RICARDO CRUVINEL DORNELAS

**ESTUDO DE MÉTODOS PARA PROGNÓSTICO DA
PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE RODOVIAS:
TERRAPLENAGEM E PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA – UMA
NOVA ABORDAGEM.**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

**São Paulo
2013**

RICARDO CRUVINEL DORNELAS

**ESTUDO DE MÉTODOS PARA PROGNÓSTICO DA
PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE RODOVIAS:
TERRAPLENAGEM E PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA – UMA
NOVA ABORDAGEM.**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de atuação:

Engenharia de Construção Civil

Tecnologia e Gestão na Produção de
Edifícios

Orientador:

Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

**São Paulo
2013**

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 15 de dezembro de 2013.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Dornelas, Ricardo Cruvinel

Estudo de métodos para prognóstico da produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica - uma nova abordagem / R.C. Dornelas. -- versão corr. -- São Paulo, 2013.

308 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Rodovias (Projeto e construção;Produtividade) 2.Terraplenagem 3.Pavimentação asfáltica I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II. t.

À minha família, Núbia, Virgílio e Benjamin
e aos Valores Fundamentais que nos unem e fortalecem nosso amor.

AGRADECIMENTOS

Aos Mestres:

Nas artes marciais, aprendemos que aquele que ensina pelo exemplo, que tenha grande conhecimento, habilidade, experiência e habilidade para ensinar é um verdadeiro mestre. Estes agradecimentos são para três grandes mestres que mudaram a minha vida.

O primeiro agradecimento é ao **Mestre Daisaku Ikeda**, que ensinou a “riqueza da vida” e iluminou o coração de um jovem.

Eu tinha 15 anos, sem esperança e poucas diretrizes. Na época minha mãe lutava bravamente para garantir o pão nosso de cada dia e para vencer uma grave doença. Foi quando me encontrei com o Mestre Ikeda e aprendi os fundamentos da “Revolução Humana”. Tal como a areia seca absorve a água, ouvi li e reli todos os seus ensinamentos. “Seja o autor de sua própria história embasada nos ensinamentos budistas” eram os principais ensinamentos. Assim como o fogo forja a espada, diariamente e ininterruptamente, pratiquei a “riqueza da vida” que aborda valores fundamentais tais como: de ser tão forte que nada abalará a paz de meu espírito; de não esquecer os erros do passado e avançar decidido a obter os melhores resultados no futuro; e de ser forte contra o medo, nobre contra a cólera e firme contra a dúvida. Como os raios do sol nas primeiras horas do dia, o meu caminho se iluminou e o meu coração se encheu de esperança.

O segundo agradecimento é ao **Mestre João Fernando Dias**, que acreditou no potencial de um homem em desvantagem.

2003, ano em que o país passava por uma série crise econômica e não se tinha obras para construir. De São Paulo, junto com minha família, retornei para Uberlândia. Após vários sucessos enquanto engenheiro, planejador, gerente e diretor de multinacional eu me encontrava desempregado. Com muitas críticas e poucos incentivos, procurei o Prof. João Fernando Dias. Na ocasião eu lhe disse “estou decidido a me tornar um professor universitário, o que é preciso fazer?”, sua resposta “tem que ser doutor para ser professor em nível federal.” Agradei e me retirei. Um ano depois o professor me ligou e me incentivou a participar em um

concurso para professor substituto. A partir daí, minha história enquanto professor universitário teve início. Como na Odisseia de Homero, eu progredia de desafio em desafio, superando cada um, não porque fosse mais forte que meus adversários ou situações, mas porque eu tinha o apoio do Prof. João Fernando Dias. É indispensável que se tenha, ao sair em busca do objetivo, o apoio familiar e de pessoas que possam ajudá-lo a suportar as asperezas da caminhada. Ai está a grandeza do professor. Seus ensinamentos virtuosos me influenciaram a me tornar uma pessoa melhor e a seguir em frente. Quando muitos me criticavam, o Prof. João Fernando Dias foi o mestre que acreditou em meu potencial.

O terceiro agradecimento é ao **Mestre Ubiraci Espinelli Lemes de Souza**, que orientou e tornou possível a concretização de um sonho.

Após o término do mestrado, em 2007, iniciei imediatamente o doutoramento na Escola Politécnica da USP. Enquanto meu orientador o Prof. Ubiraci se encarregou de ações vitais para o meu crescimento: viabilizou financeiramente os meus estudos; criou oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos; orientou-me no desenvolvimento da tese. É vital que o doutorando procure não apenas o melhor orientador possível, mas um bom mestre. O doutorando precisa ser ensinado, quase tutelado, e não apenas direcionado. O Prof. Ubiraci me desafiava. E eu entendia que o desafio e a cobrança não eram punições. Ele me desafiava porque, muitas vezes, acreditava mais em mim do que eu mesmo. Sempre entendi o desafio como uma forma de tentar me levar além do ponto máximo que eu achava capaz de atingir, de me levar ao ponto além. Obrigado Prof. Ubiraci pelas suas orientações! Pois, você mostrou simplicidade, humildade e certamente amor ao próximo. Em novembro de 2008, surgiu um concurso em nível federal, além de me apoiar, o Prof. Ubiraci me orientou em todos os detalhes para garantir o meu sucesso. Em março de 2009 eu assumia o cargo de professor assistente na Universidade Federal de Goiás. Com o mestre Ubiraci, meu sonho iniciado em 2003, o de ser um professor universitário, se concretizou.

Sempre estive consciente do respeito que esses três Mestres tiveram para comigo. Em retribuição, realizo um rito não apenas em sua honra, mas também em reverência a todos os mestres que já me ensinaram, que recomendo a todo

discípulo: queimo incenso no altar budista e prometo a mim mesmo a sempre agir conforme os “Valores Fundamentais”. Agora olho para trás, vejo que eu, minha esposa e filhos, nossas duas gerações, nos beneficiamos enormemente com os ensinamentos desses três Mestres. Onde encontrarei palavras para expressar minha gratidão?

Aos membros da banca:

Agradeço os Professores José Tadeu Balbo e Hermes Fajersztajn pela contribuição no momento da qualificação do doutorado e no desenvolvimento do texto final.

Aos especialistas:

Agradeço todos os especialistas que colaboraram direta ou indiretamente neste trabalho em especial: o Eng. Gino Ricci, Eng. Pedro Cesar Spina, Eng. Rodrigo Pires Leandro, Eng. Giulliano Renato Molinero, Eng. Januário Molinero Neto, Eng. Marcelo Loes Alcala, Dr. Carlos Alberto Felizola Freire, Dr. Osvaldo Luiz Valinote.

Às instituições:

Ao Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP.
Às Capes, pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste trabalho.

Em especial:

Agradeço o amigo Rodrigo Gustavo Delalibera pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos de ontem, de hoje e de amanhã:

Agradeço aos que percorreram o caminho antes de mim, aos que o percorreram ao meu lado e, como não poderia deixar de ser, aos que o hão de percorrer no futuro.

À família:

Pelo incentivo e apoio irrestrito, agradeço à Núbia, minha querida esposa, Virgílio e Benjamin, filhos maravilhosos.

Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez!
(Jean Cocteau)

RESUMO

Esta tese propõe um novo método para o prognóstico da produtividade na execução de rodovias com ênfase na terraplenagem e pavimentação asfáltica. O método foi desenvolvido com base no conhecimento dos principais manuais, estudando o assunto e acompanhando a execução de obras, além de ter recebido a contribuição de especialistas no assunto. Neste texto, inicialmente, descreve-se a metodologia de pesquisa. Em seguida os principais conceitos para a compreensão do tema são apresentados. Os principais manuais de orçamentação são estudados e uma nova forma de abordagem para os serviços de execução de rodovias é proposta. Em paralelo, dois estudos de caso foram desenvolvidos no período de 131 dias. Ao final, especialistas foram consultados e com sua contribuição o método foi finalizado. Este método tem a contribuição inovadora de propor composições (empregando métodos teóricos e experimentais) para as diferentes fases executivas de cada tipo de serviço e de apresentar os indicadores por meio de faixas de valores (que representam a produtividade variável) associadas a faixas de fatores orientadores para a tomada de decisão sobre qual valor adotar. Esta nova abordagem subsidia a tomada de diversas decisões: das relacionadas ao estudo de orçamentação até aquelas associadas à gestão da produção.

Palavras-chave: Construção de rodovias. Terraplenagem. Pavimentação asfáltica. Orçamento. Composição unitária.

ABSTRACT

This thesis proposes a new method to allow the forecast of the productivity in highways execution with emphasis on earthwork and asphalt paving. The method was developed based on the knowledge of the main estimating manuals, studying the issue and monitoring the execution of work "in situ", and received cooperation from experts on the subject. This text initially describes the research methodology. Afterward the main concepts for the comprehension of the subject are presented. The main estimating (budgeting) manuals are studied and a new approach to the execution services of highways is proposed. In parallel, two case studies were developed through 131 days of direct observation. In the end, experts are consulted and with their contribution the method is finished. This method has the innovative contribution of proposing compositions (using theoretical and empirical methods) for the different executive phases of each sort of service and displays the indicators through values ranges (which represent the variable productivity) associated with guiding factors ranges to allow the decision-making about which value to adopt. This new approach subsidizes the taking of several decisions: since those ones related to the study of budgeting until those associated with production management.

Keywords: Construction of highways. Earthworks. Asphalt paving. Budget. Unit Composition.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	27
1.1. Contextualização e Justificativa.....	27
1.1.1. A infraestrutura como agente de desenvolvimento	27
1.1.2. Sistema de transporte rodoviário	28
1.1.3. Fatores limitantes na concepção de pavimentação rodoviária	29
1.1.4. Processos licitatórios e orçamentários de obras rodoviárias	30
1.1.5. Representatividade da terraplenagem e da pavimentação a executar no processo de construção de rodovias.....	32
1.1.6. Importância do estudo da produtividade nos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica.....	34
1.2. Processo da Pesquisa.....	36
1.2.1. Conceber a ideia a ser investigada.....	36
1.2.2. Formulação do problema de pesquisa: objetivos e questões do estudo..	37
1.2.3. Formulação da hipótese	41
1.2.4. Classificação da pesquisa a ser realizada	42
1.2.5. Método da pesquisa.....	42
1.2.6. Estrutura do texto.....	46
2. SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM	47
2.1. Terraplenagem – Entendimento Geral	47
2.2. Etapas de Serviços de Terraplenagem	49
2.2.1. Cortes	50
2.2.2. Empréstimos	56
2.2.3. Aterros	57
2.2.4. Depósito de materiais excedentes - DME	66
2.3. Composições Orçamentárias Aplicáveis à Terraplenagem	67
2.4. Reflexões do Capítulo 2	68
3. SERVIÇO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA.....	69
3.1. Pavimentação Asfáltica – Entendimento Geral	69
3.2. Etapas de Serviços de Pavimentação Asfáltica	70
3.2.1. Revestimento asfáltico	71
3.2.2. Pinturas asfálticas e imprimações.....	78

3.2.3.	Bases e Sub-bases.....	81
3.2.4.	Reforço de subleito	85
3.2.5.	Subleitos	85
3.3.	Composições Orçamentárias Aplicáveis à Pavimentação Asfáltica	86
3.4.	Reflexões do Capítulo 3	89
4.	<i>ABORDAGEM DOS MANUAIS</i>.....	90
4.1.	Descrição dos Manuais	90
4.1.1.	DNIT	91
4.1.2.	EMOP	92
4.1.3.	SIURB.....	94
4.1.4.	TCPO.....	95
4.1.5.	CAIXA	95
4.1.6.	PCC-USP.....	96
4.2.	Formas de Abordagem dos Manuais	98
4.2.1.	Alguns conceitos importantes	98
4.2.2.	Montagem das composições de custos unitários.....	101
4.2.3.	Ciclo dos equipamentos.....	102
4.2.4.	Equilíbrio das equipes mecânicas ou patrulhas	103
4.2.5.	Tempo operativo e tempo improdutivo.....	104
4.2.6.	Resumo dos termos contidos nos manuais	105
4.2.7.	Custos de Implantação de uma Rodovia	107
4.2.8.	Custos unitários dos serviços	109
4.2.9.	Custo horário de equipamentos	110
4.2.10.	Produção das equipes mecânicas	111
4.2.11.	Método teórico do DNIT	112
4.2.12.	Método teórico do TCPO	116
4.2.13.	Modelos de composições unitárias	118
4.3.	Reflexões do Capítulo 4	121
5.	<i>PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA AS COMPOSIÇÕES</i>	124
5.1.	Contextualização.....	125
5.2.	Produtividade da Mão de obra e dos Equipamentos	126
5.3.	Razão Unitária de Produção	126
5.3.1.	Diferentes tipos de RUP	127
5.3.2.	Mão de obra e equipamento contemplado.....	127

5.4. Produção Unitária	128
5.4.1. Diferentes tipos de PU	128
5.4.2. Reflexões sobre a PU	129
5.5. Faixas de Variação e Fatores	130
5.6. Variação da Produção Unitária	132
5.7. Detalhamento das Horas de Equipamentos	133
5.8. Método das Observações Instantâneas	136
5.9. Unidade de Apresentação	137
5.10. Reflexões do Capítulo 5	137
6. ESTUDOS DE CASO.....	139
6.1. Aeroporto Internacional de Guarulhos	139
6.1.1. Método de coleta	141
6.1.2. Resultados	144
6.2. Rodoanel Mário Covas	151
6.2.1. Método de coleta	152
6.2.2. Processamento dos dados coletados	153
6.2.3. Resultados	159
6.3. Reflexões do Capítulo 6	172
7. INDICADORES DOS MANUAIS CONFORME NOVA PROPOSTA DE ABORDAGEM	174
7.1. Listagem de Tabelas Conforme o Manual	175
7.2. Composições Orçamentárias Conforme Nova Proposta de Abordagem	176
7.2.1. Escavação e carga de material de 1ª Categoria	176
7.2.2. Compactação de aterros.....	177
7.2.3. Base de brita graduada simples - BGS.....	177
7.2.4. Base de brita graduada tratada com cimento - BGTC	178
7.2.5. Base de solo cimento e mistura na pista	179
7.2.6. Imprimação	179
7.2.7. Pintura de ligação	180
7.2.8. Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento.....	180
7.2.9. Concreto betuminoso usinado a quente - binder	181
7.3. Reflexões do Capítulo 7	181

8. MANUAL DE APLICAÇÃO NAS ENTREVISTAS COM OS ESPECIALISTAS	182
8.1. Fatores e Anormalidades	182
8.2. Etapas de Aplicação das Entrevistas	183
8.3. Caracterização do Grupo de Especialistas Consultados	184
8.4. Lista dos Serviços Abrangidos nas Entrevistas	185
8.5. Faixas de Valores, Anormalidades e Fatores segundo cada serviço.	186
8.5.1. Escavação e carga de material de 1ª categoria.....	186
8.5.2. Compactação de aterro	188
8.5.3. Base de solo cimento com mistura na pista.....	190
8.5.4. Brita graduada simples - BGS.....	193
8.5.5. Brita graduada tratada com cimento - BGTC.....	198
8.5.6. Concreto betuminoso usinado a quente	201
8.5.7. Imprimação	204
8.5.8. Pintura de ligação	206
8.6. Reflexões do Capítulo 8	207
9. MÉTODO PARA PROGNÓSTICO DA PRODUTIVIDADE.....	208
9.1. Algumas Reflexões Sobre o Método	208
9.2. Abrangência do Método	209
9.3. Escavação de Material de 1ª Categoria	209
9.4. Compactação de Aterro.....	211
9.5. Base de Solo Cimento com Mistura na Pista	214
9.6. Base de Brita Graduada Simples - BGS.....	217
9.7. Base de Brita Graduada Tratada com Cimento - BGTC.....	221
9.8. Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ – Capa e Binder	223
9.9. Imprimação	225
9.10. Pintura de Ligação	226
9.11. Reflexões do Capítulo 9.....	227
10. CONCLUSÕES	229
10.1. Cumprimento dos Objetivos.....	229
10.2. Confirmação da Tese	230
10.3. Importância dos Resultados	230
10.4. Futuros Trabalhos	231
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	233

APÊNDICE A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO TEÓRICO DO DNIT .	242
APÊNDICE B - CONJUNTO DE DADOS DO AEROPORTO DE GUARULHOS...	244
APÊNDICE C - MÉTODO DE COLETA DE DADOS DO RODOANEL	250
APÊNDICE D - CONJUNTO DE DADOS DO RODOANEL	261
APÊNDICE E - INDICADORES INICIAIS DOS MANUAIS.....	268
APÊNDICE F – PROCESSAMENTO DOS INDICADORES DOS MANUAIS.....	279
APÊNDICE G – PROCESSAMENTO DOS INDICADORES INDICADOS PELOS ESPECIALISTAS.....	282

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Exemplo de estrutura de um pavimento e os esforços atuantes.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2 – Variação (%) entre as produtividades para o serviço de CBUQ (quantidade de horas de equipamento para lançamento de uma tonelada de material) .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3 – Variação (%) entre as produtividades para o serviço de escavação (quantidade de horas de equipamento para escavar um metro cúbico de solo) .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4 – Esquema do processo de pesquisa .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 5 – Fluxograma do método da pesquisa .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6 – Plataforma abaixo do terreno natural .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 7 – Plataforma acima do terreno natural .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 8 – Plataforma mista .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 9 – Faixa de ocupação .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 10 – Área de transição de aterro para corte.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 11 – a) trator de esteira com lâmina frontal; b) trator de esteira com lâmina frontal e escarificador traseiro; c) moto-scraper; d) pá carregadeira sobre esteiras; e) pá carregadeira sobre pneus; f) escavadeira hidráulica; g) retroescavadeira. ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 12 – a) espalhamento com motoniveladora; b) aeração do solo com grade de disco; c) tratamento da umidade com caminhão tanque; d) compactação de solo com rolo pé de carneiro; e) caminhão distribuidor de cimento; f) recicladora (mistura o solo com o cimento); g) rolo liso metálico para compactação de pavimento; h) rolo de pneus para compactação de pavimento.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 13 – Quebra do serviço de escavação e carga de material de 1ª categoria ..</i>	<i>67</i>
<i>Figura 14 – Quebra do serviço de compactação de aterro .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 15 – Exemplo de estrutura de pavimento asfáltico.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 16 – Exemplo de padrão de rolagem para compactação de mistura asfáltica</i>	<i>76</i>
<i>Figura 17 – a) vibroacabadora; b) rolo tandem liso; c) rolo de pneus; d) rolo vibratório .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 18 – Caminhão espargidor .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 19 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas .....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 20 – Quebra do serviço de execução de revestimentos asfálticos.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 21 – Quebra do serviço de execução de pinturas asfálticas e imprimações impermeabilizantes .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 22 – Quebra do serviço de execução de BGS e BGTC .....</i>	<i>87</i>

<i>Figura 23 – Quebra do serviço de execução de solo cimento.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 24 – Elementos de uma composição unitária.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 25 – Estimativa do tempo de ciclo da escavadeira hidráulica .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 26 – Equipamento eleito como principal.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 27 – Interação entre os componentes do custo total de uma rodovia .....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 28 – Sistematização da metodologia de composição de custo unitário de um serviço.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 29 – Modelo de composição unitária – TCPO.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 30 – Modelo de nota explicativa que acompanha a composição unitária ....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 31 – Modelo de composição unitária – SICRO 2 .....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 32 – Modelo de composição unitária – EMOP .....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 33 – Modelo de composição unitária – SIURB.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 34 – Modelo de composição unitária – CAIXA.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 35 – Modelo de composição unitária – POLI-USP .....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 36 – Definição da produtividade.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 37 – Modelo dos Fatores para a Produtividade na Construção .....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 38 – Faixa de variação da produção unitária: compactação de aterro (m²/h)</i>	
<i>.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 39 – Classificação dos fatores influenciadores da produção unitária .....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 40 – Quartis.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 41 – Produtividade variável: serviço de compactação de aterro .....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 42 – Classificação das horas de equipamento para fins de estudo do seu custo.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 43 – Diferentes momentos no serviço de compactação de CBUQ .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 44 – Estrutura da pista da PR-A.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 45 – Estrutura do pavimento do sistema viário .....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 46 – Fluxograma geral do método .....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 47 – Traçado do Rodoanel (a marca dentro do retângulo é referente ao lote 2)</i>	
<i>.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 48 – Detalhe do Trecho Sul – Lote 2 (Trevo da Anchieta e Eixo) .....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 49 – Compilação dos dados conforme nova abordagem .....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 50 – Método de coleta.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 51 – Metodologia para o processamento dos dados coletados .....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 52 – Compilação dos manuais conforme nova abordagem .....</i>	<i>174</i>

<i>Figura 53 – Sistema de compilação: produtividade variável, fatores e anormalidades</i>	182
<i>Figura 54 – Etapas para o desenvolvimento do método.</i>	208
<i>Figura 55 – Tempos de ciclo (min) e produção horária do caminhão basculante de 14m³ no transporte de material de 1ª categoria em rodovia em leito natural – carga com escavadeira</i>	243
<i>Figura 56 – Exemplo de composição do serviço de escavação</i>	243
<i>Figura 57 – Método de coleta</i>	250
<i>Figura 58 – Quebra do serviço: camada final de terraplenagem</i>	251
<i>Figura 59 – Modelo de esquema de produção das atividades em execução – camada final de terraplenagem</i>	252
<i>Figura 60 – Metodologia para o registro dos dados coletados</i>	255
<i>Figura 61 – Registro simplificado do dia em que termina a subtarefa</i>	256
<i>Figura 62 – Registro diário dos equipamentos disponíveis (1 = quantidade de equipamento)</i>	256
<i>Figura 63 – Registro detalhado do dia em que termina a subtarefa</i>	257
<i>Figura 64 – Apresentação das camadas finais de terraplenagem e a data final de conclusão de suas atividades: Corte 204 - Pista externa</i>	259
<i>Figura 65 – Detalhamento das atividades ocorridas, conforme execução de camada final de terraplenagem: no Corte 204 - Pista externa</i>	260

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1– Resumo das porcentagens/componentes conforme custos unitários .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 2– Participação dos componentes da pavimentação em relação à construção de rodovias.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 3– Resumo da classificação de pesquisa desenvolvida nesta tese .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 4 – Apresentação da estrutura dos capítulos .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 5 – Definição de cortes pelo DNER.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 6 – Categorias dos materiais escavados.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 7 – Condicionantes para escolha de processos de escavação .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 8 – Controles aplicáveis a serviços de escavação .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 9 – Tipos de máquinas para escavação de solos.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 10 – Formações de patrulhas para escavação.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 11 – Condicionantes e implicações para a compactação.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 12 – Controles aplicáveis ao processo de aterro.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 13 – Tipos de equipamentos de compactação. ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 14 – Formação de patrulha para compactação .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 15 – Exemplos de aplicações dos materiais em camadas de pavimentos. ...</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 16 – Fatores que afetam a compactação de misturas asfálticas.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 17 – Fatores que afetam o tempo de rolagem.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 18 – Formação de patrulha para execução de revestimento asfáltico .....</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 19 – Tipos e aplicações das emulsões asfálticas (exemplos). ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 20 – Tipos e aplicações dos asfaltos diluídos (exemplos). ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 21 – Taxas de aplicação (exemplos). ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 22 – Formações de patrulhas para execução de pinturas asfálticas e imprimações .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 23 – Formações de patrulhas para execução de brita graduada simples (m³) .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 24 – Formações de patrulhas para execução de solo cimento, mistura na pista (m³) .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 25 – Composições de preços unitários disponibilizadas pela CAIXA.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 26 – Classificação das composições segundo os grupos. ....</i>	<i>97</i>
<i>Tabela 27 – Condições de trabalho para escavação e carga .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabela 28 – Termos e formas abordadas pelos manuais estudados. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 29 – Custo horário de equipamentos .....</i>	<i>111</i>

<i>Tabela 30 – Fator de conversão: relação entre o volume do corte e o volume do material solto.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 31 – Relação entre a capacidade efetiva do equipamento e sua capacidade nominal.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 32 – Cálculo de produção de equipe mecânica.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 33 – Modelo de apresentação das horas em serviço (H_{serv}) e horas em funcionamento ($H_{funcionamento}$). ....</i>	<i>135</i>
<i>Tabela 34 – Modelo de planilha de medição.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabela 35 – Escavação de material de 1ª categoria (m^3).....</i>	<i>146</i>
<i>Tabela 36 – Escavação de material de 1ª categoria. Registro de horas, quantidades e processamento das PU's. Etapa: escavação e carga – patrulha (m^3).....</i>	<i>148</i>
<i>Tabela 37 – Escavação de material de 1ª categoria. Registro de horas, quantidades e processamento das PU's. Etapa: escavação e carga – mão de obra (m^3).....</i>	<i>148</i>
<i>Tabela 38 – Exemplo de composição .....</i>	<i>149</i>
<i>Tabela 39 – Produtividades variáveis para os diversos serviços .....</i>	<i>150</i>
<i>Tabela 40 – Exemplo de diário de obras: camada final de terraplenagem.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabela 41 – Exemplo de registro dos cálculos e das ponderações.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabela 42 – Exemplo de síntese das anormalidade e dos fatores: CFT .....</i>	<i>158</i>
<i>Tabela 43 – Exemplo de composição .....</i>	<i>159</i>
<i>Tabela 44 – Faixa de valores de escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabela 45 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de escavação e carga de material de 1ª categoria (continua).....</i>	<i>160</i>
<i>Tabela 46 – Faixa de valores de compactação de aterro – esp. até 30 cm .....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 47 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de compactação de aterros (continua) .....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 48 – Faixa de valores de CFT – esp. até 20 cm.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 49 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de CFT (continua) .....</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 50 – Faixa de valores de BGS – esp. até 20 cm .....</i>	<i>164</i>
<i>Tabela 51 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de BGS (continua) .....</i>	<i>165</i>
<i>Tabela 52 – Faixa de valores de BGTC – esp. até 20 cm.....</i>	<i>166</i>

<i>Tabela 53 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de BGTC (continua)</i>	167
<i>Tabela 54 – Faixa de valores de binder – esp. até 5 cm</i>	168
<i>Tabela 55 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de binder (continua)</i>	169
<i>Tabela 56 – Faixas de valores de imprimação e pintura de ligação</i>	171
<i>Tabela 57 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de imprimação e pintura de ligação</i>	172
<i>Tabela 58 – Escavação e carga de material de 1ª categoria: com trator de esteiras (resumo dos manuais)</i>	176
<i>Tabela 59 – Escavação e carga de material de 1ª categoria: com escavadeira hidráulica (resumo dos manuais)</i>	177
<i>Tabela 60 – Compactação de aterros – esp. até 30 cm (resumo dos manuais)</i>	177
<i>Tabela 61 – Base de brita graduada, com distribuidor de agregados – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)</i>	177
<i>Tabela 62 – Base de brita graduada, com vibroacabadora – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)</i>	178
<i>Tabela 63 – Base de brita graduada tratada com cimento, com distribuidor de agregados – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)</i>	178
<i>Tabela 64 – Base de brita graduada tratada com cimento, com vibroacabadora – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)</i>	179
<i>Tabela 65 – Base de solo cimento e mistura na pista – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)</i>	179
<i>Tabela 66 – Imprimação (resumo dos manuais)</i>	180
<i>Tabela 67 – Pintura de ligação (resumo dos manuais)</i>	180
<i>Tabela 68 – Concreto betuminoso usinado a quente (capa de rolamento) – esp. até 5 cm (resumo dos manuais)</i>	180
<i>Tabela 69 – Concreto betuminoso usinado a quente (binder) – esp. até 5 cm (resumo dos manuais)</i>	181
<i>Tabela 70 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com trator de esteiras (m³/h)</i>	186
<i>Tabela 71 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (m³/h)</i>	186

<i>Tabela 72 – Síntese dos fatores e das anormalidades: escavação e carga de material de 1ª categoria.....</i>	<i>187</i>
<i>Tabela 73 – Compactação de aterro - esp. até 30cm (m²).....</i>	<i>188</i>
<i>Tabela 74 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Compactação de Aterro (continua) .....</i>	<i>189</i>
<i>Tabela 75 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m²) (continua) .....</i>	<i>190</i>
<i>Tabela 76 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Base de solo cimento com mistura na pista (continua) .....</i>	<i>192</i>
<i>Tabela 77 – Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m²) (continua) .....</i>	<i>193</i>
<i>Tabela 78 – Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m²) (continua) .....</i>	<i>195</i>
<i>Tabela 79 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Brita Graduada Simples – BGS (continua).....</i>	<i>196</i>
<i>Tabela 80 – Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m²) (continua) .....</i>	<i>198</i>
<i>Tabela 81 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Brita graduada tratada com cimento – BGTC (continua).....</i>	<i>199</i>
<i>Tabela 82 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m²) (continua).....</i>	<i>201</i>
<i>Tabela 83 – Síntese dos fatores e das anormalidades: CBUQ (continua) .....</i>	<i>203</i>
<i>Tabela 84 – Imprimação (m²).....</i>	<i>204</i>
<i>Tabela 85 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Imprimação.....</i>	<i>205</i>
<i>Tabela 86 – Pintura de ligação (m²) .....</i>	<i>206</i>
<i>Tabela 87 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Pintura de ligação (continua) .....</i>	<i>206</i>
<i>Tabela 88 – Escavação e carga de material de 1ª categoria, com trator de esteiras .....</i>	<i>210</i>
<i>Tabela 89 – Escavação e carga de material de 1ª categoria, com escavadeira hidráulica.....</i>	<i>210</i>
<i>Tabela 90 – Fatores e anormalidades: escavação e carga de material de 1ª categoria .....</i>	<i>211</i>
<i>Tabela 91 – Compactação de aterro - esp. até 30 cm .....</i>	<i>212</i>

<i>Tabela 92 – Fatores e anormalidades: compactação de aterro .....</i>	<i>213</i>
<i>Tabela 93 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm.....</i>	<i>215</i>
<i>Tabela 94 – Fatores e anormalidades: base de solo cimento com mistura na pista</i>	<i>216</i>
<i>Tabela 95 – Base de brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm.....</i>	<i>218</i>
<i>Tabela 96 – Base de brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm .....</i>	<i>219</i>
<i>Tabela 97 – Fatores e anormalidades: brita graduada simples.....</i>	<i>220</i>
<i>Tabela 98 – Base de brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm .....</i>	<i>221</i>
<i>Tabela 99 – Fatores e anormalidades: brita graduada tratada com cimento .....</i>	<i>222</i>
<i>Tabela 100 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm .....</i>	<i>223</i>
<i>Tabela 101 – Fatores e anormalidades: concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder.....</i>	<i>224</i>
<i>Tabela 102 – Imprimação.....</i>	<i>225</i>
<i>Tabela 103 – Fatores e anormalidades: imprimação .....</i>	<i>226</i>
<i>Tabela 104 – Pintura de ligação.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabela 105 – Fatores e anormalidades: pintura de ligação.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabela 106 – Exemplo de aplicação da planilha de composição .....</i>	<i>242</i>
<i>Tabela 107 – Escavação de material de 1ª categoria. Etapa: escavação e carga (m³) - Guarulhos.....</i>	<i>244</i>
<i>Tabela 108 – Escavação de material de 1ª categoria – mão de obra (m³) – Guarulhos.....</i>	<i>244</i>
<i>Tabela 109 – Compactação de aterro (m³) – Guarulhos.....</i>	<i>244</i>
<i>Tabela 110 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC (m³): acabadora - Guarulhos.....</i>	<i>245</i>
<i>Tabela 111 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC – mão de obra (m³) - Guarulhos.....</i>	<i>245</i>
<i>Tabela 112 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC (m³): rolo compactador - Guarulhos.....</i>	<i>246</i>
<i>Tabela 113 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC (m³): rolo de pneus - Guarulhos.....</i>	<i>246</i>

<i>Tabela 114 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Etapa: lançamento e acabamento (m³) – Guarulhos .....</i>	<i>247</i>
<i>Tabela 115 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Mão de obra (m³) – Guarulhos (continua).....</i>	<i>247</i>
<i>Tabela 116 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Rolo compactador (m³) – Guarulhos .....</i>	<i>248</i>
<i>Tabela 117 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Rolo pneus (m³) – Guarulhos (continua).....</i>	<i>248</i>
<i>Tabela 118 – Imprimação (m²) – Guarulhos.....</i>	<i>249</i>
<i>Tabela 119 – Pintura de ligação (m²) – Guarulhos.....</i>	<i>249</i>
<i>Tabela 120 – Modelo de planilha de acompanhamento das atividades de cada equipamento.....</i>	<i>254</i>
<i>Tabela 121 – Planilha modelo e exemplo de aplicação do Método das Observações Instantâneas”.....</i>	<i>254</i>
<i>Tabela 122 – Registro detalhado de horas em funcionamento (originado do Método das Observações Instantâneas).....</i>	<i>257</i>
<i>Tabela 123 – Medição do ciclo dos equipamentos na execução de camada final de terraplenagem. ....</i>	<i>258</i>
<i>Tabela 124 – Camada final de terraplenagem: Ramo 204 (mão de obra) .....</i>	<i>258</i>
<i>Tabela 125 – Escavação e carga de material de 1ª categoria – resumo .....</i>	<i>262</i>
<i>Tabela 126 – Compactação de aterros - resumo (continua) .....</i>	<i>262</i>
<i>Tabela 127 – Camada final de terraplenagem - Ramo 204 - resumo.....</i>	<i>263</i>
<i>Tabela 128 – Camada final de terraplenagem - outros ramos - resumo .....</i>	<i>263</i>
<i>Tabela 129 – Camada final de terraplenagem “observações instantâneas” .....</i>	<i>264</i>
<i>Tabela 130 – BGS e BGTC “observações instantâneas” .....</i>	<i>264</i>
<i>Tabela 131 – Brita graduada simples BGS - resumo .....</i>	<i>265</i>
<i>Tabela 132 – Ramo AP-I e EIXO (BGTC) .....</i>	<i>265</i>
<i>Tabela 133 – Binder: “observações instantâneas” .....</i>	<i>265</i>
<i>Tabela 134 – Binder - resumo .....</i>	<i>266</i>
<i>Tabela 135 – Imprimação (resumo) .....</i>	<i>267</i>
<i>Tabela 136 – Imprimação “observações instantâneas”.....</i>	<i>267</i>
<i>Tabela 137 – Escavação e carga material de 1ª categoria (m³/h).....</i>	<i>269</i>
<i>Tabela 138 – Compactação de aterros, em camadas de 20 cm, GC: de 90% a 95% (m³/h).....</i>	<i>270</i>

<i>Tabela 139 – Compactação de aterros, em camadas de 20 cm, GC: 100% (m³/h)</i>	<i>271</i>
<i>Tabela 140 – Construção de reforço de subleito (m³/h) .....</i>	<i>271</i>
<i>Tabela 141 – Base de brita graduada (m³/h).....</i>	<i>272</i>
<i>Tabela 142 – Base de brita graduada com distribuidor de agregados com controle de greide (m³/h).....</i>	<i>273</i>
<i>Tabela 143 – Base de brita graduada tratada com cimento (m³/h) .....</i>	<i>273</i>
<i>Tabela 144 – Base de solo cimento com 3% de cimento e mistura na pista (m³/h)</i>	<i>274</i>
<i>Tabela 145 – Base de solo cimento com 4% de cimento e mistura na pista (m³/h)</i>	<i>275</i>
<i>Tabela 146 – Imprimação (m²/h) .....</i>	<i>276</i>
<i>Tabela 147 – Pintura de ligação (m²/h) .....</i>	<i>276</i>
<i>Tabela 148 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento (t/h)....</i>	<i>277</i>
<i>Tabela 149 – Concreto betuminoso usinado a quente - binder (t/h).....</i>	<i>278</i>
<i>Tabela 150 – Resumo do processamento dos indicadores dos manuais (continua)</i>	<i>279</i>
<i>Tabela 151 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com trator de esteiras (especialistas) .....</i>	<i>283</i>
<i>Tabela 152 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (especialistas) .....</i>	<i>283</i>
<i>Tabela 153 – Compactação de aterro - esp. até 30cm (especialistas).....</i>	<i>284</i>
<i>Tabela 154 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (especialistas) .....</i>	<i>285</i>
<i>Tabela 155 – Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20cm (especialistas).....</i>	<i>287</i>
<i>Tabela 156 – Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20cm (especialistas) .....</i>	<i>289</i>
<i>Tabela 157 – Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20cm (especialistas) .....</i>	<i>290</i>
<i>Tabela 158 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5cm (especialistas) .....</i>	<i>291</i>
<i>Tabela 159 – Imprimação (especialistas).....</i>	<i>294</i>
<i>Tabela 160 – Pintura de ligação (especialistas).....</i>	<i>295</i>
<i>Tabela 161 – Síntese dos fatores e das anormalidades: escavação e carga de material de 1ª categoria.....</i>	<i>296</i>
<i>Tabela 162 – Síntese dos fatores e das anormalidades: compactação de aterro...</i>	<i>297</i>

<i>Tabela 163 – Síntese dos fatores e das anormalidades: base de solo cimento com mistura na pista .....</i>	<i>299</i>
<i>Tabela 164 – Síntese dos fatores e das anormalidades: brita graduada simples – BGS.....</i>	<i>301</i>
<i>Tabela 165 – Síntese dos fatores e das anormalidades: brita graduada tratada com cimento – BGTC.....</i>	<i>303</i>
<i>Tabela 166 – Síntese dos fatores e das anormalidades: CBUQ .....</i>	<i>305</i>
<i>Tabela 167 – Síntese dos fatores e das anormalidades: imprimação .....</i>	<i>307</i>
<i>Tabela 168 – Síntese dos fatores e das anormalidades: pintura de ligação .....</i>	<i>308</i>

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho se insere no contexto de pesquisa do Grupo de Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil (TGP), do Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, da Escola Politécnica de São Paulo, especificamente na linha de gestão com base em indicadores (coordenado pelo Professor Doutor Ubiraci Espinelli Lemes de Souza).

A partir dos avanços promovidos por pesquisas anteriores quanto à gestão com base em indicadores, este trabalho agrega valor na linha de pesquisa à qual pertence, na medida em que propõe a utilização de indicadores de produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica, temática pouco explorada nas teses e dissertações precedentes.

1.1. Contextualização e Justificativa

1.1.1. A infraestrutura como agente de desenvolvimento

Historicamente, a construção de infraestrutura, como por exemplo rodovias, em vastas extensões de terra tem sido apontada como um ato heroico de desenvolvimento (MEYBOOM, 2009).

Estudos na área de crescimento econômico indicam que o desenvolvimento da infraestrutura é essencial na determinação do nível de renda “per capita” de um país. De fato, um acréscimo de 10% na disponibilidade de rodovias pavimentadas por habitante de um país eleva em 1,1% o nível de PIB¹ “per capita”, com efeito direto sobre o desenvolvimento humano dado pela melhoria das condições materiais de vida. Isso se deve essencialmente ao aumento da produtividade que se observa quando as empresas e trabalhadores têm à sua disposição uma malha rodoviária maior e melhor (CONSTRUÇÃO, 2006).

Prover a infraestrutura representa grandes investimentos públicos e um planejamento de longo prazo. É imprescindível que a funcionalidade esteja em sintonia com a vida útil do empreendimento. Seu uso se estende por várias gerações durante as quais a sociedade passará por mudanças dramáticas. Esse longo intervalo de tempo significa que o desenvolvimento no transporte de pessoas e

---

¹ PIB: Produto Interno Bruto

mercadorias deve ser avaliado e planejado com bastante antecedência a fim de fazer as escolhas certas, não só para hoje, mas também para amanhã (FEHRL, 2008).

Atento a essa realidade e ciente da importância social e carências do setor, entre 2007 e 2010 diversas obras foram concluídas no Brasil: 1.306 quilômetros de estradas foram duplicados, 1.789 quilômetros foram pavimentados e 3.282 quilômetros foram concedidos para empresas privadas, que administram 15 mil quilômetros – menos de 1% da malha pavimentada. Há obras de duplicação em 1.592 quilômetros e de pavimentação em 3.524 quilômetros em execução, além de serviços de sinalização e de manutenção contratados para mais de 50 mil quilômetros da malha. Para o setor privado, há potencial imediato para a concessão de, no mínimo, mais 12 mil quilômetros (ABDIB, 2011).

1.1.2. Sistema de transporte rodoviário

Um eficiente sistema de transportes rodoviários é visto em vários países como pré-requisito para o desenvolvimento da economia. O transporte rodoviário é considerado a chave para o processo de desenvolvimento social e econômico (ROBINSON; DANIELSON; SNAITH, 1988).

O aumento do tráfego rodoviário e preocupações de segurança muitas vezes justificam a construção de novas estradas ou o realinhamento e expansão de rodovias existentes. Agências rodoviárias são desafiadas a localizar e projetar as melhores alternativas possíveis. Encontrar alternativas de rodovias requer recursos consideráveis (por exemplo, mão de obra e tempo). Além disso, as agências muitas vezes se deparam com decisões complexas para estimar o custo total do investimento e quantificar as necessidades de melhoria da qualidade dos pavimentos (KANGA; JHA; SCHONFELD, 2012).

Por exemplo, nos EUA existem em torno de 4 milhões de milhas (6,436 milhões de quilômetros) de rodovias e ruas, com investimento anual superior a \$ 1 trilhão. Agências governamentais de transporte são responsáveis pelo gerenciamento do uso e de seu desempenho (LI, 2003).

No Brasil, nas últimas décadas, o investimento em infraestrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento. O levantamento do

IPEA², de 2010, demonstrou que dos U\$ 89,8 bilhões³ necessários para as rodovias federais brasileiras, o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC só prevê investimentos equivalentes a 13% da demanda⁴.

Uma pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), em 2010, revelou que em torno de 60% do nosso sistema rodoviário é deficiente, e as rodovias de padrão adequado praticamente restringem-se ao Estado de São Paulo (rodovias estaduais)⁵. Para completar, dentre todas as estradas brasileiras somente 10% são asfaltadas⁶.

Neste contexto, Balbo (2007) já afirmava: *“há de se considerar que pavimentação é uma área tecnológica com um atraso bastante significativo em relação aos países tecnologicamente mais evoluídos, e que necessitamos de investimentos ordenados em vários setores: de pesquisa (desenvolvimento de novas e apropriadas técnicas), de engenharia consultiva (atualização profunda de normas de projeto e especificações construtivas com base em pesquisas e experiências genuinamente nacionais), de construção (superação da obsolescência de equipamentos de construção e melhoria brutal de mão de obra) e de controle de qualidade (emprego de técnicas coerentes e modernas de conformidade de execução de materiais)”*.

1.1.3. Fatores limitantes na concepção de pavimentação rodoviária

A concepção de um pavimento rodoviário se apoia na utilização de diversos métodos de dimensionamento, permitindo comparações que podem e devem levar a requisitos compatíveis com as reais necessidades dos usuários, tais como: garantia de melhores condições de conforto no deslocamento; melhoria na segurança e incremento no conforto ambiental (SENÇO, 2008b).

Além dos requisitos já citados para a pavimentação de vias, há que se lembrar que as estruturas de pavimento (Figura 1) têm como função essencial suportar os esforços oriundos de cargas e de ações climáticas, sem que apresentem processos de deterioração de modo prematuro. Em outras palavras, seleciona-se e dimensiona-se

---

² Ipea: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

³ R\$ 183,5 bilhões igual a U\$ 89,8 bilhões (cotação do dólar a R\$ 2,044) . Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/indicadores/1093555-moedas.shtml>>. Acesso em: 22/05/2012.

⁴ Veja. Infraestrutura. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/economia/rodovias-precisam-r-183-5-bi-diz-ipea>>. Acessado em: 27/09/2011.

⁵ Correio do Brasil, Ano XI, Número 4286, 15/09/2010.

⁶ O Empreiteiro. Uma malha longa, de vida curta. Disponível em: <http://www.revistaoempreiteiro.com.br/index.php?page=materia.php&id=119>>. Acessado em: 27/09/2011.

um pavimento em função do tráfego e das condições ambientais, além das questões de economia e disponibilidade de materiais, sempre presentes. Tais estruturas devem suportar, de modo adequado, as ações externas assim impostas (BALBO, 2007).

Figura 1 – Exemplo de estrutura de um pavimento e os esforços atuantes
Fonte: (BALBO, 2007)

O objetivo imediato na escolha e seleção de tipos de pavimento a serem empregados em determinada obra e, por consequência, dos materiais a serem aplicados, é a minimização dos custos, mantidas as demais condições e exigências de projeto, Balbo (2007). Porém, na prática, este processo de escolha e seleção, tradicionalmente, consome muito tempo e mão de obra e, na maioria das vezes, não satisfaz as necessidades do processo de orçamentação (HONGYAN; SUOZHONG, 2010).

1.1.4. Processos licitatórios e orçamentários de obras rodoviárias

Os processos licitatórios de obras públicas visam assegurar igualdade de condições a todos os concorrentes. No entanto, fatores prejudiciais à orçamentação e à execução dificultam o cumprimento dos prazos, tais como: projetos básicos superficiais; utilização de manuais orçamentários inapropriados; e emprego de técnicas e materiais incoerentes geram a apresentação de propostas fora das especificações contratuais e, conseqüentemente, questionamentos judiciais. Quais as conseqüências de tudo isto? Orçamentos “furados”, obras “paralisadas”, “interrompidas” e “abandonadas”.

Neste sentido, a elaboração de um orçamento com correção é determinante para que a empresa obtenha ganhos e não seja surpreendida com perdas de faturamento

ou custos adicionais que podem ser evitados com a correta elaboração de um orçamento.

De uma forma geral, a execução das obras rodoviárias dá-se pela contratação de empresas privadas pelos órgãos públicos, antecedidas por licitação pública. Os orçamentos de obras rodoviárias são o resultado da associação dos quantitativos de serviços extraídos de projetos e as composições de preços unitários dos serviços (PEDROZO, 2001).

Deve existir uma intimidade entre os componentes do produto final de um projeto de pavimentação de rodovias, ou seja, o trinômio preço x prazo x qualidade, cuja ligação deveria ser sempre observada na formação do preço unitário.

Preço unitário é o valor proposto pelos licitantes e indicado na proposta comercial como um preço por unidade de medida para materiais ou serviços. O preço unitário deve incluir o custo de entrega, seguros, impostos, mão de obra, materiais, supervisão, despesas gerais, lucro, incidentes, e o uso de todos os equipamentos e ferramentas necessárias para completar o trabalho (TEXAS HIGHWAY DEPARTMENT, 1972; AASHTO, 1985; KIMLEY-HORN, 2012).

Considerando a importância dos equipamentos, no total do custo unitário de obras rodoviárias, são relevantes as seguintes considerações: a) requerem grandes investimentos iniciais (alto custo); b) exigem serviços racionalmente planejados e executados, o que só pode ser conseguido por meio de empresas de alto padrão de eficiência; c) reduzem substancialmente a mão de obra empregada mas, por outro lado, provocam a especialização profissional e, conseqüentemente, melhor remuneração; d) permitem a movimentação de grandes volumes de terra em prazos curtos, o que leva a preços unitários baixos apesar do custo elevado do equipamento (RICARDO; CATALANI, 1990).

Orçar a construção de obras rodoviárias é um grande desafio para o setor público e privado. A estimativa de custo é um fator importante para uma gestão bem sucedida da execução do projeto, desde o início da fase de planejamento até a sua conclusão (DIAB; NASSAR, 2012).

A experiência mostra que a atividade ORÇAR deve sempre estar associada à atividade EXECUTAR (GADELHA, 2006).

De acordo com Rowings Jr (2003), o orçamento é, em geral, utilizado para se ter uma ideia do valor do projeto que será executado. Geralmente, os envolvidos no processo de concepção de um projeto tendem a fazer a seguinte pergunta: “quanto

custará a execução do projeto?”. Para responder esta pergunta, vários tipos de orçamentos e estimativas devem ser desenvolvidos. A meta do orçamentista é se aproximar do real custo da execução.

Quanto melhores os indicadores da empresa, seu banco de dados, a experiência do orçamentista e o nível de detalhamento do projeto, mais chances de se aproximar do real custo de execução, possibilitando, com isso, diminuir os riscos de implementação do empreendimento.

1.1.5. Representatividade da terraplenagem e da pavimentação a executar no processo de construção de rodovias.

Independente do tipo de contrato (por preço global ou por preços unitários) ou do sistema construtivo adotado, o fator preponderante na implementação de um projeto rodoviário é o custo de construção.

Considerando a construção da “State Highway 52, 5.2 miles construction” como um exemplo, segundo Lapinski (1978), o serviço de movimentação de terra (incluindo limpeza e destocamento do terreno, escavação e terraplenagem) representou em torno de 48% e o serviço de pavimentação (incluindo base e o revestimento) representou 47% do custo total do empreendimento (os 5% restantes referem-se às outras atividades, como, por exemplo galerias de drenagem).

Outro exemplo é o resultado da pesquisa de Pedrozo (2001) registrado na Tabela 1 que apresenta a participação de materiais, mão de obra, equipamentos e transportes para os serviços de terraplenagem, pavimentação e drenagem. E, na Tabela 2, esse pesquisador indica o percentual de 47% de participação do serviço de pavimentação no custo total do empreendimento (analisou trinta e três orçamentos de obras rodoviárias do DAER-RS⁷ entre 1997 e 2000).

Tabela 1– Resumo das porcentagens/componentes conforme custos unitários

	MATERIAIS	MÃO DE OBRA	EQUIPAMENTOS	TRANSPORTES
Terraplenagem	18%	15%	52%	15%
Pavimentação	74%	3%	19%	4%
Drenagem	69%	23%	4%	4%

Fonte: Pedrozo (2001)

⁷ DAER-RS: Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 2– Participação dos componentes da pavimentação em relação à construção de rodovias

COMPONENTES	%
Materiais	34,8%
Mão de obra	1,4%
Equipamentos	8,9%
Transportes	1,9%
Total de participação da pavimentação	47%

Fonte: Pedrozo (2001)

Em relação às características de tráfego do pavimento, Pedrozo (2001) não apresenta nenhuma informação a este respeito. Os dados da Tabela 2 referem-se aos Preços Oficiais ou de Referência, elaborados pelo DAER/RS, calculados pela Equipe de Economia Rodoviária do órgão.

Tendo os equipamentos (um dos importantes recursos físicos utilizados na produção de serviços de terraplenagem e construção de pavimentos) como outra referência, estudos indicam que seus custos de utilização variam de 25% a 40% do custo total de um empreendimento de construção de rodovias (GOKHALE, 2003).

Os equipamentos participam do processo de transformação que, a partir dos materiais disponíveis, e com a participação da mão de obra, gera o serviço final.

Em termos do estudo de custos dos equipamentos e, principalmente, de sua incidência sobre um serviço sendo executado, é interessante perceber que os mesmos, em termos do processo de produção em que estão envolvidos, podem ser necessários nas operações finais ou podem aparecer antes delas, dando-lhes suporte.

Além do setor rodoviário, outro setor da construção civil que sofre uma grande influência nos custos relacionados à movimentação de terra e pavimentação é o setor habitacional. O peso, em percentual, da pavimentação de um sistema urbano é de 36%⁸ quando comparado com o custo total da infraestrutura de um conjunto habitacional. Valor médio apresentado por projetos da Companhia de

⁸ Este percentual inclui os serviços de terraplenagem.

Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU), conforme dados de um estudo realizado internamente na CDHU (INOUE; SOUZA, 2004).

1.1.6. Importância do estudo da produtividade nos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica

Os agentes participantes da cadeia da Construção Civil têm, cada vez mais, sido cobrados quanto ao aumento de sua eficiência, como fruto de uma série de mudanças no mercado, tais como o acirramento da competição entre as empresas atuantes, a maior conscientização do consumidor e o controle mais eficaz pelo Poder Público.

Desta forma, os agentes da Construção Civil têm trabalhado no sentido de buscar tal aumento de competência, o que pode levar a alterações nos indicadores utilizados nas composições unitárias disponíveis para auxiliar o prognóstico de custos. Portanto, considera-se necessário o contínuo aperfeiçoamento dos sistemas de indicadores de produtividade para balizar as análises de custos no subsetor da Construção Pesada.

A produtividade de um evento significa produção maior com os mesmos meios e sem esforço adicional do elemento humano. O principal objetivo da produtividade é produzir com economia e eficiência, através de metodização e racionalização dos meios e dos serviços (CIMINO, 1987).

Para a previsão da produtividade é comum a utilização de manuais de orçamentação. Cada manual se apresenta com uma metodologia própria de se “ver” os serviços, porém, nem sempre estão explícitos os fatores influenciadores dos dados apresentados. E, geralmente, estes dados foram gerados por métodos teóricos, carecendo de verificação em campo. Esses manuais apresentam composições individuais para cada serviço, sendo que, para cada um deles, indica-se somente um valor relativo à demanda média por materiais, mão de obra e equipamentos para se executar uma unidade do produto.

No entanto, percebe-se, na prática, que os indicadores de produtividade podem ter uma grande variabilidade, requerendo o conhecimento dos fatores que os fazem variar.

No trabalho desenvolvido pela Escola Politécnica da USP (EPUSP, 2008a) de revisão/aperfeiçoamento dos prognósticos de custos efetuados pela Caixa

Econômica Federal, no que se refere à construção aeroportuária (o resultado deste trabalho contribuiu para a discussão do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI) encontrou-se uma grande variabilidade de eficiências relativas aos serviços de terraplenagem e pavimentação (segundo o estudo em campo e consulta a especialistas, manuais e documentos técnicos). Exemplos de variabilidades são apresentados na Figura 2 e na Figura 3.

Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

Rolo compactador - tandem (h)	Rolo compactador de pneus (h)	Vibroacabadora de asfalto (h)	Servente (h)
0,0014 0,0050	0,0005 0,0100	0,0010 0,0060	0,0071 0,0490
771%	879%	535%	1874%

Figura 2 – Variação (%) entre as produtividades para o serviço de CBUQ (quantidade de horas de equipamento para lançamento de uma tonelada de material)

Escavação e carga de material de 1ª categoria

Carregadeira de pneus (h)	Trator de esteiras c/lâmina D8 (h)	Servente (h)
0,008 0,058	0,008 0,068	0,108 2,0
771%	879%	1874%

Figura 3 – Variação (%) entre as produtividades para o serviço de escavação (quantidade de horas de equipamento para escavar um metro cúbico de solo)

Este exemplo, que apresenta variações de 535% a 1874%, é alerta sobre a impossibilidade de se tomarem decisões confiáveis com base na imprecisão de indicadores médios.

Em síntese, em relação aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, existem muitos manuais, porém cada um aborda as etapas de execução de maneira diferente e os indicadores de produtividade apresentados são extremamente variáveis. Além disso, não é possível saber (lendo o manual) quais os fatores que foram considerados quando o manual indica um determinado valor para certo serviço. Portanto, a utilização dos manuais brasileiros, enquanto ferramenta de orçamentação e gestão, é pouco eficiente.

1.2. Processo da Pesquisa

O processo de pesquisa é constituído de diversas etapas, passos ou fases, organizados de uma maneira lógica, sequencial e dinâmica. Isso não quer dizer que não seja possível retornar a uma etapa anterior ou visualizar as etapas subsequentes. Na Figura 4 apresenta-se o modelo de esquema do processo de pesquisa utilizado neste trabalho. Os passos 1 ao 5 serão tratados como segue. Os demais capítulos da tese representam o passo 6 (implementar o método da pesquisa).

Figura 4 – Esquema do processo de pesquisa
Fonte: Adaptado de Sampieri; Collado e Lucio (2006)

1.2.1. Conceber a ideia a ser investigada

A ideia a ser investigada é o conjunto construído, em torno de uma questão principal, pelas hipóteses de pesquisa e pelas linhas de análise que permitirão tratar o assunto escolhido (BEAUD, 2002).

Desta forma, a concepção da ideia a ser investigada parte das seguintes considerações, entendimentos e situações: Considerando que rodovias é uma área tecnológica com potencial de desenvolvimento e que necessita de investimentos ordenados em vários setores: de pesquisa, de engenharia consultiva, de construção e de controle de qualidade. Com base no entendimento de que em função da tipologia de um pavimento, verifica-se a importância do conhecimento da eficiência de sua execução. Visto que, uma grande variabilidade de eficiências relativas aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica é passível de ser encontrada nos diversos manuais brasileiros.

Síntese da idéia concebida:

“Existem muitos manuais, relacionados aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, mas os indicadores de produção unitária apresentados são teóricos, extremamente variáveis e os fatores que os fazem variar não são percebidos. Esta imprecisão impossibilita a tomada de decisões confiáveis, inviabilizando os processos orçamentários e a gestão da produção. Um novo modelo de prognóstico da produtividade destes serviços pode resolver estas falhas e assim contribuir para levar o processo de gestão da produção de rodovias a um novo patamar de produtividade e eficiência”.

1.2.2. Formulação do problema de pesquisa: objetivos e questões do estudo

Um bom trabalho científico é aquele cujos resultados apresentem reflexões ou possíveis soluções para o problema; portanto, o enfoque central para a pesquisa é o problema que, posteriormente, trará uma contribuição científica e pessoal (FACHIN, 1993).

Os elementos para formular um problema são três e estão relacionados entre si: os objetivos que se pretendem alcançar; as questões de pesquisa; e a justificativa do estudo (apresentada na seção 1.1 deste capítulo).

1.2.2.1. O objetivo da pesquisa

Os objetivos da pesquisa visam mostrar o que se deseja e devem ser expressos com clareza, pois são as orientações do estudo (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

Com base na “ideia a ser investigada”, este trabalho propõe um novo modelo de prognóstico da produtividade para os serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica de rodovias. Desenvolvido com base no conceito de produtividade variável que, além de inédito (no subsetor de construção pesada), utiliza a abordagem do

Modelo dos Fatores⁹. Esta abordagem preconiza uma previsão baseada na observação cuidadosa de vários aspectos relacionados a uma expectativa maior ou menor de produtividade da mão de obra e da eficiência dos equipamentos num dado serviço.

Neste sentido, o objetivo principal desta tese de doutorado consiste em:

“Elaborar um método que auxilie o prognóstico da produtividade na execução de rodovias visando subsidiar a tomada de diversas decisões: das relacionadas à orçamentação até àquelas associadas à gestão da produção. Com ênfase nas seguintes partes: terraplenagem e pavimentação asfáltica. Esta tese tem a contribuição inovadora: a) de ser fundamentada na opinião de especialistas (já que não se dispõe de quantidade de dados suficiente para tirar uma conclusão inquestionável); b) empregar métodos teóricos e experimentais; c) de rever as diferentes fases executivas de cada tipo de serviço; d) apresentar os indicadores destes serviços por meio de faixas de valores (que representam a produtividade variável); e) e aliados às faixas estão os fatores orientadores para a tomada de decisão sobre qual valor adotar.”

Os objetivos parciais desta pesquisa estão relacionados às seguintes atividades:

- a) estudar as diferentes partes (quebra) dos serviços e propor indicadores que se adequem a essas partes;
- b) levantar/organizar um banco de dados de indicadores de produção unitária e correlacioná-los aos fatores que os determinam;
- c) criação de faixas de valores (indicando-se os valores mínimo, mediano e máximo) para o consumo de equipamentos e mão de obra, relativos aos serviços estudados, e os fatores orientadores para a tomada de decisão sobre qual valor adotar.

---

⁹ O Modelo dos Fatores foi proposto por H. Randolph Thomas, da Pensylvania State University – Estados Unidos da América (SOUZA, 1996). De acordo com este modelo, a produtividade da mão de obra é avaliada no âmbito da equipe de trabalho levando-se em consideração o efeito da curva de aprendizagem de atividades repetitivas, assim como os outros fatores que interferem no seu valor (PALIARI, 2008).

Os serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, a serem abordados no desenvolvimento do método, são os relacionados abaixo:

- a) Escavação de material de 1ª categoria com trator de esteiras (m^3);
- b) Escavação de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (m^3);
- c) Compactação de aterro - espessura até 30 cm (m^2);
- d) Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m^2);
- e) Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m^2);
- f) Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m^2);
- g) Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m^2);
- h) Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m^2);
- i) Imprimação (m^2);
- j) Pintura de ligação (m^2).

1.2.2.2. Questões da pesquisa

Sugere-se que a forma da questão – em termos de “quem”, “o que”, “onde”, “como” e “por que” – forneça uma pista importante para estabelecer a estratégia de pesquisa mais relevante a ser utilizada. É mais provável que a estratégia de estudo de caso¹⁰ seja apropriada a questões do tipo “como” e “por que”; assim a tarefa inicial é precisar, com clareza, a natureza das questões de estudo nesse sentido (YIN, 2005). Com base no exposto, formulam-se as questões de pesquisa.

- a) Quais são os principais manuais, para prognóstico da produtividade, utilizados na implantação da infraestrutura de rodovias?
- b) Como esses manuais dividem as fases executivas de cada serviço (quebra do serviço)?
- c) A quebra dos serviços é tratada da mesma maneira pelos manuais?
- d) Esses manuais utilizaram qual método, teórico ou experimental, para gerar os indicadores?

---

¹⁰ Estudo de caso: duas fontes de evidências: observação direta dos acontecimentos que estão sendo estudados e entrevistas das pessoas neles envolvidas são predominantes neste tipo de estudo (YIN, 2005).

- e) Como os manuais apresentam os indicadores de produção unitária?
- f) Estes indicadores apresentados são muito diferentes?
- g) Observando os manuais, o porquê destas variações pode ser identificado?
- h) Os fatores considerados pelos manuais, quando eles apresentam um indicador para um determinado serviço, são visíveis?
- i) A forma como estes indicadores são apresentados subsidia a tomada de decisões confiáveis?
- j) Uma nova proposta de prognóstico da produtividade destes serviços pode vir a sanar estes problemas?
- k) Em que esta nova proposta pode ser diferente?

Complementando os três elementos, apresentados anteriormente (objetivo, questões e justificativa), Sampieri; Collado e Lucio (2006) sugerem as consequências da pesquisa.

1.2.2.3. Consequências da pesquisa

A expectativa quanto ao método é que ele aborde diferentes formas para coleta de dados em campo. Seja mais detalhado (em relação às diferentes partes dos serviços), mais abrangente (apresente faixas de valores), mais orientador (contenha os fatores que orientam sobre qual indicador adotar) e mais aprimorado (embasado na opinião de especialistas).

Espera-se que a explicitação minuciosa do “método para prognóstico da produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica” seja um instrumento útil para a melhoria contínua dos sistemas de gestão da produção de rodovias e contribua na adequação da transmissão dos conhecimentos dessa área da engenharia (em empresas, órgãos públicos e cursos de engenharia), por meio dos resultados desta pesquisa. Que contribua na formação de usuários no exercício constante de entender melhor a produtividade variável. O que constitui uma capacidade altamente valorizável no ambiente mutável e competitivo em que as empresas de construção civil vivem.

1.2.3. Formulação da hipótese

A hipótese é entendida como a fase executiva do trabalho científico. Em função dos fenômenos observados ou dos fatos conhecidos, ou fundamentada em dados teóricos, a que foram subordinados um projeto de pesquisa, tenta-se descobrir novos conhecimentos. Para quem se propõe a desenvolver uma pesquisa de cunho científico, a norma mais adequada para obter resultados adequados é através da elaboração da hipótese (FACHIN, 1993).

Neste sentido, formula-se a seguinte hipótese:

“As imprecisões contidas nos manuais orçamentários estudados (quebra de serviço diferenciada, embasamento teórico, indicadores variáveis e ausência dos fatores de conteúdo, contexto e anormalidades) impossibilita a tomada de decisões confiáveis. Esta nova abordagem, que leva em conta a produção unitária variável e o modelo dos fatores, representa um avanço no estudo da produtividade na execução de rodovias e pode subsidiar a tomada de diversas decisões: das relacionadas à orçamentação até àquelas associadas à gestão da produção.”

Com base nos objetivos, nas questões de pesquisa e na hipótese tem-se a seguinte tese:

“Existem muitos manuais, mas cada um quebra os serviços de maneira diferente. Os indicadores apresentados, geralmente, são embasados em métodos teóricos, são extremamente variáveis e não dá para saber (lendo os manuais) quais os fatores que os fazem variar. Esta imprecisão impossibilita a tomada de decisões confiáveis, inviabilizando os processos de orçamentação e a gestão da produção. Portanto, com base no conhecimento dos principais manuais, estudando o assunto, acompanhando a execução de obras e ouvindo a opinião de especialistas, um novo modelo de prognóstico da produtividade na execução de terraplenagem e pavimentação asfáltica será criado. Este modelo tem a contribuição inovadora: a) de ser fundamentada na opinião de especialistas; b) empregar métodos teóricos e experimentais; c) de

rever as diferentes fases executivas de cada tipo de serviço; d) apresentar os indicadores destes serviços por meio de faixas de valores (que representam a produtividade variável); e) e aliada às faixas estão os fatores orientadores para a tomada de decisão sobre qual valor adotar.”

O mesmo se aplica às etapas: de orçamentação (proporciona segurança para a correta estimativa); e de gestão da produção (verificação dos parâmetros de produtividade, aferindo os processos orçamentários).

1.2.4. Classificação da pesquisa a ser realizada

Apresenta-se (Tabela 3) um resumo da localização da pesquisa objeto desta tese, nos moldes das classificações propostas por diversos autores que tratam desta questão de forma mais aprofundada, dentre os quais os citados neste trabalho: Fachin (1993), Lakatos (2001), Beaud (2002), Yin (2005), Sampieri; Collado e Lucio (2006).

Tabela 3– Resumo da classificação de pesquisa desenvolvida nesta tese

Atributo relacionado a esta pesquisa	Detalhamento
Tipo de pesquisa	Exploratória: quando se busca ampliar os estudos já existentes;
	Descritiva: quando a literatura nos revela que há “partes” de teoria com poder experimental moderado;
	Correlacional: quando se deseja saber como se comporta uma variável conhecendo o comportamento de outras variáveis relacionadas;
Enfoque	Misto (quantitativo e qualitativo): consiste em consultar a literatura e a teoria vinculada com o tema
Modelo de pesquisa	Pesquisa não experimental: se realiza sem manipular deliberadamente as variáveis.

1.2.5. Método da pesquisa

O fluxograma do método de pesquisa, adotado para o desenvolvimento desta tese, é apresentado na Figura 5. O seu detalhamento é descrito a seguir.

- a) Revisão bibliográfica acerca do serviço de terraplenagem de rodovias;
  - estudo dos manuais verificando a forma de abordagem do serviço,
  - quebra dos serviços em partes onde caibam composições orçamentárias.
- b) Revisão bibliográfica acerca do serviço de pavimentação asfáltica;
  - estudo dos manuais verificando a forma de abordagem do serviço,

- quebra dos serviços em partes onde caibam composições orçamentárias.
- c) Entendimento da forma como os manuais abordam as composições.
- d) Proposta de abordagem para as composições.
- e) Estudos de caso, buscando levantar os indicadores de produtividade e identificar os fatores que os fazem variar.
- f) Transformação dos indicadores dos manuais conforme nova proposta de abordagem.
- g) Submeter aos especialistas as faixas de produtividade variável (dos manuais e estudos de caso) e os fatores encontrados.
- h) Criação do método de prognóstico da produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica.

Figura 5 – Fluxograma do método da pesquisa

Enquanto metodologia empregada, apresenta-se a seguir o resumo do esforço empreendido para se cumprir todos os objetivos desta pesquisa.

a) Quantidade de manuais analisados:

- Nacionais: os 6 principais manuais nacionais foram envolvidos na pesquisa. Indiretamente estudaram-se mais 3 manuais nacionais.
- Estrangeiros: indiretamente estudaram-se 3 manuais internacionais.

b) Quantidade de normas analisadas: 7 normas brasileiras.

c) Quantidade de referências bibliográficas analisadas:

- Livros: 29.
- Relatórios: 21.
- Artigos e textos técnicos: 41 entre nacionais e internacionais:
- Nacionais: 29.
- Internacionais: 12.
- Dissertações e teses: 10 de cinco universidades diferentes.
- Notas de aula: 4
- Sites: 23 sites

d) Dias de coleta em campo: 131 dias de coleta efetiva.

e) Tipos de serviços e quantidade de atividades estudadas:

- 10 serviços diferentes.
- 43 atividades.

f) Quantidade de composições analisadas: 358 composições.

g) Quantidade de dados analisados: 9.259 dados.

h) Quantidade de dados gerados: 485 dados.

1.2.6. Estrutura do texto

O presente trabalho é composto de 10 capítulos, contando com este, conforme ilustrado na Tabela 4

Tabela 4 – Apresentação da estrutura dos capítulos

Capítulo	Conteúdo	Etapa do método da pesquisa
Capítulo 1	Introdução	-
Capítulo 2	Serviço de terraplenagem	a
Capítulo 3	Serviço de pavimentação asfáltica	b
Capítulo 4	Abordagem dos manuais	c
Capítulo 5	Proposta de abordagem para as composições	d
Capítulo 6	Estudos de caso	e
Capítulo 7	Indicadores dos manuais conforme nova proposta de abordagem	f
Capítulo 8	Manual de aplicação nas entrevistas com os especialistas	g
Capítulo 9	Método para prognóstico da produtividade: terraplenagem e pavimentação asfáltica	h
Capítulo 10	Conclusões	-

2. SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM

Neste capítulo apresenta-se o serviço de terraplenagem. Inicia com a conceituação geral. Em seguida abordam-se as etapas de serviço: cortes; empréstimos; aterros; e depósito de materiais excedentes. Finaliza-se com a apresentação das composições orçamentárias aplicáveis à terraplenagem.

2.1. Terraplenagem – Entendimento Geral

O movimento de terra é uma das atividades de implantação da infraestrutura de rodovias. Esta movimentação se faz por meio da terraplenagem.

Chama-se terraplenagem¹¹ o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executadas a fim de transformar o terreno natural na plataforma projetada (SENÇO, 1980; SHIMIZU, 2002).

Na fase de construção, pode-se encontrar três situações no que se refere à posição do terreno natural e a plataforma projetada.

a) Plataforma abaixo do terreno natural:

A operação a ser executada, consiste na escavação do material até atingir o nível previsto para a plataforma. É a operação de corte (Figura 6).

Figura 6 – Plataforma abaixo do terreno natural
Fonte: Pereira et al (2010)

b) Plataforma acima do terreno natural:

Na verdade, o aterro, cria um suporte para a elevação da plataforma, ao nível previsto no projeto. Por se tratar de um maciço construído, sua condição final estará inteiramente dependente da execução.

¹¹ Terraplenagem: ter.ra.ple.na.gem - sf (terraplenar+agem) 1 Ato ou efeito de terraplenar. 2 Terraplino. 3 Qualquer trabalho que tenha por fim modificar o relevo natural de um terreno por meio de aterros. Var: terraplanagem (MICHAELIS, 2012).

A operação consiste no depósito e compactação do material até atingir-se o nível da plataforma. É a operação aterro (Figura 7).

Figura 7 – Plataforma acima do terreno natural

Fonte: Pereira et al (2010)

c) Plataforma parte abaixo e parte acima do terreno:

Neste caso, há necessidade das duas operações, para se atingir a plataforma (Figura 8).

Figura 8 – Plataforma mista

Fonte: Pereira et al (2010)

Onde:

- A – cota do terreno natural no eixo;
- B – Cota no greide de terraplenagem no eixo;
- C – Cota vermelha (cota do terreno – cota do greide, no eixo);
- D – Bordo da plataforma de terraplenagem;
- E – Talude de corte;
- F – Talude de aterro;
- G – Off-set de corte;
- H – Off-set de aterro;
- I – Plataforma de terraplenagem;
- e (%) – Abaulamento ou declividade transversal.

A faixa do terreno natural que serve de apoio aos aterros ou onde se deve iniciar os cortes, para atingir a largura correta de plataforma, no nível previsto, chama-se “faixa de ocupação” (Figura 9).

Figura 9 – Faixa de ocupação
Fonte: Adaptado de Senço (1980)

A terraplenagem visa, assim, estabelecer o suporte para a plataforma, a qual deve satisfazer as condições geométricas exigidas pelas normas do projeto.

2.2. Etapas de Serviços de Terraplenagem

Segundo o DNER (1996), a execução de terraplenagem abrange duas modalidades de serviços: serviços ordinários e serviços especiais.

Os serviços ordinários abrangem as seguintes etapas:

- a) serviços preliminares;
  - instalação do canteiro de obra,
  - transporte dos equipamentos,
  - consolidação dos terrenos e fundação dos aterros,
  - locação topográfica,
  - limpeza da faixa, desmatamento e destocamento,
- b) caminhos de serviço;
  - construção de estradas de serviço e obras de arte provisórias,
- c) cortes;
- d) empréstimo;
- e) aterros;
- f) depósito de material excedente (DME) ou “bota fora”¹².

¹² O termo “bota-fora” foi substituído pelo termo Depósito de Materiais Excedentes - DME.

Os serviços especiais abrangem as seguintes etapas:

- a) aterros sobre solos inconsistentes;
  - aterros não reforçados sobre solos moles,
  - aterros reforçados sobre solos moles,
- b) sistemas de contenção.

Em função dos objetivos deste trabalho e de forma resumida, os serviços de cortes, empréstimos, aterros e depósito de material excedente serão apresentados a seguir.

2.2.1. Cortes

Para a definição de cortes, adota-se o exposto pelo DER-SP (2006a): “escavação e carga de material consiste-se nas operações de remoção do material constituinte do terreno nos locais onde a implantação da geometria projetada requer a sua remoção, ou escavação de áreas de empréstimo de material, incluindo a carga e o transporte dos materiais para seu destino final: aterro ou depósito de materiais excedentes”. Para complementar, a Tabela 5 apresenta as definições do DNER.

Tabela 5 – Definição de cortes pelo DNER

Fonte	Descrição da Fonte	Definição
DNER (1996)	Manual de Implantação Básica	Cortes - segmentos que requerem escavação no terreno natural para se alcançar a linha do greide projetado, definido assim transversal e longitudinalmente o corpo estradal.
DNER (1997a)	Especificação de Serviço DNER-ES 280/97	Cortes - segmentos de rodovia, em que a implantação requer a escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto <i>off-set</i> ¹³ que definem o corpo estradal.

Convencionalmente, os materiais explorados em jazidas para as obras civis são diferenciados, do ponto de vista de terraplenagem, quanto à sua dificuldade de escavação. Neste sentido, será tratado tão somente a escavação dos materiais ditos de 1ª e de 2ª categorias (Tabela 6).

¹³ *Off-set*: limites necessários à implantação dos cortes e aterros.

Tabela 6 – Categorias dos materiais escavados

Categoria	Descrição	Exemplo de aplicação
Primeira	Material escavável com os equipamentos normais, ainda que se apresentem bastante rijos, em razão de baixo teor de umidade.	Solos transportados, residuais e saprolíticos, materiais soltos, extração de areia de cava ou barranco.
Segunda	São mais resistentes ao desmonte e não admitem o uso dos equipamentos comuns, a não ser após o emprego de algum tratamento prévio por meio de escarificadores ou explosivos de baixa potência e de forma descontínua.	Rochas fraturadas e alteradas, solos saprolíticos muito compactos.

Fonte: Ricardo, Catalani (1990); Balbo (2007)

Conforme o DER-SP (2006a) as operações de escavação e carga compreendem:

- a) escavação e carga do material em áreas de corte até o greide de terraplenagem;
- b) escavação e carga de material em áreas de corte situadas abaixo do greide de terraplenagem no caso em que o subleito é constituído por materiais impróprios, na espessura fixada em projeto ou pela fiscalização;
- c) escavação e carga de material de degraus ou arrasamentos nos alargamentos de aterros existentes;
- d) escavação e carga de material de degraus em terrenos de fundação fortemente inclinados;
- e) escavação e carga de material, quando houver necessidade de remoção da camada vegetal, em profundidades superiores a 20 cm;
- f) escavação e carga de materiais de área de empréstimos;
- g) escavação com equipamento convencional de terraplenagem, destinados à alteração de cursos d'água objetivando eliminar travessias ou posicioná-las de forma mais conveniente em relação ao traçado, os assim chamados corta rios.

2.2.1.1. Condicionantes para escolha do processo de escavação

Em função da quantidade de operações é importante estudar a escavação conforme os aspectos técnicos nela envolvidos (CARDOSO; SHIMIZU, 2002). O processo de escavação dos solos dependerá de inúmeros fatores relacionados

ao tipo de material, sua localização, as condições gerais da obra, cronograma de execução, aspectos relacionados a custos etc. Toda a seleção de processos de escavação dependerá de estudo preliminar das condições localmente existentes para uma decisão abalizada sobre tipos de máquinas e equipamentos a serem empregados, equipes e serviços de apoio necessários à manutenção dos equipamentos. Na Tabela 7 são apresentados alguns dos fatores que influenciam a tomada de decisão sobre os processos mais adequados de escavação a serem empregados em uma determinada obra.

Tabela 7 – Condicionantes para escolha de processos de escavação

Condicionantes	Tipos	Detalhamento
Naturais	Solo a ser escavado	Características como granulometria e umidade interferem com o equipamento.
	Topografia do terreno	Terrenos acidentados são limitantes para vários equipamentos.
	Condições climáticas locais	Períodos de chuva podem exigir, em consequência dos solos e caminhos disponíveis na obra, equipamentos específicos.
De execução	Prazos	O cronograma de execução ajustado ao prazo determinado para a obra afeta as quantidades de equipamentos.
De custos	Distância de transporte	Há equipamentos pouco produtivos para determinadas distâncias entre escavações e a aplicação do material escavado. Grandes distâncias elevam os custos para a execução da obra.
	Volumes de escavação	Grandes volumes de escavação e transporte exigem equipamentos de elevada produção.
	Tipo de equipamento	Equipamentos pesados e de grande porte normalmente representam maiores custos de investimento e depreciação ou de aluguel.

Fonte: Balbo (2007)

2.2.1.2. Descrição da execução do processo de escavação

Para a execução dos cortes, segundo o DNER (1997a) e DER-SP (2006a), as considerações apresentadas a seguir são importantes.

Todas as escavações devem ser executadas nas larguras e com a inclinação dos taludes indicados no projeto.

A operação de escavação deve ser precedida dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

A escavação dos cortes deve obedecer aos elementos técnicos fornecidos pelo projeto de terraplenagem e nas notas de serviço.

O desenvolvimento dos trabalhos deve otimizar a utilização adequada, ou rejeição dos materiais extraídos. Apenas são transportados para constituição

dos aterros, os materiais que pela classificação e caracterização efetuados nos cortes, sejam compatíveis com as especificações de execução dos aterros.

Constatada a conveniência técnica e econômica de reserva de materiais escavados em cortes, para execução de camadas superficiais da plataforma, é recomendável o depósito dos referidos materiais em locais indicados pela fiscalização para sua oportuna utilização.

Os taludes ao final das escavações devem possuir a geometria indicada em projeto e superfície desempenada, obtida pelos equipamentos de escavação.

As cristas de corte e entradas dos taludes devem ser arredondadas e as banquetas, sempre que possível, devem possuir concordância com terreno natural, o que pode envolver escavações não previstas em projeto, cabendo a fiscalização autorizar estas escavações adicionais.

Os taludes em que houver diferentes inclinações, a concordância deve ser contínua, e executada de modo a evitar a formação de elevações e depressões.

Nas áreas de transição de aterros para corte, precedendo este último, a escavação transversal ao eixo deverá ser executada até profundidade necessária para evitar recalques diferenciais. O DER-SP (2006a) trata este assunto da seguinte forma: “deve ser executada a escavação e remoção de 0,60 m abaixo da cota de terraplenagem, na área de corte, na extensão mínima de 2,0 m. O material escavado deve ser substituído por materiais com as mesmas características dos 0,60 m da camada final de aterro” (Figura 10).

Figura 10 – Área de transição de aterro para corte
Fonte: DER-SP (2006a)

Durante a execução dos cortes devem ser implantados, simultaneamente, os dispositivos de drenagem superficial, drenos sub-horizontais e elementos de proteção de talude, indicadas no projeto.

Não devem ser permitidos materiais soltos provenientes de limpeza ou escavação nas proximidades das linhas de *off-set's* dos cortes.

2.2.1.3. Controles aplicáveis ao processo de escavação

Os serviços de escavação, desde o princípio, são objeto de controle, sendo previamente necessária a locação topográfica das linhas de *offset*, da posição do eixo e demais pontos notáveis da plataforma estradal. Na Tabela 8 são apresentados os aspectos mais importantes relacionados aos controles aplicáveis à escavação de solos em obras rodoviárias.

Tabela 8 – Controles aplicáveis a serviços de escavação

Tipo de Controle	Métodos	Objetivo
Locação de pontos limites de escavação	Locação topográfica	Evitar alterações de limites de escavação em planta.
Inclinação de cortes	Taqueometria ¹⁴ Régua e nível de bolha	Evitar erros grosseiros que poderiam aumentar muito o volume de escavação.
Cotas da plataforma	Nivelamento e contranivelamento geométrico	Variações de cotas de camada final de terraplenagem dentro de limites toleráveis.
Largura de plataforma	Taqueometria	Manter os padrões projetados de faixas, acostamentos, canteiros etc.
Tipo de material escavado	Por categorias	Estabelecer o tipo e o custo de escavação.
Volumes escavados	Cálculo de áreas e volumes no corte com auxílio de topografia	Checar precisamente os volumes escavados.
Volume transportado	Distância média de transporte	Checar precisamente a distância entre local de escavação e destino do material.

Fonte: Balbo (2007)

2.2.1.4. Equipamentos para escavação de solos

Os equipamentos de terraplenagem são divididos em grupos de acordo com sua principal função (ROCHA, 2009). A terminologia das máquinas e equipamentos de terraplenagem é normalizada pela NBR 6141, ABNT (1996). As máquinas empregadas na execução de escavação de material de 1ª e 2ª categorias são descritas na Tabela 9. Os equipamentos listados referem-se apenas àqueles empregados em escavações de jazidas e cortes. Na Figura 11 são apresentadas as máquinas mais tipicamente empregadas nos serviços de escavação de solos para construção viária.

¹⁴ A taqueometria, do grego “takhs” (rápido), “metren” (medição), compreende uma série de operações que constituem um processo rápido e econômico para a obtenção indireta da distância horizontal e diferença de nível. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/geodesia/trabalhosdidaticos/Topografia_IProfa_%20Andrea_Jelinek/Teoria/Taqueometria.pdf. Acessado em: 05/10/2011.

Tabela 9 – Tipos de máquinas para escavação de solos

Unidades de escavação	Tipo	Características	Aplicações e limitações
Escavo empurradoras	Tratores com implementação de lâmina frontal ou escarificador traseiro (para desmonte prévio de material de 2ª categoria).	De pneus para terrenos planos e bom suporte. De esteiras para terrenos íngremes, baixo suporte ou pouca aderência.	Pequenas distâncias (até 50 m). Empurra, não carrega.
Escavo transportadoras	<i>Scraper</i> rebocado com tratores de esteiras <i>Moto-scraper</i> (só pneus).	Os <i>moto-scrapers</i> podem ter um ou dois motores e tração nas quatro rodas; possuem lâmina de corte móvel no fundo da caçamba.	<i>Scrapers</i> rebocados são para distâncias de até 200 m; <i>moto-scrapers</i> , de 100 m a 1.000 m.
Escavo carregadeiras	Pás-carregadeiras	Tratores sobre esteiras ou pneus com caçamba frontal carregadeira.	Dependem de unidades específicas para o transporte.
	Escavadeiras ou pás-mecânicas	Trator sobre plataforma com esteira ou pneus com lança e pá frontal (<i>shovel</i>).	Dependem de unidades específicas para o transporte.

Fonte: Balbo (2007)

Figura 11 – a) trator de esteira com lâmina frontal¹⁵; b) trator de esteira com lâmina frontal e escarificador traseiro¹⁶; c) moto-scraper¹⁷; d) pá carregadeira sobre esteiras¹⁸; e) pá carregadeira sobre pneus¹⁹; f) escavadeira hidráulica²⁰; g) retroescavadeira²¹.

¹⁵ Komatsu (2012a)

2.2.1.5. Formação de equipes de escavação

O dimensionamento de máquinas e de equipes mecânicas²² é controlado pela produção horária e afeta diretamente os custos de execução dos serviços. Sua formação está relacionada aos tipos de equipamentos utilizados ou disponíveis. Neste contexto, em termos qualitativos, pode-se encontrar (Tabela 10) exemplos de formações de equipes de escavação e carga de material de 1ª categoria.

Tabela 10 – Formações de patrulhas para escavação

Escavação e carga material de 1ª categoria (m³)	Exemplo de patrulha	
	1ª	2ª
Discriminação		
Trator de esteiras, com lâmina	x	-
Carregadeira de pneus	x	-
Escavadeira hidráulica - sobre esteira	-	x

No exemplo dado, a 1ª patrulha é formada de trator de esteiras (escava o material e o amontoa) e carregadeira de pneus (carrega o caminhão) e a 2ª patrulha é formada de escavadeira hidráulica (escava o material e carrega o caminhão).

2.2.2. Empréstimos

A escavação em empréstimos visa obter materiais para a complementação de volumes necessários à constituição dos aterros, por insuficiência do volume de cortes, ou por motivos de ordem tecnológica de seleção de materiais, ou de ordem econômica.

¹⁶ Komatsu (2012b)

¹⁷ Worldwide Machinery (2012)

¹⁸ Caterpillar (2012a)

¹⁹ Komatsu (2012c)

²⁰ Komatsu (2012d)

²¹ Caterpillar (2012b)

²² Também conhecido pelo nome de “patrulha”.

Dependendo do volume e da qualidade dos materiais pode-se classificar dois tipos distintos de empréstimos: laterais²³ e concentrados (ou localizados)²⁴.

2.2.3. Aterros

Segundo o DNER (1997b) e o DER-SP (2006b), aterros são segmentos da rodovia cuja implantação requer deposição de materiais provenientes de cortes ou de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto ("offsets") que definem o corpo estradal ou, a substituição de materiais inadequados, previamente removidos do subleito dos cortes ou materiais existentes na fundação dos próprios aterros.

Para o entendimento deste conceito. De acordo com o DER-SP (2006b), são adotadas também as seguintes definições:

- a) corpo de aterro: parte do aterro constituída de material lançado e compactado em camadas de espessuras uniformes, situadas no horizonte entre o terreno natural e a linha delimitadora do início da camada final do aterro;
- b) camada final: parte do aterro constituído de material selecionado lançado e compactado em camadas de espessuras uniformes, situadas no horizonte entre o greide de terraplenagem e o corpo de aterro.

As operações de aterro compreendem:

- a) a descarga;
- b) o espalhamento;
- c) o nivelamento;

---

²³ Os empréstimos laterais são escavações efetuadas sempre dentro da faixa de domínio. No caso de segmentos de cortes se processa o alargamento da plataforma com consequente deslocamento dos taludes e no caso de aterro, escavações do tipo "valetões" em um ou ambos os lados são executados.

²⁴ Os empréstimos concentrados são definidos por escavações efetuadas em áreas fora da faixa de domínio, em locais que contenham materiais em quantidade e qualidade adequada para confecção dos aterros. A utilização desses ocorre quando não existem materiais adequados nas faixas laterais dos cortes ou aterros para efetivação de empréstimos laterais, ou quando esses últimos não proporcionam a retirada do volume total necessário.

- d) conveniente umedecimento ou aeração (contempla a mistura do material visando a homogeneidade ou o revolvimento do material para perder umidade);
- e) e a compactação dos materiais.

2.2.3.1. Condicionantes para a escolha do processo de compactação

Em razão da extrema diversidade dos solos e da variedade de equipamentos disponíveis, a compactação é um trabalho difícil de predeterminar com segurança a forma mais rápida e econômica de executá-la (RICARDO, CATALANI, 1990). O conhecimento dos condicionantes que influem na execução é um facilitador no controle do processo de compactação. Segundo Balbo (2007), há muitos anos, os processos de controle de compactação *a posteriori* têm sido substituídos por processo de controle *a priori*, como ocorre no Reino Unido e na França. Na Tabela 11, são apresentadas algumas condicionantes e suas implicações para o processo de compactação dos solos.

Tabela 11 – Condicionantes e implicações para a compactação

Condicionante	Aspecto	Implicações
Equipamento	Tipo de cilindro ou rolo	A forma da superfície deve ser adequada ao tipo de solo.
	Peso do rolo	Atingir a compactação adequada no fundo da camada.
	Comprimento do rolo	Distribuição linear do peso do rolo.
	Velocidade de rolagem	Valores acima de 2 km/h dificultam o ganho de peso específico.
Solo (ou outro material) a ser compactado	Umidade	Deve estar dentro de faixas toleráveis para permitir o GC* desejado; deve ser homogênea; umidade excessiva torna os solos argilosos muito plásticos.
	Granulometria	Define o tipo de rolo a ser empregado.
	Homogeneidade	Fundamental para se evitar a segregação nos agregados bem graduados.
	Espessura da camada	Camadas espessas exigem grande energia e muitas passagens de rolo para atingir massa específica de fundo.
Suporte da camada de apoio	Deformabilidade da camada inferior	Quanto maior for sua deformabilidade, maior será o número de passadas.

Fonte: Balbo (2007)

*Chama-se grau de compactação²⁵ (GC), o quociente da divisão do peso específico obtido no campo, pelo peso específico máximo obtido no laboratório (Equação 1).

Eq. 1

2.2.3.2. Descrição da execução do processo de aterro

O início das operações deve ser precedido da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

No caso de execução de aterros a meia encosta, onde o terreno natural possui inclinação acentuada (o DER-SP adota: superior a 25%), o talude deve ser previamente cortado em degraus (o DER-SP adota: com altura aproximada de 1,0 m) antes do lançamento do material para execução da respectiva camada de aterro.

A execução das camadas deve ser iniciada pelo lado mais baixo, os degraus executados no talude devem ter largura suficiente para deslocamento dos equipamentos ao realizar as operações de descarga e compactação das camadas lançadas.

Os cortes horizontais para formação dos degraus devem ser iniciados na interseção do terreno natural com a superfície da última camada lançada e compactada. O material resultante da escavação deve ser espalhado e compactado no aterro em execução, se a quantidade de material for insuficiente, resultando uma camada muito delgada, isto é, inferior as espessuras definidas nesta especificação, deve ser adicionado mais material de aterro para completar a espessura. Os materiais devem ser misturados, homogeneizados e compactados em única camada.

Nos alargamentos de aterros ou no caso de correções de erosões, o talude existente deve ser cortado em degraus, com largura suficiente para permitir as operações de deposição, espalhamento e compactação do material.

Os cortes horizontais no aterro antigo devem ser executados conforme o especificado para aterros na meia encosta. A superfície das camadas compactadas deve possuir inclinação para fora do aterro de alargamento ou

---

²⁵ Brasil (2006)

correção, a fim de não acumular água de chuva nos pontos de junção do aterro antigo com o aterro novo.

Desde o início das obras até seu recebimento, os aterros construídos ou em construção devem ser protegidos contra ação erosiva das águas e mantidos em condições que assegurem a drenagem eficiente.

Nos aterros de acesso de encontros das pontes, o enchimento das cavas das fundações e as trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, devem ser compactadas com o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais e sapos mecânicos.

Em regiões onde houver predominância de areia, admite-se a execução de aterros com seu emprego, desde que previsto em projeto. Exige-se a proteção das camadas de areia, através da execução de camadas subsequentes, na espessura definida em projeto, com material terroso devidamente compactado.

Durante todo o tempo que durar a construção, até o recebimento do aterro, os materiais e os serviços devem estar protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. A responsabilidade desta conservação é da executante e não é objeto de medição.

a) Aterro em Solo

Os aterros devem ser executados em camadas sucessivas, com espessura solta, definida pela fiscalização, em função das características geotécnicas do material e do equipamento de compactação utilizado. O lançamento do material deve ser feito em camadas sucessivas em toda largura da seção transversal e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação.

São aceitas camadas compactadas com espessuras superiores a 15 cm, desde que autorizadas pela fiscalização e comprovadas em aterro experimental, isto é, desde que o equipamento utilizado confira o grau de compactação exigido de 100% em relação ao Proctor Normal²⁶, conforme NBR 7182 (1986). Admitem-se

---

²⁶ Ensaio de Proctor (Normal, Intermediário ou Modificado) é realizado através de sucessivos impactos de um soquete padronizado na amostra. Por meio deste ensaio é possível obter a correlação entre o teor de umidade e o peso específico aparente seco de um solo quando compactado com determinada energia (NBR 7182, 1986). Peso específico (é o quociente do peso do material e o seu volume).

espessuras de até 30 cm de espessura para as camadas do corpo do aterro e do máximo 20 cm para as camadas finais de aterro, isto é, o último um metro.

As camadas individuais do aterro devem ser constituídas preferencialmente por material homogêneo. Quando os materiais provenientes da escavação forem heterogêneos, os materiais devem ser misturados com emprego de grades de disco e motoniveladoras, a fim de se obter, ao final destas operações, a homogeneidade do material.

Durante a compactação das camadas de aterro, o equipamento deve se deslocar sobre a camada de maneira a proporcionar a cobertura uniforme de toda área. A compactação deve ser realizada com equipamentos adequados ao tipo de solo.

As condições de compactação exigidas para aterro e as variações de umidade admitidas são:

- a variação do teor de umidade admitido para o material do corpo de aterro é de $\pm 3\%$ em relação a umidade ótima de compactação e o grau de compactação mínimo exigido é de 95% em relação ao peso específico aparente seco máximo conforme NBR 7182 (1986), na energia normal;
- para as camadas situadas no último um metro, camada final de aterro, a variação de umidade do material admitida é de $\pm 3\%$ para as camadas iniciais, e de $\pm 2\%$ para as três últimas camadas, em relação à umidade ótima de compactação determinado conforme NBR 7182 (1986), na energia adotada para compactação do material;
- o grau de compactação exigido para as camadas finais situadas no último um metro é de 100% em relação ao peso específico aparente seco máximo, determinada conforme NBR 7182 (1986), na energia adotada para compactação do material.

A energia de compactação a ser adotada deve ser a maior energia que o material empregado suporte, perante as condições dos equipamentos utilizados. Deve-se assegurar que os valores obtidos para o CBR²⁷ sejam superiores ou

---

²⁷ Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou *California Bearing Ratio* (CBR). O ensaio de CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada. O valor dessa relação, expressa em percentagem, permite determinar, por meio de equações empíricas, a espessura de pavimento flexível necessária, em função do tráfego. (BRASIL, 2006). Os resultados são influenciados pela textura, pela massa específica e pela umidade do solo ou material granular em estudo (BALBO, 2007).

iguais ao previsto no projeto, bem como as expansões sejam inferiores às especificadas também em projeto.

b) Camada Final

Conforme o DER-SP (2006b), os materiais empregados na execução da camada final de terraplenagem, quando não estiver definido no projeto, devem possuir as seguintes características:

- pertencer aos grupos de classificação MCT²⁸, especificados em projeto;
- nos 0,30 m iniciais os solos devem possuir CBR > 3% e expansão ≤ 2%;
- nos 0,40 m intermediários os solos devem possuir CBR > 5% e expansão ≤ 2%;
- nos 0,30 m finais, os solos devem possuir CBR > 10% e expansão ≤ 2%;
- nos cortes onde o material do subleito não apresentar CBR mínimo de 10%, deve ser feita a substituição do material, numa espessura mínima de 0,40 m, com materiais que atendam os parâmetros CBR ≥ 10% e expansão ≤ 2%.

2.2.3.3. Controles aplicáveis ao processo de aterro

Do ponto de vista de comportamento mecânico, a compactação dos solos é realizada para atingir as características desejáveis em termos de resistência e de módulo de resiliência, que naturalmente estão associados ao nível de densificação atingido pelo material (BALBO, 2007). A Tabela 12 apresenta os tipos de controle tecnológico aplicáveis ao processo de aterro.

---

²⁸ MCT: M – miniatura; C – compactação; T – tropical. Baseado em propriedades mecânicas e hidráulicas de solos compactados (DER-SP, 1989).

Tabela 12 – Controles aplicáveis ao processo de aterro

Fase	Tipo de Controle
Materiais	CBR e expansão na energia normal.
	CBR e expansão na energia adotada para compactação.
	Classificação MCT e perda de massa por imersão.
	Análise granulométrica.
Execução (ensaios e verificações <i>in situ</i>)	Determinação do teor de umidade.
	Determinação do peso específico seco máximo e umidade ótima.
	Determinação do peso específico <i>in situ</i> e da umidade <i>in situ</i> .
	Verificação da espessura do material solto lançado no aterro, e acompanhamento do número de passadas do equipamento ²⁹ , ida e volta.
Geométrico	Controle de espessura e cotas.
	Controle da largura e alinhamentos.

Fonte: adaptado de DER-SP (2006b)

2.2.3.4. Equipamentos para execução de compactação

Cada tipo de solo necessita de emprego de equipamento adequado de compactação. Existe uma grande variedade de tipos e marcas de equipamentos de compactação no mercado, e, na Tabela 13, apresenta-se uma visão geral deles. Exemplos dos equipamentos, incluindo outros equipamentos além dos compactadores, encontram-se na Figura 12.

²⁹ O número de passadas do equipamento é definido em função do tipo de equipamento utilizado, das características geotécnicas do material e do grau de compactação exigido para a respectiva camada. O número de passadas deve ser constante para camadas similares.

Tabela 13 – Tipos de equipamentos de compactação.

Classificação dos rolos compactadores	Tipo	Esforço de compactação	Características básicas		
			Forma de compactação.	Tipos de solos	Espessura. Acabada
Metálicos	Liso	Pressão/vibração	Da superfície para o fundo.	Areias, arenosos, granulares	400 mm
	De grade ou de grelha	Pressão	Da superfície para o fundo.	Fragmentos grossos de desmonte de rocha.	200 mm
	Pé de carneiro	Amassamento	Do fundo para a superfície; grande número de passadas.	Argila e argilosos.	400 mm
Pneumáticos	Lisos ou ranhurados	Pressão (regulável)	Com quatro rodas dianteiras e cinco traseiras, possui pressão variável e lastro.	Quase todos os tipos, exceto areias e agregados uniformes.	150 mm (rolos leves) 350 mm (rolos pesados)
Combinados	Pneumático/liso metálico	Pressão/vibração	Da superfície para o fundo.	Quase todos os tipos.	200 mm
	Pneumático/pé de carneiro	Pressão/amassamento	Do fundo para a superfície.	Argilas, argilosos.	200 mm

Fonte: Balbo (2007)

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(g)

(h)

Figura 12 – a) espalhamento com motoniveladora; b) aeração do solo com grade de disco³⁰; c) tratamento da umidade com caminhão tanque; d) compactação de solo com rolo pé de carneiro; e) caminhão distribuidor de cimento; f) recicladora (mistura o solo com o cimento); g) rolo liso metálico para compactação de pavimento³¹; h) rolo de pneus para compactação de pavimento³².

³⁰ Balbo (2007)

³¹ Caterpillar (2012c)

³² Caterpillar (2012d)

2.2.3.5. Formação de equipes

O dimensionamento do conjunto de equipamentos (patrulhas) é controlado pela produção horária e afeta diretamente os custos de execução dos serviços. Sua formação está relacionada aos tipos de equipamentos utilizados ou disponíveis. Neste contexto, em termos qualitativos, a Tabela 14 apresenta um exemplo de formação de equipe de compactação de aterros.

Tabela 14 – Formação de patrulha para compactação

Discriminação	Exemplo de patrulha
Trator de esteiras com lâmina	x
Caminhão Tanque	x
Trator Agrícola com grade de discos rebocável	x
Motoniveladora	x
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido	x

No exemplo dado, o trator de esteiras com lâmina espalha o solo (descarregado pelos caminhões), o caminhão tanque umedece o solo buscando a umidade de projeto (se necessário), o trator agrícola com grade de discos homogeneiza o solo (se necessário), a motoniveladora nivela a camada e o rolo compactador pé de carneiro efetua a compactação da camada.

2.2.4. Depósito de materiais excedentes - DME

Os depósitos de materiais excedentes³³ são os volumes de materiais que, por excesso ou por condições geotécnicas insatisfatórias, são escavados nos cortes e destinados a depósitos em áreas alheias à construção rodoviária, ou seja: são os volumes de materiais escavados não utilizáveis na terraplenagem.

³³ O termo “bota-fora” foi substituído pelo termo Depósito de Materiais Excedentes - DME.

2.3. Composições Orçamentárias Aplicáveis à Terraplenagem

Dentre as opções para a constituição da terraplenagem, a execução de corte e aterro foram mais detalhadas neste capítulo. Cada um dos elementos de corte e aterro pode demandar esforços diferentes na sua produção. Assim, para melhor entender a produtividade, adota-se a abordagem analítica, isto é, que leva em consideração as diferentes partes que constituem o serviço a executar (quebra do serviço).

A proposição da quebra dos serviços de corte e aterro leva em consideração todo o conhecimento adquirido por meio do estudo bibliográfico, dos manuais e da experiência acumulada nos estudos de caso. Portanto, embora alguns destes assuntos sejam apresentados nos demais capítulos, eles contribuíram para o entendimento da quebra dos serviços de terraplenagem.

A quebra do serviço de execução de escavação do solo de 1ª categoria pode ser expressa como apresentada na Figura 13.

Figura 13 – Quebra do serviço de escavação e carga de material de 1ª categoria

A quebra do serviço de compactação de aterro pode ser expressa como apresentada na Figura 14.

Figura 14 – Quebra do serviço de compactação de aterro

Na medida em que se pretende entender os custos de terraplenagem, é importante conhecer a demanda relativa a cada um dos dois serviços (corte e aterro). O entendimento das partes de cada serviço possibilitou a proposição dos tipos e das quantidades de composições orçamentárias apresentadas a seguir:

a) Cortes

- escavação,
- carga.

b) Aterros

- espalhamento,
- nivelamento,
- tratamento (aeração e/ou umidificação - se precisar),
- compactação.

2.4. Reflexões do Capítulo 2

Este capítulo possibilitou o entendimento geral do serviço de terraplenagem na execução de rodovias. Em especial, as modalidades de serviço de corte e aterro foram apresentadas. As condicionantes para a escolha dos processos construtivos e os controles aplicáveis subsidiarão a proposição dos fatores. O conhecimento dos tipos de equipamentos e as formações de equipes embasarão o entendimento relativo à produtividade variável e a proposição de faixas de valores. A quebra dos serviços subsidiará a definição da quantidade de composições orçamentárias a serem propostas nos capítulos subsequentes.

3. SERVIÇO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Neste capítulo apresenta-se o serviço de pavimentação asfáltica. Inicia com a conceituação geral. Em seguida abordam-se as etapas de serviço relacionadas às quatro camadas principais de um pavimento: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. Finaliza-se com a apresentação das composições orçamentárias aplicáveis à pavimentação asfáltica.

3.1. Pavimentação Asfáltica – Entendimento Geral

Pavimento é a estrutura constituída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente a: resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento (PAPACOSTAS; PREVEDOUROS, 2005; SENÇO, 2008a).

Neste sentido, os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Segundo Bernucci et al. (2007) e Balbo (2007), os pavimentos asfálticos são formados por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de binder. Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros (Figura 15).

Figura 15 – Exemplo de estrutura de pavimento asfáltico
Fonte: Bernucci et al. (2007)

Os pavimentos asfálticos são estruturas multicamadas (ver Tabela 15) com a finalidade de suportar esforços de uma combinação entre a ação das cargas do tráfego e os efeitos do clima, com variações de temperatura e umidade ao longo do tempo (VILLELA, 2012).

Tabela 15 – Exemplos de aplicações dos materiais em camadas de pavimentos.

Camada	Materiais
Revestimento	Concreto asfáltico usinado à quente.
Base	Brita graduada tratada com cimento.
Sub-base	Brita graduada simples.
Reforço do subleito	Solo-brita ou solo agregado.
Subleito	Camada final de terraplenagem.

Fonte: Adaptado de Balbo (2007)

3.2. Etapas de Serviços de Pavimentação Asfáltica

Segundo Fwa (2003), o atendimento aos requisitos da mecânica dos pavimentos implica em considerar o tipo de pavimento, que leva, em seguida, às seguintes etapas:

- a) selecionar os tipos de materiais;
- b) conhecer os esforços que o pavimento será submetido e definir o tipo e espessura das camadas;
- c) desenvolver um sistema de drenagem;
- d) elaborar o projeto geométrico e de drenagem;
- e) executar o pavimento.

Estas etapas se relacionam diretamente às quatro camadas principais de um pavimento asfáltico: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. Conceitos apresentados a seguir.

3.2.1. Revestimento asfáltico

É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura.

Segundo Balbo (2007), os revestimentos asfálticos são muitas vezes subdivididos em duas ou mais camadas por razões técnicas, construtivas e de custo. Assim, é comum encontrar expressões como “camada de rolamento” e “camada de ligação” (do inglês *binder*) para descrever um revestimento dividido em duas camadas de diferentes materiais. Os materiais que podem ser utilizados são os tratamentos superficiais betuminosos e as misturas asfálticas em geral, descritas a seguir:

- a) Concreto Asfáltico Usinado a Quente, designado CAUQ ou simplesmente CA, também costumeiramente designado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), é um material para a construção de revestimentos de pavimentos, incluindo as capas de rolamento e camadas de ligação imediatamente subjacentes aos revestimentos, obtido a partir da mistura e homogeneização de agregados minerais e de cimento asfáltico de petróleo (CAP).
- b) Pré-misturado a Quente (PMQ) é uma mistura asfáltica semelhante ao CAUQ, porém elaborado sem a introdução de material de enchimento, resultando em misturas mais abertas. São preferencialmente utilizados como camada de regularização ou de ligação.

Em todos os métodos de dimensionamento, a camada de revestimento tem espessura adotada, seja em função de critérios próprios, seja em função do tráfego previsto. Para vias simples – duas faixas de tráfego e duas mãos de direção – espessuras de 3 a 5 cm são habituais (SENÇO, 2008a).

3.2.1.1. Condicionantes para a execução do revestimento asfáltico

Fatores como incorreções na usinagem, deficiência de compactação, falta de controle de umidade e de temperatura, variabilidade de solos em jazidas, inadequação de cura de materiais estabilizados ou tratados com cimento e de concretos comprometem seriamente o desempenho do pavimento que foi dimensionado para parâmetros característicos (de projeto) no que tange a sua resistência, devendo ser elaborados (dosados, usinados e compactados) de tal forma que, em pista, sejam reproduzidas as características potenciais dos materiais aferidas em laboratório. *“A negligência e muitas vezes a ausência de controle tecnológico adequado têm sido a grande mazela de obras rodoviárias no Brasil”* (BALBO, 2007).

O lançamento de uma mistura asfáltica e o início de um serviço de compactação de uma camada de revestimento asfáltico, segundo Bernucci et al. (2007), devem ser precedidos por um planejamento onde são considerados detalhes importantes no processo, como por exemplo:

- a) continuidade e sequência de operações;
- b) número de vibroacabadoras necessárias para a execução do serviço;
- c) número e tipos de rolos compactadores necessários;
- d) número de caminhões transportadores necessários;
- e) a cadeia de comando para dar e receber instruções;
- f) razões para possível rejeição de mistura asfáltica;
- g) condições climáticas e de temperatura;
- h) controle de tráfego.

Como o peso específico obtido em pista está vinculado à temperatura de compactação e à forma de rolagem do material, muitas das causas do mau comportamento de misturas asfálticas se associam a processos construtivos inadequados. Na Tabela 16 são sistematicamente descritos os principais fatores que afetam a compactação de misturas asfálticas.

Tabela 16 – Fatores que afetam a compactação de misturas asfálticas

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	QUESTÕES DE NATUREZA CONSTRUTIVA	FATORES DE CARÁTER AMBIENTAL
Ligantes asfálticos:	Usinagens:	• Temperatura do ar.
• Teor de ligante;	• Tipo de usina (controle por peso ou por volume);	• Temperatura da camada de apoio.
• Propriedades físico-químicas.	• Distância de transporte;	• Velocidade do vento.
Agregados:	• Caçambas térmicas.	• Radiação solar.
• Composição granulométrica;	Compactação:	• Umidade do ar.
• Diâmetro dos grãos;	• Tipos de rolos;	-
• Forma dos grãos;	• Quantidade de rolos;	
• Faces fraturadas;	• Número de passadas;	
• Volume.	• Velocidade de rolagem;	
-	• Espessura solta; • Deformabilidade das camadas inferiores.	

Fonte: Adaptado de Balbo (2007)

Segundo Senço (2008b), os trabalhos de compactação, quer no que tange à velocidade de operação na pista, quer no que tange aos resultados obtidos no adensamento da camada, podem ser resumidos nas seguintes observações:

- a) constância volumétrica, ou seja, a camada espalhada e compactada não deve sofrer acentuada compactação pela ação do tráfego, o que produziria deformações na superfície de rolamento;
- b) aumento da estabilidade, que se reflete no valor estrutural da camada. Estudos demonstram a influência do peso específico na estabilidade da massa asfáltica;
- c) impermeabilização relativa da camada, que se reflete na durabilidade do pavimento. Estudos indicam que a impermeabilização é influenciada acentuadamente, não só pelo tipo dos agregados da mistura, mas também pelo tipo de equipamento empregado na compactação;
- d) temperatura da mistura. Temperaturas fora da faixa permitida para a compressão, implica em perda dos serviços, inclusive dos materiais já submetidos a transporte, o que pode representar um custo significativo.

São vários os fatores que influem na temperatura da mistura e determinam o tempo necessário de rolagem (ver Tabela 17).

Tabela 17 – Fatores que afetam o tempo de rolagem.

Principais fatores que afetam o tempo de rolagem	Permite mais tempo	Permite menos tempo
Espessura da camada em execução	Espessa	Delgada
Temperatura da mistura em compactação	Alta	Baixa
Temperatura da superfície da camada subjacente	Alta	Baixa

Fonte: Bernucci et al (2007)

A rolagem de compactação pode ser iniciada com rolos compactadores vibratórios ou rolos tandem lisos estáticos e em seguida são utilizados os rolos de pneus. Em algumas obras, inicia-se diretamente com os rolos de pneus. O número de rolos a serem utilizados deve ser o necessário para a obtenção do grau de compactação desejado, com a mistura asfáltica mantendo sua temperatura dentro da faixa de trabalho. A rolagem de acabamento é executada com rolos tandem lisos estáticos.

Na execução de camadas com misturas asfálticas com agregados de granulometria descontínua, a rolagem é realizada somente com o rolo tandem liso estático, pois é fundamental evitar a segregação durante o processo e também manter a estrutura pétreia desejada na camada compactada.

3.2.1.2. Descrição da execução do processo de revestimento asfáltico

Segundo Bernucci et al. (2007) e Senço (2008b), as etapas que envolvem a execução da camada de revestimento asfáltico são apresentadas como segue.

- a) Usinagem da mistura asfáltica.
- b) Transporte da mistura asfáltica: as misturas asfálticas são levadas ao local de execução do pavimento por meio de caminhões que possuam preferivelmente caçambas metálicas. Tendo-se em vista as eventuais perdas de temperatura da caçamba durante o transporte, costuma-se recobri-la com lonas. O número de caminhões necessários é determinado por alguns fatores tais como: a velocidade de produção da mistura asfáltica

na usina; a distância de transporte; o tipo de tráfego no percurso e o tempo estimado para descarregamento. O número de caminhões necessários para manter constante o lançamento da mistura asfáltica na pista pode ser estimado considerando-se o tempo de ida e volta dividido pelo tempo de carregamento de cada caminhão mais um.

- c) Lançamento da mistura asfáltica: a base recém construída, sobre a qual deverá ser aplicada a massa deverá estar imprimada convenientemente. A mistura asfáltica deve ser lançada em camada uniforme de espessura e seção transversal definidas, pronta para a compactação. O lançamento é realizado por vibroacabadoras que sejam capazes de executar camadas de menos de 25mm até aproximadamente 300mm de espessura, em larguras ajustáveis de acordo com o serviço. As velocidades de deslocamento são reguláveis e podem atingir até 20m/min. Estes equipamentos, além de promoverem o espalhamento da massa na espessura e largura desejadas, executam parte do trabalho de compactação.

As vibroacabadoras são compostas por duas unidades:

- Unidade tratora - tem como funções o deslocamento da vibroacabadora e o recebimento, condução e lançamento uniforme da carga de mistura asfáltica à frente da unidade de nivelamento.
  - Unidade de nivelamento - tem como funções nivelar e pré-compactar a mistura asfáltica sobre a superfície em que foi lançada, de acordo com especificações de geometria previamente definidas.
- d) Compactação da mistura asfáltica: imediatamente após a distribuição da massa pela acabadora, tem início a operação de rolagem. A compactação de uma camada asfáltica de revestimento aumenta a estabilidade da mistura asfáltica, reduz seu índice de vazios, proporciona uma superfície suave e desempenada e aumenta sua vida útil. Para que a compactação possa ser executada de maneira eficiente, duas condições fundamentais devem estar presentes: existência de confinamento ao compactar e temperatura adequada da mistura asfáltica.

O processo de execução de uma camada asfáltica geralmente é compreendido por duas fases: a rolagem de compactação e a rolagem de acabamento. É na fase de rolagem de compactação que se alcança a densidade, a impermeabilidade e grande parte da suavidade superficial. Na

rolagem de acabamento são corrigidas marcas deixadas na superfície da camada pela fase de rolagem anterior.

A escolha do padrão de rolagem adequado deve ser realizada através da execução de uma pista-teste com monitoramento de densidade por meio de densímetros. Nesta pista teste devem ser definidos quatro parâmetros:

- número de passagens necessárias para uma cobertura da largura da faixa ou pista em execução;
- número de repetições necessárias para alcançar o grau de compactação de projeto;
- velocidade de rolagem;
- faixa de temperatura correta de aplicação e rolagem.

A Figura 16 apresenta um modelo de padrão de rolagem para compactação de uma camada de mistura asfáltica.

Figura 16 – Exemplo de padrão de rolagem para compactação de mistura asfáltica
Fonte: Sotomayor (2008)

3.2.1.3. Controles aplicáveis ao processo de revestimento asfáltico

Para garantir o sucesso da execução do revestimento asfáltico, devem ser realizadas todas as preparações e inspeções necessárias. Normalmente os seguintes itens são verificados (BERNUCCI et al, 2007):

- a) superfície da base ou revestimento existente apropriadamente preparada (imprimação ou pintura de ligação executadas);
- b) plano de execução do serviço;

- c) sincronia apropriada de produção da mistura asfáltica, lançamento e compactação;
- d) equipamentos em boas condições e calibrados;
- e) meios para pesagem da mistura asfáltica;
- f) planejamento de amostragem e ensaios de controle.

Segundo Balbo (2007), o que não deve acontecer na pista ao lançar e compactar a mistura asfáltica é apresentado a seguir:

- a) a mistura não deve segregar;
- b) a mistura não deve afundar durante sua compactação;
- c) a mistura não deve exsudar durante a compactação.

3.2.1.4. Equipamentos para execução de revestimento asfáltico

A Figura 17 apresenta modelos de equipamentos de execução de misturas asfálticas.

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 17 – a) vibroacabadora; b) rolo tandem liso; c) rolo de pneus; d) rolo vibratório

A função de cada equipamento é: a vibroacabadora lança e nivela a massa asfáltica, o rolo tandem liso e ou vibratório faz a pré compactação e dá o acabamento final, e o rolo de pneus faz a compactação propriamente dita.

3.2.1.5. Equipes para execução de revestimento asfáltico

O dimensionamento de conjunto de equipamentos (patrulhas) é controlado pela produção horária e afeta diretamente os custos de execução dos serviços. Sua formação está relacionada aos tipos de equipamentos utilizados ou disponíveis. Neste contexto, em termos qualitativos, a Tabela 18 apresenta um exemplo de formação de equipe de execução de revestimento asfáltico.

Tabela 18 – Formação de patrulha para execução de revestimento asfáltico

Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento	Exemplo de patrulha
Discriminação	
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	x
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	x
Rolo compactador tipo tandem (10,9ton)	x
Servente	x

No exemplo dado, a vibroacabadora recebe e espalha a mistura asfáltica, deixando a camada nivelada, o rolo tipo tandem faz a pré compactação, o rolo de pneus executa a compactação e o rolo tipo tandem volta para dar o acabamento final. Todo o serviço é acompanhado por serventes que executam serviços de reparos, garantindo a qualidade do serviço.

3.2.2. Pinturas asfálticas e imprimações

Entre muitas das camadas de pavimento mencionadas, faz-se necessária a execução de um filme asfáltico, que será denominado de “pintura de ligação” (com função de aderir uma camada à outra) ou “imprimação impermeabilizante” (com a função de impermeabilizar uma camada de solo ou granular antes do lançamento da camada superior). Entre quaisquer camadas de revestimento asfáltico, sempre é aplicada uma pintura de ligação. As pinturas de ligação são

executadas com emulsões asfálticas (Tabela 19), e as imprimações impermeabilizantes com asfaltos diluídos (Tabela 20).

Tabela 19 – Tipos e aplicações das emulsões asfálticas (exemplos).

Tipo	Aplicações
RR-1C	Pintura de ligação, tratamentos superficiais, macadame betuminoso.
RR-2C	Pintura de ligação, tratamentos superficiais, macadame betuminoso.

Fonte: Adaptado de Balbo (2007) e Senço (2008b)

Tabela 20 – Tipos e aplicações dos asfaltos diluídos (exemplos).

Tipo	Aplicações
CM-30	Imprimação de superfícies com textura fechada.
CM-70	Imprimação de superfícies com textura aberta.

Fonte: Adaptado de Balbo (2007) e Senço (2008b)

3.2.2.1. Descrição da execução de pinturas asfálticas e imprimações

A base a ser imprimada deve ser varrida por processo manual ou mecânico, de modo a eliminar todo o pó e os materiais soltos existentes. A aplicação das pinturas de ligação e das imprimações se dá por meio de bicos espargidores ou por barra espargidora fixada no caminhão que se movimenta. As falhas que possam ocorrer geralmente são sanadas com a aplicação manual de mistura asfáltica. As taxas de aplicação são controladas conforme o material utilizado e a sua finalidade de aplicação (Tabela 21). Os controles a serem efetuados devem ser de quantidade, de temperatura e de qualidade.

Tabela 21 – Taxas de aplicação (exemplos).

Aplicação	Taxa de aplicação
Pintura de ligação	0,5 l/m ²
Imprimação	0,8 l/m ² e 1,6 l/m ²

Fonte: Balbo (2007) e Senço (2008b)

3.2.2.2. Equipamentos e equipes de pinturas asfálticas e imprimações

A Figura 18 apresenta um exemplo de caminhão espargidor munido de tanque e de barra espargidora.

Figura 18 – Caminhão espargidor

O dimensionamento de conjunto de equipamentos (patrulhas) é controlado pela produção horária e afeta diretamente os custos de execução dos serviços. Sua formação está relacionada aos tipos de equipamentos utilizados ou disponíveis. Neste contexto, em termos qualitativos, a Tabela 22 apresenta um exemplo de formação de equipe de execução de pinturas asfálticas e imprimações.

Tabela 22 – Formações de patrulhas para execução de pinturas asfálticas e imprimações

Discriminação	Exemplo de patrulha
Distribuidor de betume (6.000 l)	x
Servente	x

No exemplo dado, o distribuidor de betume aplica o material betuminoso adequado, na temperatura de aplicação própria desse material. O servente atua como apoio ao motorista.

3.2.3. Bases e Sub-bases

Para resistir às ações dos veículos e transmiti-las convenientemente ao subleito, suportando diretamente os esforços verticais, surgem as camadas de base e sub-base, que também podem desempenhar papel importante na drenagem subsuperficial dos pavimentos (PASTANA, 2006).

As bases e sub-bases podem ser flexíveis (granulares) ou semi rígidas (estabilizadas com aditivos). Na Figura 19 apresenta esta classificação.

Figura 19 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas

Fonte: DNIT (2006)

3.2.3.1. Descrição da execução de bases e sub-bases

Dentre os materiais preparados para bases e sub-bases, sem a intenção de apresentar todos e de se esgotar o assunto, apresenta-se a seguir, segundo Balbo (2007) e Senço (2008b), a descrição da execução da brita graduada simples; brita graduada tratada com cimento; solo melhorado com cimento; e solo cimento.

a) Brita Graduada Simples (BGS)

Trata-se de um tipo de base introduzido no Estado de São Paulo no final dos anos 60 e que ganhou rapidamente a aceitação e preferência dos engenheiros

rodoviários, pelas facilidades de execução que oferece, associadas à facilidade de obtenção de um produto acabado bastante uniforme.

As etapas que envolvem a execução da camada de BGS são as seguintes:

- usinagem da BGS em usina gravimétrica de solos ou agregados;
- transporte da BGS e colocação do material em pista;
- espalhamento do material solto em pista: o espalhamento da mistura – em camadas que não devem exceder a espessura que resultará em 15 cm de camada acabada - pode ser realizado com o auxílio da motoniveladora empregando-se distribuidor de agregados ou com vibroacabadoras;
- compactação da BGS com auxílio de rolo de pneus com 2,5 t por roda e pressão regulável (até 0,7 MPa) e de rolo liso metálico (vibratório ou não) com cilindro de, no mínimo, 3 t.

b) Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC)

A BGTC compreende uma mistura de agregados do tipo BGS (pedras britadas) com uma pequena quantidade de cimento Portland, em geral de 3% a 4% em peso da mistura total. Esse baixo consumo de cimento significa algo em torno de 75 kg/m³.

As etapas que envolvem a execução da camada de BGTC são as seguintes:

- usinagem da BGTC em usina tipo *pugmill* (de agregados) com rosca sem-fim, devendo o cimento e a água serem introduzidos na própria misturadora, empregada para o preparo de brita graduada simples;
- transporte da BGTC e colocação do material em pista;
- espalhamento do material solto em pista: diferente da BGS, deverá ser compactada em espessura única e não em camadas sobrepostas. Tal exigência implica limitações no emprego de vibroacabadoras para sua distribuição na pista;
- compactação da BGTC: semelhante à BGS.

c) Solo Melhorado com Cimento (SMC)

O solo melhorado com cimento é um material resultante da mistura do solo natural com ligante hidráulico, que pode ser realizado tanto em pista quanto em usina de solo. Busca-se tão somente uma estabilização do solo de maneira a torná-lo menos expansivo, para que seja possível o seu emprego como material de pavimentação dentro das restrições comuns de projeto. Não se trata de pretender, por exemplo, que a mistura resista à compressão simples com valores significativos, mas de se conseguir, por exemplo, a redução de plasticidade a níveis compatíveis com a necessidade.

d) Solo-Cimento (SC)

A distinção mais clara entre o SMC e o SC é realizada pela quantidade de cimento empregado nas misturas e também pela finalidade dessa mistura (camada estável à ação de água ou camada trabalhando em flexão, de resistência muito elevada).

No processo de dosagem na usina, para se obter um comportamento adequado sob a ação do tráfego, dois requisitos devem ser observados: a utilização de um teor conveniente de cimento Portland misturado com o solo solto e que a mistura seja feita com o teor ótimo de umidade.

As etapas que envolvem a execução da camada de SMC ou SC são as seguintes:

- pode-se preparar as misturas de SMC ou SC de duas formas: em usina misturadora de solos ou em pista. No caso de mistura em pista, a seguinte sequência básica é adotada:
  - espalhamento do solo na espessura solta;
  - correção da umidade do solo com emprego de caminhão tanque;
  - colocação de cimento em sacarias (ou caminhão distribuidor de cimento), controlando-se o volume de cimento em função do volume de solo ainda solto, seguido de homogeneização com pulvomisturadora.
- compactação da mistura com rolo pé de carneiro ou de pneus de pressão regulável ou ainda rolo liso.

- execução da imprimação, com caminhão espargidor, da superfície acabada para proteção do material (cura).

3.2.3.2. Equipes para execução de bases, sub-bases e camadas anteriores

O dimensionamento de conjunto de equipamentos (patrulhas) é controlado pela produção horária e afeta diretamente os custos de execução dos serviços. Sua formação está relacionada aos tipos de equipamentos utilizados ou disponíveis. Neste contexto, em termos qualitativos, as tabelas a seguir apresentam exemplos de formações de equipes: Brita graduada simples (Tabela 23); Solo-cimento (Tabela 24).

Tabela 23 – Formações de patrulhas para execução de brita graduada simples (m³)

Discriminação	Exemplo de patrulha		
	1ª	2ª	3ª
Distribuidor de agregados - autopropelido	x	-	-
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	-	x	-
Motoniveladora	-	-	x
Rolo compactador de pneus autopropelido	x	x	x
Rolo compactador tipo tandem	x	x	x
Servente	x	x	X

No exemplo dado, o espalhamento da brita graduada simples e o nivelamento da camada podem ser executados de três maneiras: a) pelo distribuidor de agregados; b) pela vibroacabadora; c) pela motoniveladora. O rolo tipo tandem faz a pré compactação, o rolo de pneus executa a compactação e o rolo tipo tandem volta para dar o acabamento final. Todo o serviço é acompanhado por serventes que executam serviços de reparos, garantindo a qualidade do serviço.

Tabela 24 – Formações de patrulhas para execução de solo cimento, mistura na pista (m³)

Discriminação	Exemplo de patrulha	
	1 ^a	2 ^a
Trator de esteiras com lâmina	x	x
Motoniveladora	x	x
Pulvomisturador	-	x
Recicladora	-	x
Trator agrícola com grade de discos rebocável	x	-
Caminhão tanque de 10.000 l	x	-
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido	x	x
Rolo compactador de pneus autopropelido	x	x
Servente	x	-

No exemplo dado, o trator de esteiras espalha o solo e a motoniveladora nivela a camada. A distribuição de cimento pode ser feita de duas maneiras: a) manualmente (feita pelos serventes); b) mecanicamente (feita pelo pulvomisturador). A mistura do solo com o cimento pode ser feita de duas maneiras: a) com o trator agrícola com grade de discos; b) com a recicladora (que acrescenta água caso necessário). O caminhão tanque é utilizado para acrescentar água na camada (quando necessário). O rolo compactador pé de carneiro executa a compactação e o rolo de pneus faz o acabamento (selar a camada).

3.2.4. Reforço de subleito

É uma camada de espessura constante, construída, se necessário, acima do subleito, com características tecnológicas superiores às do subleito e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base. O reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, não tendo as características de absorver definitivamente esses esforços, o que é característica do subleito (SENÇO, 2008b).

3.2.5. Subleitos

É o terreno de fundação do pavimento. Se a terraplenagem é recente, o subleito deverá apresentar as características geométricas definitivas.

3.3. Composições Orçamentárias Aplicáveis à Pavimentação Asfáltica

Dentre as opções para a constituição da pavimentação asfáltica, a execução de revestimentos asfálticos, pinturas asfálticas e imprimações impermeabilizantes, bases, sub-bases e reforços de subleitos foram detalhados neste capítulo. Cada um desses serviços podem demandar esforços diferentes na sua produção. Assim, para melhor entender a produtividade, adota-se a abordagem analítica, isto é, que leva em consideração as diferentes partes que constituem o serviço a executar (quebra do serviço).

A proposição da quebra destes serviços leva em consideração todo o conhecimento adquirido por meio do estudo bibliográfico, dos manuais e da experiência acumulada nos estudos de caso. Portanto, embora alguns destes assuntos sejam apresentados nos demais capítulos, eles contribuíram para o entendimento da quebra dos serviços de pavimentação asfáltica.

A quebra do serviço de execução de revestimentos asfálticos pode ser expressa como a apresentada na Figura 20.

Figura 20 – Quebra do serviço de execução de revestimentos asfálticos

A quebra do serviço de pinturas asfálticas e imprimações impermeabilizantes pode ser expressa como a apresentada na Figura 21.

Figura 21 – Quebra do serviço de execução de pinturas asfálticas e imprimações impermeabilizantes

A quebra do serviço de BGS e BGTC pode ser expressa como a apresentada na Figura 22.

Figura 22 – Quebra do serviço de execução de BGS e BGTC

A quebra do serviço de solo cimento pode ser expressa como apresentada na Figura 23.

Figura 23 – Quebra do serviço de execução de solo cimento

A mistura do solo com cimento pode ser previamente preparada em usina tendo neste caso a dispensa dos processos de distribuição do cimento e posterior mistura com o solo.

Em função dos tipos de equipamentos e mão de obra disponíveis as “quebras dos serviços” propostas anteriormente podem ser diferentes.

Na medida em que se pretende entender os custos de pavimentação, é importante conhecer a demanda relativa a cada um destes serviços. O entendimento das partes de cada serviço possibilitou a proposição dos tipos e das quantidades de composições orçamentárias apresentadas a seguir:

a) Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento e binder

- limpeza,
- lançamento,
- pré-compactação,
- compactação,
- acabamento;

b) Pinturas asfálticas e imprimações

- limpeza,
- lançamento;

c) Bases, sub-bases e reforços de subleitos

- Base de brita graduada e brita graduada tratada com cimento;
  - lançamento,
  - pré-compactação,
  - compactação,
  - acabamento;
- Base de solo cimento e mistura na pista;
  - espalhamento,
  - nivelamento,
  - distribuição do cimento,
  - mistura do cimento com o solo,
  - aeração e/ou umidificação (se precisar),
  - compactação,
  - acabamento.

3.4. Reflexões do Capítulo 3

Este capítulo possibilitou o entendimento geral do serviço pavimentação asfáltica na execução de rodovias. Em especial, as modalidades de serviço de revestimento asfáltico, pinturas asfálticas e imprimações impermeabilizantes, bases, sub-base e reforços de subleitos foram apresentadas. As condicionantes para a escolha dos processos construtivos e os controles aplicáveis subsidiarão a proposição dos fatores. Os conhecimentos dos tipos de equipamentos e as formações de equipes embasarão o entendimento relativo à produtividade variável e a proposição de faixas de valores. A quebra dos serviços subsidiará a definição da quantidade de composições orçamentárias a serem propostas nos capítulos subsequentes.

4. ABORDAGEM DOS MANUAIS

Embora os procedimentos usados na coleta dos dados constantes dos manuais não sejam normalmente conhecidos e possam variar de um para o outro, os manuais de orçamento representam uma experiência acumulada que não pode ser desprezada. *“Principalmente porque coletar dados em construção não é uma tarefa fácil nem barata”* (SOUZA, 1996).

Este capítulo visa proporcionar o entendimento sobre as metodologias contidas nos diversos manuais, conhecer a abordagem dos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, os critérios utilizados para a formação dos indicadores de produtividade e as partes contempladas de cada serviço.

Os seguintes critérios foram adotados na escolha dos manuais adotados como fontes de dados: reconhecimento técnico; grau de detalhe quanto à descrição dos casos analisados; evitar-se uso de manuais com mesmas fontes de informação.

4.1. Descrição dos Manuais

Os manuais³⁴ utilizados neste estudo são originados das seguintes fontes³⁵:

- a) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT);
- b) Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP);

---

³⁴ Embora cada fonte utilizada nesta pesquisa se apresente diferentemente uma da outra (DNIT – manual; TCPO – manual; EMOP - composições; SIURB - composições; CAIXA - composições; e PCC-USP - relatórios), todas foram consideradas como manuais de orçamento.

³⁵ Outros manuais existentes, porém não utilizados:

- a) Brasileiros:
  - Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA-CE, 2012). Não utilizado por ser semelhante ao SIURB;
  - Secretaria de Estado de Infraestrutura de Goiás (SEINFRA-GO, 2012). Não utilizado por ser semelhante ao SIURB;
  - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Estado do Rio Grande do Sul (DAER-RS, 2012). Não utilizado por ser semelhante ao DNIT;
- b) Internacionais:
  - “Heavy Construction Cost Book” da Dodge (1998);
  - “Construction Cost Management - Learning From Case Studies” de Potts (2008);
  - “Heavy Construction Cost Data” da RS Means (2012).

Como o objetivo deste trabalho é espelhar a realidade brasileira, os manuais internacionais não fizeram parte deste estudo.

- c) Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras do município de São Paulo (SIURB);
- d) Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO);
- e) Caixa Econômica Federal (CAIXA);
- f) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC-USP).

4.1.1. DNIT

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é o órgão executor da política de transportes determinada pelo Governo Federal. Autarquia vinculada ao Ministério dos Transportes, implantada em fevereiro de 2002, para desempenhar as funções relativas à construção, manutenção e operação de infraestrutura dos segmentos do Sistema Federal de Viação sob administração direta da União nos modais rodoviário, ferroviário e aquaviário, conforme Decreto nº 4.129 de 13/02/2002 (BRASIL, 2010).

Para gerenciar os modais rodoviário, ferroviário, aquaviário e suas edificações o DNIT utiliza o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO³⁶). Como metodologia para elaboração de orçamentos de obras, o Manual de Custos Rodoviários de 2003 (SICRO 2) é o utilizado até que seja oficialmente publicada nova consulta pública ao SICRO 3 e a consequente aprovação do novo sistema.

O SICRO é um Manual que contém a descrição das metodologias e conceitos utilizados no desenvolvimento do Sistema Nacional de Custos de Infraestrutura de Transportes (SINCTRAN), cuja finalidade é a elaboração de custos referenciais de infraestrutura.

O Manual, em sua versão integral, é apresentado em nove volumes. Os volumes utilizados nesta tese de doutoramento foram:

- a) Volume 1: Metodologia e Conceitos;

O presente manual define uma metodologia para a elaboração de composições de custos³⁷.

---

³⁶ http://www.dnit.gov.br/menu/SICRO/sicro/document_view.

³⁷ DNIT (2007a)

- b) Volume 4: Manual de Custos Unitários de Obras Rodoviárias;

Neste volume são abordados os critérios gerais adotados e os parâmetros utilizados na elaboração das composições integrantes do SINCTRA³⁸.

- c) Volume 8: Manual de Aferição das Composições de Custos;

Este documento apresenta a metodologia e os critérios adotados para o cálculo dos custos unitários dos insumos e serviços necessários à execução das obras rodoviárias, ferroviárias, aquaviárias e de edificações gerenciadas pelo DNIT. Apresenta, ainda, as rotinas e procedimentos empregados pelo sistema informatizado implantado para o cálculo dos custos unitários de referência³⁹.

- d) Volume 9: Composições de Custos Unitários de Referência por Fase Construtiva.

As Composições de Custos Unitários de Referência por Fase Construtiva estão no Volume 9 do Manual, subdividas em 6 tomos e 36 fases. As fases utilizadas nesta tese foram: fase 4 – Terraplenagem⁴⁰; e fase 20 – Pavimentações⁴¹.

4.1.2. EMOP

A Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP)⁴², empresa pública de direito privado, com 32 anos de atuação no mercado da construção civil, com áreas de abrangência em todo Estado do Rio de Janeiro e sede própria no município do Rio de Janeiro, é representada por oito subsedes: cujo negócio é gerir serviços de engenharia e arquitetura.

Sua missão é assegurar aos projetos governamentais espaços adequados à prestação de serviços, mediante construção, transformação e manutenção dos bens públicos voltados ao bem estar social.

A EMOP edita, mensalmente, o Boletim de Custos com os preços e índices oficiais de custo das obras públicas no Estado. O trabalho é executado pela

---

³⁸ DNIT (2007b)

³⁹ DNIT (2007c)

⁴⁰ DNIT (2007d)

⁴¹ DNIT (2007e)

⁴² Para aquisição, a EMOP disponibiliza os Boletins e Catálogos de Referência no seguinte endereço: <http://www.emop.rj.gov.br/cad_catalogo.asp>

Divisão da Composição de Preços da Diretoria Técnica da EMOP, que pesquisa mais de três mil itens (materiais e serviços) por mês. O boletim é referência indispensável para levantamento de custos, execução de orçamentos, pagamento de faturas e reajustamento de preços. Utilizado por todas as firmas de construção civil que realizam obras para o Estado, além de clientes como Caixa Econômica Federal, que utiliza os índices como referência para a construção de habitações.

O Manual, em sua versão integral⁴³, consiste de três catálogos e um boletim mensal, conforme descrito a seguir:

a) Catálogo de Referência (12ª Edição);

Descreve os serviços usuais em orçamentos, codificados de maneira a permitir a utilização do Boletim Mensal de Custos;

b) Catálogo de Composição de Serviços (2ª Edição);

Apresenta, detalhadamente, as quantidades de materiais, equipamentos e mão de obra necessários à determinação dos custos unitários dos serviços descritos no Catálogo de Referência (12ª Edição);

c) Catálogo de Materiais, Equipamentos, Mão de obra e Serviços (5ª Edição);

Descreve os insumos, de interesse na execução dos orçamentos das obras, codificados de maneira a permitir a utilização do Boletim Mensal de Custos;

d) Boletim Mensal de Custos.

Contém os custos unitários dos serviços descritos no Catálogo de Referência, os preços elementares dos insumos descritos no Catálogo de Materiais e os índices de custos (famílias de reajustamento) utilizados na atualização ou regressão dos custos unitários dos serviços orçados e/ou contratados.

Embora os demais Catálogos sejam consultados, o Catálogo de Composição de Serviços (2ª Edição) é o principal catálogo utilizado neste trabalho, que, em sua versão integral é apresentado em 26 categorias. As categorias utilizadas nesta tese de doutoramento são: Categoria 03: Movimento de terra; e a Categoria 20: Custos rodoviários.

---

⁴³ Rio de Janeiro (1999)

4.1.3. SIURB

A Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), da Prefeitura de São Paulo, tem as seguintes finalidades: programar, orientar e organizar projetos completos de obras viárias, assegurando sua execução; examinar o planejamento de obras e serviços que venham a ser realizados nas vias e logradouros públicos, aprovando e autorizando a ocupação das vias públicas; executar obras de recuperação estrutural e construção de pontes e viadutos; executar obras de edificações na cidade; executar obras de reparos e reformas gerais na cidade; manutenção preventiva e corretiva; autorizar obras que atendam a municipalidade e propor planos de drenagem para a cidade e implantá-los.

A serem adotadas em todas as licitações realizadas pela SIURB, essa Secretaria desenvolveu as Tabelas de Custos Unitários: tabelas de Edificações e de Infraestrutura Urbana.

As tabelas de custos unitários, utilizadas nesta tese, são as tabelas de Edificações nº 41 e de Infraestrutura Urbana, data-base Julho/2009 - Processos nº 2009-0.237.444-0 e 2009-0.237.446-6⁴⁴.

O Manual, em sua versão integral, é apresentado em três categorias com os seguintes títulos:

Categoria 01: Arquivos Gerais;

- BDI, composições auxiliares, encargos sociais, equipamentos – custos unitários, equipamentos – memória de calculo, equipamentos – parâmetros, insumos, mão de obra horista, mão de obra mensalista.

Categoria 02 — Cálculos;

- Cálculo dos encargos sociais e horas efetivamente trabalhadas.

Categoria 03 — Infraestrutura Urbana.

- Composições de infraestrutura, critérios de infraestrutura, e custos unitários de infraestrutura.

A Categoria 03, Infraestrutura Urbana, foi o volume utilizado nesta tese de doutoramento.

---

⁴⁴ A SIURB disponibiliza estas tabelas em: <http://www2.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/tabela_de_precos/0023/#apresentacao>

4.1.4. TCPO

O TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos constitui uma das principais referências para a preparação de orçamentos de obras no Brasil. A primeira edição foi lançada em 1955 e, desde então, os profissionais do setor têm acesso a um manancial de dados e informações para estimar os consumos de materiais e de mão de obra necessários para execução dos serviços de construção. Para fazer uma unidade de serviço de obra, esses dados são imprescindíveis na montagem do orçamento.

As composições estão organizadas de acordo com a classificação PINI, o que possibilita a correta identificação do item e conexão direta com os demais produtos da PINI, como revistas, softwares e sistemas de internet (TCPO, 2008).

Este Manual, em sua versão integral, é apresentado em dezoito partes e quinze categorias. A Categoria 02 - Canteiro de obras e materiais básicos: escavação e aterro; subgrade e leitos rodoviários; bases e lastros com ligante; e pavimentos flexíveis, foi a utilizada nesta tese de doutoramento.

4.1.5. CAIXA

Trata-se de um projeto de pesquisa, acordado entre a Caixa Econômica Federal (CAIXA) e a Escola Politécnica da USP (este projeto está apresentado na seção 4.1.6) no qual, no âmbito do SINAPI, a CAIXA disponibilizou, para o Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC-USP), um conjunto de Composições de Preços Unitários (CPU) propostas pela INFRAERO.

Estas CPU se referem ao Anexo XII do Orçamento de Referência – Aeroporto Internacional de São Paulo / Guarulhos – Governador André Franco Montoro – Terminal de Passageiros nº 3 (TPS 3), do Viaduto (VDT), do Sistema Viário Interno (SVI), do Edifício Garagem (EDG), do Pátio de Estacionamento de Aeronaves (PPT) e Projetos (INFRAERO, 2005).

Dentre as noventa e duas CPU disponibilizadas, vinte e três estão relacionadas aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica (Tabela 25).

Tabela 25 – Composições de preços unitários disponibilizadas pela CAIXA

ITEM ⁴⁵	DESCRIÇÃO
03	Escavação e Carga de Material de 1ª categoria
04	Escavação e Carga de Material Brejoso
05	Escavação e Carga de Empréstimo, c/ fornecimento de terra
06	Escavação e Carga de Material de 1ª Categoria, do Aterro de Sobrecarga
07	Aterro Compactado, GC > 90% Proctor Modificado
08	Aterro Compactado, GC > 85% Proctor Modificado
09	Aterro de Sobrecarga
10	Transporte de Material de 1ª categoria até 3 km
11	Transporte de Material de 1ª categoria além de 3 km
12	Transporte de Material Brejoso até 3 km
13	Transporte de Material Brejoso além de 3 km
14	Espalhamento de Material Brejoso
15	Espalhamento de Material de Limpeza
16	Lastro de brita
63	Sub-base ou Base de Brita Graduada Simples
64	Sub-Base ou Base de Brita Graduada Tratada com cimento 4% em peso
65	Sub-Base ou Base de Brita Graduada Tratada com cimento 3% em peso
66	Pré-Misturado à Quente (PMQ)(Sistema Viário)
68	Imprimação
69	Pintura de Ligação
70	Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ)(Sistema Viário)
72	Concreto Betuminoso Usinado à Quente (BINDER)(sistema Viário)
74	Transporte de massa asfáltica (CBUQ, PMQ)

4.1.6. PCC-USP

A ideia de melhorar os sistemas de indicadores vale para quaisquer subsetores da Indústria da Construção. Em especial, dada a necessidade de se fomentar novas obras neste subsetor, torna-se ainda mais importante o aprimoramento dos indicadores utilizados na Construção Pesada.

Neste contexto, a Caixa Econômica Federal, no âmbito do SINAPI, desenvolveu um banco de composições para subsidiar este subsetor, em especial as obras de aeroportos. Tal banco de dados nasceu de um conjunto de composições disponibilizadas pela INFRAERO e que foi aprimorado no sentido de se aumentar sua confiabilidade. A necessidade deste aprimoramento foi detectada e solicitada pela CAIXA ao Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (PCC-USP).

⁴⁵ Foi mantida a numeração das composições cedidas pela Caixa Econômica Federal

As composições citadas (Tabela 25) foram revisadas, através da atualização dos seus indicadores de produtividade da mão de obra, de consumo unitário de materiais e de horas gastas de equipamentos.

O aprimoramento dos indicadores usou informações advindas de diferentes fontes:

- a) manuais de orçamentação disponíveis considerados bons tecnicamente;
- b) experiência acumulada do PCC-USP e da CAIXA;
- c) entrevistas aos especialistas;
- d) pesquisa de campo.

A pesquisa foi desenvolvida ao longo de 14 meses e foi dividida em duas partes: 6 meses para os levantamentos e geração dos relatórios, com acompanhamento dos técnicos da Caixa; e mais 8 meses para análises e discussões entre a equipe do PCC-USP e os técnicos da CAIXA e INFRAERO. O Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves e o Doutorando Ricardo Cruvinel Dornelas, foram os principais integrantes da equipe do PCC-USP.

O trabalho envolveu o aprimoramento dos indicadores constantes nas composições, enviadas pela CAIXA, classificadas nos grupos apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Classificação das composições segundo os grupos.

CLASSE
1. Itens gerais
2. Movimento de terra
3. Infra e superestrutura de concreto
4. Outros subsistemas das edificações
5. Estrutura metálica e outros pré-fabricados
6. Pavimentos
7. Outros serviços

Para cada uma das classes foi redigido um relatório⁴⁶ percorrendo sobre os indicadores revisados; em muitos dos casos foi feita uma distinção entre os indicadores relativos à mão de obra, materiais e aos equipamentos. Para alguns temas foi adotada a entrevista com especialistas/fornecedores/usuários/construtores como principal fonte de dados e, para outros, foi efetuado um levantamento presencial de dados.

4.2. Formas de Abordagem dos Manuais

Esta seção busca apresentar, sucintamente, as formas em que os diferentes manuais abordam os serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, com ênfase mais na metodologia do que na execução dos serviços (já percorridos nos Capítulos 2 e 3). Os seguintes temas são apresentados a seguir:

- a) alguns conceitos importantes;
- b) montagem das composições de custos unitários;
- c) ciclo dos equipamentos;
- d) equilíbrio das equipes mecânicas ou patrulhas;
- e) tempo operativo e tempo improdutivo;
- f) resumo dos termos contidos nos manuais;
- g) custos de implantação de uma rodovia;
- h) custos unitários dos serviços;
- i) custo horário de equipamentos;
- j) produção das equipes mecânicas;
- k) método teórico do DNIT;
- l) método teórico do TCPO;
- m) modelos de composições unitárias.

4.2.1. Alguns conceitos importantes

Dentre os conceitos importantes encontram-se os seguintes assuntos: tarefa de levantamento de insumos; superfície de operação; mão de obra e chuvas.

---

⁴⁶ Ao todo foram gerados 17 relatórios.

a) Tarefa de levantamento de insumos

A tarefa de levantamento de insumos, implica, em primeiro lugar, na seleção da tecnologia de execução a ser empregada para a realização de cada um dos serviços que compõem a obra. Assim, cada composição reflete uma opção tecnológica, que é função do planejamento da obra. Como tal, tem que levar em conta o conjunto de circunstâncias que caracterizam o meio onde seu emprego está sendo cogitado. Destas, não podem ser omitidos: as especificações e as quantidades dos serviços a realizar, contidos no Projeto Final de Engenharia, as características dos materiais naturais a serem trabalhados, as distâncias de transporte previstas, o cronograma da obra, o elenco qualitativo e quantitativo de mão de obra e de equipamentos de que se poderá dispor, as condições climáticas da região onde se localiza a obra e a logística do empreendimento (DNIT, 2007a).

A seleção da tecnologia, sujeita às condicionantes acima, será feita sempre com vista a conciliar dois objetivos: eleger a melhor técnica de execução com maior economicidade. É necessário esclarecer que nem sempre tais objetivos são convergentes, impondo-se, na maior parte dos casos, uma solução de compromisso, ditada pelo bom senso.

b) Superfície de operação

Segundo a metodologia do DNIT (2007a), com base na classificação dos tipos de solos, 1ª, 2ª ou 3ª categoria, classificam-se as condições de trabalho em leves, médias e pesadas para os serviços de escavação, carga e transporte, que são justamente aqueles usualmente realizados pelos equipamentos em questão, conforme pode ser observado na Tabela 27. Nas composições apresentadas no Manual do SINCTAN os custos horários desses equipamentos foram calculados considerando-os operando em condições médias.

Tabela 27 – Condições de trabalho para escavação e carga

Condições leves	Condições médias	Condições pesadas
• camada de solo superficial • materiais de baixa densidade • argila com baixo teor de umidade • material retirado de pilhas • operação de lâmina em aterro solto • reboque de scrapers (trator de esteira) • espalhamento e nivelamento de materiais • valetamento em solo leve até 2m de profundidade (retroescavadeira)	• argila arenosa • argila com alguma umidade • mistura de solos diferentes como areia e cascalho fino • produção de aterros (trator de esteiras) • carregamento em rocha bem fragmentada • valetamento em solo médio a pesado até 3,00m de profundidade • escavação em barranco de material facilmente penetrável • material bem escarificado • desmatamentos • unidades carregando em terreno nivelado (“scrapers”)	• pedras frequentes ou afloramento de rochas • cascalho grosso (sem finos) • escarificação pesada em rocha • trabalho em pedreiras • carregamento contínuo em solos compactados como xisto argiloso, cascalho consolidado, etc. • valetamento em profundidades superiores a 3m • carregamento em rocha escarificada (para scrapers) • restrições constantes no comprimento ou largura, de operação.

Fonte: DNIT (2007a)

c) Mão de obra

Em relação aos manuais SICRO 2 e SICRO 3, o DNIT, de um manual para o outro manual, retirou de todas as composições os “encarregados de turma”, de pavimentação e de britagem. Essas categorias foram incluídas nas composições de “administração da obra”.

O operador do equipamento está contido no custo unitário do equipamento.

d) Chuvas

As produções adotadas pelo DNIT não contemplam a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis, as quais influenciam, em função da frequência e intensidade, e de modo específico, alguns tipos de serviços.

4.2.2. Montagem das composições de custos unitários

Dentre os manuais estudados, o que apresentou detalhadamente uma metodologia de montagem das composições de custos unitários foi o manual do DNIT (2007a). Resumidamente, esta metodologia é apresentada a seguir.

O primeiro ponto a ser observado é a adequação tecnológica da composição. Uma vez que a tecnologia tenha sido corretamente selecionada, a atenção deve se voltar para o dimensionamento desses recursos, com ênfase nos equipamentos.

Na maior parte dos casos, os serviços de construção são realizados por grupos de equipamentos de diferentes tipos, que trabalham em conjunto constituindo o que usualmente se denomina equipe mecânica ou patrulha. Do fato de ter cada um desses equipamentos (nas condições em que trabalha) uma determinada produção efetiva, resulta a necessidade de se dimensionar a quantidade dos diferentes tipos de equipamentos de forma a maximizar a produção da patrulha. Isso é usualmente denominado otimização do equilíbrio interno ou sincronismo da patrulha.

Outro ponto a ser observado é o que se refere à determinação da incidência dos insumos na composição, que é a quantidade de determinado insumo, necessária à realização de uma unidade de produção. A "produção unitária" traduz a quantidade de serviço produzido pelo equipamento por hora de operação, e seu inverso - horas de operação por unidade de serviço - representa a incidência desse equipamento na composição. Da mesma maneira, a incidência da mão de obra e dos materiais é determinada a partir da quantidade desses insumos necessária à produção de uma unidade de serviço. Cabe observar que ao se montar uma composição de serviço será sempre necessário ajustar incidências em função das relações entre as respectivas "produções unitárias".

A Figura 24 apresenta uma síntese dos elementos de uma composição unitária, onde: ① produção unitária $192\text{m}^3/\text{h}$; ② razão unitária de produção $1\text{h}/192\text{m}^3 = 0,0052$; ③ equipe mecânica ou patrulha.

0402109 Escav Carga Transp Mat 1a Cat DMT 50 a 200m - Cam Serv em Leito Natural: -c/ escav e caminhão bascul 14m3 M3 1					
Obs:- ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS : ES-280/97 E ES-281/97 PRODUÇÃO ADOTADA : 192m3/h					
Cod	Discriminação	Un	Coef Unitário	Preço Unitário	Preço
9515	Escavadeira Hidráulica - sobre Esteira c/Caçamba - cap 1.5m³ (103 kW)	h	2 0.0052	160.8300	0.8395
9667	Caminhão Basculante cap. 14m³ (279kW)	h	0.0204	178.4600	3.6388
	Total de Equipamento				4.4783
9824	Servente	h	0.0157	6.2006	0.0970
	Total de Mão de Obra				0.0970
	Total do Serviço				4.5754

Figura 24 – Elementos de uma composição unitária

Fonte: Adaptado de DNIT (2007d)

4.2.3. Ciclo dos equipamentos

Conforme metodologia do DNIT (2007a), os equipamentos, em geral, realizam operações repetitivas, ou seja, trabalham em ciclos. Entende-se por ciclo o conjunto de ações ou movimentos que o equipamento realiza desde sua partida, de uma determinada situação, até seu retorno a uma situação semelhante, que marca o início de um novo ciclo. O tempo decorrido entre as duas situações é denominado “duração do ciclo” ou “tempo total do ciclo”, que determina um intervalo, durante o qual o equipamento em questão realiza certa quantidade de serviço. A quantificação do serviço realizado durante um ciclo e seu tempo total de duração são elementos fundamentais para a determinação da produção unitária do equipamento, para dimensionar e equilibrar o restante dos equipamentos que com ele formam patrulha, bem como para calcular a produção da própria patrulha.

Alguns manuais, tais como: Caterpillar (2000); Komatsu (2006); e Dynapac (2010), indicam os tempos totais de ciclo de seus equipamentos. Exemplificando, o Manual de Produção da Caterpillar indica, para a escavadeira hidráulica, os tempos totais de ciclo de 0,27 min, considerando material de 1ª categoria (Figura 25). Este dado é referente ao Modelo 330B, que tem os seguintes tempos:

- carregar a caçamba: 0,09 min,
- oscilar caçamba carregada: 0,07 min,
- despejar caçamba: 0,04 min,
- oscilar caçamba vazia: 0,07 min,
- tempo total de ciclo: 0,27 min.

Tabela de Estimativa do Tempo do Ciclo

Modelo	307B	311B	312B, 312B L	315B, 315B L	317B L, 317B LN	318B L, 318B LN	320B	322B	325B	330B	345B*	365B	375
Tamanho da Caçamba L (jd³)	280 0,37	450 0,59	520 0,68	520 0,68	520 0,68	800 1,05	800 1,05	1000 1,31	1100 1,44	1400 1,83		1900 2,5	2800 3,66
Tipo do Solo	Terra Compactada										Barro Duro		
Profundidade da Escavação (m) (pé)	1,5 5	1,5 5	1,8 6	3,0 10	3,0 10	3,0 10	2,3 8	3,2 10	3,2 10	3,4 11		4,2 14	5,2 17
Carregar Caçamba (min)	0,08	0,07	0,07	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09		0,10	0,11
Oscilar Caçamba Carregada (min)	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07		0,09	0,10
Despejar Caçamba (min)	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04		0,04	0,04
Oscilar Caçamba Vazia (min)	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07		0,07	0,09
Tempo Total do Ciclo (min)	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,25	0,23	0,25	0,25	0,27		0,30	0,34

Figura 25 – Estimativa do tempo de ciclo da escavadeira hidráulica
Fonte: Caterpillar (2000)

4.2.4. Equilíbrio das equipes mecânicas ou patrulhas

De acordo com o manual do DNIT (2007a), promover o equilíbrio de uma patrulha de equipamentos é a atividade que consiste em selecionar seus componentes e dimensionar a quantidade de cada um deles, de tal forma que a harmonia do conjunto resulte numa produção otimizada, ou seja, que tire o melhor partido das capacidades individuais. Em primeiro lugar, é preciso saber que tipos de equipamentos devem ser reunidos para realizar determinada tarefa. Note-se que nem sempre este problema oferece uma única solução; o mais comum é que se disponha de várias opções, remetendo a questão à escolha da tecnologia mais adequada.

Em termos práticos, o equilíbrio se dá sempre em torno do equipamento eleito como principal ou que comandará o ritmo da patrulha, figurando os demais como seus coadjuvantes (ver Figura 26). Em vista disso, se obterá sempre maior economicidade no trabalho da patrulha quando o equipamento escolhido para comandar seu ritmo for aquele de maior custo horário.

0402109 Escav Carga Transp Mat 1a Cat DMT 50 a 200m - Cam Serv em Leito Natural:-c/ escav e caminhão bascul 14m3 M3 Obs:- ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS : ES-280/97 E ES-281/97 PRODUÇÃO ADOTADA : 192m3/h					
Cod	Discriminação	Un	Coef Unitário	Preço Unitário	Preço
9515	Escavadeira Hidráulica - sobre Esteira c/ Caçamba - cap 1.5m³ (103 kW)	h	0.0052	160.8300	0.8395
9667	Caminhão Basculante cap. 14m³ (279kW)	h	0.0204	178.4600	3.6388
9824	Total de Equipamento				4.4783
	Servente				0.0970
	Total de Mão de Obra				0.0970
	Total do Serviço				4.5754

Figura 26 – Equipamento eleito como principal
Fonte: Adaptado de DNIT (2007d)

4.2.5. Tempo operativo e tempo improdutivo

Os conceitos e o modelo matemático adotados no cálculo dos preços unitários do DNIT (2007a) consideram dois períodos de tempo diferentes na atuação dos equipamentos: a hora operativa e a hora improdutiva. Durante a hora operativa, o equipamento está operando normalmente, sujeito às restrições que são levadas em conta quando se aplica o fator eficiência. Na hora improdutiva, o equipamento está parado, com o motor desligado, aguardando que o equipamento que comanda a equipe permita-lhe operar⁴⁷.

Assim, tempo operativo é aquele em que o equipamento está dedicado ao serviço, na frente de trabalho, com seus motores ou acionadores ligados, quando for o caso, ou em condições de trabalho, quando se tratar de equipamento não propulso mecanicamente. O equipamento operativo comporta duas situações: produtivo e em espera.

No seu tempo produtivo, o equipamento está efetivamente executando alguma das tarefas a ele inerentes.

Quando em espera, o equipamento está aguardando que algum outro componente da patrulha complete sua parte, de modo a abrir frente para que ele possa atuar. Tais esperas têm sua origem em desequilíbrios internos, e resultam de se juntar numa mesma patrulha equipamentos com capacidades e níveis de produtividades diferentes, de tal sorte que o ritmo do mais lento condiciona a produção do conjunto. Aplica-se este conceito apenas quando as esperas forem de curta duração que não justifiquem desligamento de motores. Durante as esperas, assim caracterizadas, os motores estarão funcionando em marcha lenta ou os equipamentos realizando pequenos deslocamentos para melhor se posicionarem.

Os tempos improdutivos, por sua vez, comportam paradas de mais longa duração, em que os equipamentos continuam vinculados ao serviço e seus operadores permanecem mobilizados, mesmo que seus motores tenham sido desligados.

Matematicamente, a improdutividade aparece quando se compara a produção horária da equipe com a dos equipamentos individuais. O coeficiente de

---

⁴⁷ Nota: esta metodologia se apresenta incompleta pois, não contempla (ou não deixa explícito) as ociosidades entre frentes, as quebras e manutenções dos equipamentos.

utilização produtivo é o quociente de divisão da produção da equipe pela produção de cada tipo de equipamento e é sempre menor ou igual a 1. O coeficiente de utilização improdutivo é obtido por diferença.

Os percentuais produtivos e improdutivos são obtidos conforme:

Eq. 2

onde:

N_p = número de unidades do equipamento que comanda a produção da equipe;

P_p = produção do equipamento que comanda a equipe;

N_1 = número de unidades do equipamento que se está calculando a utilização;

P_1 = produção do equipamento que se está calculando a utilização.

O percentual improdutivo é calculado por:

Eq. 3

Pelo que foi exposto até aqui, com relação aos tempos improdutivos dos equipamentos, pode-se depreender que sua quantificação só é possível quando se estuda caso a caso, pois ela é inteiramente função de como se pretende conduzir cada frente de serviço. Assim sendo, as Composições de Serviços contidas no SINCTTRAN incluem o custo do tempo improdutivo dos equipamentos pela aplicação de um percentual adicionado ao valor da hora produtiva. Esse percentual, de 3%, foi estabelecido levantando-se, em cada item de serviço do SICRO2, o quociente: valor das horas improdutivas / valor das horas produtivas e calculando-se a média. Observa-se que, na prática, este percentual parece muito baixo pois, conforme levantamentos em campo (ver Capítulo 6), os valores encontrados são muito superiores.

4.2.6. Resumo dos termos contidos nos manuais

Um resumo dos termos e formas abordadas pelos manuais é apresentada na Tabela 28:

Tabela 28 – Termos e formas abordadas pelos manuais estudados.

DNIT	Hora operativa • Tempo operativo ○ Tempo produtivo ○ Tempo em espera	Custo horário operativo	d + m + o (juros de capital vai no BDI)*
	Hora improdutiva • Tempo improdutivo	Custo horário improdutivo	mdo*
	Obs.: SICRO 2 - na composição de preços unitários (CPU) aparece utilização operativa e utilização improdutiva Obs.: SICRO 3 – embora se trate do custo horário operativo, na CPU não aparece nenhuma nomenclatura		
TCPO	Hora produtiva	Custo horário produtivo	d + j + m+ o*
	Hora improdutiva	Custo horário improdutivo	d + j + mdo*
	Apresenta conceitualmente (sem no entanto aplicar às composições) uma nova abordagem para os custos de equipamentos, embasada nos seguintes conceitos: • Tempo em funcionamento • Tempo em processamento • Tempo disponível para o serviço • Tempo disponível de equipamento		
CAIXA - INFRAERO	Utilização operativa	Custo horário operativo	-
	Utilização improdutiva	Custo horário improdutivo	-
EMOP	Hora produtiva	Custo horário produtivo - CP	d + j + m+ o*
	Hora improdutiva	Custo horário improdutivo - CI	d + j + mdo*
SIURB	Obs.: não aparece nenhuma nomenclatura		

*Legenda:
d = depreciação   j = juros de capital   m = manutenção
o=operação (inclui mdo)   mdo = mão de obra

Reflexões acerca da Tabela 28:

a) Tempo operativo;

- Exceto o SIURB, o tempo operativo é tratado de maneira semelhante pelos manuais. O DNIT complementa considerando os momentos em que o equipamento está trabalhando ou em espera.

b) Tempo improdutivo;

- O SIURB e o SICRO 3 não apresentam as horas improdutivas. Os demais manuais tratam o tempo improdutivo de maneira semelhante.

c) Custo horário operativo;

- O TCPO e o EMOP consideram os mesmos custos (depreciação + juros de capital + manutenção + operação) no momento de calcular o custo horário operativo. Para o DNIT os “juros de capital” devem ser considerados no momento de definição do BDI⁴⁸. CAIXA-INFRAERO e SIURB não apresentam nenhuma metodologia.

d) Custo horário improdutivo;

- O TCPO e o EMOP consideram os mesmos custos (depreciação + juros de capital + mão de obra) no momento de calcular o custo horário improdutivo. No SICRO 2 considera-se somente o custo da “mão de obra”. Já o SICRO 3 define que o custo horário improdutivo equivale a 3% do custo horário operativo. CAIXA-INFRAERO e SIURB não apresentam nenhuma metodologia.

e) Nova abordagem para os custos de equipamentos. Na 13ª edição do TCPO, TCPO (2008), foi proposta uma nova postura para a abordagem dos custos dos equipamentos. Segundo o autor, trata-se de um caminho um pouco mais complexo que o tradicional, ao definir subdivisões um pouco mais detalhadas que a postura usual de distinguir apenas tempos produtivos e improdutivos. Trata-se de uma proposição conceitual, demandando, caso se queira aplicá-la, um envolvimento do responsável pela estimativa em termos do desenvolvimento do seu uso quanto a sua aplicação aos vários equipamentos e nas várias situações em que os mesmos podem comparecer. Neste caso, quatro tempos são apresentados: tempo em funcionamento; tempo em processamento; tempo disponível para o serviço; e tempo disponível de equipamento.

4.2.7. Custos de Implantação de uma Rodovia

Ao longo de todas as fases de implantação, ocorre uma interação entre os componentes do custo total de uma rodovia. O objetivo é buscar uma solução

---

⁴⁸ BDI: benefícios e despesas indiretas. Expresso através de um percentual sobre os Custos Diretos, que engloba, além do lucro e das despesas indiretas, tudo o mais que deve ser executado e não consta da planilha de custos.

economicamente viável. Na Figura 27 mostra-se, esquematicamente, o ponto ótimo de investimento para a escolha dos padrões de uma rodovia.

Figura 27 – Interação entre os componentes do custo total de uma rodovia
Fonte: Aranovich (1998)

Como se pode observar, à medida que aumenta o capital inicial investido na construção da rodovia (custo de construção), diminui o custo de operação de veículos e de conservação. A curva relativa ao custo total de transporte representa a totalidade dos custos, isto é, o capital inicial investido somado ao custo de operação e conservação. Assim, a otimização do custo do ciclo de vida de uma rodovia fica representada pelo ponto ótimo.

Isso demonstra que não seria prudente buscar reduções de custos atacando apenas um de seus componentes. Ao contrário, sempre se faz necessário considerar as relações recíprocas. A tentativa de reduzir custos específicos, sem olhar para o conjunto, pode não beneficiar o sistema como um todo, já que a redução em um elemento de custo geralmente provoca aumento em outros. Assim, é sempre necessário considerar o efeito que cada tentativa de redução pode provocar sobre o custo total do ciclo de vida.

4.2.8. Custos unitários dos serviços

O custo total de produção de uma rodovia tem dois componentes: o custo indireto ou fixo e o direto ou variável, que, para serem definidos em uma categoria ou outra, depende do horizonte de tempo com o qual se está lidando. Uma boa análise destes componentes é feita por Pindyck e Rubinfeld (1999).

Segundo os autores, os Custos Indiretos ou Fixos são os custos que a empresa terá, independente do nível de produção obtido, e não serão modificados em curto prazo. São indiretamente envolvidos na produção. Os Custos Diretos ou Variáveis são os diretamente associados à execução (produção) dos serviços.

A sistematização da metodologia adotada pelo DAER-RS⁴⁹, para o cálculo do custo unitário de um serviço, é apresentada na Figura 28.

Figura 28 – Sistematização da metodologia de composição de custo unitário de um serviço.
Fonte: Pedrozo (2001)

⁴⁹ DAER-RS: Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Estado do Rio Grande do Sul.

Inicia-se com a pesquisa de mercado. Depois com as especificações técnicas que se dividem em dois caminhos: a) constituição da equipe (cálculo dos custos produtivos e improdutivos, definição da mão de obra e da produção horária); b) determinação do consumo de materiais e transporte. As bonificações e despesas indiretas são calculadas. Tendo ao final, o custo unitário total do serviço.

4.2.9. Custo horário de equipamentos

Uma das parcelas componentes do custo dos serviços rodoviários é o custo horário de utilização dos equipamentos empregados em sua execução. Deste modo é importante estabelecer critérios que definam a forma como serão levados em conta os diferentes componentes desse custo.

Em função de sua necessidade, Kauffmann et al (2001) sugerem que, para o estudo dos custos horários de equipamentos, as três categorias de referências, apresentadas a seguir, são fundamentais:

- a) Textos de engenharia econômica: textos avançados em engenharia econômica geralmente incluem capítulos que abordam os métodos e as questões de análise de substituição dos equipamentos. Park e Gunter (1990) e John et al (2005) são exemplos de livros didáticos abrangentes, contendo uma discussão aprofundada dos métodos de engenharia econômica.
- b) Modelos de vida útil de equipamentos (custo de propriedade): Jones, Zydiak e Hopp (1989), Jones, Zydiak e Hopp (1992), Jones e Zydiak (1999) e JIarc (2008) são exemplos que abordam conceitos teóricos gerais que são amplamente aplicáveis a este estudo.
- c) Referências práticas e manuais: Douglas, Popescu e Ryan (2006) e Tatum et al (2006) são exemplos deste tipo de material de referência.

Segundo o manual do DNIT e do TCPO, as despesas que são consideradas para o cálculo do custo horário de um equipamento estão apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29 – Custo horário de equipamentos

DNIT	TCPO
a) custos de propriedade; b) depreciação; c) custo de oportunidade do capital; d) seguros e impostos; e) custos de manutenção; f) reparos em geral; g) material rodante / pneus; h) partes de desgaste (bordas cortantes, dentes de caçamba, ferramenta de penetração no solo, entre outras); i) custos de operação; j) combustível; k) filtros e lubrificantes; l) mão de obra de operação.	a) custos de propriedade • remuneração do capital investido; • reposição da perda de valor (depreciação). b) custos de manutenção • preventiva; • corretiva; c) custos de operação • energia para o funcionamento do equipamento; • remuneração dos trabalhadores que operam o equipamento.
Fonte: DNIT (2007a)	Fonte: TCPO (2008)

Em resumo, o custo horário de um equipamento é a soma dos custos de propriedade, manutenção e operação referidos à unidade de tempo (hora). Ele é utilizado para o cálculo dos custos unitários dos serviços que o equipamento produz.

Considerando a importância dos equipamentos no total do custo unitário de um serviço de rodovia, este assunto deve ser melhor estudado. Sua breve apresentação se justifica como uma introdução para o entendimento da produção das equipes mecânicas.

4.2.10. Produção das equipes mecânicas

No manual do DNIT (2007a) a produção das equipes mecânicas corresponde sempre à de seu equipamento principal, devido ao próprio princípio através do qual as patrulhas são compostas. A produção das equipes mecânicas pode ser determinada por métodos teóricos, que levam em conta as características de

catálogo do equipamento, ou por meio de métodos experimentais, que implicam medições feitas diretamente no campo. As informações do SINCTTRAN relativas às produções de equipes mecânicas foram inicialmente geradas pelo método teórico.

4.2.11. Método teórico do DNIT

O método teórico para determinação da produção de uma equipe mecânica parte do princípio de que esta será sempre igual à produção do seu equipamento principal. Desta forma, conhecendo-se a produção horária do equipamento principal, estará determinada a produção da patrulha.

4.2.11.1. Descrição do método

A produção do equipamento principal, por sua vez, é calculada através de fórmulas específicas para cada tipo de equipamento.

As fórmulas levam em conta uma série de variáveis intervenientes, que são função das características do equipamento e do serviço que este realiza (capacidade, largura, velocidade, tempo de carga, descarga, manobras etc.) bem como alguns fatores de correção, cuja finalidade é adaptar os resultados às condições reais em que os serviços são realizados.

Usualmente são empregados os seguintes fatores de correção:

- a) Fator de Eficiência;
- b) Fator de Conversão;
- c) Fator de Carga.

Os referidos fatores comportam as seguintes considerações:

- a) **Fator de Eficiência:** o fator de eficiência de um equipamento é a relação entre o tempo de produção efetiva e o tempo de produção nominal.

Para calcular o fator de eficiência, devem ser observados os seguintes critérios: para cada hora do seu tempo total de trabalho, será estimada a produção efetiva de 50 minutos, para que sejam levados em consideração os tempos gastos em alterações de serviço ou deslocamentos, preparação da máquina para o trabalho e sua manutenção (Equação 4).

 Eq. 4

- b) **Fator de Conversão:** o fator de conversão é a relação entre o volume do material para o qual está sendo calculado o custo unitário e o volume do mesmo material que está sendo manuseado. Na terraplenagem, representa a relação entre o volume do corte e o volume do material solto (Equação 5).

 Eq. 5

Na Tabela 30 apresentam-se os valores adotados pelo DNIT.

Tabela 30 – Fator de conversão: relação entre o volume do corte e o volume do material solto

Material de 1ª categoria	Material de 2ª categoria	Material de 3ª categoria
$FC = 1,0 / 1,30 = 0,77$	$FC = 1,0 / 1,39 = 0,72$	$FC = 1 / 1,75 = 0,57$

Fonte: DNIT (2007a)

- c) **Fator de Carga:** o fator de carga é a relação entre a capacidade efetiva do equipamento e sua capacidade nominal. Os valores adotados encontram-se nas faixas recomendadas pelos fabricantes e são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 – Relação entre a capacidade efetiva do equipamento e sua capacidade nominal

Material de 1ª categoria	Material de 2ª categoria	Material de 3ª categoria
Categoria: 0,90	Categoria: 0,80	Categoria: 0,70

Fonte: DNIT (2007a)

Uma vez dispondo de todos os elementos necessários ao cálculo, este é feito com o auxílio da planilha de Produção das Equipes Mecânicas, autoexplicativa, cujo modelo é apresentado na Tabela 32

Tabela 32 – Cálculo de produção de equipe mecânica

SINCTRAN Planilha de Cálculo de Produção de Equipe Mecânica								
CÓDIGO		SERVIÇO:					UNIDADE	
Parte 1	1	2	3	4	5	6	7	8
	VARIÁVEIS INTERVENIENTES		UNIDADE	EQUIPAMENTOS				
	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 e manobra)						
	q	Tempo percurso (ida)						
	r	Tempo retorno						
	s	Tempo total de ciclo						
	t	Velocidade (ida) média						
	u	Velocidade retorno						
	z	Número de unidades						
	Parte 2	OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS				
				2a	3b	4c	5d	6e
3	PRODUÇÃO HORÁRIA							
4	COEFICIENTE UNITÁRIO (1/Produção Horária)							

MT/DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
 SISTEMA NACIONAL DE CUSTOS DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - SINCTRAN

Fonte: DNIT (2007a)

A sistemática de preenchimento da tabela é apresentada a seguir.

Parte 1

Coluna 1 - Referência: nesta coluna estão enumeradas alfabeticamente as referências das variáveis intervenientes.

Coluna 2 - Variáveis Intervenientes: nesta coluna estão discriminadas as diversas variáveis que influenciam na produção da equipe; são elas:

- a) *Afastamento* - é a distância entre furos nas minas no sentido transversal à frente de ataque do serviço. Utilizado nas extrações a fogo.
- b) *Capacidade* - é a medida que indica a dimensão do equipamento em termos de produção. A capacidade teórica, indicada nas especificações do equipamento; é chamada capacidade nominal.
- c) *Consumo (quantidade)* - é o gasto que tem o equipamento para executar um serviço (por exemplo: uma perfuratriz de determinado tipo consome 3,3 m³/min de ar comprimido).
- d) *Distância* - é o intervalo de lugar onde o equipamento está atuando.
- e) *Espaçamento* - é a distância entre furos das minas no sentido da frente de ataque do serviço.
- f) *Espessura* - são as alturas com que são executadas as diversas camadas de aterro em terraplenagem e da seção estrutural do pavimento.
- g) *Fator de carga* - é a relação entre a capacidade efetiva e a capacidade nominal.
- h) *Fator de conversão* - é a relação entre o volume do material no corte e o volume do material solto.
- i) *Fator de eficiência* - é a relação entre a produção efetiva e a produção nominal.
- j) *Largura de operação* - é a dimensão lateral em que o equipamento atua.
- l) *Largura de superposição* - é o recobrimento lateral necessário para se dar continuidade à execução do serviço.
- m) *Largura útil* - é a dimensão lateral útil de operação do equipamento. É obtida subtraindo-se a largura da operação da largura de superposição.
- n) *Número de passadas* - é o número de vezes que tem que atuar o equipamento, num mesmo lugar, para executar o serviço.
- o) *Profundidade* - é a penetração atingida pelo equipamento na execução dos serviços.
- p) *Tempo fixo* - é o intervalo de tempo gasto pelo veículo com carga, descarga e manobra.
- q) *Tempo de percurso (ida)* - é o intervalo de tempo gasto pelo veículo para ir carregado, do ponto de carregamento até o ponto de descarga.
- r) *Tempo de retorno* - é o intervalo de tempo gasto pelo veículo para retornar vazio do ponto de descarga até o ponto de carga.

- s) Tempo total de ciclo - é a soma dos tempos fixos, tempo de percurso e tempo de retorno.
- t) Velocidade (ida) média - é a relação da distância entre os locais de carga e de descarga, e o tempo de percurso.
- u) Velocidade de retorno - é a relação da distância entre os locais de carga e de descarga, e o tempo de retorno.
- z) Número de unidades.

Coluna 3 - Unidade: nesta coluna são transcritas as unidades em que as variáveis intervenientes são medidas para sua apreciação no cálculo da produção do equipamento.

Colunas 4, 5, 6, 7 e 8 - Equipamentos: nestas colunas são colocadas as variáveis intervenientes que afetam a produção, de todos os equipamentos que compõem uma determinada equipe.

Parte 2

Coluna 1 - Observações: nesta coluna são colocadas as observações necessárias ao bom entendimento dos cálculos efetuados.

Colunas 2_a, 3_b, 4_c, 5_d e 6_e - Fórmulas: nestas colunas são colocadas as fórmulas utilizadas na determinação da produção do equipamento.

Parte 3 - Produção Horária: nesta célula é colocada a produção horária dos diversos equipamentos que compõem a equipe, obtida através das fórmulas de cálculo e das variáveis intervenientes.

Parte 4 – Coeficiente Unitário: apresenta a Razão Unitária de Produção

---

Um exemplo de aplicação deste método é apresentado no Apêndice A.

4.2.12. Método teórico do TCPO

Em termos de indicadores de produtividade, as composições apresentadas no TCPO (2008), apresentam as horas produtivas do equipamento (ver Figura 29).

Uma nota explicativa, acompanhando a composição unitária, descreve quatro pontos importantes quanto à execução dos serviços, quais sejam: conteúdo do

serviço; critério de medição; procedimento executivo; e normas técnicas (ver Figura 30).

02315.8.9.1 COMPACTAÇÃO de aterro – unidade: m ³			
CÓDIGO	COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS
01270.0.45.1	Servente	h	0,015
**22500.9.2.1	Caminhão irrigadeira, diesel, potência 167 HP (125 kW), capacidade 8.000 l – vida útil 8.000 h	h prod.	0,01
**22700.9.10.9	Rolo compactador autopropelido vibratório com pneus de tração, cilindro pé-de-carneiro em aço, diesel, potência 150 HP (112 kW), peso operacional 11,60 t, fator de carga médio – vida útil 8.000 h	h prod.	0,005
**22700.9.15.7	Trator sobre pneus, diesel, potência 92 HP (68 kW) – vida útil 8.000 h	h prod.	0,01
**22700.9.4.1	Grade de disco rebocável, faixa de trabalho 3,5 m – vida útil 20.000 h	h prod.	0,01
**22700.9.5.10	Motoniveladora sobre pneus, diesel, fator de carga médio, com lâmina reta, potência no volante do motor: 135 HP (101 kW) – vida útil 8.000 h	h prod.	0,005
**22700.9.9.3	Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 99 HP (74 kW), peso operacional 6 t – vida útil 8.000 h	h prod.	0,005

Figura 29 – Modelo de composição unitária – TCPO
Fonte: TCPO (2008)

CONTEÚDO DO SERVIÇO

1) O serviço de compactação de aterro compreende o espalhamento, aeração, umedecimento e acabamento do material da área de empréstimo, já depositado no local. Não incluso material de empréstimo.

2) Prever o transporte dos equipamentos até o local da obra e posterior retorno.

3) Produção considerada para a equipe: 200 m³/h.

4) Equipamentos utilizados mais adequados para compactação de solos coesivos.

5) Os coeficientes de consumo são para atingir energia normal de compactação; para atingir energia intermediária, aumentar em aproximadamente 25% os coeficientes dos rolos compactadores, e para atingir energia modificada, aumentar em 50%, ou utilizar rolos compactadores compatíveis.

(**) Esse(s) coeficiente(s) tem como base o custo horário do equipamento (ver divisão 22).

CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Volume medido por camada acabada.

PROCEDIMENTO EXECUTIVO

1) Iniciar o aterro sempre no ponto mais baixo, em camadas horizontais superpostas de até 30 cm e camada final de até 20 cm.

2) Prever o caimento lateral ou longitudinal para rápido escoamento das águas pluviais, evitando o acúmulo em qualquer ponto.

3) Há três etapas distintas na execução: o lançamento do material pelo equipamento de transporte, o espalhamento em camadas e a compactação propriamente dita. Sempre que as condições locais permitirem, os serviços devem ser organizados para que se tenha uma ou mais frentes de trabalho em que as citadas etapas sejam devidamente escalonadas.

4) Havendo precipitações pluviais nessa etapa, a percolação da água aumenta a umidade do solo muito acima da ótima, sendo necessária uma secagem posterior ou remoção do solo. Em materiais argilosos, a diminuição do teor de umidade é muito demorada, quer seja feita por evaporação natural ou induzida; nesse caso, considerar o uso de equipamentos especiais como arados, grades ou lâmina da motoniveladora.

5) Se a camada já estiver lançada e regularizada, havendo risco de precipitação imprevista, considerar o uso de rolos lisos ou pneumáticos para selar a camada.

NORMAS TÉCNICAS

NBR 5681 – Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações

Para Procedimento Executivo, consultar também a seguinte literatura:

A Técnica de Edificar, item 4.3.

Caderno de Encargos, item P-03.ATE.1.

Figura 30 – Modelo de nota explicativa que acompanha a composição unitária

Fonte: TCPO (2008)

4.2.13. Modelos de composições unitárias

Os modelos de composições unitárias, adotados pelos manuais, são apresentados a seguir.

4.2.13.1. DNIT

O modelo de composição unitária, utilizado no SICRO 3, foi apresentado na Figura 24.

Pode-se observar que o modelo se refere apenas ao custo horário operativo. Diferente do apresentado no SICRO 2 que apresenta utilização operativa, utilização improdutiva e a quantidade de recursos (Figura 31).

Analizando a composição intitulada: Escavação, carga e transporte de material de 1 categoria para a distância média de transporte (DMT) entre 50 e 200m, o equipamento líder da equipe é a escavadeira hidráulica, cuja utilização operativa é igual a “1” (100%). Sua produção de 192 m³/h gera ociosidade para os demais membros da equipe. Exemplo, a motoniveladora tem 95% (0,95) de ociosidade e o caminhão basculante 4% (0,04).

Mais que isto, a designação de uma motoniveladora é desnecessária para este tipo de serviço, haja vista que a atividade se resume em escavar (escavadeira hidráulica) o material e em seguida carregar o caminhão.

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários			SICRO2	
Composição de Custo Unitário de Referência			RCTR0220	
Construção Rodoviária				
Atividade / Serviço: 2 S 01 100 22 - Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 a 200m c/e				
Produção da Equipe: 192,0000 m3			Adicional de Mão-de-Obra: 0,00 (%)	
Lucro e Despesas Indiretas:				
A - Equipamento			Quantidade	Utilização Operativa Improd
E006	Motoniveladora - (93 kW)		1,00	0,05 0,95
E062	Escavadeira Hidráulica - com esteira - cap. 1,7 m3 (166 kW)		1,00	1,00 0,00
E432	Caminhão Basculante - 20 t (279 kW)		2,00	0,96 0,04
B - Mão-de-Obra			Quantidade	
T501	Encarregado de turma		1,00	
T701	Servente		3,00	
Observações: OBS.: Especificações de serviço : DNER-ES-280 E DNER-ES-281.				

Figura 31 – Modelo de composição unitária – SICRO 2
Fonte: DNIT (2003b)

4.2.13.2. EMOP

O modelo de composição unitária, utilizado no EMOP, é apresentado na Figura 32. Nesta composição estão descritos: o código; o serviço; os insumos; a unidade; o indicador de produtividade – coeficiente (razão entre a hora e a quantidade de serviço); coeficiente produtivo (CP); e coeficiente improdutivo (CI).

CÓD.	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PERC.
03.021.005-1 (01665)		m³		
	ESCAVAÇÃO MECÂNICA, A CÉU ABERTO, EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA			
01114	19.005.008-2 Escavadeira hidráulica, com motor diesel de 92CV, capacidade de 0,78m³ (CP)	h	0,0134	
01116	19.005.008-4 Escavadeira hidráulica, com motor diesel de 92CV, capacidade de 0,78m³ (CI)	h	0,0058	
01999	Servente	h	0,0192	

* Este percentual refere-se a desgaste de ferramentas

Figura 32 – Modelo de composição unitária – EMOP
Fonte: Rio de Janeiro (1999)

4.2.13.3. SIURB

O modelo de composição unitária, utilizado no SIURB, é apresentado na Figura 33. Nesta composição estão descritos: o código; o serviço; os insumos; a unidade (de cada insumo); o custo unitário, o indicador de produtividade – coef. (razão entre a hora e a quantidade de serviço); a unidade do serviço; o valor parcial (custo unitário x o indicador de produtividade); e o valor total (soma dos valores parciais).

CÓDIGO	NOME DO SERVIÇO	UNID	CUSTO UNIT.	COEF.	UNID	VALOR
	CODINS NOMINS				Vparc	
04-11-00	ESCAVAÇÃO MECÂNICA, CARGA E REMOÇÃO DE TERRA ATÉ A DISTÂNCIA MÉDIA DE 1,0KM				M3	9,37
94008	CAMINHÃO BASCULANTE - 10 M3	H	93,98	0,047040		4,4207
94015	PÁ CARREGADEIRA DE PNEUS - 1,80 M3	H	98,76	0,028000		2,7653
94061	TRATOR DE ESTEIRA - 9 TON.	H	77,83	0,028000		2,1793

Figura 33 – Modelo de composição unitária – SIURB
Fonte: São Paulo (2010)

4.2.13.4. TCPO

O modelo de composição unitária, utilizado no TCPO, foi apresentado na Figura 29.

4.2.13.5. Caixa Econômica Federal

O modelo de composição unitária, utilizado na CAIXA, é apresentado na Figura 34. Nesta composição estão descritos: o código; o serviço; os insumos; a unidade; a quantidade de cada insumo; o indicador de produtividade (utilização

operativa); o indicador de improdutividade (utilização improdutiva); o custo operativo; o custo improdutivo; e o custo horário.

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO								
ITEM 03			Data: JUL/05					
CÓDIGO	SERVIÇO: Escavação e Carga de Material de 1ª categoria							UNIDADE
02.04.201								m³
	EQUIPAMENTOS	UND	QUANT	UTILIZAÇÃO OPERATIVA	UTILIZAÇÃO IMPRODUTIVA	CUSTO OPER	CUSTO IMPROD	CUSTO HORÁRIO
	Carregadeira de pneus CAT950 (3,1m³)	h	1	0,0089		139,74	10,80	1,24
	Trator de esteiras c/ lâmina D8	h	1	0,0058		297,12	10,80	1,72
(A) CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS - TOTAL								2,96
CÓDIGO	MÃO-DE-OBRA SUPLEMENTAR				UND	COEFICIENTE	SALÁRIO BASE	CUSTO HORÁRIO
	Ajudante				h	0,0140	6,08	0,09

Figura 34 – Modelo de composição unitária – CAIXA
Fonte: Infraero (2005)

4.2.13.6. POLI-USP

O modelo de composição unitária, utilizado na POLI-USP, é apresentado na Figura 35. Nesta composição estão descritos: o código SPCI; a numeração do item; o código INFRAERO; a classificação (classe e tipo); os insumos; a unidade; o indicador de produtividade (utilização operativa); e o indicador de improdutividade (utilização improdutivo).

COMPOSIÇÕES DE IMPRIMAÇÃO E PINTURA DE LIGAÇÃO												
conferido em 26/05/08						Tanque de estocagem de asfalto 20.000 l (h)		Distribuidor de betume 6.000 l (h)		Asfalto diluído CM-30 (kg)	Emulsão ASF. RR-1C (kg)	Ajudante (h)
						Utilização operativa		Utilização operativa	Utilização improdutivo			
CódigoCom p SPCI	Planilha INFRAERO	código INFRAERO	classificação		OPÇÃO 1	código	5207	7018	7023	501	503	6115
			classe	tipo 1	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	unidade	insumo	insumo	insumo	insumo	insumo	insumo
91110	Item 68	04.05.401			Imprimação	m2	0,0018	0,0009	0,0028	1,4000	-	0,0040
91111	Item 69	04.05.402			Pintura de ligação	m2	-	0,000610	0,0038	-	0,5100	0,0039

Figura 35 – Modelo de composição unitária – POLI-USP
Fonte: EPUSP (2008a)

4.3. Reflexões do Capítulo 4

Este capítulo possibilitou o esclarecimento das seguintes questões de pesquisa (apresentadas no Capítulo 1):

- a) Quais são os principais manuais, para prognóstico da produtividade, utilizados na implantação da infraestrutura de rodovias?

Resposta: embora existam outros manuais, os principais são o DNIT; EMOP; SIURB; TCPO; CAIXA; e PCC-USP.

- b) Como esses manuais dividem as fases executivas de cada serviço (quebra do serviço)?

Resposta: geralmente as fases executivas não são apresentadas (conforme a estruturação de cada manual).

- c) Esta quebra dos serviços é tratada da mesma maneira pelos manuais?

Resposta: cada manual trata a quebra dos serviços de maneira diferenciada.

- d) Estes manuais utilizaram qual método, teórico ou experimental, para gerar os indicadores?

Resposta: a maioria dos manuais não deixa claro o método utilizado. O DNIT (o principal manual para o subsetor de rodovias), por exemplo, se embasou no teórico e não foi confirmado conclusivamente de forma experimental⁵⁰.

- e) Como os manuais apresentam os indicadores?

Resposta: todos apresentam um valor unitário para cada elemento da composição. O TCPO, para alguns serviços que não são rodoviários, iniciou a prática de apresentação de faixas de produtividade variável.

- f) Estes indicadores apresentados são muito diferentes?

Resposta: os indicadores são muito diferentes, por exemplo, para o serviço de CBUQ, encontrou-se variações de até 879% para o rolo compactador de pneus e 1874% para os auxiliares.

- g) Observando os manuais, o porquê destas variações pode ser interpretado?

Resposta: após um estudo minucioso de cada manual, o porquê das variações não está explícito claramente.

- h) Os fatores considerados pelos manuais, quando eles apresentam um indicador para um determinado serviço, são visíveis?

Resposta: os fatores e anormalidades não são identificáveis nos manuais.

---

⁵⁰ Nota do SINCTRAN.

- i) A forma como estes indicadores são apresentados subsidia a tomada de decisões confiáveis?

Resposta: por serem apresentados somente os valores unitários e em função da grande variação dos indicadores, esta forma não subsidia a tomada de decisões confiáveis.

- j) Uma nova proposta de prognóstico da produtividade destes serviços pode vir a sanar estes problemas?

Resposta: por meio da apresentação de uma faixa de valores e os fatores orientadores sobre qual valor adotar, o processo de orçamentação e planejamento de uma obra rodoviária pode se tornar mais preciso. Neste sentido, um novo modelo de prognóstico da produtividade destes serviços pode amenizar e/ou resolver as falhas apontadas anteriormente e assim contribuir para levar o processo de gestão da produção de rodovias a um novo patamar de produtividade e eficiência.

Atingido esse patamar de entendimento da problemática até aqui apresentada, desenvolveu-se a seguir a proposta de abordagem para as composições.

.

5. PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA AS COMPOSIÇÕES

Foi apresentado nos capítulos anteriores que em relação aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, existem muitos manuais porém, cada um aborda as etapas de execução de maneira diferente e os indicadores de produtividade apresentados são extremamente variáveis. Além disso, não é possível saber, com base na leitura dos manuais, quais fatores foram considerados quando se indica um determinado valor para certo serviço. Portanto, a sua utilização (dos manuais), enquanto ferramenta de orçamentação e gestão, é pouco eficiente. Outro ponto a ser observado é que apropriar dados em construção é uma tarefa complexa que envolve custo, tempo e disponibilidade. Este trabalho, que envolve o estudo de seis manuais, duas obras e entrevistas com especialistas, se encaixa perfeitamente neste cenário de dificuldades.

Segundo SOUZA (1996), apesar de, na maioria das vezes, as definições sobre como medir a produtividade representarem uma razão entre entradas e saídas do processo que se deseja avaliar, pode haver variações quanto a sua abrangência, ao que se mede como entradas e saídas e à constituição da razão entre entradas e saídas, entre outros. O autor enfatiza que, quando se discute a produtividade, tanto em debates entre profissionais de campo ou especialistas, quanto em artigos técnicos sobre o assunto, paira sempre uma grande dúvida sobre como foram calculados os indicadores que estão sendo utilizados. Segundo o mesmo autor, para que isto possa acontecer sobre base sólida, há que se ter uma definição clara de como se padronizar a mensuração da produtividade. Esta proposta de abordagem para as composições visa atender a todos estes parâmetros.

Este capítulo visa apresentar uma proposta de abordagem para as composições a serem estudadas (contidas nos seis manuais e dois estudos de caso). Esta abordagem se baseia, principalmente, nos conceitos de Produtividade Variável, no Modelo dos Fatores (que enfatiza as anormalidades e fatores que fazem a produtividade variar) e nos momentos de incidência das horas de equipamentos (horas disponíveis para o serviço e horas em funcionamento).

5.1. Contextualização

Os indicadores de produtividade na Construção Civil, tanto no Brasil quanto no exterior, tradicionalmente têm sido apresentados por composições individuais para cada serviço, sendo que, para cada um deles, indica-se a demanda média por materiais, mão de obra e por equipamentos para se executar uma unidade do produto. Por exemplo, no caso da produção de 1 m³ de escavação de material de 1ª categoria, a composição 0401953 do DNIT (2007d) indica a necessidade de 0,0052 h de escavadeira hidráulica. Tal postura, embora de fácil entendimento e aplicação, vinha sendo criticada, nos últimos anos, em função da diversidade de tipologias de produtos, de tecnologias utilizáveis e das diferentes formas de organização e gestão dos serviços que vêm sendo adotadas pelas empresas de construção. Além disso, com o aumento da competição no mercado, as diferenças de desempenho, que já eram uma marca do setor, tornaram-se ainda mais importantes de serem consideradas para garantir o sucesso das empresas. Enfim, a ideia de se adotarem valores médios de produtividade para um serviço significa uma postura talvez simplificada demais ante as atuais necessidades de entendimento mais aprofundado das atividades de construção. Imagina-se que, para fins de orçamento, o conhecimento dos limites, máximos e mínimos, dos desempenhos característicos de um serviço, permitirá, quando considerado necessário pela empresa, um aprimoramento da estimativa dos recursos demandados pelo mesmo além disso, o simples conhecimento da faixa de valores que caracteriza o mercado facilitará uma comparação com o conjunto de empresas concorrentes, subsidiando decisões de cunho mais estratégico por parte dos gestores. É conveniente salientar ainda que, além de permitir uma melhoria no processo de orçamentação, uma postura mais analítica pode ser bastante útil como subsídio para: o aprimoramento da programação (tanto no nível de cronogramas físicos de obras quanto na definição da constituição de equipes de trabalho para um determinado serviço), o controle da produtividade, a escolha de tecnologias e da forma de gestão, a política de remuneração de operários e de subcontratados, dentre outros (TCPO, 2008). Enfim, imagina-se que a apresentação do conceito e de valores relativos à PRODUTIVIDADE VARIÁVEL possa contribuir para, paulatinamente, ter-se um instrumento útil a diversas fases de empreendimento de terraplenagem e pavimentação asfáltica e indutor de uma maior integração entre as mesmas. Espera-

se que os efeitos de sua aplicação possam ser sentidos no planejamento governamental em se tratando da destinação de orçamentos e verbas.

Para definir o que seja a já citada produtividade variável, é preciso antes definir os seguintes conceitos: produtividade da mão de obra e dos equipamentos; razão unitária de produção; produção unitária; faixas de variação e fatores.

5.2. Produtividade da Mão de obra e dos Equipamentos

Em face da importância do estudo da produtividade da mão de obra e dos equipamentos, há que se discutir como proceder à avaliação da mesma. Souza (2006) recomenda: para que se consiga discutir produtividade, de uma maneira proveitosa, é necessário definir uma linguagem padronizada para o assunto.

Do ponto de vista físico, a produtividade poderia ser definida (Figura 36) como a eficiência (e, na medida do possível, a eficácia) na transformação do esforço dos trabalhadores ou equipamentos em produtos de construção (a obra ou suas partes).

Figura 36 – Definição da produtividade
Fonte: Souza (2006)

5.3. Razão Unitária de Produção

Aceita a definição de produtividade ilustrada na Figura 36, Souza (2006) sugere adotar o indicador denominado razão unitária de produção (RUP)⁵¹ como mensurador da produtividade, relacionando o esforço humano, avaliado em Homens

⁵¹ O termo Razão Unitária de Produção (RUP) é normalmente utilizado para medir a eficiência da mão de obra. O seu emprego para medir a eficiência de equipamentos também é aplicável.

x hora (Hh) ou Equipamento x hora (Eqh), com a quantidade de serviço realizado (Equação 6).

$$\text{Razão Unitária de Produção} = \frac{H \times h}{\text{Quantidade de serviço}} \quad \text{Eq. 6}$$

Ressalta-se que, em função da definição feita, um valor alto de RUP indica produtividade pior que um valor baixo.

5.3.1. Diferentes tipos de RUP

Na metodologia proposta por Souza (2006), podem-se definir diferentes períodos de tempo aos quais se associarão as mensurações das RUP, e, portanto, das entradas (H e h ou Eq e h) e saídas (quantidade de serviço produzido em um determinado tempo - QS):

- a) o dia de trabalho, quando, a cada dia útil de serviço, medem-se entradas e saídas, calculando-se a RUP que, nesse caso, será denominada RUP diária (RUP_d);
- b) um período acumulado, quando as quantidades de entradas e saídas são acumuladas desde o primeiro dia do estudo até a data de sua avaliação; neste caso, tem-se a RUP cumulativa (RUP_{cum});

RUP potencial (RUP_{pot}) seria um valor da RUP diária (RUP_d) associado à sensação de bom desempenho e que, ao mesmo tempo, mostra-se factível em função dos valores de RUP_d detectados. Matematicamente a RUP_{pot} é calculada como o valor da mediana das RUP_d inferiores ao valor da RUP_{cum} ao final do período de estudo (SOUZA, 2006).

5.3.2. Mão de obra e equipamento contemplado

Sendo o foco deste estudo a produtividade nos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, a preocupação recai sobre os equipamentos e a mão de obra de produção. Assim, embora a gestão seja extremamente importante, a definição das RUP's não envolverá o esforço dos gestores e sim somente o dos comandados por eles. Interessam os operários que “põem a mão na massa”.

Para fins do estudo da produtividade física dos equipamentos e da mão de obra de produção, em um determinado serviço, interessa detectar quem está alocado ao serviço, se está envolvido no objetivo fim (por exemplo, lançamento de mistura asfáltica) ou em atividades meio (por exemplo, produção da mistura asfáltica em usina).

5.4. Produção Unitária

A produção unitária (PU) traduz a quantidade de serviço produzido pelo equipamento (ou mão de obra) por hora disponível para o serviço. É o inverso da RUP (Equação 7).

$$\text{PU} = \frac{1}{\text{RUP}} \quad \text{Eq. 7}$$

5.4.1. Diferentes tipos de PU

Assim como a RUP, em relação à Produção Unitária (PU) podem-se definir diferentes períodos de tempo aos quais se associarão suas mensurações e, portanto, das entradas (Eq e h) e saídas (QS):

- a) o dia de trabalho, quando, a cada dia útil de serviço, medem-se entradas e saídas, calculando-se a PU que, nesse caso, será denominada PU diária (PU_d);
- b) um período acumulado, quando as quantidades de entradas e saídas são acumuladas desde o primeiro dia do estudo até a data de sua avaliação; neste caso, tem-se a PU cumulativa (PU_{cum});

PU potencial (PU_{pot}) seria um valor da PU diária (PU_d) associado à sensação de bom desempenho e que, ao mesmo tempo, mostra-se factível em função dos valores de PU_d detectados. Matematicamente a PU_{pot} é calculada como o valor da mediana das PU_d superiores ao valor da PU_{cum} ao final do período de estudo. Neste caso, um valor alto de produção unitária indica uma melhor produtividade.

5.4.2. Reflexões sobre a PU

O entendimento da produtividade tem sido comumente abordado, nos trabalhos feitos no âmbito do Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, da Escola Politécnica de São Paulo⁵², na forma de expressá-la como a soma de duas parcelas: seu valor potencial (PU_{pot}) e o afastamento do mesmo (Δ) (ver Equação 8).

Eq. 8

Enquanto o potencial (referência) é definido pelos fatores ligados ao conteúdo e contexto, o afastamento tem sua explicação ligada à maior ou menor ocorrência de anormalidades (ver Figura 37).

Figura 37 – Modelo dos Fatores para a Produtividade na Construção⁵³
Fonte: Souza (1996)

Embora este seja o caminho para a criação de um modelo de previsão de base matemática, neste trabalho, em função de se reunirem dados de origens diferentes (coleta pelo autor, manuais e opinião de especialistas), visando suprir a deficiência de dados de campo de mesma base metodológica, julgou-se mais coerente expressar a variação da PU com base na explicitação do valor central da faixa de dados (mediana), associado à apresentação dos quartis (1º e 3º); o uso dos valores máximo e mínimo para definir variação não foram considerados adequados devido

⁵² Especificamente na linha de gestão com base em indicadores (coordenado pelo Professor Doutor Ubiraci Espinelli Lemes de Souza).

⁵³ A descrição deste modelo é apresentada na seção 5.5.

aos riscos de se estar valorizando uma eventual anormalidade (ou mesmo erro de definição) extraordinária.

5.5. Faixas de Variação e Fatores

Segundo Souza (2006), a produção unitária dos equipamentos e da mão de obra pode apresentar variações segundo faixas de amplitude bastante grandes. A Figura 38 justifica tal afirmação ao demonstrar que a produção unitária, para o serviço de compactação de aterro, varia de 884 m²/h a 2743 m²/h. A grande variação da produção unitária vigente nas obras de construção leva à seguinte conclusão: não é possível tomar boas decisões sem o conhecimento de tais faixas e das razões que levam às suas variações.

Figura 38 – Faixa de variação da produção unitária: compactação de aterro (m²/h)

Chega-se, então, a outra importante questão: por que a produção unitária dos equipamentos e da mão de obra varia?

Conceitualmente, o **Modelo dos Fatores**⁵⁴ teria uma resposta à questão. Na tentativa de classificar os fatores potencialmente alteradores da produção unitária presentes nas várias partes do processo de produção, diz-se que a produção unitária pode ser influenciada, Figura 39, na vigência de condições normais, por fatores ligados ao conteúdo e por fatores ligados ao contexto do serviço em estudo; além disso, a produção unitária pode ser alterada quando anormalidades acontecem. Normalmente os fatores ligados ao conteúdo dizem respeito às características do “produto” sendo executado e dos “recursos transformados”, tais como materiais e componentes. Os fatores de contexto normalmente se associam aos “recursos de transformação”, tais como mão de obra e equipamentos e às “condições de contorno”, tais como temperatura e postura dos sindicatos usuais. As anormalidades seriam “afastamentos” acentuados quanto às características regulares do conteúdo e contexto citados.

⁵⁴ O Modelo dos Fatores foi proposto por H. Randolph Thomas, da Pensylvania State University – Estados Unidos da América (SOUZA, 1996). Vários trabalhos foram produzidos empregando este modelo, dentre eles estão: Souza (1996); Paliari (2008); Inouye (2009); Marchiori (2009); e Salim Neto (2009).

Figura 39 – Classificação dos fatores influenciadores da produção unitária
Fonte: Souza (2006)

Devido a importância e por seu um referencial nesta tese, um breve histórico acerca do **Modelo dos Fatores** se faz necessário.

Fundado em 1983, o “*Construction Industry Institute*” (CII) incumbiu pesquisadores da *Pennsylvania State University* (PSU) de conduzir estudos quanto ao levantamento das formas mais comuns de medição da produtividade e à possibilidade de padronização desta. Num segundo estudo encomendado pela mesma entidade, gerou-se um manual (THOMAS; KRAMER, 1987) contendo os fundamentos para a padronização dos estudos relativos à produtividade em construção (SOUZA, 1996).

Cumprida a tarefa de criação de uma “linguagem comum”, as fases seguintes seriam o entendimento das variações da produtividade, isto é, a detecção dos porquês da sua ocorrência e a quantificação destas influências. O passo final seria representado pela previsão do que ocorrerá em um empreendimento com base em informações anteriores vindas de fontes tais como o projeto, o método construtivo escolhido, ou a avaliação da produtividade já ocorrida no mesmo. Grande parte dos estudos posteriores feitos na PSU após definirem um determinado serviço versaram sobre: o levantamento de fatores que influenciam significativamente a produtividade da mão de obra; o entendimento da extensão desta influência através do desenvolvimento de modelos estatísticos explanatórios, isto é, cujos termos indicam quais foram os fatores importantes e qual a extensão da sua influência em definir a produtividade em serviços anteriormente executados; a previsão de produtividade para serviços por executar, baseando-se também na aplicação ferramental estatístico (SOUZA, 1996).

O Modelo dos Fatores assume a existência de uma condição padrão de trabalho; sob esta, a produtividade diária será a “ideal” (pode-se o não assumir a existência de aprendizado); variações no conteúdo ou no contexto do trabalho fazem a produtividade real variar em relação ao valor ideal. O modelo relaciona a produtividade real diária às características diárias do trabalho (SOUZA, 1996).

5.6. Variação da Produção Unitária

A proposta de abordagem para as composições, desta tese, é aplicar os conceitos de Produtividade Variável nos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica. Produtividade variável será aqui tratada quanto à apresentação dos indicadores relativos aos recursos demandados para se fazer uma unidade de produto, por meio da postura: em lugar de apenas citar um valor médio histórico, inclui-se a apresentação de uma faixa de valores (indicando-se os valores mínimo, mediano e máximo) para o consumo de mão de obra e equipamentos.

Tal faixa é composta com base: na observação real do desempenho ocorrido (estudo de caso); nos dados contidos nos manuais; e na opinião de especialistas.

Os valores máximo e mínimo representam os extremos da faixa, representando, obviamente, situações limite do banco de dados disponível; o valor mediano representa a região central do conjunto de dados, isto é, representa o valor central do conjunto de dados.

Completando este raciocínio, para a determinação dos valores altos e baixos, o conceito de Quartil será empregado. Os Quartis permitem a divisão de um conjunto de dados em quatro partes iguais (Figura 40).

Figura 40 – Quartis

Alternativamente à apresentação dos valores máximo e mínimo levantados, o processamento dos dados será concentrado no Primeiro⁵⁵ e Terceiro⁵⁶ Quartil como extremos da faixa de variação a ser discutida.

Ramos (2003) recomenda esta metodologia (a aplicação de quartis) enquanto ferramenta de controle estatístico. Na construção civil é indicada por alguns autores, tais como: Souza (1998); Albuquerque, Costa e Pereira (2007); Duarte e Lamounier (2007).

⁵⁵ Primeiro Quartil – Q1: Separatriz que divide a distribuição em duas partes, tal que 25% dos valores sejam menores que ele e 75% maiores que ele. (BALESTRASSI, P. P.; PAIVA, A. P., 2007)

⁵⁶ Terceiro Quartil – Q3: Valor que deixa 75% dos valores à sua esquerda e os 25% restante à sua direita. (MIGUEL; COUTINHO, 2012).

Associados, portanto, às faixas, têm-se vários fatores considerados responsáveis pelos desempenhos variáveis, isto é, são indicadas as razões que levaram o desempenho a se afastar mais para a esquerda ou para a direita da faixa. Portanto, para se adotar um valor mais ou menos afastado do valor mediano, em direção ao valor mínimo ou ao máximo, seria interessante avaliar-se a previsão quanto à ocorrência dos fatores indutores de variação.

Na Figura 41 apresenta-se um exemplo de faixa de variação da produção unitária para a execução de compactação de aterro.

Figura 41 – Produtividade variável: serviço de compactação de aterro

5.7. Detalhamento das Horas de Equipamentos

A seguir, em concordância com proposta descrita por TCPO (2008), serão apresentadas as diretrizes acerca do detalhamento das horas de equipamento.

Dentre os conceitos para se distinguirem os diversos momentos na vida de um equipamento, cabe inicialmente indicar a necessidade de se definir o que seja VIDA ÚTIL. Esta será considerada o período de tempo que vai desde a aquisição do equipamento até o momento em que se considera que o equipamento não deve mais ser usado para a atividade para a qual foi adquirido, não valendo mais a pena fazer intervenções de manutenção.

Tal vida útil pode ser expressa em termos das horas de equipamento disponível para a empresa.

É comum se ter a situação de possuir um equipamento e, durante alguns períodos de tempo, não ter obra para alocá-lo, ficando o mesmo ocioso na empresa. A multiplicação das horas disponíveis para a empresa pela porcentagem de tempo em que se imagina ter serviço para uso do equipamento leva à definição das "horas disponíveis para um serviço".

Dentro do período em que o equipamento está disponível para o serviço tem o momento em que ele está efetivamente trabalhando ou seja, o equipamento está ligado. Esta situação leva à definição das "horas em funcionamento".

Para o desenvolvimento deste trabalho serão utilizados estes dois momentos de incidência das horas de equipamentos: as horas disponíveis para o serviço ($H_{serv.}$); e as horas em funcionamento (H_{func} ou $H_{funcionamento}$). A Figura 42 ilustra estas duas definições. O custo do equipamento não está incluído nesta discussão⁵⁷.

Figura 42 – Classificação das horas de equipamento para fins de estudo do seu custo
Fonte: Adaptado de TCPO (2008)

Subtraindo-se das "horas disponíveis para o serviço" as "horas em funcionamento" tem-se as "horas improdutivas" (H_{improd}).

Na Figura 43 apresenta-se um exemplo de aplicação destas definições.

⁵⁷ Este trabalho trata apenas dos gastos físicos dos insumos, ou seja, seus indicadores de produção unitária (equipamentos ou mão de obra). O custo horário do equipamento e seu operador não está contemplado.

a) Tempo disponível para o serviço (H_{serv}) b) Tempo em funcionamento (H_{func})

Figura 43 – Diferentes momentos no serviço de compactação de CBUQ

A apresentação destes dois momentos, nas faixas de produtividade variável, será conforme mostra o exemplo da Tabela 33, tendo-se as $H_{funcionamento}$ expressas em % das H_{serv} .

Tabela 33 – Modelo de apresentação das horas em serviço (H_{serv}) e horas em funcionamento ($H_{funcionamento}$).

Compactação de CBUQ	Qtde	Produção Unitária (m^3 / H_{serv})			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador liso	1	1563	1695	1923	64%	68%	71%

Para a determinação das horas em funcionamento ($H_{funcionamento}$), quando foi possível, o Método das Observações Instantâneas foi utilizado.

5.8. Método das Observações Instantâneas

O Método das Observações Instantâneas foi empregado no estudo de caso do Rodoanel Mário Covas. O objetivo foi registrar as horas em funcionamento dos equipamentos. Sua utilização nesta tese é embasada na seguinte recomendação do DNIT: “preconiza-se que os levantamentos dos tempos característicos das fases de trabalho dos equipamentos sejam feitos mediante a utilização do Método das Observações Instantâneas” (DNIT, 2007a). Outros autores também sugerem o seu emprego.

De acordo com Barnes (1963), este método é ideal para medir o tempo de atividades e esperas de equipamentos – por exemplo, determinar a porcentagem de tempo em um dia no qual um equipamento trabalha e a porcentagem do tempo no qual ele não trabalha. Segundo Reis (1978), desde 1933 a indústria mundial emprega o Método das Observações Instantâneas como ferramenta para se medir a produção. Adamor Júnior, Rocha e Sabá (2002) reforçam essa ideia: “este método é o mais empregado na indústria para a medida do trabalho”⁵⁸.

Ele é recomendado quando se deseja coletar dados rapidamente e a custos acessíveis sobre o trabalho de uma ou mais máquinas e/ou pessoas. Exemplo: levantar a porcentagem do tempo que um operador gasta com tempos improdutivos (TOLEDO JÚNIOR, 2004 apud DANIEL FILHO, 2010).

Amostragem “n”. Segundo este autor, em vez de acompanhamento contínuo, o equipamento é observado em momentos específicos, quando então a atividade que estiver exercendo será classificada em “trabalhando” ou “disponível para o serviço” ou seja, equipamento sem operação. Uma sucessão de “n” observações constitui uma amostra e define o percentual de vezes em que cada uma das fases de trabalho (trabalhando ou disponível para o serviço) foi observada. Para simplificar a determinação do “n”, neste trabalho e quando aplicável, definiu-se que seriam feitas 108 observações por dia, ou seja, o registro da situação do equipamento a cada cinco minutos⁵⁹.

---

⁵⁸ Este assunto também é tratado pelos seguintes autores: Barnes (1977), Novaski e Sugai (2001), PRONACI (2003), Carvalho, Heineck e Jungles (2004).

⁵⁹ Outra forma de se definir o “n” seria por meio da teoria da amostragem aleatória. Selecionam-se amostras “ao acaso”, de um conjunto e, quando um número suficiente delas tiver sido selecionado, arrisca-se uma previsão para o grupo todo.

Erro relativo nas medidas fornecidas pela amostragem “n” do trabalho. Barnes (1963) considera que, para diversos tipos de medida, um erro relativo de $\pm 5\%$ é considerado satisfatório⁶⁰. A Equação 9 é a utilizada para se determinar o erro relativo para um dado número de observações.

$$\frac{\text{erro relativo}}{\text{erro relativo}} = \frac{\text{erro relativo}}{\text{erro relativo}} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde: p = porcentagem de ocorrência da atividade

n = dimensão da amostra (neste trabalho n = 108 observações por dia)

A utilização do método das observações instantâneas e do cálculo do erro relativo está registrada no Apêndice C e no apêndice D.

5.9. Unidade de Apresentação

Embora os serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica tenham sido mensurados, nos diversos manuais, em metro cúbico (m^3) ou tonelada (t), optou-se neste trabalho (exceto para escavação) por trabalhar com os serviços na unidade de metro quadrado (m^2). Esta proposta visa facilitar o entendimento da produção unitária (produtividade física) para um determinado serviço por exemplo: uma patrulha cuja produção unitária é de $171 m^2/h$ de CBUQ (com espessura de 5 cm), para uma pista de largura de 8,6m, produzirá em um dia (de 8h) o equivalente a 159m de rodovia, ou seja

5.10. Reflexões do Capítulo 5

Este capítulo apresentou uma proposta de abordagem para as composições. Os seguintes conceitos foram apresentados: produtividade da mão de obra e dos equipamentos; razão unitária de produção; produção efetiva; faixas de variação e fatores; produtividade variável; horas de equipamentos; e unidade de apresentação. Este capítulo possibilitou o esclarecimento das seguintes questões de pesquisa (apresentadas no Capítulo 1):

⁶⁰ As 108 observações por dia, adotadas neste trabalho, resultaram em erros de 2% a 7% (Apêndice C). Justificando a sua adoção.

- a) Em que esta nova proposta pode ser diferente?

Resposta: esta proposta possibilita conhecer o valor potencial e os limites dos desempenhos característicos de um serviço (faixa de valores). Para a definição de qual valor adotar, os fatores orientadores acompanham estas faixas.

O resultado desta proposta melhora os indicadores, na medida em que usa o conhecimento de diversas fontes, quais sejam: dos manuais; dos levantamentos experimentais; e do conhecimento de especialistas.

- b) Esta nova proposta pode contribuir de que maneira com a medição do desempenho da produção de rodovias?

Resposta: Imagina-se que esta proposta permitirá, quando considerado necessário pela empresa, um aprimoramento da estimativa dos recursos demandados pelo serviço; além disso, o simples conhecimento da faixa de valores que caracteriza o mercado facilitará uma comparação com o conjunto de empresas concorrentes, subsidiando decisões de cunho mais estratégico por parte dos gestores.

6. ESTUDOS DE CASO

Nove fontes de dados são utilizadas nesta pesquisa: seis manuais de orçamentação (Capítulo 4); entrevistas com especialistas (Capítulo 8); e dois estudos de caso.

A pesquisa de campo é frequentemente empregada em investigações que procuram avaliar a eficácia de um conjunto de processos (FACHIN, 1993). É aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles (LAKATOS, 2001).

Esta estratégia de pesquisa se beneficia do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados (YIN, 2005).

Este capítulo faz uma apresentação das obras estudadas ao longo do desenvolvimento desta tese: Aeroporto Internacional de Guarulhos; e Rodoanel Mário Covas.

A forma de exposição segue três etapas: na primeira, busca-se descrever brevemente a obra; em seguida, apresenta-se o método de coleta de dados; e finaliza, com os dados e resultados obtidos.

6.1. Aeroporto Internacional de Guarulhos

A Caixa Econômica Federal, no âmbito do SINAPI, solicitou ao Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (PCC-USP) o aprimoramento de um conjunto de composições. Para este estudo, como pesquisa de campo, visitaram-se as obras do Aeroporto Internacional de São Paulo, na cidade de Guarulhos.

Estas Obras são referentes à “Concorrência Nº 012/DAAG/SBGR/2003 – Técnica e Preço – Fase 2 - Aeroporto Internacional de São Paulo / Guarulhos”.

Neste contrato, a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), Superintendência Regional do Sudeste (SRGR), se apresenta como a

CONTRATANTE. O Consórcio Evixplan se apresenta como GERENCIADORA e o Consórcio: Queiroz Galvão, Constran e Serveng se apresenta como CONTRATADA.

A Concorrência consta das seguintes fases:

- a) ampliação, adequação e revitalização do sistema de pistas e pátios;
- b) adequação da interface com o pátio do futuro terminal de passageiros nº3 (TPS-3);
- c) recuperação das pistas 09R/27L e 09L/27R;
- d) recuperação e revitalização do sistema de macrodrenagem existente;
- e) implantação do sistema separador de água/óleo no sistema de drenagem;
- f) revitalização e recuperação do sistema viário.

Em relação ao sistema de pistas e pátios, para exemplo, apresenta-se na Figura 44 uma seção transversal típica.

		Observações:											
<table><tr><td>CBUQ (CAPA)</td><td>0,05</td></tr><tr><td>BINDER</td><td>0,07</td></tr><tr><td>PMQ</td><td>0,10</td></tr><tr><td>BGTC</td><td>0,10</td></tr><tr><td>BGS</td><td>0,20</td></tr><tr><td colspan="2">sub-leito-cbr>18% exp.<1%</td></tr></table>	CBUQ (CAPA)	0,05	BINDER	0,07	PMQ	0,10	BGTC	0,10	BGS	0,20	sub-leito-cbr>18% exp.<1%		1. medidas em metros; 2. após a execução do BGTC haverá uma imprimação impermeabilizante; 3. haverá execução de pintura de ligação entre o PMQ e o binder e binder e a capa (CBUQ).
CBUQ (CAPA)	0,05												
BINDER	0,07												
PMQ	0,10												
BGTC	0,10												
BGS	0,20												
sub-leito-cbr>18% exp.<1%													

Figura 44 – Estrutura da pista da PR-A

Em relação ao sistema viário, para exemplo, apresenta-se na Figura 45 uma seção transversal típica.

CBUQ (CAPA)	0,04	Observação: 1. medidas em metros; 2. após a execução do BGTC haverá uma imprimação impermeabilizante; 3. haverá execução de pintura de ligação entre o PMQ e o binder e binder e a capa (CBUQ).
BINDER	0,04	
PMQ	0,05	
BGTC	0,15	
BGS	0,25	
RACHÃO	0,47	

Figura 45 – Estrutura do pavimento do sistema viário

6.1.1. Método de coleta

Esta seção busca apresentar o método de coleta utilizado pelos pesquisadores do PCC-USP.

Inicialmente, através de um fluxograma de atividades (Figura 46) apresenta-se a ideia geral do método de trabalho. E, com base nas ações previstas no fluxograma, indicam-se os passos percorridos ao longo dos levantamentos efetuados.

Figura 46 – Fluxograma geral do método

Fonte: EPUSP (2008b)

Este método se inicia com as visitas preliminares e complementares à obra de Guarulhos.

As visitas preliminares, juntamente com o levantamento bibliográfico, objetivou desenvolver uma visão analítica do aeroporto.

Esta visão analítica possibilitou a classificação das composições a serem analisadas.

Uma vez, classificadas as composições, desenvolveu-se uma lista de serviços a estudar, juntamente com os aspectos a serem contemplados sobre os mesmos.

A caracterização geral de cada composição, portanto, é fruto de várias etapas: do levantamento bibliográfico e da consulta a especialistas: da INFRAERO, do Consórcio Gerenciador e da USP.

O levantamento dos indicadores é resultado do levantamento realizado na base de dados do Consórcio Construtor e no acompanhamento diário da execução dos serviços⁶¹.

Para o acompanhamento diário da execução dos serviços, o Consórcio Construtor utilizou o modelo de planilha apresentado na Tabela 34.

A utilização desta planilha se dá da seguinte maneira:

- a) munido de planilhas de medição, o apontador⁶² faz inicialmente os seguintes registros: detalha a frente de serviço①; descreve o equipamento②, coloca a data④ do dia; indica qual é a empresa designada para o trabalho⑤; identifica o equipamento⑥; e anota o horímetro inicial⑦;
- b) no campo “horas trabalhadas⑨”, o apontador registra, com um risco, os intervalos de tempo em que o equipamento efetivamente operou na frente de trabalho;
- c) no campo “horas de paralisação⑩”, o apontador registra, também com um risco, os intervalos de tempo em que as atividades com o equipamento foram paralisadas. Neste caso, o código da paralisação (ver legenda na planilha de medição) acompanha o risco. A planilha comporta o registro de observações, caso necessário;
- d) ao final do dia o apontador anota a produção do equipamento③ e o horímetro final⑧.

---

⁶¹ Observação: o levantamento da produtividade diária, das diversas equipes em andamento, foi executado por apontadores do Consórcio Construtor. O pesquisador, embora tenha acompanhado a execução de alguns serviços, utilizou os dados levantados pelo Consórcio.

⁶² Apontador: profissional designado pelo Consórcio Construtor para levantar diariamente os dados de produção.

Tabela 34 – Modelo de planilha de medição

PONTO DIÁRIO																														
Frete de Serviço ^① :														Descrição do equipamento ^②										Produção do Equipamento ^③ :				Data ^④ :		
Empresa ^⑤ :														Código / Chassis / Placa ^⑥										Horímetro Inicial ^⑦ :				Horímetro Final ^⑧ :		
1. HORAS TRABALHADAS ^⑨																														
PRODUÇÃO	07						08						09						10						11					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
	11						12						13						14						15					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
	16						17						18						19						20					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
TOTAL DE HORAS TRABALHADAS:																														
2. HORAS DE PARALISAÇÃO ^⑩																														
CÓDIGO	07						08						09						10						11					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
	11						12						13						14						15					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
	16						17						18						19						20					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
TOTAL DE HORAS DE PARALISAÇÃO:																														
LEGENDA														OBSERVAÇÕES																
Código de paralisação	Descrição																													
02	Reparo / Manutenção																													
05	Abastecimento / Lubrificação																													
25	Chuva / Impraticável																													
32	À disposição / Falta de frente																													
34	Falta de equip. auxiliar / Parceiro																													
35	Início / Troca de turno																													
52	Falta de Operador																													
53	Locomoção / Mudança de frente																													
70	Refeição / Lanche																													

6.1.2. Resultados

Em função da grande quantidade de dados obtidos na obra, para a sua apresentação, optou-se pelo seguinte sistema:

- a) apresentar, em forma de exemplo (Tabela 35), os indicadores obtidos no Consórcio Construtor;
- b) apresentar um modelo de processamento destes indicadores (Tabela 35);
- c) apresentar resumidamente no Apêndice B, o conjunto de indicadores obtidos no Consórcio Construtor;
- d) apresentar, no formato de produtividade variável, para os serviços estudados, o conjunto de indicadores.

Conforme a lista de estudo, os serviços levantados são assinalados abaixo:

- a) escavação de material de 1ª categoria com trator de esteiras (m^3) – não estudado;
- b) escavação de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (m^3);
- c) compactação de aterro - espessura até 30 cm (m^2);
- d) base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m^2) – não estudado;
- e) brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m^2) – não estudado;
- f) brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m^2) – não estudado;
- g) brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m^2);
- h) concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m^2);
- i) imprimação (m^2);
- j) pintura de ligação (m^2).

6.1.2.1. Etapas de processamento dos dados levantados em campo

Neste estudo de caso utilizou-se duas etapas para entender e processar os dados levantados.

Na primeira etapa, com base na planilha de medição, o Consórcio Construtor desenvolveu um resumo da produção de cada equipamento. Estes resumos foram disponibilizados pelo Consórcio Construtor. A Tabela 35 apresenta um exemplo deste resumo, onde⁶³:

- a) HT = horas trabalhadas;
- b) HD = horas disponíveis (corresponde às horas paralisadas);
- c) Produção horária = produção / HT;
- d) Coeficiente de produção = 1 / produção horária.

---

⁶³ Note que existem diferenças entre a metodologia empregada pelo Consórcio Construtor e a proposta de abordagem deste trabalho. Dentre as diferenças se destacam:

- a) HT (Consórcio Construtor: corresponde às horas trabalhadas) é diferente de Hserv (nova abordagem: corresponde às horas disponíveis para o serviço);
- b) Produção horária (Consórcio Construtor: produção / HT) é diferente de Produção Unitária (nova abordagem: produção / Hserv).
- c) Coeficiente de produção (Consórcio Construtor: 1 / produção horária) é diferente de RUP (nova abordagem: 1 / produção unitária).

Tabela 35 – Escavação de material de 1ª categoria (m³)

Período:	6/jun	Serviço:						
			Produção (m3) 787,84	Unidade	(a) HT	(b) HD	(c) Produção Horária	(d) Coeficiente de Produção
Equipamento:	ESCAVADEIRA HIDRÁULICA = PC160 LC			horas	4,416667	3,583333	178,38	0,00561
Total:								
Mão de Obra	OP ESCAVADEIRA			horas	4,416667	3,583333	178,3789	0,005606045

Período:	14/jun	Serviço:						
			Produção (m3) 2259,94	Unidade	(a) HT	(b) HD	(c) Produção Horária	(d) Coeficiente de Produção
Equipamento:	ESCAVADEIRA HIDRÁULICA 320C			horas	9,5	0	237,8884	0,004203651
Total:								
Mão de Obra	FEI DE CAMPO			horas	9,5	0	237,8884	0,004203651
	SERVENTE			horas	9,5	0	237,8884	0,004203651
	OP ESCAVADEIRA			horas	9,5	0	237,8884	0,004203651

Fonte: Consórcio Construtor

Na segunda etapa, as PU diárias (PU_d), PU cumulativa (PU_{cum}), e PU potencial (PU_{pot}) são calculadas. A Tabela 36 e Tabela 37 apresentam um exemplo deste tipo de processamento.

O significado das colunas destas planilhas é descrito como segue:

- ① registro da data de ocorrência da atividade;
- ② registro da quantidade de ocorrências do período levantado;
- ③ registro da produção da equipe/patrulha;
- ④ registro da quantidade de horas em funcionamento e as improdutivas (disponíveis para o serviço, porém, sem atividade);
- ⑤ calculo da PU_d ($③/\Sigma ④$);
- ⑥ calculo da PU_{cum} ($\Sigma ③/\Sigma ④$);
- ⑦ calculo da PU_{pot} (mediana de ⑤ dos valores maiores que o último valor de ⑥);
- ⑧ relação entre as horas em funcionamento e a somatória das horas em ④;
- ⑨ Δ representa as variações de conteúdo ou de contexto do trabalho que fazem a produtividade mediana variar em relação à de referência (PU_{pot}).

Tabela 36 – Escavação de material de 1ª categoria. Registro de horas, quantidades e processamento das PU's. Etapa: escavação e carga – patrulha (m³)

ESCAVADEIRA HIDRÁULICA 320C									
Data ^①	Etapa ^②	QS ^③	Horas ^④		PUd ^⑤ (m ³ /Eh)	PUcum ^⑥ (m ³ /Eh)	PUpot ^⑦ (m ³ /Eh)		
		m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc ^⑧	Δ ^⑨
06/jun	1	787,84	4,42	3,58	98,48	98,48	196,8	55%	108,9
14/jun	2	2259,94	9,5	0	237,89	174,16		100%	
19/jun	3	1245,82	4,5	3,5	155,73	168,38		56%	
20/jun	4	3060,47	10,5	0	291,47	204,28		100%	
21/jun	5	3803,86	21,83	5	141,78	177,59		81%	
28/jun	6	618,3	3	5	77,29	166,26		38%	
23/jan	7	679,65	15,33	0,67	42,48	143,45		96%	
24/jan	8	580,53	13	3	36,28	126,78		81%	
25/jan	9	245,27	2	6	30,66	119,84		25%	
25/jan	10	353,27	3	5	44,16	114,74		38%	

Tabela 37 – Escavação de material de 1ª categoria. Registro de horas, quantidades e processamento das PU's. Etapa: escavação e carga – mão de obra (m³)

MÃO DE OBRA DE APOIO - SERVENTE							
Data	Etapa	QS m3	Horas	PUd (m ³ /Hh)	PUcum (m ³ /Hh)	PUpot (m ³ /Hh)	Δ
14/jun	2	2259,94	9,5	237,89	237,89	213,7	128,8
19/jun	3	1245,82	5,83	213,69	228,69		
20/jun	4	3060,47	21	145,74	180,74		
21/jun	5	3803,86	44,83	84,85	127,77		
28/jun	6		0		127,77		
23/jan	7	679,65	18	37,76	111,43		
24/jan	8	580,53	10	58,05	106,54		
25/jan	9	245,27	4,5	54,50	104,48		

6.1.2.2. Produtividade variável dos serviços levantados

Antes de apresentar as produtividades variáveis, conforme cada tipo de serviço levantado, a Tabela 38 demonstra os detalhes de um exemplo de composição.

Tabela 38 – Exemplo de composição

Camada final de terraplenagem - esp. até 20 cm (m ²) ①							
Etapa: Compactação							
Discriminação ②	Qtde③	Produção Unitária (m ² /Hserv) ④			Hfuncionamento ⑤		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador pé de carneiro	4	79,26	112,19	151,71	44%	53%	72%
Rolo compactador de pneus	1	371,33	453,78	852,89	6%	8%	10%
Caminhão tanque	1	424,67	588,78	793,77	10%	15%	25%

Neste formato, são apresentados:

- ① o tipo e a etapa do serviço;
- ② discriminação do equipamento;
- ③ a quantidade de equipamento;
- ④ a produção (em m²) do equipamento em função da hora disponível para o serviço. Lembrando que, conforme adotado no Capítulo 5, hora disponível para o serviço corresponde ao tempo em que o equipamento está na frente de trabalho (inclui a improdutividade);
- ⑤ o percentual (estimado) de horas em funcionamento para cada equipamento.

Em relação à Produção Unitária, o seu calculo é feito com base no 1º e no 3º Quartil e na mediana da PU diária.

Em relação às horas em funcionamento: o 1º e o 3º Quartil e a mediana são calculadas com as informações registradas na Tabela 36, por exemplo, coluna ⑧.

Segue, na Tabela 39, a apresentação das produtividades variáveis conforme cada tipo de serviço.

Tabela 39 – Produtividades variáveis para os diversos serviços

Escavação de material de 1ª categoria. Etapa: escavação e carga	Qtde	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Escavadeira hidráulica 320C	1	42,9	87,9	152,2	42%	69%	92%
Serventes	1	56,3	84,9	179,7			
Compactação de aterro - esp. até 30cm	Qtde	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Motoniveladora	1	788,8	1501,5	2779,2	77%	82%	91%
Trator de pneus agrícola	1	842,2	1596,8	2752,1	55%	57%	63%
Trator de esteira	1	670,8	1277,1	2596,2	47%	71%	86%
Rolo pé de carneiro	3	884,1	1592,2	2746,4	31%	36%	49%
Caminhão Pipa	1	1032,7	1608,3	2756,4	18%	29%	31%
Brita graduada tratada com cimento – BGTC - esp. até 20cm	Qtde	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo de pneus autopropelido	2	42,3	69,5	78,2	45%	59%	75%
Rolo compactador tipo tandem	1	70,9	92,0	130,8	46%	63%	90%
Acabadora de asfalto com esteira	1	82,0	103,1	143,4	46%	61%	78%
Serventes	5	15,9	21,6	28,1			
Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ - esp. até 5cm	Qtde	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo de pneus autopropelido	2	60,6	101,8	144,3	100%	100%	100%
Rolo compactador tipo tandem	1	193,7	249,6	420,1	75%	100%	100%
Acabadora de asfalto com esteira	1	229,5	272,4	407,0	87%	100%	100%
Serventes	12	24,5	45,3	57,8			
Imprimação	Qtde	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão distribuidor de betume	1	152,8	214,4	378,3	6%	8%	13%
Serventes	1	152,8	214,4	378,3			
Pintura de ligação	Qtde	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão distribuidor de betume	1	158,1	224,9	261,3	11%	13%	16%
Serventes	1	158,1	224,9	261,3			

6.2. Rodoanel Mário Covas

A parte estudada do Rodoanel Mário Covas foi o Trecho Sul – Lote 2. Situado entre a BR-116 – Rodovia Regis Bittencourt e o acesso à av. Papa João Paulo XXIII, no município de Mauá. O Lote 2 compreende da estaca 31.480 à estaca 31.825 (6,9km) e mais interligação com a Via Anchieta (3,0km). O Canteiro Central foi situado na Estrada Martim Afonso de Souza, 331 – Vila Balneária CEP.: 09822-250 – São Bernardo do Campo – SP (Figura 47 e Figura 48).

Figura 47 – Traçado do Rodoanel (a marca dentro do retângulo é referente ao lote 2)
Fonte: Rocha (2010)

Figura 48 – Detalhe do Trecho Sul – Lote 2 (Trevo da Anchieta e Eixo)
Fonte: DERSA (2011)

Obra do Governo do Estado de São Paulo no valor de R\$495.555.807,02. Iniciada em maio de 2005 e com prazo contratual de 36 meses.

Neste contrato de nº 3584/06, o Desenvolvimento Rodoviário S.A. (DERSA) se apresenta como a CONTRATANTE. O Consórcio Rodosul se apresenta como SUPERVISORA e o Consórcio Arcosul: Construtora Norberto Odebrecht S.A. e Constran S.A, se apresenta como CONTRATADA.

6.2.1. Método de coleta

Com base na proposta de abordagem das composições, apresentada no Capítulo 5, procurou-se elaborar o método de coleta utilizado na obra do Rodoanel. Seu desenvolvimento se deu aos poucos, sendo evoluído na medida em que se conhecia a realidade da obra.

O resultado da compilação dos dados coletados é originado do sistema apresentado na Figura 49. As siglas⁶⁴ Eixo, Ramo PE-APN, Ramo APS PE, dentre outros, se referem às partes da obra no qual foram coletados dados.

Figura 49 – Compilação dos dados conforme nova abordagem

Partindo da visita à obra, a Figura 50 apresenta os passos trilhados para o levantamento de dados.

⁶⁴ Siglas definidas pelo Consórcio, exemplo: PE-APN: Pista Externa – Anchieta Pista Norte.

Figura 50 – Método de coleta

Cada uma das etapas representadas no método de coleta é detalhado no Apêndice C.

6.2.2. Processamento dos dados coletados

Para o processamento dos dados coletados, primeiramente partiu-se para o preenchimento do diário de obras, depois para os cálculos e as ponderações. Na sequência, sintetizaram-se as anormalidades e os fatores para, finalmente, montar as faixas de valores. A Figura 51 apresenta um resumo da metodologia empregada.

Figura 51 – Metodologia para o processamento dos dados coletados

a) Diário de obras

A Tabela 40 apresenta um exemplo de diário de obras. Conforme a numeração (de 1 a 23), o significado de cada coluna é apresentado como segue:

- 1 e 2: indica a data e o dia da semana que ocorreu a atividade;
- 3: local de registro (resumido) das atividades diárias;
- 4: total de horas, disponíveis para o serviço, dos equipamentos;
- 5 a 12: registro da quantidade de cada equipamento;
- 13 e 14: registro da quantidade de mão de obra;
- 15 a 17: registro do comprimento, largura e espessura da via produzida;
- 18 a 21: caso o trecho tenha sido atendido por um corte, registra-se a quantidade de escavadeira, caminhões, viagens e a distância média de transporte;
- 22: registro das características da via (reta, pouco inclinada ou muito inclinada);
- 23: registro das observações do dia.

b) Cálculo das Produções Unitárias e ponderações relacionadas às anormalidade e aos fatores.

A Tabela 41 apresenta um exemplo de detalhamento para o cálculo das Produções Unitárias (PU's) e o registro das anormalidades e dos fatores.

Tabela 40 – Exemplo de diário de obras: camada final de terraplenagem

CFT		Ramo 204																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
																	Corte atendendo a CFT					
Dia		Diário	Horas disponíveis (h)	Recicladora TEREX (und)	Motoniveladora (und)	Rolo Compac. pé-de-carneiro Chinês 20ton (und)	Rolo Compac. pé-de-carneiro CAT 12ton (und)	Distribuidor Cimento (und)	Cam. Irrigad (und)	Trator Esteira (und)	Rolo Compac. Tanden (und)	M-D-O greidista (und)	M-D-O auxiliares (und)	Comprim. (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Escavadeira (quando corte)	Qtde Caminhões (und)	Qtde viagem (und)	DMT (m)	Reta (0) Curva (1) Pouco inclinada (2) Muito inclinada (3)	Observações
20/abr	seg	Em "1" - liberação da 1ª CFT e espalhamento de solo + nivelamento da 2ª CFT. Em "2" - término da compactação + verificação do GC da 1ª CFT. Em "3" - distrib. cimento + reciclou + compactou (trecho em aterro) da 1ª CFT. Em "4" - nivelamento da base da 1ª CFT.	9	1	1	2	1	1		1	1	1	2	360	21,7	0,2	2	4	68	200	0	O GC foi verificado com o ensaio "frasco de areia". Ouveram 5 atividades diferentes no mesmo ramo, incluindo pista interna, exerta e corte. Iniciou-se coleta de dados pelo "método das observações instantâneas". Alguns equip. serviram o ramo e o ramo ao lado.
21/abr	ter	Em "1" - sem atividades na 2ª CFT (o tempo chuvoso impediu distrib. cimento e outras atividades). Em "2" - recompactação, liberação da 1ª CFT e espalhamento de solo + nivelamento da 2ª CFT (para salvar o dia chuvoso). Em "3" - recompactação, liberação da 1ª CFT e espalhamento de solo + nivelamento da 2ª CFT (para salvar o dia chuvoso). Em "4" - chuva pela manhã (sem atividades).	7	1	1	2	1			1	1	1	2	200	21,7	0,2	2	4	62	120	0	O tempo úmido impediu o lançamento de cimento: recicladora e outros equipamentos parados. A equipe de laboratório demora em torno de 2h para medir o GC.
22/abr	qua	Em "1" - distrib. cimento + reciclou + compactou + irrigou (iniciou a determinação do GC). Em "2" - nivelou (correndo linha) + distrib. cimento + reciclou + compactou + irrigou (não finalizou). Em "3" - nivelamento (correndo linha) + irrigou.	9	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	200	21,7	0,2					0	Em "1" os equipamentos ficaram aguardando o laboratório liberar a terraplenagem para iniciar a distrib. Cimento. Fato ocorrido após as 9h. As 16:05 terminou a compactação em "1" e as 16:00 chegou a equipe de laboratório para medir o GC de "1". Não terminaram de medir o GC.

Tabela 41 – Exemplo de registro dos cálculos e das ponderações.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Data	Dia	Jornada	Qtde estacas	Produção	Lançamento da camada - m2 (A)						Tratamento da camada - m2 (T)				Compactação da camada - m2 (C)		Liberação da camada - m2 (L)		Trator esteira		Motoniveladora		Distrib. Cim.		Recicladora	
					Externa			Interno			Externa		Interna		Compactação		GC/H (v)									
					Lançament o do solo (ls)	Espalhament o do solo (es)	Nivelament o da camada	Lançament o do solo (ls)	Espalhament o do solo (es)	Nivelament o da camada	Distribuiçã o do cimento	Mistura do solo +	Distribuiçã o do cimento	Mistura do solo +	Externa	Interna	Externa	Interna	Qtde	Pudia m2/H	Qtde	Pudia m2/H	Qtde	Pudia m2/H	Quant.	Pudia m2/H
20/abr	seg	9	18	360	2170	2170	2170			2170	434	434			1228		2170		1	241	1	482	1	48	1	48
21/abr	ter	7	10	200	3472	3472	3472								3038		3472		1	496	1	496	0		1	
22/abr	qua	9	10	200							4340	4340			3596				1		1		1	482	1	482
23/abr	qui	9	18	360	2604	2604				2170	1302	1302			1602		2604		1	289	0		1	145	1	145

* Tipo de solo: 49% (silte) + 39% (arenoso) + 1% (argila) + 11% (pedregulho)

										38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49		50	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	Anormalidades		Fatores conteúdo								Fatores contexto				
Rolo pé-de-carneiro				Rolo Tanden		Pipa		Nº Frentes	recompactaçã o	Chuva	Camada saturada	Largura	Espessura	Proctor	Umidade	% cimento	Tipo de solo	Reta (0) Curva (1) Rampa (2)	Mudança equipamento	Viga Benkelma n	Composição patrulha	Frente junta (0) separada (1)		
12t	18t	20t	Pudia m2/H																					
Qtde	Qtde	Qtde		Qtde	Pudia m2/H	Qtde	Pudia m2/H																	
1		2	45	1	136		0	4	1			21,7	0,2	100% normal	(+) 2%	2%	*	0			A patrulha atendeu a pista interna e externa e o ramo ao lado (alguns equipamentos)	1		
1		2	145	1	434		0	2	1		x	21,7	0,2	100% normal	(+) 2%	2%	*	0			Em função da umidade, o planejamento, para salvar o dia, se resumiu em lançar o solo e nivelar.	0		
1		2	133	1	400	2	200	3				21,7	0,2	100% normal	(+) 2%	2%	*	0			Embora tenham 2 pipas, eles não trabalharam ao mesmo tempo.	0		
1		2	59	1	178	1	178	4	2	Forte		21,7	0,2	100% normal	(+) 2%	2%	*	0			O trator de esteiras trabalhou em "4" cortando e transportando o solo e nivelando a camada	1		

Conforme a numeração (de 1 a 50), o significado de cada coluna é apresentado como segue:

- 1 e 2: indica a data e o dia da semana que ocorreu a atividade;
- 3: registro da duração da jornada de trabalho;
- 4: registro da quantidade de estacas abrangidas (o estaqueamento é de 20 em 20 metros);
- 5: registro da produção (3) x (4);
- 6 a 11: em relação ao lançamento da camada e levando em consideração as duas pistas (interna e externa), faz o registro das sub-tarefas (lançamento e espalhamento do solo e nivelamento da camada);
- 12 a 15: em relação ao tratamento da camada, faz o registro das sub-tarefas (distribuição do cimento e mistura do solo com o cimento – pista interna e externa);
- 16 e 17: registro da produção de compactação da camada (pista interna e externa);
- 18 e 19: registro da área liberada conforme atendimento do grau de compactação e da umidade de projeto;
- 20 a 35: cálculo da $PU_{diária}$ conforme a quantidade do equipamento e a produção;
- 36: registro da quantidade de frentes que os equipamentos atenderam;
- 37: conforme o registro manual do esboço das atividades, do dia anterior e do atual, e segundo a aprovação do GC (feita pela equipe de laboratório), o registro da recompactação (caso ocorra) é efetuado;
- 38 e 39: em relação às anormalidades, registro da ocorrência de chuva ou se a camada está saturada;
- 40 a 46: em relação aos fatores de conteúdo, registro da largura e espessura da pista, tipo de Proctor, umidade de projeto, percentual de cimento, tipo de solo e características da pista;
- 47 a 50: em relação aos fatores de contexto, registro da mudança de equipamento e se houve ensaio com a Viga Benkelman, observações quanto a composição da patrulha e se as atividades ocorreram em mais de uma frente (juntas ou separadas).

c) Síntese das anormalidades e dos fatores

A Tabela 42 apresenta um exemplo de síntese das anormalidades e dos fatores (de conteúdo e contexto) relativos à execução de cada serviço. Na coluna “observações” estão descritos os efeitos gerados pela ocorrência da anormalidade ou fator. Em alguns casos são apresentados exemplos de sua ocorrência.

Tabela 42 – Exemplo de síntese das anormalidade e dos fatores: CFT

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte.
Falta de operador	Paralisa a atividade no dia. Exemplos de ocorrência: • O operador da esteira faltou, parado o dia todo. Faltou o motorista do distribuidor de cimento, parado até as 13h.
FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Largura	Condicionante para formação da patrulha.
Espessura	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC.
Proctor	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC. Exemplos de ocorrência: • A patrulha aguardou a determinação do GC das 8:55 às 11h. • Passou de 16 fechas para 20.
Umidade	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC Exemplo de ocorrência: • Em função da umidade, o planejamento, para salvar o dia, se resumiu em lançar o solo e nivelar.
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade).
Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na patrulha. Exemplos de ocorrência: • Foi acrescentado mais um rolo compactador de 12t. (melhorou a produtividade). • Foi acrescentado mais um caminhão tanque (não fez efeito na produtividade).
Viga Benkelman	O serviço de terraplenagem é paralisado até sua execução.

d) Faixas de valores

A Tabela 43 apresenta um modelo de dados condensados (embora seja a mesma da Tabela 38 optou-se em rerepresentá-la para facilitar o entendimento), referentes ao serviço camada final de terraplenagem, em formato de faixa de valores (produtividade variável).

Tabela 43 – Exemplo de composição

Camada final de terraplenagem - esp. até 20 cm ①							
Etapa: Compactação							
Discriminação ②	Qtde ③	Produção Unitária (m ² /Hserv) ④			Hfuncionamento ⑤		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador pé de carneiro	4	79,26	112,19	151,71	44%	53%	72%
Rolo compactador de pneus	1	371,33	453,78	852,89	6%	8%	10%
Caminhão tanque	1	424,67	588,78	793,77	10%	15%	25%

Neste formato, são apresentados:

- ① o tipo e a etapa do serviço;
- ② discriminação do equipamento;
- ③ a quantidade de equipamento;
- ④ a produção (em m²) do equipamento em função da hora disponível para o serviço. Lembrando que, conforme adotado no Capítulo 5, hora disponível para o serviço corresponde ao tempo em que o equipamento está na frente de trabalho (inclui a improdutividade);
- ⑤ o percentual (estimado) de horas em funcionamento para cada equipamento.

Em relação à Produção Unitária, o seu calculo é feito com base no 1º e no 3º Quartil e na mediana da PU diária.

As horas em funcionamento são obtidas conforme aplicação do Método das Observações Instantâneas (apresentado no Capítulo 5 e no Apêndice D).

6.2.3. Resultados

Em função da grande quantidade de dados obtidos na obra, para a sua apresentação, optou-se pelo seguinte sistema:

- a) apresentar resumidamente no formato de produtividade variável, para os serviços estudados, o conjunto de indicadores (composições orçamentárias);
- b) apresentar, para os serviços estudados, uma síntese das anormalidades e fatores (de contexto e conteúdo);
- c) apresentar no Apêndice D, o conjunto de dados que deram origem às composições orçamentárias.

Conforme a lista de estudo, os serviços levantados são assinalados abaixo:

- a) escavação de material de 1ª categoria com trator de esteiras (m^3) – não estudado;
- b) escavação de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (m^3);
- c) compactação de aterro - espessura até 30 cm (m^2);
- d) base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m^2);
- e) brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m^2) – não estudado;
- f) brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m^2);
- g) brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m^2);
- h) concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m^2);
- i) imprimação (m^2);
- j) pintura de ligação (m^2).

A Tabela 44 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 45 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos ao serviço de escavação e carga de material de 1ª Categoria.

Tabela 44 – Faixa de valores de escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica

Discriminação	Qtde	Produção Unitária ($m^3/Hserv$)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Escavadeira hidráulica	1	59,5	73,1	103,1	74%	82%	95%

Tabela 45 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de escavação e carga de material de 1ª categoria (continua)

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte (caminhos de serviço). Exemplo de ocorrência: • Atividades interrompidas devido a forte chuva.
Falta de operador	A escavadeira ficou disponível pois não tinha operador.
FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Tipo de solo	Determina a velocidade do ciclo (escavação e carga).
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes e mais próximas, mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade).

Tabela 45 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de escavação e carga de material de 1ª categoria (conclusão)

Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na patrulha. Exemplo de ocorrência: Em determinado momento acrescentou-se uma pá-carregadora para ajudar no carregamento dos caminhões (melhorou a produtividade), porém, depois a escavadeira passou o restante do tempo escavando e amontoando o solo.
Quantidade de caminhões	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplo de ocorrência: O fornecimento de solo, vindo dos cortes, é diretamente proporcional à quantidade dos caminhões.
Frente junta ou separada	Contribui no incremento da produtividade se as frentes embora separadas forem próximas (diminui a ociosidade). Exemplo de ocorrência: A escavadeira atendeu a pista interna, externa e o ramo ao lado
Outros	Boa parte da manhã a escavadeira ficou escavando e amontoando o solo. À tarde começou a carregar os caminhões.

A Tabela 46 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 47 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos ao serviço de compactação de aterro.

Tabela 46 – Faixa de valores de compactação de aterro – esp. até 30 cm

Discriminação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento*		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator esteiras	1	221,7	311,1	387,6	*		
Trator agrícola com grade de disco	1	221,7	311,1	387,6			
Caminhão tanque	1	997,5	1400,0	1744,2			
Rolo pé de carneiro	4	55,4	77,8	96,9			
Motoniveladora	1	221,7	311,1	387,6			

* não foi medido

Tabela 47 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de compactação de aterros (continua)

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte.
Falta de operador	Paralisa a atividade no dia. Exemplos de ocorrência: O operador da esteira faltou, parado o dia todo.
Equipamento sem manutenção	Paralisa a atividade no dia. Exemplos de ocorrência: - A motoniveladora ficou em manutenção das 8h às 13h. 2 rolos compactadores fizeram manutenção (30min cada).

Tabela 47 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de compactação de aterros (conclusão)

FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Largura	Condicionante para formação da patrulha.
Espessura	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC.
Proctor	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC. Exemplos de ocorrência: • A patrulha aguardou a determinação do GC das 8:55 às 11h. • Passou de 16 fechas para 20.
Umidade	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC. Exemplo de ocorrência: • Em função da umidade, o planejamento, para salvar o dia, se resumiu em lançar o solo e nivelar.
Tipo de solo	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC.
Reta, curva ou rampa	À princípio o grau de dificuldade é o mesmo.
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade).
Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na patrulha. Exemplos de ocorrência: • Foi acrescentado mais um rolo compactador de 12t. (melhorou a produtividade). • Foi acrescentado mais um caminhão tanque (não fez efeito na produtividade).
Viga Benkelman	O serviço de terraplenagem é paralisado até sua execução.
Composição da patrulha	É essencial para o incremento da produtividade, determina o número de fechas Exemplos de ocorrência: • Embora tenham 2 tanques, eles não trabalharam ao mesmo tempo. • O trator de esteiras trabalhou em outra frente cortando, transportando o solo e nivelando a camada. • O rolo compactador tipo tandem não é o mais adequado para selar as camadas. • O caminhão tanque e a recicladora não trabalharam.
Quantidade de caminhões	É essencial para o incremento da produtividade Exemplo de ocorrência: O fornecimento de solo, vindo dos cortes, é diretamente proporcional à quantidade dos caminhões.
Frente junta ou separada	Contribui no incremento da produtividade se as frentes embora separadas forem próximas (diminui a ociosidade). Exemplos de ocorrência: • A patrulha atendeu a pista interna e externa e o ramo ao lado (diminuiu a ociosidade).
Outros	Interdependência entre tarefas. Exemplo de ocorrência: • Não lançará o 2º ref. Subleito enquanto o dreno não ficar pronto.

A Tabela 48 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 49 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos ao serviço de camada final de terraplenagem - CFT.

Tabela 48 – Faixa de valores de CFT – esp. até 20 cm

Discriminação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator esteiras	1	512,3	654,7	748,0	12%	28%	34%
Motoniveladora	1	229,9	389,7	439,0	36%	60%	79%
Distribuidor cimento	1	369,7	444,7	581,7	6%	8%	13%
Recicladora	1	399,7	464,7	777,4	11%	23%	25%
Rolo pé de carneiro	4	79,3	112,2	151,7	44%	53%	72%
Rolo de pneus	1	371,3	453,8	852,9	6%	8%	10%
Caminhão tanque	1	424,7	588,8	793,8	10%	15%	25%
Serventes	3	88,9	144,3	178,9			

Tabela 49 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de CFT (continua)

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte.
Falta de operador	Paralisa a atividade no dia. Exemplos de ocorrência: O operador da esteira faltou, parado o dia todo. Faltou o motorista do distribuidor de cimento, parado até as 13h.
Equipamento sem manutenção	Paralisa a atividade no dia. Exemplos de ocorrência: - A motoniveladora ficou em manutenção das 8h às 13h. 2 rolos compactadores fizeram manutenção, 30 min cada.
FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Largura	Condicionante para formação da patrulha.
Espessura	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC.
Proctor	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC. Exemplos de ocorrência: - A patrulha aguardou a determinação do GC das 8:55 às 11h. - Passou de 16 fechas para 20.
Umidade	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC Exemplo de ocorrência: Em função da umidade, o planejamento, para salvar o dia, se resumiu em lançar o solo e nivelar.
% de cimento	Determina a carga no caminhão distribuidor de cimento e ensaios.
Tipo de solo	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC.
Reta, curva ou rampa	À princípio o grau de dificuldade é o mesmo.

Tabela 49 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de CFT (conclusão)

FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade).
Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na patrulha. Exemplos de ocorrência: - Foi acrescentado mais um rolo compactador de 12t. (melhorou a produtividade) - Foi acrescentado mais um caminhão tanque (não fez efeito na produtividade).
Viga Benkelman	O serviço de terraplenagem é paralisado até sua execução.
Composição da patrulha	É essencial para o incremento da produtividade, determina o número de fechas. Exemplos de ocorrência: - O distribuidor de cimento fica maior parte do tempo esperando. - Embora tenham 2 tanques, eles não trabalharam ao mesmo tempo. - O trator de esteiras trabalhou em outra frente cortando, transportando o solo e nivelando a camada - O rolo compactador tipo tandem não é o mais adequado para selar as camadas. - O caminhão tanque e a recicladora não trabalharam.
Frente junta ou separada	Contribui no incremento da produtividade se as frentes embora separadas forem próximas (diminui a ociosidade). Exemplos de ocorrência: A patrulha atendeu a pista interna e externa e o ramo ao lado (diminuiu a ociosidade).
Outros	Interdependência entre tarefas. Exemplo de ocorrência: Não lançará o 2º ref. Subleito enquanto o dreno não ficar pronto.

A Tabela 50 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 51 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos ao serviço de brita graduada simples – BGS.

Tabela 50 – Faixa de valores de BGS – esp. até 20 cm

Discriminação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Patrulha							
Vibroacabadora	1	193,5	200,7	207,8	26%	27%	27%
Rolo de pneus	2	136,2	143,3	169,6	24%	25%	26%
Rolo tandem	1	193,5	200,7	207,8	31%	32%	34%
Caminhão tanque	1	193,5	200,7	265,2	4%	5%	6%
Serventes	5	29,1	31,6	38,9			

Tabela 51 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de BGS (continua)

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte.
	Exemplos de ocorrência: • Choveu forte na madrugada, o trecho ficou sem acesso e a BGS saturada (na usina). Sem atividades no BGS.
Outras	O rolo de pneus ficou parado até as 12:30 por falta de combustível.
FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Largura	Condicionante para formação da patrulha. Exemplos de ocorrência: • A vibroacabadora não trabalhou na capacidade máxima, sua régua de lançamento ficou em 4,30m e não em 7m.
Espessura	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC.
Proctor	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC. Exemplos de ocorrência: • O plano de amostragem para determinação do GC influencia no incremento da produtividade.
Umidade	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC e para execução dos serviços. Exemplo de ocorrência: • BGS saturada na usina - sem atividades.
Reta, curva ou rampa	À princípio o grau de dificuldade é o mesmo.
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade).
Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na patrulha. Exemplos de ocorrência: • Na parte da tarde chegou outro rolo de pneus. (melhorou a produtividade). • Acrescentou uma vibroacabadora (não fez efeito na produtividade).
Viga Benkelman	O serviço de BGS é paralisado até sua execução.
Composição da patrulha	É essencial para o incremento da produtividade, determina o número de fechas. Exemplos de ocorrência: • Cada equipamento tem uma função específica: vibroacabadora lança e nivela a BGS + tandem entra para acomodar o material + rolo liso entra para compactar o material + tandem entra para remover as marcas de pneus. No caso do rolo de pneus, o peso e a calibração dos pneus interfere diretamente na compactação.
Composição da equipe	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplos de ocorrência: • A equipe (operadores e serventes) não está, totalmente, treinada. Tem muitos conflitos entre as experiências passadas e a necessidade da obra (os operadores fazem diferente ao que foi acordado na ausência do coordenador).

Tabela 51 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de BGS (conclusão)

Produção de BGS na usina	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplos de ocorrência: • A usina não trabalhou na capacidade máxima (era o início das atividades, a pá carregadora não é suficiente para manter os silos carregados o tempo todo e o número de caminhões foi insuficiente). • A vibroacabadora ficou paralisada em alguns momentos por falta de alimentação.
Quantidade de caminhões	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplos de ocorrência: • A vibroacabadora não trabalhou na capacidade máxima, sua régua de lançamento ficou em 4,30m e não em 7m (o que exigiria mais caminhões na alimentação). • A vibroacabadora ficou paralisada em alguns momentos por falta de alimentação.
Frente junta ou separada	Contribui no incremento da produtividade se as frentes forem juntas (diminui a ociosidade). Exemplos de ocorrência: • A patrulha atendeu duas frentes em um mesma pista (diminuiu a ociosidade)
Outros	Interdependência entre tarefas. Exemplo de ocorrência: • Não lançará o BGS, enquanto uma travessia não ficar pronta.

A Tabela 52 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 53 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos ao serviço de brita graduada tratada com cimento - BGTC.

Tabela 52 – Faixa de valores de BGTC – esp. até 20 cm

Discriminação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Patrulha							
Vibroacabadora	1	109,7	116,7	123,7	26%	27%	27%
Rolo de pneus	1	142,3	182,0	221,7	24%	25%	26%
Rolo tandem	1	142,3	182,0	221,7	31%	32%	34%
Caminhão tanque	1	142,3	182,0	221,7	4%	5%	6%
Serventes	6	23,7	30,3	36,9			

As diferenças de produção unitária (PU) da vibroacabadora para os serviços de BGS (Tabela 50) e BGTC (Tabela 52) são justificadas como segue: são duas equipes diferentes executando os serviços e no caso da BGS a equipe de trabalho (empresa terceirizada pelo construtor) se apresentou em melhores condições de executar o serviço do que no caso da BGTC (equipe do construtor).

Tabela 53 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de BGTC (continua)

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte.
	Exemplos de ocorrência: • Choveu forte na madrugada, o trecho ficou sem acesso e a BGTC saturada (na usina). Sem atividades no BGTC.
FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Largura	Condicionante para formação da patrulha Exemplos de ocorrência: • A vibroacabadora não trabalhou na capacidade máxima, sua régua de lançamento ficou em 4,30m e não em 7m.
Espessura	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC.
Proctor	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC. Exemplos de ocorrência: • O plano de amostragem para determinação do GC influencia no incremento da produtividade.
Umidade	Determina o nº de fechas, condicionante para atingir o GC e para execução dos serviços.
Reta, curva ou rampa	À princípio o grau de dificuldade é o mesmo.
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade).
Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na patrulha. Exemplos de ocorrência: • Na parte da tarde chegou outro rolo de pneus. (melhorou a produtividade). • Acrescentou uma vibroacabadora (não fez efeito na produtividade).
Viga Benkelman	O serviço de BGTC é paralisado até sua execução.
Composição da patrulha	É essencial para o incremento da produtividade, determina o número de fechas. Exemplos de ocorrência: • Cada equipamento tem uma função específica. Vibroacabadora + tandem + rolo de pneus
Composição da equipe	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplos de ocorrência: • A equipe (operadores e serventes) não está, totalmente, treinada. Tem muitos conflitos entre as experiências passadas e a necessidade da obra (os operadores fazem diferente ao acordado quando o encarregado não está presente).
Produção de BGTC na usina	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplos de ocorrência: • A usina não trabalhou na capacidade máxima (era o início das atividades, a pá carregadora não é suficiente para manter os silos carregados o tempo todo e o número de caminhões foi insuficiente). • A vibroacabadora ficou paralisada em alguns momentos por falta de alimentação.

Tabela 53 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de BGTC (conclusão)

Quantidade de caminhões	É essencial para o incremento da produtividade. Exemplos de ocorrência: • A vibroacabadora não trabalhou na capacidade máxima, sua régua de lançamento ficou em 4,30m e não em 7m (o que exigiria mais caminhões na alimentação). • A vibroacabadora ficou paralisada em alguns momentos por falta de alimentação.
Frente junta ou separada	Contribui no incremento da produtividade se as frentes forem juntas (diminui a ociosidade). Exemplos de ocorrência: • A patrulha atendeu duas frentes em um mesma pista (diminuiu a ociosidade)
Outros	Interdependência entre tarefas. Exemplos de ocorrência: • Não lançará o BGTC, enquanto a imprimação da camada anterior não estiver curada. • Equipe parada das 8h às 10:35. A fiscalização detectou os seguintes problemas: 1. foi feita junta longitudinal (não é permitido); 2. terminaram de compactar às 18h, não verificaram o GC e não imprimaram para cura (não admitido); 3. hoje, pela manhã, o laboratorista teve dificuldades para verificar o GC (ensaio de areia - virou "rocha"); 4. As bordas ficaram esbranquiçadas, terá que retirar uma faixa de 30 cm, umedecer, para depois imprimir. Para o lançamento das atividades do dia, ficaram discutindo tudo que foi feito de errado e preparando para lançamento (já havia chegado 6 caminhões, como o tempo de transporte+lançamento+compactação do BGTC é de 3h, o primeiro caminhão quase foi desprezado) os demais foram lançados no limite.

A Tabela 54 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 55 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos ao serviço de binder.

Tabela 54 – Faixa de valores de binder – esp. até 5 cm

Discriminação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora	1	128,3	185,6	283,6	12%	16%	24%
Rolo de pneus	2	528,0	684,0	738,0	14%	16%	35%
Rolo tandem	1	684,0	960,0	1368,0	12%	14%	25%
Caminhão espargidor	1	1322,7	1346,0	1389,3	18%	18%	18%
Trator agrícola mais compressor	1	960,0	1368,0	1368,0	13%	13%	13%
Caminhão tanque	1	684,0	960,0	1368,0	8%	9%	11%
Serventes	5	83,1	97,7	126,2			

Tabela 55 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de binder (continua)

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Camada saturada	Paralisa a atividade no dia e pode paralisar no seguinte. Exemplo de ocorrência: • Choveu forte na madrugada, o trecho ficou sem acesso. Sem atividades.
Outras	• Logo no início dos trabalhos a acabadora quebrou (equipe aguardando o conserto). • Execução de frezagem nas estacas 1081 a 1083, 1090 a 1092, 1097 a 1102, 1085 a 1086 1ª faixa - motivo: trincas no pavimento.
FATORES DE CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES
Largura	Condicionante para formação da patrulha. Exemplo de ocorrência: • A vibroacabadora não trabalhou na capacidade máxima, sua régua de lançamento ficou em 4,30m e não em 7m.
Espessura	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC.
Proctor	Condicionante para formação da patrulha, determina o nº de fechas para atingir o GC. Exemplo de ocorrência: • O plano de amostragem para determinação do GC influencia no incremento da produtividade.
Reta, curva ou rampa	À princípio o grau de dificuldade é o mesmo.
Imprimação ou pintura de ligação	Condicionante no incremento da produtividade. Exemplo de ocorrência: • Aguardando cura de 48h para lançamento do Binder.
Temperatura	Condicionante para a execução dos serviços. Exemplos de ocorrência: • A acabadora não pôde lançar um comprimento muito longo devido a temperatura da massa. A massa tem que ser lançada na acabadora nas temperaturas de 140º a 177º, sendo que o ideal é de 140º a 165º. O rolo de pneus trabalha com a temperatura um pouco abaixo e o tandem deve trabalhar na temperatura entre 60º a 80º, sendo que o ideal é 60º. A usina liberou material na temperatura de 200º, o material foi rejeitado pela fiscalização, gerando impasse com a empreiteira.
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Nº de frentes	Quanto mais frentes mais horas operativas dos equipamentos (evita ociosidade). Exemplo de ocorrência: • A equipe da empreiteira está sem frente de serviço.
Mudança de equipamento	Pode contribuir ou não na eficiência do serviço. Exemplos de ocorrência: • Na parte da tarde chegou outro rolo de pneus (melhorou a produtividade). • Acrescentou uma vibroacabadora (não fez efeito na produtividade).
Viga Benkelman	O serviço de Binder é paralisado até sua execução.

Tabela 55 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de binder (continua)

Composição da patrulha	É essencial para o incremento da produtividade, determina o número de fechas. Exemplos de ocorrência: • Cada equipamento tem uma função específica. Exemplo: Vibroacabadora + tandem + rolo de pneus. Após a acabadora lançar a massa, vem o tandem (acomodar o material), depois o rolo de pneus (para compactar - usa 8 fechas), e em seguida volta o tandem para tirar as marcas do rolo de pneus (2 fechas). O ideal é utilizar 2 rolos de pneus + 1 tandem para cada acabadora. A frente tem utilizado 1 rolo de pneus. Como só tem um rolo de pneus, a acabadora não pode lançar um comprimento muito longo, devido a temperatura da massa. • Estão trabalhando com 1 rolo pneus 4x5 e 1 rolo 3x4 o ideal é usar os 2 rolos com o mesmo peso e tipo.
Composição da equipe	É essencial para o incremento da produtividade Exemplos de ocorrência: • Segundo relato dos encarregados da empreiteira e da fiscalização, a falta de preparo/treinamento de sua mão de obra de pavimentação (operadores e serventes) tem sido um dos maiores problemas no trecho. • A falta de treinamento tem gerado uma grande discordância entre a fiscalização e empreiteiros. • No início definiram o lançamento em 3 faixas. Depois mudaram para 2 faixas, mas perceberam que o sensor da acabadora não lê o cabo guia nesta largura. Ficaram discutindo/parados (demoraram das 8 às 9:35 para decidirem como iniciariam os trabalhos). Havia 4 caminhões esperando, que chegou no trecho às 8:30. A equipe teve o dia anterior para se preparar e hoje o início foi muito confuso. Estão fazendo tentativas.
Produção de BINDER na usina	É essencial para o incremento da produtividade Exemplos de ocorrência: • A usina não trabalhou na capacidade máxima. A usina está com dificuldades em controlar a temperatura. A temperatura da massa é verificada na usina, no caminhão (quando chega na acabadora) e após lançada. Um termômetro com haste é utilizado. • A pouca produção na usina e a menor quantidade de caminhões impede uma melhor produtividade. • A vibroacabadora ficou paralisada em alguns momentos por falta de alimentação.
Quantidade de caminhões	É essencial para o incremento da produtividade Exemplos de ocorrência: • A vibroacabadora não trabalhou na capacidade máxima, sua régua de lançamento ficou em 4,30m e não em 7m (o que exigiria mais caminhões na alimentação). • A vibroacabadora ficou paralisada em alguns momentos por falta de alimentação.

Tabela 55 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de binder (conclusão)

Frente junta ou separada	Contribui no incremento da produtividade se as frentes forem juntas (diminui a ociosidade).
	Exemplo de ocorrências: • A patrulha atendeu duas frentes em uma mesma pista (alguns equipamentos). • A equipe do consórcio que estava no ramo A-PI se deslocou para PI-A. A acabadora foi transportada por uma carreta. O deslocamento/preparativos durou o dia todo. Pretende-se lançar massa asfáltica amanhã.
Outros	Interdependência entre tarefas.
	Exemplos de ocorrência: • Não lançará o binder, enquanto a imprimação da camada anterior não estiver curada. • Lançou binder entre as estacas 4036 -4019 e 1122-1120. Parou por falta de frente (à partir da estaca 4036 estava imprimando, o que requer 48h de espera). • Equipe parada das 8h às 10:35. A fiscalização detectou os seguintes problemas: 1. foi feita junta longitudinal (não é permitido); 2. terminaram de compactar às 18h, não verificaram o GC e não imprimaram para cura (não admitido); 3. hoje, pela manhã, o laboratorista teve dificuldades para verificar o GC (ensaio de areia - virou "rocha"); 4. As bordas ficaram esbranquiçadas, terá que retirar uma faixa de 30 cm, umedecer, para depois imprimir. Para o lançamento das atividades do dia, ficaram discutindo tudo que foi feito de errado e preparando para lançamento (já havia chegado 6 caminhões, como o tempo de transporte+lançamento+compactação do binder é de 3h, o primeiro caminhão quase foi desprezado) os demais foram lançados no limite.

A Tabela 56 apresenta a faixa de valores (produtividade variável) e a Tabela 57 apresenta a síntese das anormalidades e fatores relativos aos serviços de imprimação e pintura de ligação.

Tabela 56 – Faixas de valores de imprimação e pintura de ligação

Imprimação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Patrulha							
Caminhão espargidor	1	215,0	243,7	315,3		6%	
Auxiliar	1	215,0	243,7	315,3			
Pintura de Ligação	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Patrulha							
Caminhão espargidor	1	215,0	243,7	315,3		6%	
Auxiliar	1	215,0	243,7	315,3			

Tabela 57 – Anormalidades e fatores encontrados na produção de imprimação e pintura de ligação

ANORMALIDADES	OBSERVAÇÕES
Chuva	Paralisa a atividade no dia e no seguinte.
Falta de operador	Equipamento parado devido à falta do motorista.
Falta de combustível	Equipamento parado devido à falta de combustível.
FATORES DE CONTEXTO	OBSERVAÇÕES
Falta de planejamento das atividades	Equipe parada devido à falta de planejamento das atividades.
Velocidade	Velocidade de lançamento compatível com a camada.
Auxiliar treinado	Facilita a execução dos serviços.
Operador treinado	Garante a qualidade dos serviços.
Eficiência dos equipamentos	Relacionado às horas em funcionamento do equipamento.
Atividades preliminares	Atividades preliminares prontas, exemplo: base a ser revestida.
Sequência	Sequência entre as atividades proporciona incremento na produtividade.

6.3. Reflexões do Capítulo 6

Este capítulo apresentou dois estudos de caso: Aeroporto Internacional de Guarulhos; e o Rodoanel Mário Covas. Partiu-se do método de coleta para o registro dos dados coletados. Na sequência o processamento dos dados foi efetuado, resultando, nas faixas de valores (produtividade variável) acompanhadas das anormalidades e dos fatores (de conteúdo e de contexto).

Em relação ao estudo de caso do Aeroporto Internacional de Guarulhos é importante salientar:

- a) trata-se de uma obra diferenciada, quando comparada, principalmente, à obras rodoviárias;
- b) fatores de conteúdo (por exemplo: os de projetos) e fatores de contexto (por exemplo: execução da obra com o aeroporto em funcionamento) causam uma grande variação da RUP diária.

No mesmo sentido, em relação ao estudo de caso do Rodoanel Mário Covas é importante salientar:

- a) a quantidade de frentes de trabalho em execução ao mesmo tempo dificulta a alocação de equipamentos e o seu devido acompanhamento;
- b) mesmo que a equipe de execução da camada de terraplenagem e/ou da pavimentação asfáltica seja eficiente, a conclusão dos trabalhos somente se dará com a sincronia da equipe de execução com a equipe de laboratórios (que

aprova ou rejeita a camada) e neste caso, definir os critérios de medição é um desafio;

- c) percebeu que equipes de trabalho diferentes executando o mesmo serviço e/ou serviços similares podem produzir indicadores de produtividade diferentes, como foi o caso da BGS e BGTC.

O processo de acompanhamento dos dois estudos de caso gerou um grande aprendizado no tocante a identificar os fatores e anormalidades de cada etapa dos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica. Esta aquisição de conhecimento foi extremamente importante para o sucesso do trabalho, haja vista que possibilitou o emprego e as correções da metodologia proposta.

Estas informações (com base no método experimental) subsidiarão a proposição do método em desenvolvimento.

7. INDICADORES DOS MANUAIS CONFORME NOVA PROPOSTA DE ABORDAGEM

Este capítulo visa apresentar os indicadores dos manuais conforme nova abordagem para as composições (apresentada no Capítulo 5).

O resultado da compilação dos manuais é originado do sistema apresentado na Figura 52.

Figura 52 – Compilação dos manuais conforme nova abordagem

Os passos trilhados para esta compilação são apresentados a seguir.

- a) Os manuais em geral trabalham com a RUP dos equipamentos como sendo a soma de uma RUP durante o tempo produtivo com a do tempo improdutivo. Para tornar estas informações coerentes com a apresentação da eficiência do equipamento em termos da PU, foram necessárias transformações baseadas nos seguintes aspectos:

- a soma das RUP para os tempos produtivo e improdutivo fornece a RUP no tempo disponível,
  - o inverso desta RUP leva à PU no tempo disponível,
  - a comparação da RUP no tempo produtivo com a relativa ao tempo disponível nos leva à % de tempo em funcionamento do equipamento. Estas operações foram feitas para todos os manuais.
- b) Posteriormente, para se ter um conjunto de informações representativo dos manuais, juntaram-se os dados referentes a todos os manuais conforme o tipo de serviço e, para este, calcularam-se os valores mediano, 1º e 3º quartis para, com isto, apresentar a faixa de valores de PU a ser adotado neste trabalho como representando o conhecimento existente nos manuais de orçamentação. Procedeu-se analogamente também para registrar a faixa de tempos produtivos para cada caso.

7.1. Listagem de Tabelas Conforme o Manual

A listagem de tabelas e os dados compilados de cada manual, referentes aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, estão contidos no Apêndice E e no Apêndice F.

Conforme a lista de estudo, os serviços levantados são apresentados a seguir:

- a) escavação de material de 1ª categoria com trator de esteiras (m^3);
- b) escavação de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (m^3);
- c) compactação de aterro - espessura até 30 cm (m^2);
- d) base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m^2);
- e) brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m^2);
- f) brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m^2);
- g) brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m^2);
- h) concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m^2);
- i) imprimação (m^2);
- j) pintura de ligação (m^2).

7.2. Composições Orçamentárias Conforme Nova Proposta de Abordagem

Conforme o Capítulo 5, a produtividade dos equipamentos e da mão de obra pode apresentar variações segundo faixas de amplitude bastante grande. Conceitualmente, o Modelo dos Fatores permitiria buscar uma resposta à questão. A proposta de abordagem para as composições é aplicar os conceitos de Produtividade Variável, ou seja, apresentar os indicadores relativos aos recursos demandados para se fazer uma unidade de produto, por meio da postura: em lugar de apenas citar um valor médio histórico, inclui-se a apresentação de uma faixa de valores (indicando-se os valores 1º Quartil, mediano e 3º Quartil) para o consumo de mão de obra e equipamentos. Os momentos de incidência das horas de equipamentos utilizados são: as horas disponíveis para o serviço (Hserv.); e as horas em funcionamento (Hfunc ou Hfuncionamento).

7.2.1. Escavação e carga de material de 1ª Categoria

Este serviço foi dividido em dois:

- a) Escavação e carga de material de 1ª categoria utilizando trator de esteiras e carregadeira de pneus (Tabela 58);
- b) Escavação e carga de material de 1ª categoria utilizando escavadeira hidráulica (Tabela 59).

Tabela 58 – Escavação e carga de material de 1ª categoria: com trator de esteiras (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator de esteiras, com lâmina	172,4	172,4	192,0	94%	95%	96%
Carregadeira de pneus (3,1m³)	112,4	112,4	202,1	96%	96%	97%
Servente	69,5	71,4	71,4			

Tabela 59 – Escavação e carga de material de 1ª categoria: com escavadeira hidráulica (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Escavadeira hidráulica - sobre esteira c/ caçamba (1.5m³)		198,1			97%	
Servente		63,7				

7.2.2. Compactação de aterros

Este serviço contempla a atividade de compactação de aterros, em camadas de até 30 cm (Tabela 60)

Tabela 60 – Compactação de aterros – esp. até 30 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Grade de discos rebocável	540,5	694,4	1355,0	76%	76%	97%
Motoniveladora	1136,4	1300,7	1918,5	49%	50%	97%
Trator de esteiras, com lâmina	250,0	250,0	250,0			
Rolo compactador pé de carneiro	875,0	1000,0	1041,7	88%	88%	97%
Caminhão tanque (10.000 l)	621,0	730,4	776,7	69%	69%	97%
Trator agrícola	500,0	1162,8	1388,9	70%	75%	92%
Servente	333,3	420,2	561,8			

7.2.3. Base de brita graduada simples - BGS

Este serviço foi dividido em dois:

- a) Base de brita graduada utilizando distribuidor e agregados (Tabela 61);

Tabela 61 – Base de brita graduada, com distribuidor de agregados – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Carregadeira de pneus (3,1m³)	370,4	370,4	370,4			
Distribuidor de agregados - autopropelido	520,3	629,2	1019,6	86%	97%	97%
Rolo compactador de pneus	544,3	692,7	783,0	97%	97%	97%
Rolo compactador tipo tandem	544,3	705,7	809,1	97%	97%	97%
Caminhão tanque (10.000 l)	603,5	837,0	837,0	59%	97%	97%
Motoniveladora	370,1	370,1	370,1			
Servente	52,4	141,0	220,3			

b) Base de brita graduada utilizando vibroacabadora (Tabela 62).

Tabela 62 – Base de brita graduada, com vibroacabadora – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	121,3	130,9	140,5	69%	76%	83%
Rolo compactador de pneus	198,5	255,8	313,1	58%	58%	58%
Rolo compactador tipo tandem	286,7	314,6	342,5	65%	65%	65%
Caminhão tanque (10.000 l)	1785,7	1785,7	1785,7			
Carregadeira de pneus (3,1 m ³)	474,8	474,8	474,8			
Motoniveladora	370,4	370,4	370,4			
Servente	30,7	41,0	51,4			

7.2.4. Base de brita graduada tratada com cimento - BGTC

Este serviço foi dividido em dois:

a) Base de brita graduada tratada com cimento utilizando distribuidor de agregados (Tabela 63);

Tabela 63 – Base de brita graduada tratada com cimento, com distribuidor de agregados – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Carregadeira de pneus (3,1m ³)	370,4	370,4	370,4			
Distribuidor de agregados - Autopropelido	520,3	629,2	1019,6	86%	97%	97%
Rolo compactador de pneus	544,3	692,7	783,0	97%	97%	97%
Rolo compactador tipo tandem	544,3	705,7	809,1	97%	97%	97%
Caminhão tanque (10.000 l)	603,5	837,0	837,0	59%	97%	97%
Motoniveladora	370,1	370,1	370,1			
Servente	52,4	141,0	220,3			

- b) Base de brita graduada tratada com cimento utilizando vibroacabadora (Tabela 64).

Tabela 64 – Base de brita graduada tratada com cimento, com vibroacabadora – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	121,3	130,9	140,5	69%	76%	83%
Rolo compactador de pneus	198,5	255,8	313,1	58%	58%	58%
Rolo compactador tipo tandem	286,7	314,6	342,5	65%	65%	65%
Caminhão tanque (10.000 l)	1785,7	1785,7	1785,7			
Carregadeira de pneus (3,1 m ³)	474,8	474,8	474,8			
Motoniveladora	370,4	370,4	370,4			
Servente	30,7	41,0	51,4			

7.2.5. Base de solo cimento e mistura na pista

Este serviço contempla a atividade de base de solo cimento e mistura na pista (Tabela 65).

Tabela 65 – Base de solo cimento e mistura na pista – esp. até 20 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Grade de discos rebocável	413,2	670,1	927,1	97%	97%	97%
Motoniveladora	290,6	424,9	559,2	97%	97%	97%
Rolo compactador de pneus	739,2	1055,3	1152,6	73%	81%	89%
Rolo compactador tipo tandem	319,5	482,7	645,9	97%	97%	97%
Rolo compactador pé de carneiro	625,0	625,0	625,0			
Trator agrícola	413,2	670,1	927,1	97%	97%	97%
Caminhão tanque (10.000 l)	424,0	535,5	647,0	97%	97%	97%
Servente	34,4	53,1	146,8			

7.2.6. Imprimação

Este serviço contempla a atividade de imprimação (Tabela 66)

Tabela 66 – Imprimação (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Asfalto diluído CM 30	690,5	714,3	773,8			
Distribuidor de betume (6.000 l)	270,3	416,7	1078,7	42%	61%	79%
Tanque de estocagem de asfalto – (20000 l)	820,3	1078,7	1243,4	97%	97%	97%
Trator agrícola	1865,1	2322,2	2779,2	53%	68%	82%
Vassoura mecânica rebocável	1865,1	2322,2	2779,2	53%	68%	82%
Servente	169,5	234,7	246,9			

7.2.7. Pintura de ligação

Este serviço contempla a atividade de pintura de ligação (Tabela 67)

Tabela 67 – Pintura de ligação (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Emulsão asfáltica RR-1C	1663,8	1950,7	1960,8	97%	97%	97%
Distribuidor de betume (6.000 l)	253,4	862,8	1989,2	35%	56%	77%
Tanque de estocagem de asfalto – (20000 l)	1808,4	2188,2	2656,6			
Trator agrícola	2094,3	2188,7	2344,3	59%	59%	59%
Vassoura mecânica rebocável	2094,3	2188,7	2344,3	59%	59%	59%
Servente	222,5	268,8	345,0			

7.2.8. Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento

Este serviço contempla a atividade de concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento (Tabela 68).

Tabela 68 – Concreto betuminoso usinado a quente (capa de rolamento) – esp. até 5 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	624,0	832,9	1344,4	44%	64%	88%
Rolo compactador de pneus	553,9	688,9	1020,0	27%	40%	84%
Rolo compactador tipo tandem	576,0	960,0	1364,6	56%	80%	90%
Trator agrícola	14563,1	14563,1	14563,1	97%	97%	97%
Vassoura mecânica rebocável	14563,1	14563,1	14563,1	97%	97%	97%
Servente	115,4	464,9	744,0			

7.2.9. Concreto betuminoso usinado a quente - binder

Este serviço contempla a atividade de concreto betuminoso usinado a quente - Binder (Tabela 69)

Tabela 69 – Concreto betuminoso usinado a quente (binder) – esp. até 5 cm (resumo dos manuais)

Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	665,3	1227,3	2422,2	72%	93%	95%
Rolo compactador de pneus	617,7	653,8	2020,7	64%	97%	98%
Rolo compactador tipo tandem	665,3	1103,0	2700,3	80%	90%	94%
Trator agrícola	14563,1	14563,1	14563,1	97%	97%	97%
Vassoura mecânica rebocável	14563,1	14563,1	14563,1	97%	97%	97%
Servente	135,2	225,3	348,8			

7.3. Reflexões do Capítulo 7

Este capítulo apresentou os indicadores dos manuais conforme a nova proposta de abordagem. Procurou-se manter os equipamentos apresentados pelos manuais, mesmo que na prática, conforme verificação em obra, a equipe seja montada diferentemente. Estas incoerências são corrigidas no Capítulo 8, momento em que são analisadas as entrevistas com os especialistas. As informações contidas no Capítulo 6 e neste Capítulo subsidiarão a proposição do método em desenvolvimento.

8. MANUAL DE APLICAÇÃO NAS ENTREVISTAS COM OS ESPECIALISTAS

Como apresentado na introdução desta tese, a proposição de um método, que subsidiasse o prognóstico da produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica, partiu da constatação de que muitos métodos disponíveis assumem posturas que inviabilizam a tomada de diversas decisões: das relacionadas à orçamentação até aquelas associadas à gestão da produção.

Deste modo a tese surgiu com o objetivo inovador de: a) de ser fundamentada na opinião de especialistas; b) empregar métodos teóricos e experimentais; c) de rever as diferentes fases executivas de cada tipo de serviço; d) apresentar os indicadores destes serviços por meio de faixas de valores (que representam a produtividade variável); e) e aliados às faixas estão os fatores orientadores para a tomada de decisão sobre qual valor adotar. Portanto, com base nas faixas de valores (produtividade variável), dos fatores e das anormalidades que afetam a produtividade dos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, dados originados das oito fontes levantadas (seis manuais e duas obras) e embasados nos estudos bibliográficos (Figura 53), neste capítulo apresenta-se o manual de aplicação das entrevistas com os especialistas.

Figura 53 – Sistema de compilação: produtividade variável, fatores e anormalidades

8.1. Fatores e Anormalidades

Os fatores e anormalidades apresentados neste capítulo foram definidos com base

nos fatores vistos nos levantamentos de campo, no levantamento bibliográfico e nos manuais, com o julgamento do autor para eliminar coisas muito semelhantes, superpostas e mesmo para inserir algum aspecto não contemplado nestas fontes mas considerados importante pelo autor em função da experiência que ganhou no entendimento dos serviços abordados desta tese.

8.2. Etapas de Aplicação das Entrevistas

Para se realizarem as entrevistas com os especialistas, as seguintes etapas foram previstas:

- a) apresentar as três faixas, todas com 1º quartil, mediana e 3º quartil, relativamente em separado aos valores dos manuais, dos valores diários de Guarulhos e dos valores diários do Rodoanel;
- b) apresentar uma lista dos fatores e anormalidades com suas possíveis ocorrências;
- c) ensinar ao especialista a ideia de quartis para dizer que a faixa não apresenta valores extremos e que, ao olhar os fatores, não vai pensar numa situação de tudo 100% ruim ou tudo 100% muito bom (estes poderiam ser valores máximos e mínimos, que normalmente não cabem em situações de orçamentação);
- d) o especialista vai indicar os valores medianos e os quartis (em outras palavras, a faixa de valores que adotaria) para representar a situação mediana e as situações boas ou ruins em termos dos fatores considerados importantes. O especialista vai se posicionar frente a duas classes de faixas: a das produções unitárias; e a das horas em funcionamento. O pesquisador tirará a mediana das notas dadas pelos especialistas resultando nas faixas de valores relativas à produtividade variável (primeiro quartil, mediana e terceiro quartil);
- e) no caso dos fatores e das anormalidades, a lista apresentada será criticada pelos especialistas, que indicarão os fatores mais importantes e os menos, eventualmente indicando fatores adicionais a serem acrescentados. A crítica será registrada da seguinte forma:

- eles vão dar nota para cada fator (e para eventual adicional que acrescentarem); tais notas podem variar de 0 a 10, mas um fator importante tem de receber pelo menos 5.
- f) o pesquisador tirará a mediana das notas para cada fator ou anormalidade, conforme as notas dadas por todos os especialistas questionados. As notas medianas abaixo de 5 terão seus fatores eliminados. Para os acima de 5, faixas serão criadas e os quartis calculados; os fatores com nota maior que o 3º quartil serão chamados “mais importantes”; os abaixo do 1º quartil de “menos importantes”; os entre quartis de “importantes”.

8.3. Caracterização do Grupo de Especialistas Consultados

Acredita-se que, nesta etapa de avaliação dos indicadores (produção unitária) e das anormalidades e fatores, obteve-se uma excelente representatividade das principais áreas de conhecimento envolvidas na elaboração de orçamentação e na gestão da produção da execução de rodovias. A abrangência e a reconhecida experiência no tema, do grupo de especialistas consultados, também são pontos a serem destacados, já que a avaliação foi efetuada por pessoas que ocupam cargo de chefia, de coordenação de equipe e de professores renomados.

Um resumo das características do grupo de especialista é apresentado a seguir. As informações referentes aos entrevistados e o resultado da compilação das entrevistas estão no Apêndice G.

a) Quantidade:

- 14 especialistas consultados e 7 respostas efetivas.

b) Titulação:

- 2 mestres.
- 3 doutores.
- 2 engenheiros.

c) Áreas de atuação:

- Obras públicas de pavimentação e terraplenagem.
- Infraestrutura de transportes.
- Fiscalização de obras rodoviárias.

- Universidades.
  - Empresas privadas.
- d) Cargo atual:
- 3 diretores.
  - 1 secretário de transportes.
  - 3 professores.
- e) Experiência acumulada dos especialistas:
- 113 anos dedicados à execução de obra públicas de pavimentação e terraplenagem.
- f) Órgãos atuantes
- Secretaria de Gestão dos Programas de Transportes do Governo Federal.
  - Departamento de Estradas de Rodagem do Espírito Santo – DER/ES.
- g) Região de atuação
- Sul;
  - Centro oeste;
  - Sudeste;
  - Nordeste

8.4. Lista dos Serviços Abrangidos nas Entrevistas

Conforme a lista de estudo, os serviços abrangidos nas entrevistas são.

- a) Escavação de material de 1ª categoria com trator de esteiras;
- b) Escavação de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica;
- c) Compactação de aterro - espessura até 30 cm;
- d) Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm;
- e) Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm;
- f) Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm;
- g) Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm;
- h) Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm;
- i) Imprimação;
- j) Pintura de ligação.

8.5. Faixas de Valores, Anormalidades e Fatores segundo cada serviço

8.5.1. Escavação e carga de material de 1ª categoria

Tabela 70 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com trator de esteiras (m³/h)

a) Etapa: escavação do solo (o trator de esteiras escava o solo e o amontoa)

Trator de esteiras, com lâmina	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	172,4	172,4	192,0	94%	95%	96%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: carregamento do caminhão (a carregadeira de pneus coloca o solo nos caminhões)

Carregadeira de pneus - cap. 3,1m ³	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	112,4	112,4	202,1	96%	96%	97%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

Tabela 71 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (m³/h)

a) Etapa: escavação do solo e carregamento do caminhão

Escavadeira hidráulica	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais		198,1			97%	
Guarulhos	42,9	87,9	152,2	42%	69%	92%
Rodoanel	59,5	73,1	103,1	74%	82%	95%
Proposta dos especialistas						

Tabela 72 – Síntese dos fatores e das anormalidades: escavação e carga de material de 1ª categoria

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	
Solo com maior dificuldade de penetração	Solo facilmente penetrável	
Escavação no nível do terreno	Escavação em barranco (diminui o tempo de ciclo entre a escavação, carga e a manobra, aumentando a eficiência)	
Terreno muito acidentado	Terreno pouco acidentado	
Equipamento de escavação menos compatível com as características do terreno	Equipamento de escavação compatível com as características do terreno	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (falta combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Alto índice de ausência do operador (tem muitas faltas)	Baixo índice de ausência do operador (tem poucas faltas)	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Comete erros grosseiros em relação ao projetado (retrabalho)	Serviço executado de acordo com o projeto (evita erros grosseiros que poderiam aumentar o volume da escavação)	
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	
Má continuidade e sequência de operações entre cada atividade	Boa continuidade e sequência de operações entre cada atividade	
Menos frentes sendo atendidas (de aterro ou DME ⁶⁵)	Mais frentes sendo atendidas (de aterro ou DME)	
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente de serviço	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente de serviço	
DMT ⁶⁶ maior (distância entre o corte e o aterro atendido)	DMT menor (distância entre o corte e o aterro atendido)	

⁶⁵ DME: depósito de material excedente⁶⁶ DMT: distância média de transporte

8.5.2. Compactação de aterro

Tabela 73 – Compactação de aterro - esp. até 30cm (m²)

a) Etapa: espalhamento do solo (após a descarga pelos caminhões o trator de esteiras espalha o solo)

Trator de esteiras, com lâmina	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	250,0	250,0	250,0			
Guarulhos	670,8	1277,1	2596,2	47%	71%	86%
Rodoanel	221,7	311,1	387,6			
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de solo)

Motoniveladora	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	1136,4	1300,7	1918,5	49%	50%	97%
Guarulhos	788,8	1501,5	2779,2	77%	82%	91%
Rodoanel	221,7	311,1	387,6			
Proposta dos especialistas						

c) Etapa: aeração e/ou homogeneização da camada (se precisar o trator com grade faz a aeração ou a homogeneização do solo)

Trator agrícola com grade de disco	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	500,0	1162,8	1388,9	70%	75%	92%
Guarulhos	842,2	1596,8	2752,1	55%	57%	63%
Rodoanel	221,7	311,1	387,6			
Proposta dos especialistas						

d) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece o solo)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	621,0	730,4	776,7	69%	69%	97%
Guarulhos	1032,7	1608,3	2756,4	18%	29%	31%
Rodoanel	997,5	1400,0	1744,2			
Proposta dos especialistas						

e) Etapa: compactação da camada

Rolo compactador pé de carneiro	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	875,0	1000,0	1041,7	88%	88%	97%
Guarulhos	884,1	1592,2	2746,4	31%	36%	49%
Rodoanel	55,4	77,8	96,9			
Proposta dos especialistas						

Tabela 74 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Compactação de Aterro (continua)

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	
Tarefas preliminares a executar (ex. drenos)	Tarefas preliminares prontas (ex. drenos)	
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento do solo e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	
DMT maior (demora no trajeto corte/aterro)	DMT menor (rapidez no trajeto corte/aterro)	
Aeração, homogeneização e umidificação da camada		
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	
Solo menos homogêneo	Solo mais homogêneo	
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>20cm e <30cm)	Camadas menos espessas (<20cm)	
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	

Tabela 74 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Compactação de Aterro (conclusão)

Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	

8.5.3. Base de solo cimento com mistura na pista

Tabela 75 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m²) (continua)

a) Etapa: espalhamento do solo (após a descarga pelos caminhões o trator de esteiras espalha o solo)

Trator de esteiras, com lâmina	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais						
Guarulhos						
Rodoanel	512,3	654,7	748,0	12%	28%	34%
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de solo)

Motoniveladora	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	290,6	424,9	559,2	97%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel	229,9	389,7	439,0	36%	60%	79%
Proposta dos especialistas						

c) Etapa: distribuição do cimento na camada

Distribuidor de cimento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais						
Guarulhos						
Rodoanel	369,7	444,7	581,7	6%	8%	13%
Proposta dos especialistas						

Tabela 75 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (m²) (conclusão)

d) Etapa: aeração e/ou homogeneização da camada (se precisar o trator com grade faz a aeração ou a homogeneização do solo)

Trator agrícola com grade de disco	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	413,2	670,1	927,1	97%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

e) Etapa: mistura do cimento na camada (a recicladora automaticamente mistura o cimento com o solo)

Recicladora	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais						
Guarulhos						
Rodoanel	399,7	464,7	777,4	11%	23%	25%
Proposta dos especialistas						

f) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece o solo)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	424,0	535,5	647,0	97%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel	424,7	588,8	793,8	10%	15%	25%
Proposta dos especialistas						

g) Etapa: compactação da camada

Rolo compactador pé de carneiro	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	625,0	625,0	625,0			
Guarulhos						
Rodoanel	79,3	112,2	151,7	44%	53%	72%
Proposta dos especialistas						

h) Etapa: acabamento da camada (após a compactação o rolo compactador de pneus , protege a camada, ou seja, sela a camada)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	739,2	1055,3	1152,6	73%	81%	89%
Guarulhos						
Rodoanel	371,3	453,8	852,9	6%	8%	10%
Proposta dos especialistas						

Tabela 76 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Base de solo cimento com mistura na pista (continua)

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	
Tarefas preliminares a executar (ex. drenos)	Tarefas preliminares prontas (ex. drenos)	
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento do solo e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões (ou mão de obra para serviço manual) menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões (ou mão de obra para serviço manual) compatível com a frente a ser abastecida	
DMT maior (demora no trajeto corte/aterro)	DMT menor (rapidez no trajeto corte/aterro)	
Aeração, homogeneização e umidificação da camada		
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	
Solo menos homogêneo	Solo mais homogêneo	
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>20cm e <30cm)	Camadas menos espessas (<20cm)	
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	

Tabela 76 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Base de solo cimento com mistura na pista (conclusão)

Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	

8.5.4. Brita graduada simples - BGS

Tabela 77 – Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m²) (continua)

a) Etapa: espalhamento da BGS (os caminhões abastecem o distribuidor de agregados com BGS e este espalha o material)

Distribuidor de Agregados - Autopropelido	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	520,3	629,2	1019,6	86%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de BGS)

Motoniveladora	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	370,1	370,1	370,1			
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	603,5	837,0	837,0	59%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

Tabela 77 – Brita Graduada Simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m²) (conclusão)

d) Etapa: Compactação da camada

d1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada).

Rolo compactador tipo tandem	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	544,3	705,7	809,1	97%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

d2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	544,3	692,7	783,0	97%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

e) Etapa: apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)			
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	
Manuais	52,4	141,0	220,3	
Guarulhos				
Rodoanel				
Proposta dos especialistas				

Tabela 78 – Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m²) (continua)

a) Etapa: espalhamento e nivelamento da BGS (os caminhões abastecem a vibroacabadora com BGS e esta espalha o material e nivela a camada)

Vibroacabadora de Asfalto	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	121,3	130,9	140,5	69%	76%	83%
Guarulhos	82,0	103,1	143,4	46%	61%	78%
Rodoanel	193,5	200,7	207,8	26%	27%	27%
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: compactação da camada

b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)

Rolo compactador tipo tandem	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	286,7	314,6	342,5	65%	65%	65%
Guarulhos	70,9	92,0	130,8	46%	63%	90%
Rodoanel	193,5	200,7	207,8	31%	32%	34%
Proposta dos especialistas						

b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	198,5	255,8	313,1	58%	58%	58%
Guarulhos	42,3	69,5	78,2	45%	59%	75%
Rodoanel	136,2	143,3	169,6	24%	25%	26%
Proposta dos especialistas						

c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	1785,7	1785,7	1785,7			
Guarulhos						
Rodoanel	193,5	200,7	265,2	4%	5%	6%
Proposta dos especialistas						

Tabela 78 – