiram a utilização de equipamentos pesados de construção, principalmente de equipamentos de terraplenagem e de pavimentação, como caminhões basculantes, escavadeiras, tratores de esteiras, pás carregadeiras, motoniveladoras, rolos compactadores, caminhões espargidores, vibro acabadoras, fresadoras, entre outros. Inclusive sendo necessária a instalação de setores industriais com central de britagem, usina de asfalto e usina de solos.

O planejamento da pesquisa definiu as etapas a serem empregadas para a investigação, demonstradas a seguir:

1. Identificação do problema – identificar o impacto dos custos improdutivos sobre o resultado da obra, no caso de obras rodoviárias;
2. Revisão bibliográfica – definir o estado da arte das obras de infraestrutura, em especial das obras de construção rodoviárias: tecnologia de construção, equipamentos utilizados, métodos de orçamentos ou de estimativas de custo;
3. Coletas de dados – observação, resgate das informações relevantes e levantamento da realidade no caso;
4. Análise dos dados – apresentação e detalhamento dos dados obtidos;
5. Conclusão – propor soluções para contornar o impacto negativo da improdutividade dos equipamentos.

### **3.1 Coleta de dados**

Os dados necessários para o levantamento do tempo produtivo e improdutivo foram coletados diretamente nas frentes de serviço da obra, através de apontamentos dos apontadores de campo em fichas de apropriação padrão. As fichas continham as seguintes informações:

- Obra;
- Data de coleta;
- Equipamento;
- Modelo;
- Turno de trabalho;
- Horímetro inicial;
- Horímetro final;
- Operador do equipamento;
- Serviços realizados;
- Horas perdidas;

A figura 15 ilustra uma ficha padrão para apropriação de horas de equipamentos.

As coletas eram diárias, feitas por equipamento, e ocorreram durante todo o prazo das obras, (19 meses, 53 meses e 46 meses, para as obras 1, 2 e 3 respectivamente).

Controle de Produção de Equipamento											Nº	
Equipamento:					Empresa:					Operador:		
Obra:					Mês,..... Ano 2.xxx							
Contratante:												
Local:												
Serviço:												
Horas Operantes						Horas Inoperantes						
Dia	Turno 1		Turno 2		Horas Total Operante	Motivo					Horas Total Inoperante	
	Início	Fim	Início	Fim		Quebrado Oficina	Troca Pneu	Manutenção Preventiva	Falta Operador	Dia Inoperante		
1												
2												
3												
...												
31												
Total												
Apontador Responsável:					Data:			Obs.:				

Figura 15: Modelo de ficha de apropriação de horas de equipamento

Fonte: Avila e Jungles (2010)

Buscou-se identificar as horas perdidas, ou seja, o tempo improdutivo dos equipamentos devido a:

- Atrasos de início
- Reabastecimento,
- Falta de energia,
- Lavagem,
- Paradas para alimentação do operador,
- Palestras, treinamentos e auditorias;
- Falta de mão de obra de operação;
- Manutenção preventiva
- Manutenção corretiva
- Falta de equipamento chave ou de equipamento complementar
- Falta de projeto ou licenças
- Falta de frente de serviço,
- Falta de matéria-prima;
- Ajustes ou regulagens;
- Deslocamentos;
- Chuva.

Para melhor entendimento e análise dos dados, estas horas perdidas foram classificadas em grupos, o que facilita o entendimento da origem das improdutividades:

- Horas perdidas administrativas – originadas da gerência administrativa (impeditividades): atrasos de início, reabastecimento, falta de energia, lavagem, paradas para alimentação do operador, palestras, treinamentos e auditorias e falta de mão de obra de operação;
- Horas perdidas com manutenção – perdas por problemas mecânicos das máquinas: manutenção preventiva e manutenção corretiva.
- Horas perdidas operacionais – ocorrem por problemas operacionais: falta de equipamento, falta de projeto ou licenças, falta de frente de serviço, falta de matéria-prima; ajustes ou regulagens e deslocamentos;
- Horas perdidas devido ao tempo – ocorrem com condições de tempo desfavoráveis, como por exemplo a chuva.

### **3.2 Análise dos Dados**

Através dos dados coletados é possível obter as horas ou os tempos produtivos e improdutivos dos equipamentos e sua relação:

- Tempo disponível: igual ao total de horas do turno do equipamento;
- Tempo operativo: são as horas trabalhadas, obtido através do horímetro das máquinas e utilizado para o cálculo do custo horário das mesmas;
- Tempo improdutivo: são as horas perdidas, em que o equipamento ficou à disposição para serviço, mas não foi utilizado, podem ser as horas perdidas com a administração, manutenção, operação e condição desfavorável do tempo;
- Tempo produtivo: são as horas trabalhadas diretamente no serviço, igual ao tempo disponível descontando-se as perdas;
- Custo horário improdutivo: custo médio horário do equipamento durante o tempo em que o mesmo permanece improdutivo;
- Custo improdutivo total: custo total do equipamento durante o tempo em que o mesmo permanece improdutivo.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos durante a pesquisa são apresentados em detalhe no Apêndice deste trabalho.

### 4.1 Tempo disponível, produtivo e improdutivo

Através da coleta dos dados das fichas de apropriação, chegou-se aos tempos disponíveis, produtivos e improdutivos para cada equipamento mobilizado na obra. Na sequência, resumiu-se esses dados por família (modelo) de equipamento.

A tabela 1 demonstra os resultados obtidos para a obra 01.

Tabela 1: Horas disponíveis, produtivas e improdutivas da obra 01

EQUIPAMENTO	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PRODUTIVAS	HORAS IMPRODUTIVAS
Caminhão Basculante 10 m <sup>3</sup>	8.513	3.853	4.660
Caminhão Basculante 6 m <sup>3</sup>	20.383	9.088	11.295
Caminhão Carroceria	2.998	1.511	1.487
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	3.175	1.133	2.042
Caminhão Espargidor	6.102	1.258	4.844
Caminhão Pipa	5.621	1.745	3.876
Conjunto de Britagem	2.942	1.529	1.413
Escavadeira Hidráulica	5.357	2.228	3.129
Fresadora de asfalto	875	199	676
Motoniveladora	7.378	2.006	5.372
Pá Carregadeira	9.225	3.442	5.783
Retroescavadeira	4	4	0
Rolo Compactador Corrugado	1.849	242	1.607
Rolo Compactador Liso	2.637	562	2.075
Rolo Compactador Pneus	6.000	1.453	4.547
Rolo Compactador Tandem	3.722	1.168	2.554
Trator Agrícola	3.559	520	3.039
Trator de Esteira	2.812	940	1.872
Usina de Asfalto	2.204	835	1.369
Vibro acabadora de Asfalto	5.033	1.516	3.517
<b>TOTAL</b>	<b>100.389</b>	<b>35.232</b>	<b>65.157</b>

Fonte: O autor (2016)

Os tempos, ou horas disponíveis, representam as horas em que os equipamentos estavam aptos a operar e são obtidas através do turno de trabalho da obra. As horas produtivas são aquelas em que os equipamentos estão operando, ou seja, gerando receita, são iguais às

disponíveis menos as horas perdidas. As horas improdutivas, são as horas perdidas, em que os equipamentos estavam aptos a operar, mas por algum motivo não o fizeram.

