

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

GERALDO JOSÉ SIGWALT RAMIRES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS E
MOTOSCRAPERS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

GERALDO JOSÉ SIGWALT RAMIRES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS E
MOTOSCRAPERS**

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

Orientador: Prof. Adalberto Matoski, Dr.

CURITIBA

2017

GERALDO JOSE SIGWALT RAMIRES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS E
MOTOSCRAPERS**

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:

Banca:

Prof. Dr. Adalberto Matoski (ORIENTADOR)
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
2017

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedicado a todos aqueles, que direta ou
indiretamente ajudaram na elaboração
desse trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, cujas normas vigentes para concorrer a uma gratificação de qualificação foram decisivas na minha tomada de decisão em me tornar um especialista.

.

Si vis pacem, para bellum
Renatus (390 DC)

RESUMO

RAMIRES, Geraldo José Sigwalt. **Estudo Comparativo entre Escavadeiras Hidráulicas e Motoscrapers**. 2017. 50 folhas. Monografia Especialização em Gerenciamento de Obras – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O objetivo desse trabalho é identificar as características operacionais, de produção e de custos através de um estudo comparativo entre escavadeiras hidráulicas e motoscrapers. O método utilizado foi a pesquisa em manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e em informação disponibilizada pelos fabricantes dos equipamentos. O resultado encontrado foi que o custo por m³ da escavadeira é inferior ao motoscraper, variando de 23% a 55% com o crescimento da Distância Média de Transporte em material de 1ª Categoria e de 36% a 54% em material de 2ª Categoria. A escavadeira hidráulica trabalha em qualquer tipo de material, mesmo em condições de umidade elevada. Por outro lado, os motoscrapers têm produção maior do que as escavadeiras, não exigem operadores com habilidade para escavações precisas e se deslocam por conta própria sem a necessidade do uso de equipamentos auxiliares. Escavadeiras hidráulicas são equipamentos com mais versatilidade e custos de produção mais baixos. Apesar disso, não é aconselhável deixar de lado o uso de motoscrapers que, quando trabalham em situações propícias, podem proporcionar grandes volumes de material escavado.

Palavras Chave: Escavadeiras Hidráulicas. Motoscrapers. Terraplenagem.

ABSTRACT

RAMIRES, Geraldo José Sigwalt. **Estudo Comparativo entre Escavadeiras Hidráulicas e Motoscrapers**. 2017. 50 folhas. Monografia Especialização em Gerenciamento de Obras – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The objective of this work is to identify the characteristics, production and operating costs through a comparative study between hydraulic excavators and motoscrapers. The method used was the search of the manuals of National Department of Transportation Infrastructure (DNIT), in specialized literature, on information provided by the manufacturers of the equipment and the professional experience of the author. The result was found that the cost per m³ excavator is below the motoscraper, ranging from 23% to 55% with the growth of D.M.T. in 1st Category material and 36% to 54% in 2nd Category material. The hydraulic excavator works on any type of material, even in conditions of high humidity. On the other hand, the motoscrapers have higher production than the excavators, not require operators with ability to delicate excavations and move on their own, without the need of using auxiliary equipments. Hydraulic excavators are equipment with more versatility and lower production costs. Despite this, it is not advisable to leave aside the use of motoscrapers which, when they work in favorable situations, can provide large amounts of excavated material.

Keywords: Hydraulic excavators. Motoscrapers. Earthmoving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – DMT	17
Figura 2 - Motoscraper recebendo o <i>push</i>	18
Figura 3 - Motoscraper descarregando	19
Figura 4 - Escadeira dando acabamento em talude de corte.....	23
Figura 5 - Escavadeira trabalhando em material de 1ª categoria.....	24
Figura 6 - Escavadeira Tipo "shovel"	25
Figura 7 - Cálculo do Custo Unitário E.C.T. – Motoscraper.....	29
Figura 8 - Cálculo do Custo Unitário E.C.T. – Escavadeira	30
Figura 9 – Modelo de Operação da Equipe de Motoscraper	34
Figura 10 – Modelo de Operação da Equipe de Escavadeira	35
Figura 11 – Planilha de Produção das Equipes Mecânicas	38
Figura 12 - Comparação da Variação do Custo/m ³ - 1ª Cat.	44
Figura 13 – Comparação da Variação do Custo/m ³ - 2ª Cat.....	45
Figura 14 – Comparação da Variação dos Custos/m ³ Entre Diferentes Materiais - Escavadeiras	47
Figura 15 – Comparação da Variação dos Custos/m ³ Entre Diferentes Materiais – Motoscrapers	47

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Quadro Comparativo das Características Operacionais entre Motoscrapers e Escavadeiras Hidráulicas	42
Tabela 1 - Modelos de Motoscrapers e suas Características - 2000	20
Tabela 2 - Motivos para Perda de Eficiência em Equipes de Motoscraper - 1990.....	22
Tabela 3 - Modelos de Escavadeira Hidráulica e suas Características -2015	24
Tabela 4 - Produtividade e Custo Horário de Execução de Equipes de Motoscrapers e Escavadeiras	40
Tabela 5 – Custos por Volume Produzido para Equipes de Motoscraper e de Escavadeira	41
Tabela 6 - Quantidade de Equipamento Transportadores por DMT	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

E.C.T.	Escavação, Carga e Transporte
DMT	Distância Média de Transportes
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Mat.	Material
PEP	Sistema de Pesquisa de Preços de Equipamentos, Materiais e Mão-de-obra
SICRO2	Sistemas de Custos Rodoviários

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA	12
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ELEMENTOS BÁSICOS SOBRE TERRAPLENAGEM.....	15
2.1.1 Caminhos de Serviço	15
2.1.2 Classificação dos Materiais Quanto á Dificuldade Extrativa	15
2.1.2.1 Solos Moles ou Hidromórficos e Solos sob umidade.....	16
2.1.3 Fator de Empolamento	17
2.1.4 Distância Média de Transporte.....	17
2.2 MOTOSCRAPER.....	18
2.2.1 Tipo de Carregamento	20
2.2.2 Vantagens do Equipamento	21
2.2.3 Desvantagens do Equipamento.....	21
2.2.4 A Patrulha de Motoscraper	21
2.3 ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS.....	23
2.3.1 Tipo de Carregamento	24
2.3.2 Vantagens do Equipamento	25
2.3.3 Desvantagens do Equipamento.....	26
2.3.4 A Equipe da Escavadeira Hidráulica	26
2.4 CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO PARA CADA EQUIPE.....	27
2.4.1 Critérios de Cálculo	27
2.4.1.1 Sistema de Pesquisas de Preços.....	27
2.4.1.2 Cálculo da Mão-de-Obra	28
2.4.1.3 Custos Horários dos Equipamentos.....	28
2.4.1.4 Composição de Custos Unitários Diretos.....	28
2.4.2 Exemplos de Cálculo do Custo Unitário de Serviços de E.C.T.	29
2.4.3 Custos Unitários Oriundos de Outros Órgãos Públicos	30
2.5 A SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM	31
2.5.1 Fator Natural – Tipo do Solo.....	31
2.5.2 Fator Natural – Topografia	32
2.5.3 Fator Natural – Regime de Chuvas.....	32
2.5.4 Fator de Projeto – Volume a Ser Movido.....	32
2.5.5 Fator de Projeto – Distancia Média de Transporte	32
2.5.6 Fator de Econômico.....	32
2.5.7 Operadores de Equipamentos de Terraplenagem	33
2.5.7.1 Riscos Envolvendo Operadores de Equipamento de Terraplenagem.....	33
2.6 MODELOS DE OPERAÇÃO	34
3 MÉTODO DA PESQUISA	36
3.1 ESTRUTURA TEÓRICA	36
3.2 COLETA DE EVIDÊNCIAS	36
4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS	40
5 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Uma das grandes questões dos gerentes de obra é com quais equipamentos uma tarefa pode ser realizada otimizando-se tempo e custo. Especialmente no caso de obras de terraplenagem esse tipo de decisão tende a ser determinante para o sucesso ou fracasso do empreendimento.

No Brasil, a evolução do uso dos equipamentos de terraplenagem foi muito lenta até o início dos anos 1960. Nessa época, ainda era comum o uso de tração animal no auxílio em obras que envolviam escavação e transporte de solo. Em 1961, a Caterpillar forneceu suas primeiras máquinas de motor à diesel para a obra do Complexo Hidrelétrico de Urubupunga (CATERPILLAR, 2015). Com o início da construção de grandes obras em território nacional, a presença de equipamento especializado tornou-se mais usual. Sendo que atualmente, é impensável desenvolver qualquer obra de Escavação, Carga e Transporte (E.C.T.) sem a ajuda de equipamentos de ponta.

O autor dessa monografia teve a oportunidade de trabalhar em obras como a Ferroeste, obra contratada pelo 1º Batalhão Ferroviário; Rodoanel na sua Alça Oeste, obra contratada pelo DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S/A; e Complexo Automotivo da General Motors em Gravataí. Nesses canteiros de obra, trabalhando como engenheiro, o autor pode gerenciar o uso, em uma mesma obra, tanto de patrulhas de motoscrapers como equipes de escavadeiras hidráulicas. Desse modo, pode-se constatar que o equipamento preferido dos empreiteiros para grandes volumes de terraplenagem costumava ser o motoscraper. Mais recentemente, com a abertura comercial introduzida nos anos 1990 e o desenvolvimento de sistemas mecânicos informatizados, as escavadeiras hidráulicas começaram a dominar o mercado.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

Delimita-se o problema dessa pesquisa com os questionamentos a seguir. Quais as características, vantagens e desvantagens de motoscrapers e escavadeiras?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é identificar as características operacionais de escavadeiras hidráulicas e motoscrapers, apresentando as possibilidades de utilização desses equipamentos, e eventuais restrições.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são de identificar as produções e custos através de um estudo comparativo entre equipes de escavadeiras hidráulicas e motoscrapers, apresentando como a variação desses custos se comporta com diferentes tipos de material e distâncias médias de transporte.

1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES

Pretende-se contribuir com comparações diretas de desempenho de diferentes equipamentos em frentes de terraplenagem. Desse modo, gestores de obras poderão utilizar os resultados e conclusões desse trabalho para auxiliar na estratégia da escolha de equipamentos para serviços de escavação, carga e transporte.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo REVISÃO BIBLIOGRÁFICA trabalhar-se com conceitos técnicos e definições que serão usados ao longo desse trabalho. Descreve-se as principais características dos equipamentos, como operam, formas de carregamento, vantagens e desvantagens de seu uso e como são formadas as equipes para execução de serviços de E.C.T.. Apresenta-se os critérios utilizados pelo DNIT para o cálculo dos custos unitários de equipes de motoscrapers e equipes de escavadeiras hidráulicas e suas respectivas produtividades. Comenta-se sobre os critérios de seleção dos equipamentos de terraplenagem para realizar um determinado serviço.

No capítulo MÉTODO DE PESQUISA são apresentados como a pesquisa foi realizada e justificativa da escolha da metodologia adotada.

No capítulo RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS são apresentadas as comparações entre equipes de motoscrapers e escavadeiras.

No capítulo CONCLUSÕES são destacadas as conclusões obtidas a partir da análise dos resultados e dados obtidos na pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ELEMENTOS BÁSICOS SOBRE TERRAPLENAGEM

Segundo Pereira e Costa (1983, p. 7), terraplenagem é o conjunto de serviços necessários para conformar um terreno de acordo com as especificações de um projeto. Esses serviços envolvem a remoção de material, também chamado de corte ou escavação, o transporte desse material, e o seu descarregamento, normalmente realizados em aterros ou bota-foras¹.

Ricardo e Catalini (1990, p. 27) apresentam uma definição mais genérica onde a terraplenagem é o conjunto de operações necessárias de remoção de excesso de terra para locais onde há falta desse material, naturalmente seguindo as determinações de um projeto.

2.1.1 Caminhos de Serviço

Conforme a norma DNIT 105/2009-ES, caminhos de serviço são estradas não pavimentadas e provisórias que são utilizadas durante a execução de uma obra. Em situações especiais até podem receber um cascalhamento, a fim de possibilitar uma melhor trafegabilidade em períodos úmidos. Apesar do caráter temporário, precisam ser planejadas e mantidas, inclusive com elementos de drenagem. Esses caminhos irão interligar os diversos cortes, aterros e outros locais de interesse em uma obra.

2.1.2 Classificação dos Materiais Quanto à Dificuldade Extrativa

Conforme a norma DNIT 106/2009-ES pode-se classificar os solos, conforme a dificuldade de desmonte, nas seguintes categorias:

- a) Material de 1ª Categoria
- b) Material de 2ª Categoria
- c) Material de 3ª Categoria

O Material de 1ª Categoria é aquele constituído de solos em geral, com pedaços de rocha de até 0,15 m de diâmetro. Seu processo de extração é tipicamente executado por tratores de esteira e motoscrapers.

¹ Bota-fora é um depósito de material inservível que não vai receber a compactação necessária para suportar o trânsito de veículos, pois fica localizado fora dos limites dos serviços de terraplenagem. Apesar disso, são necessários cuidados especiais com seu impacto ambiental e possíveis escorregamentos de talude.

O Material de 2ª Categoria é caracterizado por uma utilização maior de equipamento de escarificação em solo que apresenta blocos de rocha com volume inferior a 2 m³ e matacões de diâmetro entre 0,15 m e 1,00 m. Eventualmente pode exigir o uso de explosivos (BRASIL, 2009, p. 3).

O Material de 3ª Categoria compreende aqueles materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha sã e blocos de rocha com diâmetro superior a 1,00 m ou volume superior a 2,00 m³. Sua extração é normalmente feita com o uso de explosivos.

Na prática a classificação desses materiais é mais complexa. Cada contratante tem uma maneira diferente de definir onde ficam os limites entre esses materiais. Alguns órgãos públicos designam comissões de classificação que vão a campo verificar as camadas aparentes nos taludes de corte, para então determinar os percentuais de cada tipo de material. O ideal seria que a fiscalização da obra acompanhasse o dia a dia da escavação dos cortes e seus diferentes níveis de dificuldade de extração de material.

Conforme Ricardo e Catalini (1990, p. 36) a classificação dos materiais tem importância econômica, pois quanto maior a dificuldade do desmonte, mais horas de equipamento são necessários gerando maiores custos de escavação.

2.1.2.1 Solos Moles ou Hidromórficos e Solos sob umidade

Além da classificação convencional por categorias, é preciso destacar o caso do solo mole. Conforme Pereira e Costa (1983, p. 34), são solos formados sob influência direta da água, com forte presença de material orgânico. São solos com baixíssima resistência à extração, contudo são verdadeiros desafios no momento de sua extração. Esses solos praticamente não dão qualquer sustentação para equipamentos. Como sua extração é difícil e sem solução óbvia, em cada caso é necessário estudar uma forma diferente de extração. Nas obras do Complexo Automotivo da General Motors foram feitos pequenos aterros sobre as ocorrências de solo mole. Esses aterros serviram como pista de acesso para escavadeiras e caminhões. Desse modo, foi sendo escavado o solo mole junto com o aterro provisório. Apesar do custo extra da execução e remoção do aterro/pista, esse método mostrou-se tremendamente eficaz e rápido.

Os solos sob umidade são aqueles que sofrem ação de águas superficiais ou sub-superficiais. Nesse estado o solo até pode dar sustentação para equipamentos de terraplenagem, contudo impossibilita uma tração eficiente em determinados equipamentos de pneu.

2.1.3 Fator de Empolamento

Pereira e Costa (1983, p. 53) e Rocha, Barros e Vieira (2012) informam que ao se escavar um material de um corte, esse material sofre um desarranjo em suas partículas e sua massa começa a ocupar um volume maior. Ou seja, todo material escavado ocupa um volume maior solto durante seu transporte do que ocupava enquanto estava originalmente no corte. O Fator de Empolamento é a razão entre o volume solto e o volume no corte de uma mesma massa de material. Para efeitos de cálculo do custo unitário de serviços de Escavação, Carga e Transporte o volume considerado é sempre o volume no corte.

2.1.4 Distância Média de Transporte

De acordo com Pereira e Costa (1983, p. 147) graficamente a Distância Média de Transporte é distância entre os baricentros do volume a ser escavado e do volume a ser depositado. Matematicamente é a somatória do produto das diversas distâncias dos centros de gravidades dos cortes, pelos seus respectivos volumes de escavação, dividido pela somatória desses volumes.

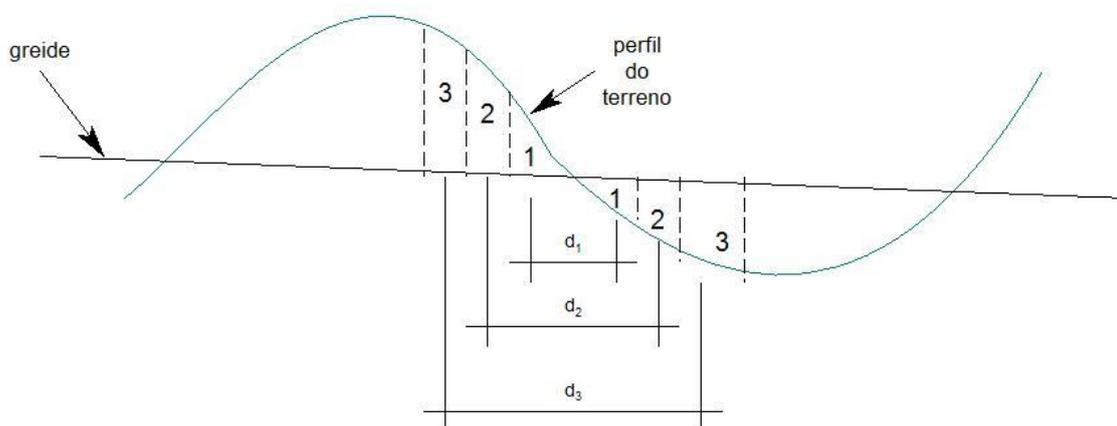


Figura 1 – DMT
Fonte: Pereira e Costa (1983)

$$DMT = \frac{\sum v_i \times d_i}{\sum v_i}$$

Para o cálculo do custo unitário de serviços de Escavação, Carga e Transporte são consideradas diversas faixas de DMT. Isso poderá ser visto no item referente à composição dos custos unitários.

2.2 MOTOSCRAPER

Conforme Ricardo e Catalini (1990, p. 77) e Jaworski (2011, p.30) é um equipamento de terraplenagem escavo-transportador, ou seja, além de escavar, ele transporta e descarrega o material oriundo da terraplenagem. É uma máquina articulada de pneus, onde na parte da frente fica a cabine e na parte de trás a caçamba. Para que aconteça o carregamento é necessário inclinar a caçamba até que a mesma encoste no solo, feito isso, uma lâmina, localizada no fundo da caçamba, começa a cortar o solo. Com o equipamento em movimento, a caçamba começa a ser preenchida pelo material cortado.

Barbosa (2012, p. 8) relata que esse é o único equipamento pode executar isoladamente a escavação, carga, descarga e espalhamento de material proveniente de terraplenagem.



Figura 2 - Motoscraper recebendo o *push*
Fonte: Página do sítio The Construction, 2015

Uma vez que seja completado o carregamento, a caçamba deixa de tocar o solo e o equipamento pode rodar por conta própria até o local do descarregamento. Nesse instante, sempre com o equipamento, é acionado um pistão que empurra uma placa dentro da caçamba que faz o material ser despejado pela mesma abertura usada para o corte. Como o fundo da caçamba está paralelo ao terreno o material é descarregado. Uma característica do motoscrapers é que em quase todo o seu processo de uso é feito em movimento. Tipos convencionais de motoscrapers não dispensam um trator de esteira para auxiliar no momento do “*push*” para carregamento. Conforme o US PATENT 3.705.631 (1972), 3.759.110 (1973) e 4.828.045 (1989) o fluido hidráulico existente nos sistemas do trator de esteira, aciona os pistões do equipamento e permite que a lâmina do trator seja devidamente posicionada para executar o “*push*”. A verificação da inclinação da lâmina é feita através do seu indicador visual de inclinação.



Figura 3 - Motoscraper descarregando
Fonte: Página do sítio The Construction, 2015

Barros, et al. (1996, p. 465) informa que o motoscrapers tem alto custo de operação, quando comparado ao uso de tratores de esteiras de grande porte operando em escavação de banquetas em minas a céu aberto. Nesse processo de escavação, os tratores removem sozinho camadas de até 5 metros de material, para então trabalhar em conjunto com motoscrapers na

remoção desse material. Essa alternativa não convencional de uso do motoscaper tem resultados que podem competir com o uso tradicional desse equipamento.

Os modelos mais comuns, usados em obras de terraplenagem de estradas, são os seguintes:

Tabela 1 - Modelos de Motoscapers e suas Características - 2000

Porte	Potência	Peso	Capacidade Nominal	Volume do Corte
Médio	304 kW	36,8 t	15,96 m ³	10,00 m ³
Grande	373 kW	46,0 t	23,70 m ³	14,85 m ³

Fonte: Caterpillar, 2000, p. 490

De acordo com Pereira e Costa (1983, p. 49 - 53) a Capacidade Nominal é o volume coroadado da caçamba do equipamento. O volume do Corte é aquilo que será medido geometricamente para fins de pagamento. Essa diferença se dá devido ao empolamento do material, ou seja, depois de sofrer a ação mecânica da lâmina, o material ganha volume extra para ser transportado.

2.2.1 Tipo de Carregamento

Conforme Ricardo e Catalini (1990), pode-se dividir em dois modelos:

- a) Equipamentos com um eixo motriz;
- b) Equipamentos com dois eixos motrizes.

Os equipamentos com um eixo motriz têm tração apenas no eixo dianteiro. São aqueles que necessitam de um trator de esteiras para empurrar no momento do carregamento. Normalmente se usa um trator com 38 toneladas e 300 hp Caterpillar (2000, p. 24), pois a lâmina de tratores mais leves acaba sendo danificada durante o processo de empurrar o motoscaper. Durante o “*push*”, o operador do motoscaper deve tomar o cuidado de não dar tração no equipamento. Deve-se deixar que o movimento das rodas seja proporcionado pelo impulso dado pelo trator. Tal procedimento é recomendado para se evitar o movimento tracionado das rodas da frente sobre superfície cortante, tais como pontas de pedra; situação que pode acarretar em danos nos pneus do equipamento (RICARDO; CATALINI, 1990, p. 270). Além de auxiliar no carregamento, o trator de esteiras escarifica o solo, a fim de facilitar o corte pela lâmina do motoscaper.

Conforme Pereira e Costa (1983, p. 67), os equipamentos com dois eixos motrizes não precisam de um trator de esteiras para cortar o solo e carregar a caçamba. Para isso, existe um

segundo motor, cuja finalidade é dar tração no eixo traseiro, a fim de possibilitar a potência necessária para o corte e carregamento.

2.2.2 Vantagens do Equipamento

Conforme as publicações de Pereira e Costa (1983), Ricardo e Catalini (1990) e Abram e Rocha (2009), apud Barbosa (2012), Jaworski (2011) pode-se elencar como vantagens do motoscaper:

- a) Escava, transporta e descarrega material;
- b) Desloca-se sem auxílio de carretas pranchas ao longo do trecho;
- c) Trabalha em rampas com forte inclinação;
- d) Velocidade na carga e descarga do material escavado;
- e) Velocidade de deslocamento pode atingir de 60 a 70 km/h;
- f) Simplicidade de operação;
- g) Elevada produção.

2.2.3 Desvantagens do Equipamento

Conforme as publicações de Pereira e Costa (1983), Ricardo e Catalini (1990) e Abram e Rocha (2009), apud Barbosa (2012), seriam as seguintes desvantagens do motoscaper:

- a) Limitado a trabalhar com material de 1ª e 2ª categoria;
- b) Perigo de patinamento com risco de danos aos pneus;
- c) Não trabalha em espaços confinados;
- d) Em distância média de transporte (DMT) longas, superiores a 700 metros, o custo do m³ transportado torna a operação inviável;
- e) Tendência de afundamento em materiais de baixa resistência;
- f) Não consegue trabalhar em solos úmidos.

2.2.4 A Patrulha de Motoscaper

Ricardo e Catalini (1990, p. 185 – 188) analisam o ciclo de escavação, carga e transporte do motoscaper. Percebe-se que um motoscaper sozinho não consegue fazer muita coisa. É necessário um conjunto de equipamentos para otimizar a produção de um determinado corte. Isso se deve às condições topográficas do corte, do aterro ou bota-fora e da DMT.

No caso de motoscrapers que recebem auxílio de um trator de esteiras, a produção vai ser definida pela minimização da ociosidade do trator de esteiras. Ou seja, será necessário um número de motoscrapers suficiente para que o trator de esteiras quase não fique esperando no corte por um motoscraeper para empurrar. Essa é a condição ideal de sincronismo. O mais comum, em DMT de até 200 m, é ter uma patrulha constituída de pelo menos três motoscrapers para cada trator de esteiras. Nesse caso há um motoscraeper carregando, um motoscraeper descarregando e um motoscraeper esperando no corte para ser carregado. Na medida em que a DMT aumenta, será necessário colocar mais motoscrapers no ciclo (SICRO2, 2015).

A fim de otimizar a produção dos motoscrapers Ricardo e Catalini (1990) determinam os seguintes princípios:

- a) O carregamento deve ser feito em declive, aproveitando a resultante do peso próprio do equipamento para minimizar a potência necessária do trator de esteiras auxiliar;
- b) Evitar caminhos de serviço com rampas muito fortes, muitas vezes um trajeto mais longo e com menor acilidade gera um tempo de ciclo mais curto;
- c) Manter o caminho de serviço nas melhores condições possíveis, pois dessa forma será possível atingir as velocidades máximas do equipamento.

Tabela 2 - Motivos para Perda de Eficiência em Equipes de Motoscraeper - 1990

Casos de Perda de Eficiência	Percentual dos Casos
Área do corte com irregularidades	5,0%
Posicionamento incorreto dos equipamentos	6,6%
Tempo de carreamento muito longo	16,6%
<i>Pusher</i> mal feito	5,0%
Caminhos de serviço mal conservados	41,6%
Baixa eficiência mecânica	16,6%
Área de descarregamento com irregularidades	8,4%

Fonte: Ricardo e Catalini, 1990, p. 188

A análise dos dados da Tabela 2 indica que o principal motivo de perda de eficiência no ciclo de produção do motoscraeper são caminhos de serviço mal conservados.

2.3 ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS

Mais recentemente, no início dos anos 90, apareceram as escavadeiras com acionamento por pistões hidráulicos, cuja principal característica é a rapidez e precisão nos comandos, gerando altas produtividades (RICARDO; CATALINI, 1990, p. 278).

Segundo Germany (2002, p.16), o uso de escavadeiras hidráulicas vem crescendo em relação à outros tipos de equipamentos de escavação em minas, devido a sua capacidade de suporte em solos de menor resistência à compressão.

De acordo com Pereira e Costa (1983, p. 77) e Jaworski (2011, p. 47), a escavadeira hidráulica é uma unidade escavo-carregadora, normalmente apoiada em esteiras e que tem como característica a capacidade de girar sobre seu eixo vertical. Trabalham praticamente estáticas, apenas se movimentam quando seu alcance já não consegue atingir o material a ser escavado.

O carregamento é feito através do acionamento da concha que fica acoplada em uma lança. Trata-se de um equipamento extremamente versátil, pois escava qualquer tipo de material, inclusive rochas e solo mole. Pode ser usado para dar acabamento em taludes de cortes e dando auxílio no descarregamento e encaixe de elementos de bueiros.

Na Figura 4 pode-se observar a versatilidade da escavadeira hidráulica ao dar acabamento na rampa de talude de corte.



Figura 4 - Escavadeira dando acabamento em talude de corte
Fonte: ARAMOV (2015)

Os modelos mais comuns, usados em obras de terraplenagem de estradas, são os apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Modelos de Escavadeira Hidráulica e suas Características -2015

Porte	Potência	Peso
Médio	103 kW	22,6 t
Grande	200 kW	37,5 t

Fonte: Caterpillar (2015)

2.3.1 Tipo de Carregamento

Para os equipamentos de escavação apresentados nesse estudo, pode-se dividir em dois tipos (PEREIRA; COSTA, 1983, p. 77) e (NUNNALLY, 2011, apud BARBOSA, 2012, p. 26):

- a) Equipamentos com concha retro;
- b) Equipamentos com concha “shovel”.

As escavadeiras que utilizam a concha retro são as mais comumente utilizadas. Têm a concha virada para baixo. Usualmente o equipamento trabalha sobre uma camada do material escavado, a fim de proporcionar uma melhor pegada. Isso pode ser observado na Figura 5.



Figura 5 - Escavadeira trabalhando em material de 1ª categoria
Fonte: ARAMOV (2015)

As escavadeiras que utilizam a concha “shovel” normalmente trabalham no mesmo nível dos caminhões que auxiliam no transporte do material escavado. Têm a concha virada para cima. Costuma-se usar esse tipo de escavadeira em escavações de bancadas altas, com o equipamento posicionado no nível final da escavação. Apresenta a desvantagem de não conseguir remover direito o material rente ao terreno.



Figura 6 - Escavadeira Tipo "shovel"
Fonte: Caterpillar (2015)

2.3.2 Vantagens do Equipamento

Conforme as publicações de Pereira e Costa (1983), Ricardo e Catalini (1990) e Jaworski (2011) podem-se elencar como vantagens da escavadeira hidráulica:

- a) Elevado esforço trator com boa aderência ao terreno;
- b) Devido às baixas pressões de contato entre esteira e terreno, possuem boa característica de flutuação;
- c) Operação de carregamento é rápida;
- d) Faz acabamento de taludes.
- e) A possibilidade de escavar qualquer tipo de material;
- f) Opera sob condições climáticas adversas;

- g) Opera em locais confinados;
- h) Sem necessidade de equipamento auxiliar para escavação;
- i) Atende a qualquer DMT.

2.3.3 Desvantagens do Equipamento

Conforme as publicações de Pereira e Costa (1983), Ricardo e Catalini (1990) e Jaworski (2011), seriam as seguintes desvantagens da escavadeira hidráulica:

- a) Baixa velocidade de deslocamento, 10 km/h;
- b) Precisa ser transportado por pranchas, pois não roda grandes distâncias sem danificar o material rodante;
- c) Em locais de topografia muito acidentada, não é possível chegar com o caminhão para transporte do material escavado.

2.3.4 A Equipe da Escavadeira Hidráulica

Conforme Ricardo e Catalini (1990, p. 196 e 213) uma escavadeira hidráulica até pode trabalhar sozinha em uma situação de seção mista, onde se escava de um lado e se aterra do outro. Mas normalmente é necessário um veículo transportador ou caminhão para realizar o transporte do material escavado. Uma motoniveladora para deixar os caminhos de serviço em boas condições para o trânsito dos caminhões. Nos orçamentos costuma-se usar caminhões basculantes comuns para integrar a equipe de uma escavadeira. Contudo, na prática usa-se também caminhões fora-de-estrada e articulados traçados para aumentar a produtividade da equipe.

Ricardo e Catalini (1990, p. 213) determinam que a condição de sincronismo no ciclo de carregamento da escavadeira acontece quando sempre há uma unidade transportadora sendo carregada, ou seja, a escavadeira não pode ficar ociosa esperando por unidades transportadoras e também não pode haver filas de duas ou mais unidades transportadoras aguardando a escavadeira. Além disso o tempo do ciclo de escavação, carga e transporte da equipe de escavadeira depende de fatores imprevistos que tendem a aumentá-lo.

2.4 CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO PARA CADA EQUIPE

De acordo com Halpin e Woodhead (2015, p. 106), em qualquer atividade de construção é fundamental a escolha dos equipamentos apropriados e como combiná-los a fim de maximizar a produção com o menor custo. Para isso é necessário calcular a taxa de produção dos equipamentos e das equipes formadas por eles. Combinando-se a taxa de produção com custo é possível obter o custo por unidade de produção.

Conforme Ricardo e Catalini (1990, p. 151), a estimativa de produção de equipes de terraplenagem não é um processo exato, pois há necessidade de se adotar parâmetros de difícil determinação, além do fato de existirem fatores aleatórios que são determinantes no desempenho dos equipamentos. Apesar disso é possível utilizar processos de cálculo, corrigidos quando necessário pela experiência de campo, para chegar em valores muito próximos da realidade.

Para Pedrozo (2001, p. 92), o custo unitário dos serviços é calculado através da composição dos equipamentos, mão-de-obra, materiais e transportes. Esses componentes devem ser detalhados e vinculados aos seus respectivos preços.

Nesse trabalho a apresentação dos custos unitários de produção foi baseada no sistema usado e nos dados levantados pelo Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2)² do DNIT. O objetivo do SICRO2 é de proporcionar parâmetros de custo de construção para as licitações realizadas pelo DNIT. Os valores monetários apresentados foram coletados no Paraná, no mês de novembro de 2015.

2.4.1 Critérios de Cálculo

Conforme DNIT (2003, p. 2 – 6) foram estabelecidas diretrizes metodológicas que são detalhadas nos itens a seguir:

2.4.1.1 Sistema de Pesquisas de Preços

Foram coletados pelo menos três preços de custo de operação de equipamentos, quando não foi possível atingir esse número na amostra, foram levantados preços junto a entidades idôneas. Sendo adotado o menor valor encontrado na região.

² Disponível em <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/sul/parana/2015/marco/parana-marco-2015>, em 29/10/2005.

As pesquisas de custo de mão-de-obra foram feitas a partir dos pisos salariais acordados nas Convenções Coletivas de Trabalho para a categoria dos serventes. Para as outras categorias foram realizadas pesquisas diretas no mercado, sendo adotado o valor médio encontrado.

2.4.1.2 Cálculo da Mão-de-Obra

Para o cálculo do custo da mão-de-obra foram consideradas apenas a horas normais. Desse modo, não foram considerados horas extras ou adicional noturno.

Quanto aos encargos sociais também foram consideradas apenas horas normais e seus reflexos nos custos de refeições, transporte e material de segurança do trabalho.

2.4.1.3 Custos Horários dos Equipamentos

As composições dos custos dos serviços levaram em conta que os equipamentos estariam trabalhando sob condições médias de esforço.

Foi levantado junto a fabricantes, empreiteiras e publicações especializadas os valores de vida útil dos equipamentos, para fornecer subsídios no cálculo dos custos de manutenção e depreciação.

A fim de estimar o valor residual dos equipamentos, realizaram-se pesquisas no mercado de máquinas usadas nas praças de São Paulo e Rio de Janeiro. O método de cálculo utilizado para depreciação do equipamento é o linear.

Também foi pesquisado as parcelas referentes ao custo do equipamento produtivo e improdutivo. Entenda-se que o custo produtivo é aquele em que o equipamento está operando normalmente dentro do ciclo de produção. Enquanto no custo improdutivo, considera-se o equipamento parado, com o operador, esperando para entrar no ciclo de produção.

2.4.1.4 Composição de Custos Unitários Diretos

A produção das equipes mecânicas foi levantada junto a fabricantes e usuários, assim como, quais os equipamentos necessários para formar essas equipes. Além disso, foram realizadas pesquisas em campo, a fim de aferir as produções levantadas e dar um tratamento estatístico nos elementos amostrais observados.

Os custos de transporte são calculados através de equações lineares, com dois termos, sendo um fixo e outro variável. A parte fixa é incluída diretamente nas composições de custo unitários dos serviços para o qual estão sendo realizadas as operações de carga, descarga e

manobra. Enquanto que o custo do transporte, propriamente dito, é calculado pelo produto do custo unitário da tonelada pelo quilômetro. Esse custo é fornecido por uma composição auxiliar específica que leva em consideração a distância média de transporte e o peso transportado. Ou seja, consideram-se o tipo de material transportado, o tipo de equipamento transportador e sua capacidade de transporte e a distância média de transporte.

2.4.2 Exemplos de Cálculo do Custo Unitário de Serviços de E.C.T.

A Figura 7 mostra a planilha de cálculo Custo Unitário da Escavação, Carga e Transporte de material de 1ª categoria na DMT de 50 a 200 metros. Serviço realizado por uma equipe de motoscraeper.

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários				Construção Rodoviária				SICRO 2
Custo Unitário de Referência				Paraná				RCTR0320
2 S 01 100 02 - Esc. Carga transp. Mat 1ª cat DMT 50 a 200m c/m				Mês: Novembro/2015				Valores em R\$
				Produção da Equipe: 320,00 m³				
A - Equipamento	Quantidade	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário		
		Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva			
E003 - Trator de Esteiras - com lâmina (259kW)	1,00	1,00	0,00	395,58	19,66	395,58		
E005 - Motoscraeper (294 kW)	3,00	0,79	0,21	620,99	19,66	1.484,13		
E006 - Motoniveladora (103 kW)	1,00	0,05	0,95	163,47	19,66	26,85		
Custo Horário de Equipamentos						1.906,56		
B - Mão-de-Obra	Quantidade			Salário-Hora		Custo Horário		
T501 - Encarregado de Turma	1,00			27,55		27,55		
T701 - Servente	3,00			11,86		35,58		
Custo Horário da Mão-de-Obra						63,13		
Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51%)						9,79		
Custo Horário de Execução						1.979,48		
Custo Unitário de Execução						6,19		
Custo Unitário Direto Total						6,19		
Lucro e Despesas Indiretas (26,70%)						1,65		
Preço Unitário Total						7,84		

Figura 7 - Cálculo do Custo Unitário E.C.T. – Motoscraeper
Fonte: DNIT 2016

A unidade do Preço Unitário Total desse serviço é R\$/m³. A Produção da equipe de motoscraeper foi considerada 320 m³/h pelo DNIT. Comparando-se com resultados observados pelo autor, pode-se afirmar que essa produtividade é considerada alta para um motoscraeper com potência de 294 kW, pois raramente é atingido mesmo em condições ideais.

A Figura 8 mostra a planilha de cálculo do Custo Unitário da Escavação, Carga e Transporte de material de 1ª categoria na DMT de 50 a 200 metros. Serviço realizado por uma equipe de escavadeira.

Custo Unitário de Referência				Construção Rodoviária				SICRO 2		
Custo Unitário de Referência				Paraná				RCTR0320		
2 S 01 100 22 - Esc. Carga transp. Mat 1ª cat DMT 50 a 200m c/e				Mês: Novembro/2015				Produção da Equipe: 192,00 m³		Valores em R\$
A - Equipamento				Quantidade	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
					Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva		
E003 - Trator de Esteiras - com lâmina (259kW)				1,00	0,05	0,95	163,47	19,66	26,86	
E062 - Escavadeira Hidráulica - com esteira (200 kW)				1,00	1,00	0,00	272,07	19,66	272,07	
E432 - Caminhão Basculante - 40 t (294 kW)				3,00	0,88	0,12	204,09	14,75	544,11	
							Custo Horário de Equipamentos		843,04	
B - Mão-de-Obra				Quantidade			Salário-Hora		Custo Horário	
T501 - Encarregado de Turma				1,00			27,55		27,55	
T701 - Servente				3,00			11,86		35,58	
							Custo Horário da Mão-de-Obra		63,13	
							Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51%)		9,79	
							Custo Horário de Execução		915,96	
							Custo Unitário de Execução		4,77	
							Custo Unitário Direto Total		4,77	
							Lucro e Despesas Indiretas (26,70%)		1,27	
							Preço Unitário Total		6,04	

Figura 8 - Cálculo do Custo Unitário E.C.T. – Escavadeira
Fonte: DNIT 2015

A unidade do preço unitário total desse serviço é R\$/m³. A Produção da equipe de escavadeira foi considerada 192 m³/h pelo DNIT. Comparando-se com resultados observados pelo autor, pode-se afirmar que essa produtividade é considerada baixa para uma escavadeira hidráulica com potência de 200 kW.

2.4.3 Custos Unitários Oriundos de Outros Órgãos Públicos

O Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER-PR) e o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER) apresentam composições de custos unitários de serviços envolvendo apenas escavadeiras hidráulicas de porte médio. Desse modo, por falta de dados, fica impossibilitada a comparação entre custos de equipes escavadeiras hidráulicas e motoscrapers.

O Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG) apresenta apenas os custos unitários de serviços de E.C.T realizados por caminhões e motoscrapers. Como as composições desses custos unitários não são disponibilizadas, não foi possível fazer a comparação entre custos de equipes de escavadeiras hidráulicas e motoscrapers.

O Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP) e o Desenvolvimento Rodoviário S/A apresentam apenas os custos horários dos equipamentos. Mais uma vez,

na ausência das composições dos custos unitários dos serviços não é possível fazer qualquer comparação entre custos de equipes de escavadeiras hidráulicas e motoscrapers.

2.5 A SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM

Cada obra tem suas particularidades e existem diferentes tipos e modelos de equipamentos no mercado, não sendo necessário utilizar os mesmos equipamentos em todas as obras. Sempre que possível, dever-se-ia realizar estudos de alternativas para considerar a possibilidade de uso de equipamentos que gerem custos de produção menores (ABRAM, 2001, apud BARBOSA, 2012, p. 2).

Ricardo e Catalini (1990, p. 227) informam que o problema da escolha do equipamento ideal para a realização de uma determinada tarefa, está no estudo das variáveis que influenciam no seu comportamento. Em cada situação encontrada nas frentes de terraplenagem, tem-se parâmetros que precisam ser definidos para uma correta configuração dos equipamentos a serem usados. Em muitos casos pode haver mais de uma solução para se cumprir as metas de escavação; devendo-se analisar critérios pessoais, econômicos e de cronograma.

São três grupos de fatores de influenciam nessa escolha:

- a) Fatores Naturais – levam em consideração a topografia, tipo de solo, umidade e regime de chuvas.
- b) Fatores de Projeto – são os volumes de projeto a serem escavados e transportados, as distâncias médias de transportes, as rampas a serem vencidas e as dimensões do greide³ de terraplenagem.
- c) Fatores Econômicos – são os custos unitários por unidade produzida, costuma ser o principal fator a ser levado em consideração.

2.5.1 Fator Natural – Tipo do Solo

O tipo do solo é o primeiro fator a ser considerado na seleção do equipamento de terraplenagem. Pois solos de baixa capacidade de suporte praticamente eliminam equipamentos com pneus. Em casos extremos a única solução viável é o uso de escavadeira associadas a caminhões articulados e traçados.

³ Situação final do terreno, após a terraplenagem estar concluída.

2.5.2 Fator Natural – Topografia

Em situações de relevo acentuado que geram rampas muito fortes, deve-se levar em consideração a segurança quanto ao tombamento dos equipamentos. Nesses casos o motoscra-per pode ser a alternativa mais segura, devido às suas características mecânicas e geométricas que priorizam a estabilidade.

2.5.3 Fator Natural – Regime de Chuvas

Em regiões de intensa precipitação pluvial ou em períodos do ano tradicionalmente úmidos, deve-se priorizar o uso de equipamentos de esteiras em relação aos de pneu. Por esse motivo, quando for possível, os cortes de 3ª categoria devem ser reservados para esses períodos do ano.

2.5.4 Fator de Projeto – Volume a Ser Movido

Esse é um importante fator a ser levado em consideração. Volumes grandes a serem escavados justificam a utilização de equipamentos de porte, enquanto volumes pequenos não pagam a mobilização desses equipamentos.

2.5.5 Fator de Projeto – Distância Média de Transporte

De acordo com Ricardo e Catalini (1990, p. 229), a DMT quando considerada individualmente, o principal fator a ser levado em consideração na escolha do equipamento de terraplenagem mais adequado. Pois quanto maior for a DMT, maior serão os custos do serviço. Para distâncias maiores de 900 m, as equipes de motoscrapers precisam de muitas unidades para fecharem o ciclo de produção, demandando maiores investimentos. Para distâncias grandes é aconselhável o uso de equipamentos de baixo custo.

2.5.6 Fator de Econômico

A fim de escolher o tipo de equipamento que leva ao menor custo de produção é necessário um estudo que leve em consideração todas as variáveis que influenciam o serviço a ser

realizado. Pois nem sempre o equipamento de menor custo unitário tem condições técnicas de realizar o serviço proposto.

2.5.7 Operadores de Equipamentos de Terraplenagem

Um item que não pode ser esquecido na escolha do tipo de equipamento é a disponibilidade de operadores. Conforme publicação no sítio da AECweb4 as variações do mercado da construção pesada estão gerando falta de mão de obra especializada para operar máquinas de alta tecnologia, fazendo que essas máquinas sejam operadas por profissionais despreparados que sequer conseguem usar todas as funcionalidades do equipamento.

Ricardo e Catalini (1990, p. 331) alertam que os operadores devem ser treinados para operar as máquinas nos níveis de produção previstos pelo fabricante, sem forçar demais o equipamento e fazer uma correta leitura do painel de instrumentos. O operador deve ser o primeiro fiscal do próprio equipamento, alertando o setor de mecânica quando forem percebidas anomalias.

2.5.7.1 Riscos Envolvendo Operadores de Equipamento de Terraplenagem

Segundo Wong et al. (1985, p. 435) a mortalidade entre operadores de equipamentos da construção pesada está relacionada à exaustão de óleo diesel. Demonstrou-se a evidência da existência de diversos problemas de saúde comuns no grupo estudado. A morte causada por câncer de fígado foi observada, assim como um excesso de mortes por câncer de pulmão entre os aposentados do grupo.

Conforme Vanerkar et al. (2008) a vibração no corpo dos operadores transmitida por equipamentos pesados de movimentação de terra independe do material escavado, mas está diretamente relacionado ao tipo do equipamento utilizado pelo operador. Operadores de equipamentos de escavação sofrem mais vibrações do que equipamentos que transportam e basculam.

De acordo com Nor et.al. (2008) o risco de acidentes fatais que envolve equipamentos carregadores e tratores de esteiras é gerado principalmente por falhas de componentes mecânicos, elétricos e hidráulicos. As condições geológicas e do local do trabalho também foram identificadas como fatos geradores desses acidentes.

⁴ http://www.aecweb.com.br/cont/n/falta-de-treinamento-de-operadores-de-maquinas-e-problema-em-obras_2893, acessado em 06/09/2016.

De um lado os equipamentos de terraplenagem vieram para aumentar produtividades e viabilizar empreendimentos de grande porte, contudo doenças e riscos relacionados ao seu uso e operação apareceram como uma desvantagem nesse processo de modernização.

2.6 MODELOS DE OPERAÇÃO

Halpin e Woodhead (2015, p. 136) definem modelo de operação como uma sequência relativa e lógica de tarefas e processos de trabalho que envolvem a execução de um determinado serviço. Quadrados indicam situações em que o equipamento está em movimento, enquanto que círculos informam que o equipamento está estático.

As figuras 9 e 10 apresentam os modelos de operação de equipes de motoscrapers e de escavadeiras:

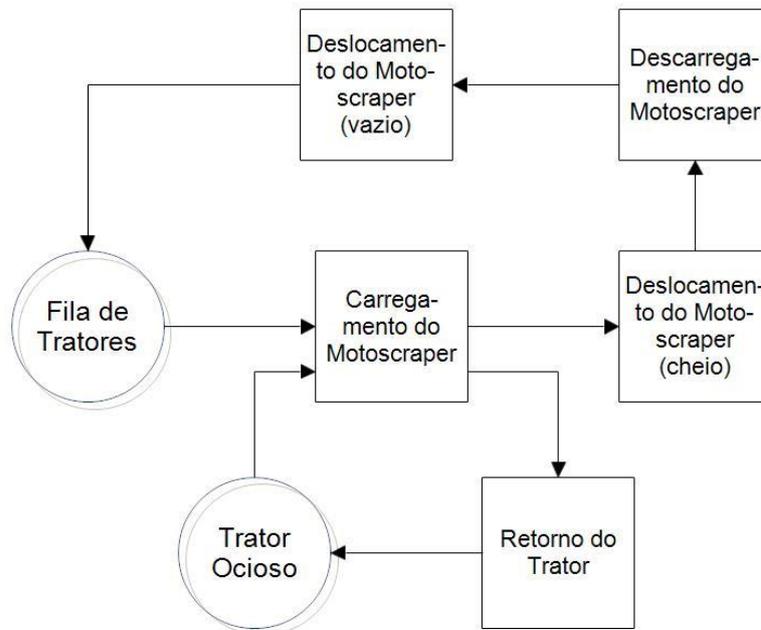


Figura 9 – Modelo de Operação da Equipe de Motoscraeper
 Fonte: Halpin e Woodhead (2015, p. 130)

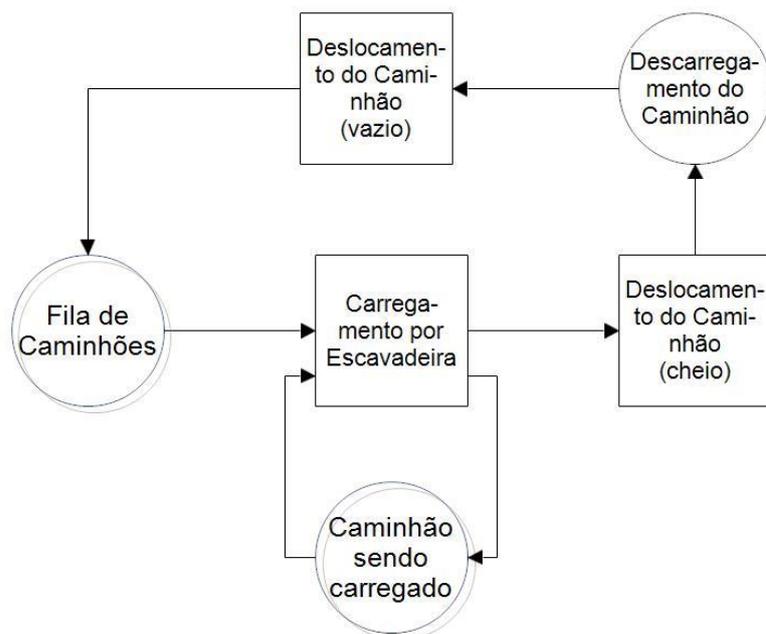


Figura 10 – Modelo de Operação da Equipe de Escavadeira
Fonte: Halpin e Woodhead (2015, p. 130)

Nos modelos representados nas Figuras 9 e 10 considerou-se que o local de descarregamento se encontra sem qualquer tipo de impedimento. Ou seja, não há atividade de espera no momento de descarregamento.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Trata-se de uma questão do tipo “como” sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos sobre o qual esse pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Ou seja, descreve como determinados equipamentos para terraplenagem são usados, suas características e custos envolvidos. A maneira que esse processo ocorre independe do pesquisador, pois é determinada, através de revisão bibliográfica, observação dos fatos e análise de sistemas de custo.

3.1 ESTRUTURA TEÓRICA

Trata-se de um projeto de estudo de caso genérico. Optou-se por apresentar dados. A informação apresentada foi coletada através de registros em bancos de dados do DNIT.

3.2 COLETA DE EVIDÊNCIAS

Foram utilizadas as seguintes fontes na coleta de dados para a realização dessa pesquisa:

- a) Publicações: livros técnicos; manuais do DNIT tais como o Manual de Custos Rodoviários – Volume 1 – Metodologia e Conceitos e a Norma DNIT – 106/2009 – ES, Terraplenagem – Cortes, Especificações de Serviço.
- b) Medição indireta, através de dados fornecidos pelo SICRO2 – DNIT.

A medição da produtividade e custos das equipes de terraplenagem é baseada no Manual de Custos Rodoviários – Volume 1 do DNIT, em especial no capítulo referente aos princípios que regem o ciclo dos equipamentos, o equilíbrio das equipes mecânicas e o tempo operativo e tempo improdutivo dessas equipes.

Os equipamentos medidos foram:

- Trator de esteiras com lâmina (259 kW);
- Escavadeira hidráulica com esteira (200 kW);
- Caminhão Basculante - 40 t (294 kW);
- Motoscraper (294 kW);
- Motoniveladora (103 kW);
- Trator de Esteiras - com escarificador (259 kW).

A forma de medição levou em consideração equipes de escavadeiras hidráulicas e equipes de motoscrapers, trabalhando em materiais de 1ª e 2ª categoria nas seguintes distâncias de escavação, carga e transporte:

- 50 a 200 m;
- 200 a 400 m;
- 400 a 600 m;
- 600 a 800 m;
- 800 a 1000 m;
- 1000 a 1200 m;
- 1200 a 1400 m.

O ciclo de operação dos equipamentos foi o tempo necessário desde a partida de uma determinada situação, até o retorno a uma situação equivalente, marcando assim o início de novo ciclo. O tempo medido entre as duas situações é denominado tempo total do ciclo, onde o equipamento realiza em certa quantidade de serviço. O cálculo da produção da equipe é baseado no levantamento desses tempos e na quantidade de serviço realizado. Esses são elementos fundamentais na determinação da produção horária do equipamento.

O equilíbrio das equipes mecânicas é a atividade que consiste em dimensionar a quantidade exata de equipamentos para realizar um determinado serviço, evitando-se a ociosidade ou falta de equipamentos na realização da tarefa. No caso das equipes de escavadeiras, o equilíbrio ocorre quando a escavadeira sempre tem um caminhão a disposição para carregar e não existe fila de espera para carregar entre os caminhões. Quanto a equipes de motoscraeper, o trator que faz o “*push*”, sempre deve ter um motoscraeper posicionado para receber seu empurrão, contudo não deve existir mais do que 2 motoscrapers nessa posição de espera.

O modelo matemático usado no cálculo dos preços unitários considera dois tipos de período de tempo na atuação dos equipamentos: a hora operativa e a hora improdutivo. Na hora produtiva o equipamento está operando normalmente, enquanto que na hora improdutivo o equipamento está parado, com o motor desligado, aguardando que o equipamento que comanda a equipe permitir-lhe operar. Desse modo, o custo horário operativo é calculado somando-se os custos horários de depreciação, operação, manutenção e mão-de-obra. Enquanto que o custo horário improdutivo é igual ao custo horário da mão-de-obra.

A Planilha de Produção das Equipes Mecânicas, Figura 11, junto com todos os elementos necessário para o cálculo, é utilizada para a determinação da produção das equipes.

CÓDIGO		SERVIÇO	UNIDADE			
	VARIÁVEIS INTERVENIENTES	EQUIPAMENTOS				
		UNIDADE				
a	AFASTAMENTO					
b	CAPACIDADE					
c	CONSUMO (QUANTIDADE)					
d	DISTÂNCIA					
e	ESPAÇAMENTO					
f	ESPESSURA					
g	FATOR DE CARGA					
h	FATOR DE CONVERSÃO					
i	FATOR DE EFICIÊNCIA					
j	LARGURA DE OPERAÇÃO					
l	LARGURA DE SUPERPOSIÇÃO					
m	LARGURA ÚTIL					
n	NÚMERO DE PASSADAS					
o	PROFUNDIDADE					
p	TEMPO FIXO - Carga - Descarga					
q	TEMPO PERCURSO - IDA					
r	TEMPO DE RETORNO					
s	TEMPO TOTAL DE CICLO					
t	VELOCIDADE IDA MÉDIA					
u	VELOCIDADE RETORNO					
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS				
PRODUÇÃO HORÁRIA						
NÚMERO DE UNIDADES						
UTILIZAÇÃO OPERATIVA						
UTILIZAÇÃO IMPRODUTIVA						
PRODUÇÃO DA EQUIPE						
MT/DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes		PRODUÇÃO DAS EQUIPES MECÂNICAS				
SISTEMA DE CUSTOS RODOVIÁRIOS - SICRO 2						

Figura 11 – Planilha de Produção das Equipes Mecânicas
Fonte: DNIT (2003, p. 79)

Os dados usados nesse trabalho foram coletados pelo DNER que elaborou o Manual de Custos Rodoviários. Esses dados são inseridos no PEP (Sistema de Pesquisa de Preços de Equipamentos, Materiais e Mão-de-obra), parte integrante do SICRO2. A pesquisa de preços é executada a nível estadual quando possível ou a nível regional, se a unidade do estadual não pode

realizar os levantamentos. O PEP é o sistema responsável pela coleta e manutenção dos preços utilizados no cálculo das composições dos preços unitários utilizados pelo DNIT.

Os ciclos de pesquisa de preço são mensais, onde se pesquisa pelo menos três preços para cada item referente a materiais e equipamentos. Não existindo preços no mercado, é possível utilizar preços através de outras entidades, reconhecidamente idôneas.

O custo da mão-de-obra é determinado utilizando-se os pisos salariais acordados nas Convenções Coletivas de Trabalho. Essa pesquisa é feita anualmente, mas pode ser feita com uma frequência maior, desde que se perceba uma mudança significativa no mercado de trabalho da construção.

A fim de determinar a Produção das Equipes Mecânicas, o DNIT realiza pesquisa junto a fabricantes e usuários para aferir as produtividades utilizadas atualmente nos cálculos dos custos rodoviários. Leva-se em conta as características de novos equipamentos e as alterações que ocorrem nos métodos construtivos e na formação das equipes mecânicas. Em caso de necessidade o DNIT vai a campo levantar as produtividades de novos equipamentos, dando tratamento estatístico na observação.

A pesquisa de preços para o SICRO2 utilizada nesse trabalho foi executada no Estado do Paraná. Os preços levantados no mercado são criticados, ou seja, cada preço pesquisado é comparado com os respectivos valores informados pelo mercado nos três meses anteriores ao da pesquisa. Havendo variações acima do intervalo de aceitação, o valor coletado sofre nova verificação. O preço unitário dos itens, equipamentos e materiais é definido pela seleção do menor preço pesquisado no estado.

A fim de analisar os dados do SICRO2 para esse trabalho, primeiramente foram separados por tipo de serviço, levando-se em consideração a classificação do material escavado, a equipe de escavação e as diversas DMT. Feito isso, foram coletados os valores referentes a produções horárias das equipes, quantidade de equipamentos de escavação e transporte, custos horários e custos por volume escavado. Foram analisados os coeficientes de correlação entre a DMT e custo por volume escavado e o coeficiente de variação desse custo.

4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

A Tabela 4 apresenta a produtividade dos serviços e seus custos horários de execução dos serviços de E.C.T. envolvendo equipes com motoscrapers e com escavadeiras para diversas DMT e categoria de material, de acordo com dados disponibilizados pelo Sistema de Custos de Obras Rodoviárias do DNIT, sendo novembro de 2015 o mês de referência:

Tabela 4 - Produtividade e Custo Horário de Execução de Equipes de Motoscrapers e Escavadeiras

Serviço	Motoscraeper		Escavadeira	
	Produtividade (m ³ /h)	Custo Horário (R\$/h)	Produtividade (m ³ /h)	Custo Horário (R\$/h)
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 50 a 200 m	320	1.979,48	192	915,96
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 200 a 400 m	320	2.434,72	192	992,74
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 400 a 600 m	320	2.920,10	192	1.072,40
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 600 a 800 m	320	3.348,40	192	1.146,31
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 800 a 1000 m	320	3.884,94	192	1.212,65
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 1000 a 1200 m	320	4.450,11	192	1.279,06
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 1200 a 1400 m	320	4.970,05	192	1.343,05
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 50 a 200 m	252	2.640,13	127	847,80
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 200 a 400 m	252	2.648,76	127	913,22
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 400 a 600 m	252	3.274,06	127	962,98
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 600 a 800 m	252	3.900,81	127	1.002,81
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 800 a 1000 m	252	4.527,55	127	1.091,47
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 1000 a 1200 m	252	4.531,86	127	1.148,81
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 1200 a 1400 m	252	5.087,12	127	1.193,87

Fonte: o Autor-2016, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

Apesar das equipes de motoscrapers terem uma produtividade maior, o seu custo horário para atingir essa produtividade também é maior em todas as DMT e tipos de material. Isso indica que equipes de motoscraeper podem até produzir mais, contudo com um custo horário maior.

A fim de verificar a produtividade na Tabela 5 comparam-se os custos por unidade de volume produzido entre motoscrapers e escavadeiras.

Tabela 5 – Custos por Volume Produzido para Equipes de Motoscraeper e de Escavadeira

Serviço	Motoscraeper (R\$/m ³)	Escavadeira (R\$/m ³)	Relação de custo da Escavadeira sobre Motoscraeper
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 50 a 200 m	6,19	4,77	-23%
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 200 a 400 m	7,61	5,17	-32%
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 400 a 600 m	9,13	5,59	-39%
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 600 a 800 m	10,46	5,97	-43%
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 800 a 1000 m	12,17	6,32	-48%
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 1000 a 1200 m	13,91	6,66	-52%
E.C.T. mat. 1 ^a cat. DMT 1200 a 1400 m	15,53	7,00	-55%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 50 a 200 m	10,48	6,68	-36%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 200 a 400 m	10,51	7,19	-32%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 400 a 600 m	12,99	7,58	-42%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 600 a 800 m	15,48	7,90	-49%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 800 a 1000 m	17,97	8,59	-52%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 1000 a 1200 m	17,98	9,05	-50%
E.C.T. mat. 2 ^a cat. DMT 1200 a 1400 m	20,48	9,40	-54%

Fonte: o Autor-2016, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

Após a análise da Tabela 5, percebe-se que o custo por unidade de volume produzido pelos motoscrapers também é maior em todas as DMT e tipos de material. Sendo que quanto maior a DMT mais caro fica o uso do motoscraeper quando comparado com a escavadeira. No material de 1^a categoria., com DMT entre 50 a 600 m, o valor médio da diferença é de 2,97 R\$/m³; com DMT entre 800 a 1400 m, o valor médio da diferença é de 7,20 R\$/m³. No material de 2^a categoria, com DMT entre 50 a 600 m, o valor médio da diferença é de 5,03 R\$/m³; com DMT entre 800 a 1400 m, o valor médio da diferença é de 9,80 R\$/m³.

Em termos percentuais o resultado encontrado foi que o custo por m³ da escavadeira é inferior ao motoscraeper, variando de 23% a 55% com o crescimento da D.M.T em material de 1^a categoria e de 36% a 54% em material de 2^a categoria.

O Quadro 1 apresenta a comparação entre as características operacionais de Motoscrapers e Escavadeiras Hidráulicas.

Características	Motoscraeper	Escavadeira Hidráulica
1. Versatilidade	Escava e transporta e descarrega material.	Pode ser usado para acabamento de taludes de cortes.
2. Deslocamento	Desloca-se sem auxílio ao longo do trecho.	Necessita equipamento auxiliar para se deslocar.
3. Área para Operação	Trabalha com restrições em locais confinados.	Opera normalmente em locais confinados.
4. Acesso ao Corte	Suporta rampas com inclinação forte.	Rampas tem inclinação limitada para operação de caminhões.
5. Escavação	Normalmente necessita de um trator de esteiras com escarificador.	Sem necessidade de equipamento auxiliar.
6. Transporte de Material	Sem equipamento auxiliar.	Necessita trabalhar em conjunto com caminhões.
7. Mat. 1ª Categoria	Opera sem restrições.	Opera sem restrições.
8. Mat. 2ª Categoria	Opera com restrições.	Opera sem restrições.
9. Mat. 3ª Categoria	Não opera.	Opera sem restrições.
10. Solo Mole	Não opera.	Opera sem restrições
11. Viabilidade Econômica da Operação	Em DMT curtas, onde a produtividade é fator preponderante.	Qualquer DMT
12. Operação sob umidade	Não opera.	Opera com restrições.
13. Complexidade de operação	Operação Simples	Operação Complexa

Quadro 1 - Quadro Comparativo das Características Operacionais entre Motoscrapers e Escavadeiras Hidráulicas

Fonte: o Autor 2016

A análise da comparação das características apresentadas no Quadro 1 demonstra que não existe necessariamente um equipamento melhor do que o outro. Pois a escolha do equipamento para realizar um determinado serviço, depende das diversas variáveis que a frente de terraplenagem vai apresentar.

Em situações onde existe a ocorrência de material de 3ª categoria., solo mole e umidade o motoscaper não consegue trabalhar. Contudo esses equipamentos apresentam a vantagem de se deslocar sem auxílio auxílio de carretas prancha e são equipamentos menos complexos, onde basta baixar a caçamba no corte, receber o “push” para escavar e carregar simultaneamente, deslocar-se até os aterros e descarregar em movimento.

A Escavadeira, apesar de necessitar de equipamento auxiliar no deslocamento ao longo do trecho, trabalha com qualquer tipo de material, mesmo sob umidade, e opera em locais confinados. A operação dessa máquina é mais complexa por exige mais habilidade do operador no momento de dar acabamento nos taludes de corte.

O estudo comparativo entre escavadeiras hidráulicas e motoscapers apresentado nesse trabalho deixa evidente que equipes de escavadeiras hidráulicas têm custo menor do que equipes de motoscapers, pois seu custo por unidade escavada é inferior ao do motoscaper em qualquer tipo de material para qualquer distância de transporte. Tomando-se como exemplo uma escavação de 5.000 m³ de material. de 1ª categoria., a uma DMT entre 200 e 400 m tem-se os seguintes custos:

Equipe de Escavadeira, custo unitário de 5,17 R\$/m³, volume de E.C.T. de 5.000 m³, calcula-se um custo final de R\$ 25.852,64.

Equipe de Motoscaper, custo unitário de 7,61 R\$/m³, volume de E.C.T. de 5.000 m³, calcula-se um Custo final de R\$ 38.042,45.

Os valores de custo unitário, retirados do SICRO2, foram considerados a partir de produtividades levantadas sob condições médias de trabalho. Para escavação e carga:

- Argila arenosa;
- Argila com alguma umidade;
- Mistura de solos diferentes como areia e cascalho fino;
- Produção de aterros;
- Escavação em barranco de material facilmente penetrável;
- Material bem escarificado;
- Área já desmatada;
- Unidades carregando em terreno nivelado.

Para transporte:

- DMT irregular variando entre 200 e 400 m;
- Aclives e declives constantes;
- Resistência ao rolamento entre 4% a 7%;

- Pouca patinação do material rodante.

Desse modo, comparando-se o custo das duas equipes, percebe-se que o custo da escavadeira foi R\$ 12.189,81 inferior ao do motoscaper. Essa vantagem se repete, com diferentes valores, em qualquer material e distância média de transporte.

Na Figura 12 é possível comparar a variação do custo do material escavado de 1ª categoria das escavadeiras e motoscrapers nas diversas distâncias de transporte. O coeficiente de correlação entre os valores do Custo/m³ e a DMT é igual a 1,00, indicando que existe uma correlação forte entre o custo do material escavado e a sua DMT. O coeficiente de variação do Custo/m³ do motoscaper foi de 9,74, portanto muito superior ao da escavadeira que foi de 0,55, indicando uma variação de valores sensivelmente menor para as escavadeiras com a variação do DMT.

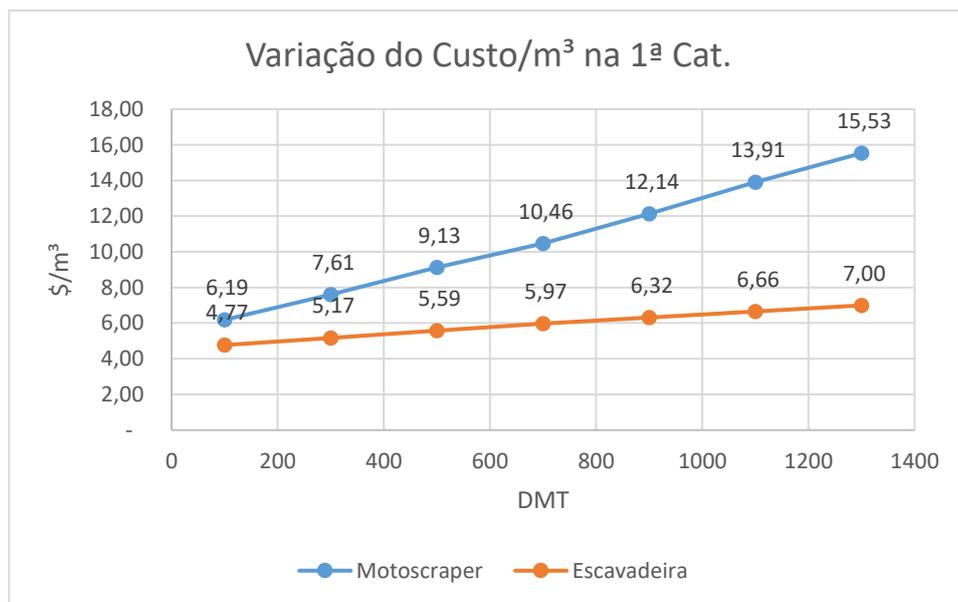


Figura 12 - Comparação da Variação do Custo/m³ - 1ª Cat.
Fonte: o Autor-2016, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

Na Figura 13 compara-se a variação do custo do material escavado de 2ª categoria das escavadeiras e motoscrapers nas diversas distâncias de transporte. O coeficiente de correlação entre os valores do Custo/m³ e a DMT foi de 0,98 para motoscrapers e 0,97 para escavadeiras, indicando que existe uma boa correlação entre o custo do material escavado e a sua DMT. O coeficiente de variação do Custo/m³ do motoscaper foi de 13,20, portanto muito superior ao

da escavadeira que foi de 0,85, indicando uma variação de valores sensivelmente menor para as escavadeiras com a variação do DMT.

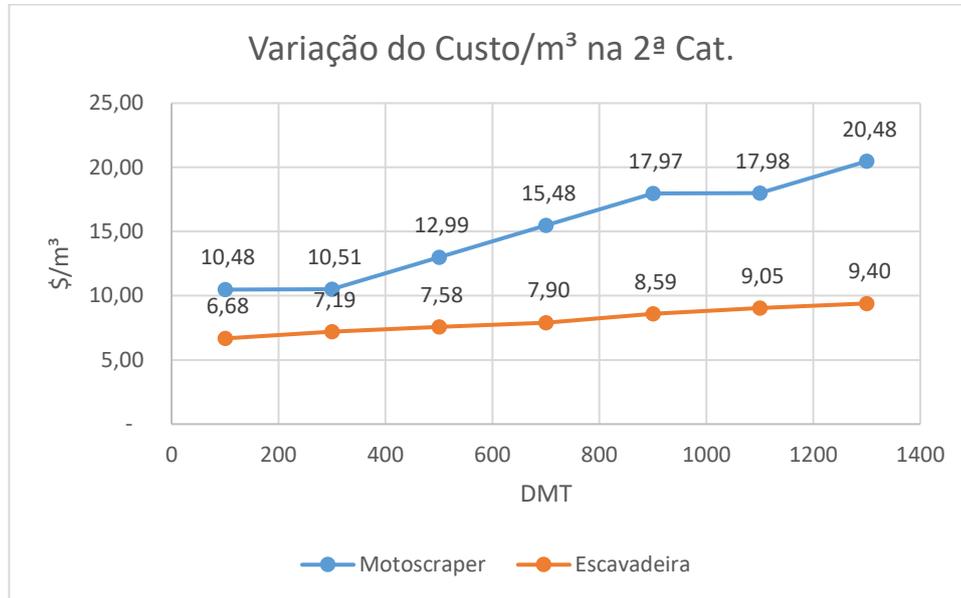


Figura 13 – Comparação da Variação do Custo/m³ - 2ª Cat.
 Fonte: o Autor-2016, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

A análise das Figuras 12 e 13 demonstra que os custos unitários dos motoscrapers são mais elevados do que os custos unitários das escavadeiras, trabalhando-se com material de 1ª e 2ª categoria., para qualquer distância de transporte.

Com o aumento da DMT, é necessário colocar um número maior de equipamentos transportadores para se fechar o ciclo de produção. Nas equipes de escavadeiras esse equipamento transportador é o caminhão, enquanto que nas equipes de motoscrapers o equipamento transportador é o próprio motoscraper. A quantidade necessária desses equipamentos pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6 - Quantidade de Equipamento Transportadores por DMT

Serviço	Motoscraper (un.)	Caminhão (un.)	Diferença
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 50 a 200 m	3	3	0
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 200 a 400 m	4	3	1
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 400 a 600 m	4	4	0
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 600 a 800 m	5	4	1

Serviço	Motoscraper (un.)	Caminhão (un.)	Diferença
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 800 a 1000 m	6	4	2
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 1000 a 1200 m	7	5	2
E.C.T. mat. 1ªcat. DMT 1200 a 1400 m	8	5	3
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 50 a 200 m	3	3	0
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 200 a 400 m	3	3	0
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 400 a 600 m	4	3	1
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 600 a 800 m	5	3	2
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 800 a 1000 m	6	4	2
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 1000 a 1200 m	6	4	2
E.C.T. mat. 2ªcat. DMT 1200 a 1400 m	7	4	3

Fonte: o Autor-2016, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

A Tabela 6 mostra que quase sempre a equipe de motoscraper vai precisar de mais equipamentos transportadores do que a equipe de escavadeira, para uma mesma DMT. Essa diferença é maior com o aumento da DMT, tanto na 1ª como na 2ª categoria. Aliado a isso, temos que o custo operacional de um motoscraper (R\$ 620,99) é superior ao custo operacional do caminhão (R\$ 204,09). Por causa disso que a diferença do custo da equipe de motoscraper em relação à equipe de escavadeira cresce conforme aumenta a DMT.

Nota-se nas Figuras 12 e 13 que a variação do custo da equipe de escavadeira é menos acentuada do que da equipe de motoscraper. Isso deve-se ao fato que a variação dos equipamentos transportadores nas equipes de escavadeiras ser menor, conforme pode ser visto na Tabela 6.

Na Figura 14 comparara-se a variação do custo do material escavado de 1ª e 2ª categoria pelas escavadeiras nas diversas distâncias de transporte. A média da diferença dos custos/m³ entre os tipos de material escavado é de 2,13 R\$/m³. O coeficiente de variação dessa diferença de Custo/m³ é de 0,04, portanto indica que a variação dos custos/m³ varia pouco com aumento da DMT.

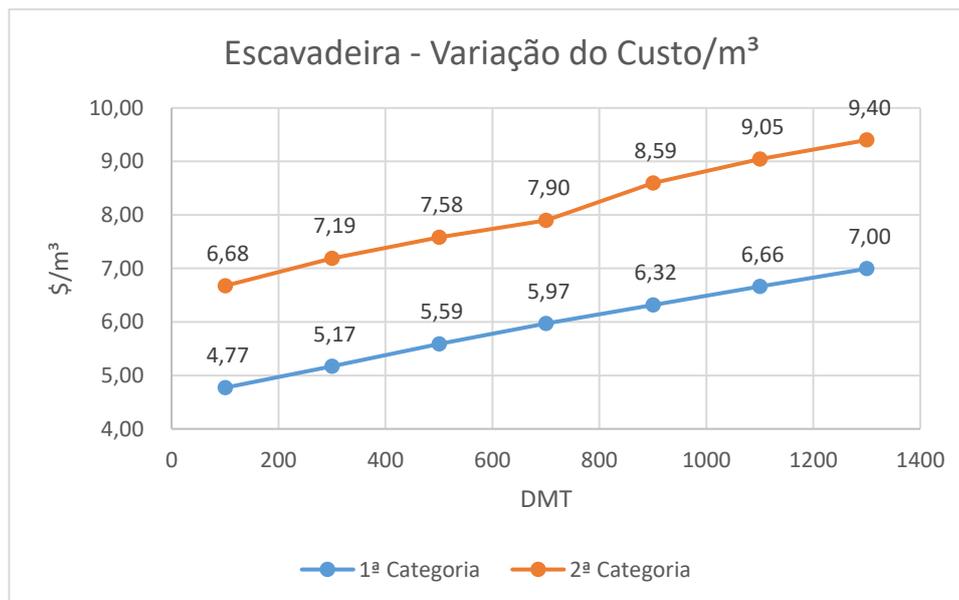


Figura 14 – Comparação da Variação dos Custos/m³ Entre Diferentes Materiais - Escavadeiras
 Fonte: o Autor-2017, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

Na Figura 15 comparara-se a variação do custo do material escavado de 1ª e 2ª categoria pelos motoscrapers nas diversas distâncias de transporte. A média da diferença dos custos/m³ entre os tipos de material escavado é de 4,42 R\$/m³. O coeficiente de variação dessa diferença de Custo/m³ é de 0,76, portanto indica que a variação dos custos/m³ dos motoscrapers é superior à das escavadeiras hidráulicas.

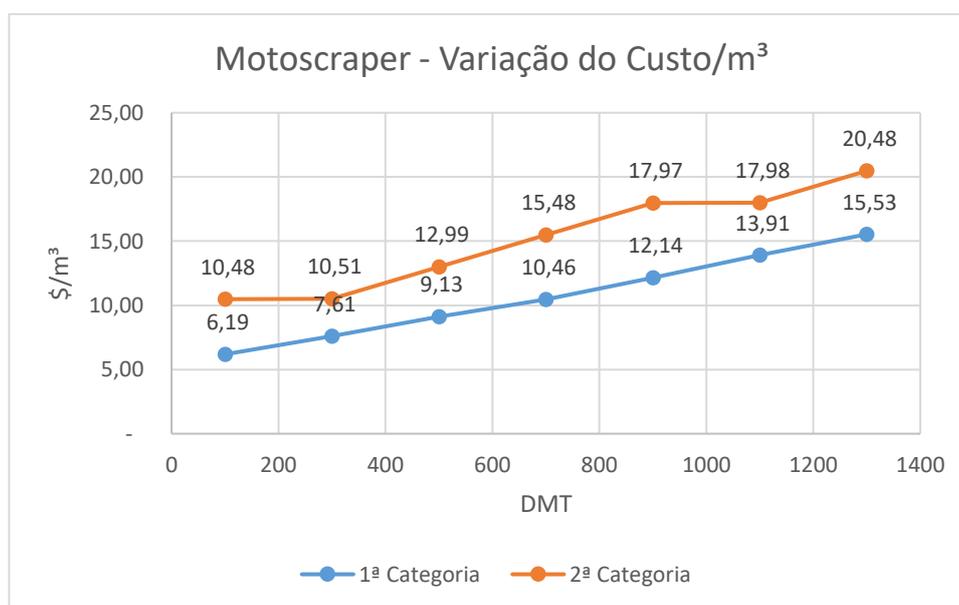


Figura 15 – Comparação da Variação dos Custos/m³ Entre Diferentes Materiais – Motoscrapers
 Fonte: o Autor-2017, baseado em dados coletados no SICRO2 - DNIT

Analisando-se os resultados, chega-se à conclusão que a conveniência de se usar escavadeiras hidráulicas ou motoscrapers é feita através da comparação dos custos de produção, das produtividades das equipes, do tipo de material a ser escavado, das distâncias médias de transportes a serem vencidas e das características operacionais de cada equipamento.

5 CONCLUSÕES

As características operacionais da escavadeira hidráulica são a possibilidade de ser usada na escavação de qualquer tipo de material e condição de umidade, operar em locais confinados, poder ser utilizada para dar acabamento em taludes de corte e a necessidade de equipamento auxiliar para ser transportada ao longo do trecho. Enquanto que as características operacionais do motoscaper são escavar, transportar e descarregar material de 1ª e 2ª categoria, deslocar-se por si só, sem a necessidade de carretas prancha.

A produção do serviço de escavação realizado por equipes de motoscapers é superior a produção atingida por equipes de escavadeiras. Motoscapers produzem 320 m³/h na 1ª categoria e 252 m³/h na 2ª categoria, enquanto que escavadeiras produzem 192 m³/h na 1ª categoria e 127 m³/h na 2ª categoria. Cabe ressaltar que Motoscapers não conseguem trabalhar em material de 3ª categoria, solo mole ou em material sob umidade. Essas características operacionais impedem uma comparação direta de produção nesses materiais.

O custo da unidade escavada pela escavadeira é inferior ao motoscaper, variando de 23% a 55% com o crescimento da D.M.T em material de 1ª categoria e de 36% a 54% em material de 2ª categoria. Quanto maior a distância de transporte, maior é a diferença entre esses custos, ou seja, com o crescimento da distância de transporte, o uso do motoscaper fica inviável quando comparado com escavadeiras.

REFERÊNCIAS

AECweb, O Portal da Engenharia, Arquitetura e Construção. **Falta de treinamento de operadores de máquinas é problema em obras**. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/n/falta-de-treinamento-de-operadores-de-maquinas-e-problema-em-obras_2893> . Acesso em: 06/09/2016.

ARAMOV, **Treinamento e Desenvolvimento Profissional**. Disponível em: <<http://www.aramov.com.br/detalhes-curso/escavadeira-hidraulica>>. Acesso em: 03/11/2015.

BARBOSA, Victor H. B., **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão para Seleção de Equipamentos em Obras de Construção Rodoviária**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7991>> . Acesso em 02/12/2016.

BARROS, A. M. Jr.; CAVALLI, L.F.G.; SILVA, S. M., **Large dozer stripping**. Mine Planning and Equipment Seletion. Rotterdam, 1996. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=WeEVy-IyuRgcC&oi=fnd&pg=PA467&dq=Large+dozer+stripping&ots=rU7X92GsML&sig=JTo-zDjyoLq5OzKrS1WufUe4ix5c#v=onepage&q=Large%20dozer%20stripping&f=false>> . Acesso em: 06/12/2016.

BRASIL, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – **Manual de Custos Rodoviários: Volume 1 – Metodologia e Conceitos**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias – **Norma DNIT 105/2009 e 106/2009 –ES**.

CATTERPILAR, **Manual de Produção**. Disponível em: <<http://www.pt.scrib.com/doc/192335542/Manual-de-Producao-Caterpillar-Edicao-31#scrib>>. Acesso em 28/10/2015.

CATTERPILAR, **Escavadeiras**. Disponível em: <http://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/escavators.html>. Acesso em 03/11/2015.

CATTERPILAR, **Histórico da Empresa**. Disponível em: <<http://www.caterpillar.com/pt/company/history.html>>. Acesso em 26/10/2015.

GERMANY, José Darcy. **A mineração no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Rio de Janeiro, (2002). Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/a-mineracao-no-brasil.pdf>> . Acesso em: 06/12/2016.

HALPIN, Daniel W.; WOODHEAD, Ronald W. **Administração da Construção Civil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

JAWORSKI, Tadeo. **Equipamentos para Escavação – Compactação e Transporte**. Curitiba, 2011. Disponível em: < http://www.dtt.ufpr.br/Equipamentos/Arquivos/Apostila%20de%20Equipamentos%20Digitalizada_Tadeo_Jaworski.pdf >. Acesso em: 05/12/2016.

NOR, Z. M.; KECOJEVIC, V.; KOMLJENOVIC, D.; GROVES, W.. **Risk assessment for loader- and dozer-related fatal incidents in U.S. mining**. International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 2008. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17457300801977261?scroll=top&needAccess=true> >. Acesso em: 06/12/2016.

PEDROZO, Lúcia Gonçalves. **Custos da Infraestrutura Rodoviária**. Trabalho de Conclusão de Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em:< <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2809/000326413.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 05/12/2016.

PEREIRA, Djalma; COSTA, Roberto. **Terraplenagem**: Tomo I. Curitiba: Educa, 1983.

RICARDO, Hélio de Souza; CATALINI, Guilherme. **Manual Prático de Escavação**. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1990.

ROCHA, R.; BARROS, J.M.de C.; VIEIRA, R. **Contribuição ao estudo do empolamento dos solos**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 16., 2012, Porto de Galinhas..9p. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/276353665_Contribuicao_ao_Estudo_do_Empolamento_dos_Solos >. Acesso em:05/12/2016.

SICRO2, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – **SICRO2 – Sistema de Custos Rodoviários**. Disponível em:<<http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/sul/parana/2015/marco/parana-marco-2015> >. Acesso em 29/10/2005.

THE CONSTRUCTION, **Index**. Disponível em: <<http://www.theconstructionindex.co.uk/the-digger-blog/view/cat-scraper-at-work-in-france>>. Acesso em 28/10/2015

US PATENT nº 3.705.631 de 12/12/1972. **Hydraulic Tilt and Pitch**. Disponível em: < <https://www.google.com/patents/US3705631> > . Acesso em: 06/12/2016.

US PATENT nº 3.759.110 de 18/09/1973. **Hydraulic Angle Dozer**. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US3759110>>. Acesso em: 06/12/2016.

US PATENT nº 4.828.045 de 09/05/1989. **Dozer Blade Visual Tilt Indicator**. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US4828045>>. Acesso em: 06/12/2016.

VANERKAR, A. P.; KULKARNI, N. P.; ZADE, P. D.; KAMAVISDAR, A. S.. **Whole body vibration exposure in heavy earth moving machinery operators of metalliferous mines**. Environmental Monitoring and Assessment, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9972-z>>. Acesso em: 06/12/2016.

WONG, O.; MORGAN, R. W.; KHEIFETS, L; LARSON, S. R.; WHORTON, M.D.. **Mortality among members of a heavy construction equipment operators union with potential exposure to diesel emissions**. British Journal of Industrial Medicine. Okland, 1985. Disponível em: <<http://oem.bmj.com/content/42/7/435.full.pdf+html>> . Acesso em: 06/12/2016.