Em resumo, na obra 01 os equipamentos permaneceram a disposição para operação por 100.389 horas, no entanto, só foram utilizados em 35.232 horas, cerca de 35% do tempo total (35.232h / 100.389h), ficando 65.157 horas sem operar, 65 % do tempo (65.157h / 100.389h).

Na tabela 02 estão apresentados os resultados obtidos para a obra 02.

Tabela 2: Horas disponíveis, produtivas e improdutivas da obra 02

EQUIPAMENTO	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PRODUTIVAS	HORAS IMPRODUTIVAS
Caminhão Basculante 10 m <sup>3</sup>	1.124	645	479
Caminhão Basculante 6 m <sup>3</sup>	35.521	6.630	28.891
Caminhão Carroceria	16.104	5.389	10.716
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	9.508	2.410	7.098
Caminhão Espargidor	21.196	3.606	17.590
Caminhão Fora-de-Estrada Articulado	10.631	2.726	7.905
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	15.108	5.128	9.980
Caminhão Pipa	39.589	8.608	30.981
Conjunto de Britagem	16.070	9.901	6.169
Escavadeira Hidráulica	56.148	32.885	23.263
Motoniveladora	37.192	13.339	23.853
Pá Carregadeira	23.525	11.450	12.075
Rolo Compactador Corrugado	4.109	1.555	2.554
Rolo Compactador Liso	39.585	9.798	29.787
Rolo Compactador Pneus	13.881	3.139	10.742
Rolo Compactador Tandem	6.902	1.504	5.398
Trator Agrícola	11.973	1.243	10.730
Trator de Esteira	42.711	16.771	25.940
Usina de Asfalto	5.940	1.715	4.225
Usina de Solos	7.290	1.911	5.379
Vibro acabadora de Asfalto	8.886	2.170	6.716
<b>TOTAL</b>	<b>422.994</b>	<b>142.523</b>	<b>280.471</b>

Fonte: O autor (2016)

Na obra 02, o tempo disponível foi de 422.994 horas, o produtivo foi de 142.523 horas, ou 34% do total (142.523h / 422.994h) e o improdutivo foi de 280.471 horas, ou 66% do tempo total (280.471h / 422.994h).

Na tabela 3 estão os dados da obra 03.

Tabela 3: Horas disponíveis, produtivas e improdutivas da obra 03

EQUIPAMENTO	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PRODUTIVAS	HORAS IMPRODUTIVAS
Caminhão Basculante 10 m³	242.379	101.020	141.359
Caminhão Betoneira	16.761	8.115	8.646
Caminhão Bomba de Concreto	5.208	372	4.836
Caminhão Carroceria	12.954	7.036	5.918
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	9.249	3.752	5.497
Caminhão Espargidor	32.212	5.653	26.559
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	24.105	11.878	12.227
Caminhão Pipa	106.737	36.869	69.868
Conjunto de Britagem	25.244	14.521	10.722
Escavadeira Hidráulica	51.479	37.384	14.095
Fresadora de asfalto	2.144	522	1.622
Motoniveladora	74.050	32.654	41.396
Motoscraper	8.866	8.474	392
Pá carregadeira	30.948	15.033	15.915
Rolo Compactador Corrugado	84.676	18.418	66.258
Rolo Compactador Liso	19.360	3.393	15.967
Rolo Compactador Pneus	31.530	9.529	22.001
Rolo Compactador Tandem	17.816	4.019	13.797
Trator Agrícola	63.707	17.667	46.040
Trator de Esteira	52.117	19.395	32.722
Usina de Asfalto	8.863	4.114	4.749
Usina de Solos	8.536	1.963	6.573
Vibro acabadora de Asfalto	10.208	3.199	7.009
<b>TOTAL</b>	<b>939.150</b>	<b>364.981</b>	<b>574.168</b>

Fonte: O autor (2016)

Na obra 03, os equipamentos estiveram disponíveis por 939.150 horas, produtivos em 364.981 horas, 39% do tempo (364.981h / 939.150h) e improdutivos por 574.168, ou 61% do tempo (574.168h / 939.150h).

Essa taxa média inferior a 40% de tempo produtivo (ver figura 16), significa que para cada hora de trabalho efetivo do equipamento, será preciso que o mesmo fique duas horas e meia a disposição na obra para realizar o serviço, ou para cada hora de trabalho o equipamento ficará uma hora e meia parado.

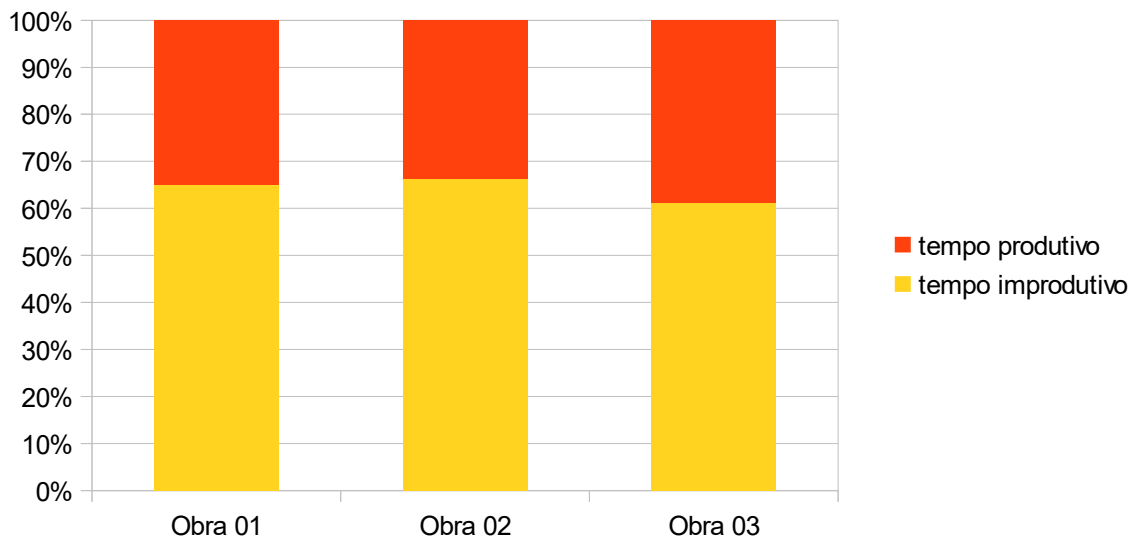


Figura 16: Tempo produtivo x tempo improdutivo total

Fonte: O autor (2016)

É comum observar alguns equipamentos com baixo aproveitamento, os equipamentos não líderes de equipe, mas equipamentos líderes, não devem ter tempos improdutivos altos.

Cada modelo de máquina é produzido para executar atividades diferentes dentro de um mesmo serviço, por serem sequenciais, essas atividades exigem um dimensionamento da equipe mecânica. Por sua vez, o dimensionamento resulta em tempos improdutivos diferentes para cada modelo de equipamento.

Assim equipamentos líderes de patrulhas, como por exemplo Escavadeiras, Motoniveladoras e Tratores de Esteiras tendem a ter pouca ou mesmo nenhuma perda devido ao dimensionamento, já equipamentos do tipo Caminhões, Rolos Compressores e Tratores Agrícolas tendem a ter um número alto de perda pelo dimensionamento da equipe. Sendo que em muitos casos o tempo improdutivo supera o tempo produtivo, já que estes só começam a operar somente após o término dos serviços daqueles.

Entretanto, devido a esta condição, não foram computadas as perdas horárias por dimensionamento da equipe mecânica, além do mais, estas já estão sendo remuneradas no custo direto.

Para entender melhor o motivo do elevado tempo improdutivo, superior a 60% do tempo total disponível, é necessário observar o local onde se está com mais improdutividade,

na administração (acampamento), na operação (canteiro), na manutenção (setor de manutenção) ou por mau tempo.

A tabela 4 apresenta essa separação para o primeiro caso.

Tabela 4: Horas perdidas na obra 01

EQUIPAMENTO	HORAS PERDIDAS ADMIN.	HORAS PERDIDAS MANUTENÇÃO	HORAS PERDIDAS OPERAÇÃO	HORAS PERDIDAS MAU TEMPO	HORAS PERDIDAS TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	812	706	2.181	961	4.660
Caminhão Basculante 6 m³	1.857	406	7.008	2.024	11.295
Caminhão Carroceria	291	93	830	273	1.487
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	296	251	1.194	301	2.042
Caminhão Espargidor	557	62	3.595	630	4.844
Caminhão Pipa	502	24	2.849	502	3.876
Conjunto de Britagem	211	502	501	199	1.413
Escavadeira Hidráulica	494	940	1.323	372	3.129
Fresadora de asfalto	81	11	483	102	676
Motoniveladora	690	1.656	2.496	530	5.372
Pá Carregadeira	865	1.185	2.911	822	5.783
Retroescavadeira	0	0	0	0	0
Rolo Compactador Corrugado	171	106	1.144	186	1.607
Rolo Compactador Liso	245	63	1.484	283	2.075
Rolo Compactador Pneus	548	573	2.772	654	4.547
Rolo Compactador Tandem	340	65	1.789	360	2.554
Trator Agrícola	324	47	2.258	410	3.039
Trator de Esteira	266	225	1.174	207	1.872
Usina de Asfalto	202	216	752	199	1.369
Vibro acabadora de Asfalto	458	610	1.934	516	3.517
<b>TOTAL</b>	<b>9.210</b>	<b>7.740</b>	<b>38.677</b>	<b>9.531</b>	<b>65.157</b>
%	14,14%	11,88%	59,36%	14,63%	100,00%

Fonte: O autor (2016)

No caso da obra 01, o principal tipo de perda observada foi na produção (setor de operação) com 38.677 horas, ou seja, foram perdas que ocorreram por problemas operacionais: falta de equipamento, falta de projeto ou licenças, falta de frente de serviço, falta de matéria-prima; ajustes ou regulagens e deslocamentos dos equipamentos. Na sequência vem as perdas por mau tempo com 9.531 horas, perdas administrativas com 9.210 horas e as perdas com manutenção com 7.740 horas.

Nas demais obras a situação é a mesma, conforme se observa nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Horas perdidas na obra 02

EQUIPAMENTO	HORAS PERDIDAS ADMIN.	HORAS PERDIDAS MANUTENÇÃO	HORAS PERDIDAS OPERAÇÃO	HORAS PERDIDAS MAU TEMPO	HORAS PERDIDAS TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	83	68	257	71	479
Caminhão Basculante 6 m³	3.171	2.062	19.755	3.903	28.891
Caminhão Carroceria	1.410	1.012	6.418	1.876	10.716
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	843	561	4.585	1.109	7.098
Caminhão Espargidor	1.914	1.256	12.162	2.258	17.590
Caminhão Fora-de-Estrada Articulado	886	908	5.045	1.066	7.905
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	1.450	503	6.195	1.831	9.980
Caminhão Pipa	3.546	2.561	20.238	4.636	30.981
Conjunto de Britagem	1.382	821	2.380	1.586	6.169
Escavadeira Hidráulica	4.543	3.564	9.447	5.709	23.263
Motoniveladora	3.461	3.705	13.157	3.529	23.853
Pá Carregadeira	2.248	1.887	5.892	2.048	12.075
Rolo Compactador Corrugado	320	303	1.530	401	2.554
Rolo Compactador Liso	3.513	3.071	18.857	4.347	29.787
Rolo Compactador Pneu	1.204	1.562	6.239	1.737	10.742
Rolo Compactador Tandem	609	1.091	2.869	830	5.398
Trator Agrícola	1.105	430	7.673	1.522	10.730
Trator de Esteira	3.534	6.219	11.986	4.201	25.940
Usina de Asfalto	528	272	2.717	708	4.225
Usina de Solos	665	109	3.867	738	5.379
Vibro acabadora de Asfalto	750	1.547	3.274	1.145	6.716
<b>TOTAL</b>	<b>37.165</b>	<b>33.513</b>	<b>164.543</b>	<b>45.252</b>	<b>280.471</b>
%	13,25%	11,95%	58,67%	16,13%	100,00%

Fonte: O autor (2016)

Para a obra 02, as perdas operacionais chegaram a 164.543 horas (58,67% do total), as perdas por mau tempo a 45.252 horas (16,13%), perdas administrativas a 37.165 horas (13,25%) e perdas com manutenção a 33.513 horas (11,95%).

Na obra 03, as perdas operacionais foram de 355.902 horas (61,99% do total), as perdas por mau tempo de 80.514 horas (14,02%), perdas administrativas de 74.441 horas (12,97%) e perdas com manutenção de 63.312 horas (11,03%).

Tabela 6: Horas perdidas na obra 03

EQUIPAMENTO	HORAS PERDIDAS ADMIN.	HORAS PERDIDAS MANUTENÇÃO	HORAS PERDIDAS OPERAÇÃO	HORAS PERDIDAS MAU TEMPO	HORAS PERDIDAS TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	19.020	16.550	83.264	22.525	141.359
Caminhão Betoneira	1.262	245	5.415	1.724	8.646
Caminhão Bomba de Concreto	422	344	3.528	542	4.836
Caminhão Carroceria	800	376	3.839	903	5.918
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	714	65	4.060	658	5.497
Caminhão Espargidor	2.786	926	19.835	3.012	26.559
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	1.855	2.171	6.650	1.551	12.227
Caminhão Pipa	8.575	7.105	44.512	9.676	69.868
Conjunto de Britagem	1.786	2.107	5.819	1.010	10.722
Escavadeira Hidráulica	3.672	904	6.966	2.553	14.095
Fresadora de asfalto	186	0	1.206	230	1.622
Motoniveladora	5.752	5.454	22.999	7.191	41.396
Motoscraper	16	253	123	0	392
Pá carregadeira	2.841	4.425	6.998	1.651	15.915
Rolo Compactador Corrugado	6.998	8.467	43.109	7.684	66.258
Rolo Compactador Liso	1.676	1.664	11.185	1.442	15.967
Rolo Compactador Pneus	2.662	3.025	13.379	2.935	22.001
Rolo Compactador Tandem	1.547	601	9.772	1.877	13.797
Trator Agrícola	5.447	4.523	30.010	6.060	46.040
Trator de Esteira	4.018	2.505	21.030	5.169	32.722
Usina de Asfalto	767	492	2.784	706	4.749
Usina de Solos	749	678	4.652	494	6.573
Vibro acabadora de Asfalto	890	432	4.766	921	7.009
<b>TOTAL</b>	<b>74.441</b>	<b>63.312</b>	<b>355.902</b>	<b>80.514</b>	<b>574.168</b>
%	12,97%	11,03%	61,99%	14,02%	100,00%

Fonte: O autor (2016)

O principal motivo para essa situação foi que as obras analisadas passaram por interrupções e paralisações não programadas inicialmente, que afetaram sensivelmente o andamento dos serviços e o planejamento da obra. Essas paralisações provocaram a falta de frente de serviços da obra e conseqüentemente o alto tempo improdutivo. Em geral, elas se deram por:

- Falta de desapropriações, que provocaram o seccionamento da obra, não permitindo que os serviços fossem realizados de forma contínua, conforme o fluxo previsto no planejamento inicial, aumentando o número de mobilizações dos equipamentos durante a obra e o tempo improdutivo dos mesmos;
- Falta de licenças de instalação e operação do canteiro de obra, que provocaram atrasos principalmente no início da obra, em que mesmo mobilizados os equipamentos não puderam operar;
- Alterações de projetos, apesar de extremamente desconfortante, as alterações dos projetos técnicos nas obras se fizeram necessárias. Através de readequações do

projeto executivo foram corrigidos os problemas, mas, em contrapartida, ocasionou mais paralisações.

## 4.2 Custo improdutivo

Um aspecto importante é definir a composição do custo horário improdutivo. Para o DNIT esse custo é formado apenas pela mão de obra de operação. Entretanto, para uma grande parte dos especialistas, ele deverá ser composto também pelos juros e amortização.

Neste trabalho foram adotadas as tabelas referenciais do DNIT para o custo horário improdutivo dos equipamentos, por serem de abrangência nacional e por duas das três obras estudadas terem contrato com este órgão.

O custo improdutivo total é obtido pelo produto do custo horário improdutivo pelas horas perdidas. Os resultados para as obras em estudo estão demonstrados nas tabelas 7 a 9.

Tabela 7: Custo improdutivo da obra 01

EQUIPAMENTO	HORAS	CUSTO	CUSTO
	PERDIDAS	HORÁRIO	IMPRODUTIVO
	TOTAL	IMPRODUTIVO*	TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	4.660	R\$ 18,08	R\$ 84.252,80
Caminhão Basculante 6 m³	11.295	R\$ 18,08	R\$ 204.204,56
Caminhão Carroceria	1.487	R\$ 18,08	R\$ 26.884,96
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	2.042	R\$ 18,08	R\$ 36.919,36
Caminhão Espargidor	4.844	R\$ 18,08	R\$ 87.570,48
Caminhão Pipa	3.876	R\$ 18,08	R\$ 70.078,08
Conjunto de Britagem	1.413	R\$ 24,28	R\$ 34.307,64
Escavadeira Hidráulica	3.129	R\$ 21,31	R\$ 66.686,24
Fresadora de asfalto	676	R\$ 21,31	R\$ 14.405,56
Motoniveladora	5.372	R\$ 24,28	R\$ 130.440,90
Pá Carregadeira	5.783	R\$ 24,28	R\$ 140.411,24
Retroescavadeira	0	R\$ 24,28	R\$ 0,00
Rolo Compactador Corrugado	1.607	R\$ 16,42	R\$ 26.386,94
Rolo Compactador Liso	2.075	R\$ 16,42	R\$ 34.071,50
Rolo Compactador Pneus	4.547	R\$ 16,42	R\$ 74.661,74
Rolo Compactador Tandem	2.554	R\$ 16,42	R\$ 41.936,68
Trator Agrícola	3.039	R\$ 16,42	R\$ 49.905,96
Trator de Esteira	1.872	R\$ 24,28	R\$ 45.452,16
Usina de Asfalto	1.369	R\$ 21,31	R\$ 29.173,39
Vibro acabadora de Asfalto	3.517	R\$ 21,31	R\$ 74.953,66
<b>TOTAL</b>	<b>65.157</b>		<b>R\$ 1.272.703,85</b>

Fonte: O autor (2016)

O custo improdutivo para a obra 01 chegou ao valor de R\$ 1.272.703,85.

Tabela 8: Custo Improdutivo da obra 02

EQUIPAMENTO	HORAS	CUSTO	CUSTO
	PERDIDAS	HORÁRIO	IMPRODUTIVO
	TOTAL	IMPRODUTIVO*	TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	479	R\$ 15,49	R\$ 7.419,71
Caminhão Basculante 6 m³	28.891	R\$ 15,49	R\$ 447.527,17
Caminhão Carroceria	10.716	R\$ 15,49	R\$ 165.987,74
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	7.098	R\$ 15,49	R\$ 109.953,29
Caminhão Espargidor	17.590	R\$ 15,49	R\$ 272.464,45
Caminhão Fora-de-Estrada Articulado	7.905	R\$ 15,49	R\$ 122.448,45
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	9.980	R\$ 15,49	R\$ 154.585,24
Caminhão Pipa	30.981	R\$ 15,49	R\$ 479.901,89
Conjunto de Britagem	6.169	R\$ 20,36	R\$ 125.594,32
Escavadeira Hidráulica	23.263	R\$ 19,00	R\$ 441.997,00
Motoniveladora	23.853	R\$ 20,36	R\$ 485.638,94
Pá Carregadeira	12.075	R\$ 20,36	R\$ 245.847,00
Rolo Compactador Corrugado	2.554	R\$ 16,51	R\$ 42.171,49
Rolo Compactador Liso	29.787	R\$ 16,51	R\$ 491.789,97
Rolo Compactador Pneus	10.742	R\$ 16,51	R\$ 177.350,42
Rolo Compactador Tandem	5.398	R\$ 16,51	R\$ 89.125,93
Trator Agrícola	10.730	R\$ 16,51	R\$ 177.157,25
Trator de Esteira	25.940	R\$ 20,36	R\$ 528.132,29
Usina de Asfalto	4.225	R\$ 19,00	R\$ 80.275,00
Usina de Solos	5.379	R\$ 19,00	R\$ 102.207,46
Vibro acabadora de Asfalto	6.716	R\$ 19,00	R\$ 127.609,70
<b>TOTAL</b>	<b>280.471</b>		<b>R\$ 4.875.184,72</b>

Fonte: O autor (2016)

Na obra 02 o valor do custo improdutivo ficou em R\$ 4.875.184,72.

Tabela 9: Custo Improdutivo da obra 03

OBRA 03			
EQUIPAMENTO	HORAS	CUSTO	CUSTO
	PERDIDAS	HORÁRIO	IMPRODUTIVO
	TOTAL	IMPRODUTIVO*	TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	141.359	R\$ 18,25	R\$ 2.579.798,10
Caminhão Betoneira	8.646	R\$ 18,25	R\$ 157.789,50
Caminhão Bomba de Concreto	4.836	R\$ 18,25	R\$ 88.257,00
Caminhão Carroceria	5.918	R\$ 18,25	R\$ 108.003,50
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	5.497	R\$ 18,25	R\$ 100.320,25
Caminhão Espargidor	26.559	R\$ 18,25	R\$ 484.701,75
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	12.227	R\$ 18,25	R\$ 223.142,75
Caminhão Pipa	69.868	R\$ 18,25	R\$ 1.275.091,00
Conjunto de Britagem	10.722	R\$ 22,48	R\$ 241.035,96
Escavadeira Hidráulica	14.095	R\$ 22,57	R\$ 318.133,18
Fresadora de asfalto	1.622	R\$ 22,57	R\$ 36.608,54
Motoniveladora	41.396	R\$ 22,48	R\$ 930.582,08
Motoscraper	392	R\$ 22,48	R\$ 8.812,16
Pá carregadeira	15.915	R\$ 22,48	R\$ 357.771,45
Rolo Compactador Corrugado	66.258	R\$ 16,84	R\$ 1.115.788,09
Rolo Compactador Liso	15.967	R\$ 16,84	R\$ 268.884,28
Rolo Compactador Pneus	22.001	R\$ 16,84	R\$ 370.496,84
Rolo Compactador Tandem	13.797	R\$ 16,84	R\$ 232.341,48
Trator Agrícola	46.040	R\$ 16,84	R\$ 775.311,92
Trator de Esteira	32.722	R\$ 22,48	R\$ 735.592,81
Usina de Asfalto	4.749	R\$ 22,57	R\$ 107.184,93
Usina de Solos	6.573	R\$ 22,57	R\$ 148.345,61
Vibro acabadora de Asfalto	7.009	R\$ 22,57	R\$ 158.202,16
<b>TOTAL</b>	<b>574.168</b>		<b>R\$ 10.822.195,32</b>

Fonte: O autor (2016)

E para a obra 03, o custo improdutivo foi de R\$ 10.822.195,32.

### 4.3 Impacto no resultado da obra

O impacto das improdutividades dos equipamentos no resultado das três obras analisadas, em janeiro de 2016, considerando os valores adotados de custo horário improdutivo do DNIT, estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10: Impacto do custo improdutivo

	OBRA 01	OBRA 02	OBRA 03
Receita (R\$)	37.575.576,66	223.654.371,20	277.202.972,24
Improdutividade (R\$)	1.272.703,85	4.875.184,72	10.822.195,32
Impacto (%)	3,4%	2,2%	3,9%

Fonte: O autor (2016)

O custo improdutivo total na obra 01 foi de R\$ 1.272.703,85, o que representa um impacto de 3,4% sobre a receita total da obra. Para a obra 02 as improdutividades geraram um custo de R\$ 4.875.184,72, que representa 2,2% da receita e para a obra 03 o custo improdutivo de R\$ 10.822.195,32 gera um impacto de 3,9% sobre sua receita.

Foram consideradas as receitas de serviço (faturamento) com preços base janeiro de 2016, o custo improdutivo baseou-se no produto entre as horas improdutivas e o custo horário improdutivo do DNIT (janeiro 2016) e o impacto foi obtido através da razão entre o custo improdutivo e a receita.

## 5 CONCLUSÃO

O assunto abordado neste trabalho foi o custo improdutivo dos equipamentos pesados em obras de infraestrutura, mais precisamente em obras rodoviárias. Ao longo do estudo foi possível observar que a parcela referente ao custo improdutivo dos equipamentos pesados em relação ao custo total das obras é significativa e deve receber atenção especial por parte dos gerentes de obras.

Os objetivos propostos foram alcançados através da pesquisa, sendo possível por meio desta identificar e analisar os custos que envolvem os equipamentos, que sejam os custos de propriedade, operação e manutenção, além de caracterizar o tempo produtivo e improdutivo dos mesmos.

Em resumo, através do estudo de caso de três obras, foi possível obter os valores das improdutividades dos equipamentos e relacioná-las à receita da obra, estimando seu impacto. Desta forma, para os casos em estudo, obteve-se um impacto de 2,2%, 3,4% e 3,9% do custo improdutivo sobre a receita (faturamento). Ao analisar as causas dessa improdutividade, estabeleceu-se que as horas perdidas ocorrem, em sua grande maioria (cerca de 60% das vezes), por falta de equipamentos, falta de projetos, falta de licenças, falta de frentes de serviço ou por deslocamentos excessivos das máquinas.

Desta forma, este trabalho contribuiu para a compreensão da importância do custo improdutivo dos equipamentos, pois permitiu demonstrar que o impacto destes sobre a receita, ou resultado das obras estudadas é alto.

Recomenda-se ainda um aprofundamento no tema, estendendo a pesquisa a outros tipos de obras além das obras rodoviárias para comparativo, seja para obras de infraestrutura, como, por exemplo, em obras aeroportuárias, ferroviárias, portuárias, saneamento, geração e distribuição de energia, entre outras, ou mesmo em obras de edificação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO E MINERAÇÃO. **Estudo Sobratema do Mercado Brasileiro de Equipamentos para Construção, 8ª edição.** São Paulo: SOBRATEMA, 2014.

AVILA, A. V.; JUNGLES, A. E. **Planejamento e Controle de Projetos.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

BARROS, W. de; MALUF, M. I. M. **Novo Curso do Estudante: Volume I – História Geral.** Guarulhos: Parma, 1986.

BRASIL. Decreto de lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm)>. Acesso em: 21/06/2016.

BRASIL. Decreto de lei n. 12.462, de 04 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 ago. 2011. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm)>. Acesso em: 21/06/2016.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Custos Rodoviários: Volume I – Metodologia e Conceitos.** 3ª ed. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Drenagem de Rodovias.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006b.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Pavimentação.** 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006a.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Sinalização Rodoviária.** 3ª ed. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Secretaria de Política Nacional de Transportes (SPNT). **Relatório Executivo PNLT,** 2009.

BRASIL. Tribunal de Contas da União (TCU). **Licitações e Contratos: orientações e jurisprudência do TCU.** 4ª ed. Brasília, 2010.

CARVALHO, L. F. de; PINI, M. S. **Engenharia de custos aplicadas à construção civil.** PINI Serviços de Engenharia, São Paulo, 2013. Disponível em: <[http://www.piniweb.com.br/empresa/download/Engenharia\\_custos\\_aplicada\\_a\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.piniweb.com.br/empresa/download/Engenharia_custos_aplicada_a_construcao_civil.pdf)>. Acesso em: 12/08/2013.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Anuário CNT do Transporte.** Brasília: CNT, 2013.

CUSTOS DE EDIFICAÇÕES. Paraná Edificações. Disponível em:  
<<http://www.paranaedificacoes.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=6>>.  
Acesso em 16/09/2014.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Novo Conceito de BDI**. 4ª ed. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.

FABIANO, M. L. A. **A importância do investimento e do planejamento em infraestrutura de transportes**. Revista de Economia Mackenzie, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 10-27, set./dez. 2013. Disponível em:  
<<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rem/article/view/5936/5202>>. Acesso em: 21/06/2016.

FELEX, J. B. **Drenagem**. TÉCNICE, ed. 102, set. 2005. Disponível em:  
<<http://techne.pini.com.br/engenhariacivil/102/artigo2850041.aspx>>. Acesso em: 21/06/2016.  
Entrevista.

FRISCHTAK, C. **Como retomar os investimentos em infraestrutura**. PINI, ed. 45, dez. 2014. Disponível em:  
<<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoestecnicas/45/comoretomariosinvestimentossemiinfraestrutura3326171.aspx>>. Acesso em: 21/06/2016. Entrevista.

GADELHA, L. G. C. **Orçamento na Construção Pesada**. Recife: Bagaço, 2006.

IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0**. Disponível em:  
<<http://cnae.ibge.gov.br/estrutura/atividades-economicas-estrutura/cnae>>. Acesso em: 04/03/2016.

JAWORSKI, T. **Equipamentos para Escavação, Compactação e Transporte**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

LIMA, M. **Custos Logísticos no Brasil**. ILOS, nov./2014.  
Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil/>>. Acesso em 21/01/2016.

MATTOS, A. D. **O impacto das impeditividades no orçamento**. PINI, São Paulo, 2014.  
Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/o-impacto-das-impeditividades-no-orcamento-308154-1.aspx>>. Acesso em: 23/07/2014.

MATTOS, A. D. **Como calcular o custo horário**. Revista Construção e Mercado, São Paulo, n. 72, p. 34-35, jul. 2007.

PEDUZZI, P. **Investimentos em infraestrutura ajudam a conciliar ajuste fiscal e crescimento**. EBC, Brasília, 2016. Disponível em:  
<<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2015-12/infraestrutura-ajudara-conciliar-crescimento-e-ajuste-fiscal>>. Acesso em: 21/06/2016.

REFERENCIAL DE PREÇOS DE SERVIÇOS. Departamento de Estradas de Rodagem - DER/PR. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98>>. Acesso em 16/09/2014.

RICARDO, H. de S.; CATALINI, G. **Manual Prático de Escavação: Terraplenagem e Escavação de Rocha**. 3ª ed. São Paulo: PINI, 2007.

SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação: Volume I**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1997.

SICRO 2. Brasília: DNIT, 2010-2016. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-1>>. Acesso em: 08/04/2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Transportes. **Apostila de Composição de Custo para Obras Rodoviárias**. Curitiba, 2009b.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Transportes. **Apostila de Dispositivos de Drenagem para Obras Rodoviárias**. Curitiba, 2009a.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Transportes. **Apostila de Sistemas de Transportes**. Curitiba, 2013.

VELOSO, N. **A era das máquinas**. Revista M&T, São Paulo, n. 177, p. 70-73, mar. 2014.

**APÊNDICE**

OBRA 01														
EQUIPAMENTO	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PRODUTIVAS	UTILIZAÇÃO	HORAS PERDIDAS ADMIN.	HORAS PERDIDAS MANUTENÇÃO	HORAS PERDIDAS OPERAÇÃO	HORAS PERDIDAS MAU TEMPO	PERDIDAS TOTAL	CUSTO HORÁRIO IMPRODUTIVO*	PERDAS ADMIN.	PERDAS MANUTENÇÃO	PERDAS OPERAÇÃO	PERDAS MAU TEMPO	CUSTO IMPRODUTIVO TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	8.513	3.853	45,3%	812	706	2.181	961	4.660	R\$ 18,08	R\$ 14.680,96	R\$ 12.764,48	R\$ 39.432,48	R\$ 17.374,88	R\$ 84.252,80
Caminhão Basculante 6 m³	20.383	9.088	44,6%	1.857	406	7.008	2.024	11.295	R\$ 18,08	R\$ 33.574,56	R\$ 7.340,48	R\$ 126.695,60	R\$ 36.593,92	R\$ 204.204,56
Caminhão Carroceria	2.998	1.511	50,4%	291	93	830	273	1.487	R\$ 18,08	R\$ 5.261,28	R\$ 1.681,44	R\$ 15.006,40	R\$ 4.935,84	R\$ 26.884,96
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	3.175	1.133	35,7%	296	251	1.194	301	2.042	R\$ 18,08	R\$ 5.351,68	R\$ 4.538,08	R\$ 21.587,52	R\$ 5.442,08	R\$ 36.919,36
Caminhão Espargidor	6.102	1.258	20,6%	557	62	3.595	630	4.844	R\$ 18,08	R\$ 10.070,56	R\$ 1.120,96	R\$ 64.988,56	R\$ 11.390,40	R\$ 87.570,48
Caminhão Pipa	5.621	1.745	31,0%	502	24	2.849	502	3.876	R\$ 18,08	R\$ 9.076,16	R\$ 424,88	R\$ 51.500,88	R\$ 9.076,16	R\$ 70.078,08
Conjunto de Britagem	2.942	1.529	52,0%	211	502	501	199	1.413	R\$ 24,28	R\$ 5.123,08	R\$ 12.188,56	R\$ 12.164,28	R\$ 4.831,72	R\$ 34.307,64
Escavadeira Hidráulica	5.357	2.228	41,6%	494	940	1.323	372	3.129	R\$ 21,31	R\$ 10.527,14	R\$ 20.031,40	R\$ 28.200,38	R\$ 7.927,32	R\$ 66.686,24
Fresadora de asfalto	875	199	22,7%	81	11	483	102	676	R\$ 21,31	R\$ 1.726,11	R\$ 223,76	R\$ 10.282,08	R\$ 2.173,62	R\$ 14.405,56
Motoniveladora	7.378	2.006	27,2%	690	1.656	2.496	530	5.372	R\$ 24,28	R\$ 16.753,20	R\$ 40.215,94	R\$ 60.603,37	R\$ 12.868,40	R\$ 130.440,90
Pá Carregadeira	9.225	3.442	37,3%	865	1.185	2.911	822	5.783	R\$ 24,28	R\$ 21.002,20	R\$ 28.771,80	R\$ 70.679,08	R\$ 19.958,16	R\$ 140.411,24
Retroscavadeira	4	4	100,0%	0	0	0	0	0	R\$ 24,28	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Rolo Compactador Corrugado	1.849	242	13,1%	171	106	1.144	186	1.607	R\$ 16,42	R\$ 2.807,82	R\$ 1.740,52	R\$ 18.784,48	R\$ 3.054,12	R\$ 26.386,94
Rolo Compactador Liso	2.637	562	21,3%	245	63	1.484	283	2.075	R\$ 16,42	R\$ 4.022,90	R\$ 1.034,46	R\$ 24.367,28	R\$ 4.646,86	R\$ 34.071,50
Rolo Compactador Pneus	6.000	1.453	24,2%	548	573	2.772	654	4.547	R\$ 16,42	R\$ 8.998,16	R\$ 9.408,66	R\$ 45.516,24	R\$ 10.738,68	R\$ 74.661,74
Rolo Compactador Tandem	3.722	1.168	31,4%	340	65	1.789	360	2.554	R\$ 16,42	R\$ 5.582,80	R\$ 1.067,30	R\$ 29.375,38	R\$ 5.911,20	R\$ 41.936,68
Trator Agrícola	3.559	520	14,6%	324	47	2.258	410	3.039	R\$ 16,42	R\$ 5.320,08	R\$ 771,74	R\$ 37.081,94	R\$ 6.732,20	R\$ 49.905,96
Trator de Esteira	2.812	940	33,4%	266	225	1.174	207	1.872	R\$ 24,28	R\$ 6.458,48	R\$ 5.463,00	R\$ 28.504,72	R\$ 5.025,96	R\$ 45.452,16
Usina de Asfalto	2.204	835	37,9%	202	216	752	199	1.369	R\$ 21,31	R\$ 4.304,62	R\$ 4.602,96	R\$ 16.025,12	R\$ 4.240,69	R\$ 29.173,39
Vibro acabadora de Asfalto	5.033	1.516	30,1%	458	610	1.934	516	3.517	R\$ 21,31	R\$ 9.759,98	R\$ 12.988,45	R\$ 41.209,28	R\$ 10.995,96	R\$ 74.953,66
<b>TOTAL</b>	<b>100.389</b>	<b>35.232</b>	<b>35,1%</b>	<b>9.210</b>	<b>7.740</b>	<b>38.677</b>	<b>9.531</b>	<b>65.157</b>		<b>R\$ 180.401,77</b>	<b>R\$ 166.378,86</b>	<b>R\$ 742.005,06</b>	<b>R\$ 183.918,17</b>	<b>R\$ 1.272.703,85</b>
%				14,14%	11,88%	59,36%	14,63%	100,00%		14,17%	13,07%	58,30%	14,45%	100,00%

\* SICROII - Janeiro/2016 - SP

OBRA 02														
EQUIPAMENTO	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PRODUTIVAS	UTILIZAÇÃO	HORAS PERDIDAS ADMIN.	HORAS PERDIDAS MANUTENÇÃO	HORAS PERDIDAS OPERAÇÃO	HORAS PERDIDAS MAU TEMPO	HORAS PERDIDAS TOTAL	CUSTO HORÁRIO IMPRODUTIVO*	PERDAS ADMIN.	PERDAS MANUTENÇÃO	PERDAS OPERAÇÃO	PERDAS MAU TEMPO	CUSTO IMPRODUTIVO TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	1.124	645	57,4%	83	68	257	71	479	R\$ 15,49	R\$ 1.285,67	R\$ 1.053,32	R\$ 3.980,93	R\$ 1.099,79	R\$ 7.419,71
Caminhão Basculante 6 m³	35.521	6.630	18,7%	3.171	2.062	19.755	3.903	28.891	R\$ 15,49	R\$ 49.118,79	R\$ 31.945,65	R\$ 306.005,26	R\$ 60.457,47	R\$ 447.527,17
Caminhão Carroceria	16.104	5.389	33,5%	1.410	1.012	6.418	1.876	10.716	R\$ 15,49	R\$ 21.840,90	R\$ 15.675,88	R\$ 99.411,72	R\$ 29.059,24	R\$ 165.987,74
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	9.508	2.410	25,3%	843	581	4.585	1.109	7.098	R\$ 15,49	R\$ 13.058,07	R\$ 8.689,89	R\$ 71.026,92	R\$ 17.178,41	R\$ 109.953,29
Caminhão Espargidor	21.196	3.606	17,0%	1.914	1.256	12.162	2.258	17.590	R\$ 15,49	R\$ 29.647,86	R\$ 19.455,44	R\$ 188.384,73	R\$ 34.976,42	R\$ 272.464,45
Caminhão Fora-de-Estrada Articulado	10.631	2.726	25,6%	886	908	5.045	1.066	7.905	R\$ 15,49	R\$ 13.724,14	R\$ 14.064,92	R\$ 78.147,05	R\$ 16.512,34	R\$ 122.448,45
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	15.108	5.128	33,9%	1.450	503	6.195	1.831	9.980	R\$ 15,49	R\$ 22.465,77	R\$ 7.791,47	R\$ 95.965,82	R\$ 28.362,19	R\$ 154.585,24
Caminhão Pipa	39.589	8.608	21,7%	3.546	2.561	20.238	4.636	30.981	R\$ 15,49	R\$ 54.927,54	R\$ 39.669,89	R\$ 313.492,82	R\$ 71.811,64	R\$ 479.901,89
Conjunto de Britagem	16.070	9.901	61,6%	1.382	821	2.380	1.586	6.169	R\$ 20,36	R\$ 28.137,52	R\$ 16.715,56	R\$ 48.450,28	R\$ 32.290,96	R\$ 125.594,32
Escavadeira Hidráulica	56.148	32.885	58,6%	4.543	3.564	9.447	5.709	23.263	R\$ 19,00	R\$ 86.317,00	R\$ 67.716,00	R\$ 179.493,00	R\$ 108.471,00	R\$ 441.997,00
Motoniveladora	37.192	13.339	35,9%	3.461	3.705	13.157	3.529	23.853	R\$ 20,36	R\$ 70.465,96	R\$ 75.433,80	R\$ 267.883,85	R\$ 71.855,33	R\$ 485.638,94
Pá Carregadeira	23.525	11.450	48,7%	2.248	1.887	5.892	2.048	12.075	R\$ 20,36	R\$ 45.765,21	R\$ 38.425,43	R\$ 119.959,08	R\$ 41.697,28	R\$ 245.847,00
Rolo Compactador Corrugado	4.109	1.555	37,8%	320	303	1.530	401	2.554	R\$ 16,51	R\$ 5.283,20	R\$ 5.002,53	R\$ 25.265,25	R\$ 6.620,51	R\$ 42.171,49
Rolo Compactador Liso	39.585	9.798	24,8%	3.513	3.071	18.857	4.347	29.787	R\$ 16,51	R\$ 57.996,33	R\$ 50.702,21	R\$ 311.322,47	R\$ 71.768,97	R\$ 491.789,97
Rolo Compactador Pneus	13.881	3.139	22,6%	1.204	1.562	6.239	1.737	10.742	R\$ 16,51	R\$ 19.880,85	R\$ 25.788,62	R\$ 103.003,08	R\$ 28.677,87	R\$ 177.350,42
Rolo Compactador Tandem	6.902	1.504	21,8%	609	1.091	2.869	830	5.398	R\$ 16,51	R\$ 10.046,34	R\$ 18.012,41	R\$ 47.363,89	R\$ 13.703,30	R\$ 89.125,93
Trator Agrícola	11.973	1.243	10,4%	1.105	430	7.673	1.522	10.730	R\$ 16,51	R\$ 18.243,55	R\$ 7.099,30	R\$ 126.686,18	R\$ 25.128,22	R\$ 177.157,25
Trator de Esteira	42.711	16.771	39,3%	3.534	6.219	11.986	4.201	25.940	R\$ 20,36	R\$ 71.952,24	R\$ 126.618,84	R\$ 244.028,85	R\$ 85.532,36	R\$ 528.132,29
Usina de Asfalto	5.940	1.715	28,9%	528	272	2.717	708	4.225	R\$ 19,00	R\$ 10.027,25	R\$ 5.168,00	R\$ 51.627,75	R\$ 13.452,00	R\$ 80.275,00
Usina de Solos	7.290	1.911	26,2%	665	109	3.867	738	5.379	R\$ 19,00	R\$ 12.635,00	R\$ 2.071,00	R\$ 73.479,46	R\$ 14.022,00	R\$ 102.207,46
Vibro acabadora de Asfalto	8.886	2.170	24,4%	750	1.547	3.274	1.145	6.716	R\$ 19,00	R\$ 14.253,80	R\$ 29.393,00	R\$ 62.202,20	R\$ 21.760,70	R\$ 127.609,70
<b>TOTAL</b>	<b>422.994</b>	<b>142.523</b>	<b>33,7%</b>	<b>37.165</b>	<b>33.513</b>	<b>164.543</b>	<b>45.252</b>	<b>280.471</b>		<b>R\$ 657.072,97</b>	<b>R\$ 606.493,15</b>	<b>R\$ 2.817.180,60</b>	<b>R\$ 794.438,00</b>	<b>R\$ 4.875.184,72</b>
%				13,25%	11,95%	58,67%	16,13%	100,00%		13,48%	12,44%	57,79%	16,30%	100,00%

\* SICROII - Janeiro/2016 - RS

OBRA 03														
EQUIPAMENTO	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PRODUTIVAS	UTILIZAÇÃO	HORAS PERDIDAS ADMIN.	HORAS PERDIDAS MANUTENÇÃO	HORAS PERDIDAS OPERAÇÃO	HORAS PERDIDAS MAU TEMPO	HORAS PERDIDAS TOTAL	CUSTO HORÁRIO IMPRODUTIVO*	PERDAS ADMIN.	PERDAS MANUTENÇÃO	PERDAS OPERAÇÃO	PERDAS MAU TEMPO	CUSTO IMPRODUTIVO TOTAL
Caminhão Basculante 10 m³	242.379	101.020	41,7%	19.020	16.550	83.264	22.525	141.359	R\$ 18,25	R\$ 347.115,00	R\$ 302.037,50	R\$ 1.519.564,35	R\$ 411.081,25	R\$ 2.579.798,10
Caminhão Betoneira	16.761	8.115	48,4%	1.262	245	5.415	1.724	8.646	R\$ 18,25	R\$ 23.031,50	R\$ 4.471,25	R\$ 98.823,75	R\$ 31.463,00	R\$ 157.789,50
Caminhão Bomba de Concreto	5.208	372	7,1%	422	344	3.528	542	4.836	R\$ 18,25	R\$ 7.701,50	R\$ 6.278,00	R\$ 64.386,00	R\$ 9.891,50	R\$ 88.257,00
Caminhão Carroceria	12.954	7.036	54,3%	800	376	3.839	903	5.918	R\$ 18,25	R\$ 14.600,00	R\$ 6.862,00	R\$ 70.061,75	R\$ 16.479,75	R\$ 108.003,50
Caminhão Carroceria c/ Munck 9,0 t	9.249	3.752	40,6%	714	65	4.060	658	5.497	R\$ 18,25	R\$ 13.030,50	R\$ 1.186,25	R\$ 74.095,00	R\$ 12.008,50	R\$ 100.320,25
Caminhão Espargidor	32.212	5.653	17,5%	2.786	926	19.835	3.012	26.559	R\$ 18,25	R\$ 50.844,50	R\$ 16.899,50	R\$ 361.988,75	R\$ 54.969,00	R\$ 484.701,75
Caminhão Fora-de-Estrada Rígido	24.105	11.878	49,3%	1.855	2.171	6.650	1.551	12.227	R\$ 18,25	R\$ 33.853,75	R\$ 39.620,75	R\$ 121.362,50	R\$ 28.305,75	R\$ 223.142,75
Caminhão Pipa	106.737	36.869	34,5%	8.575	7.105	44.512	9.676	69.868	R\$ 18,25	R\$ 156.493,75	R\$ 129.666,25	R\$ 812.344,00	R\$ 176.587,00	R\$ 1.275.091,00
Conjunto de Britagem	25.244	14.521	57,5%	1.786	2.107	5.819	1.010	10.722	R\$ 22,48	R\$ 40.149,28	R\$ 47.373,00	R\$ 130.813,14	R\$ 22.700,53	R\$ 241.035,96
Escavadeira Hidráulica	51.479	37.384	72,6%	3.672	904	6.966	2.553	14.095	R\$ 22,57	R\$ 82.877,04	R\$ 20.403,28	R\$ 157.231,65	R\$ 57.621,21	R\$ 318.133,18
Fresadora de asfalto	2.144	522	24,3%	186	0	1.206	230	1.622	R\$ 22,57	R\$ 4.198,02	R\$ 0,00	R\$ 27.219,42	R\$ 5.191,10	R\$ 36.608,54
Motoniveladora	74.050	32.654	44,1%	5.752	5.454	22.999	7.191	41.396	R\$ 22,48	R\$ 129.304,96	R\$ 122.605,92	R\$ 517.017,52	R\$ 161.653,68	R\$ 930.582,08
Motoscraper	8.866	8.474	95,6%	16	253	123	0	392	R\$ 22,48	R\$ 359,68	R\$ 5.687,44	R\$ 2.765,04	R\$ 0,00	R\$ 8.812,16
Pá carregadeira	30.948	15.033	48,6%	2.841	4.425	6.998	1.651	15.915	R\$ 22,48	R\$ 63.865,68	R\$ 99.474,00	R\$ 157.317,29	R\$ 37.114,48	R\$ 357.771,45
Rolo Compactador Corrugado	84.676	18.418	21,8%	6.998	8.467	43.109	7.684	66.258	R\$ 16,84	R\$ 117.846,32	R\$ 142.584,28	R\$ 725.958,93	R\$ 129.398,56	R\$ 1.115.788,09
Rolo Compactador Liso	19.360	3.393	17,5%	1.676	1.664	11.185	1.442	15.967	R\$ 16,84	R\$ 28.223,84	R\$ 28.021,76	R\$ 188.355,40	R\$ 24.283,28	R\$ 268.884,28
Rolo Compactador Pneus	31.530	9.529	30,2%	2.662	3.025	13.379	2.935	22.001	R\$ 16,84	R\$ 44.828,08	R\$ 50.941,00	R\$ 225.302,36	R\$ 49.425,40	R\$ 370.496,84
Rolo Compactador Tandem	17.816	4.019	22,6%	1.547	601	9.772	1.877	13.797	R\$ 16,84	R\$ 26.051,48	R\$ 10.120,84	R\$ 164.560,48	R\$ 31.608,68	R\$ 232.341,48
Trator Agrícola	63.707	17.667	27,7%	5.447	4.523	30.010	6.060	46.040	R\$ 16,84	R\$ 91.727,48	R\$ 76.167,32	R\$ 505.366,72	R\$ 102.050,40	R\$ 775.311,92
Trator de Esteira	52.117	19.395	37,2%	4.018	2.505	21.030	5.169	32.722	R\$ 22,48	R\$ 90.324,64	R\$ 56.312,40	R\$ 472.756,65	R\$ 116.199,12	R\$ 735.592,81
Usina de Asfalto	8.863	4.114	46,4%	767	492	2.784	706	4.749	R\$ 22,57	R\$ 17.311,19	R\$ 11.104,44	R\$ 62.834,88	R\$ 15.934,42	R\$ 107.184,93
Usina de Solos	8.536	1.963	23,0%	749	678	4.652	494	6.573	R\$ 22,57	R\$ 16.904,93	R\$ 15.302,46	R\$ 104.988,64	R\$ 11.149,58	R\$ 148.345,61
Vibro acabadora de Asfalto	10.208	3.199	31,3%	890	432	4.766	921	7.009	R\$ 22,57	R\$ 20.087,30	R\$ 9.750,24	R\$ 107.577,65	R\$ 20.786,97	R\$ 158.202,16
<b>TOTAL</b>	<b>939.150</b>	<b>364.981</b>	<b>38,9%</b>	<b>74.441</b>	<b>63.312</b>	<b>355.902</b>	<b>80.514</b>	<b>574.168</b>		<b>R\$ 1.420.730,42</b>	<b>R\$ 1.202.869,88</b>	<b>R\$ 6.672.691,86</b>	<b>R\$ 1.525.903,16</b>	<b>R\$ 10.822.195,32</b>
%				12,97%	11,03%	61,99%	14,02%	100,00%		13,13%	11,11%	61,66%	14,10%	100,00%

\* SICROII - Janeiro/2016 - MG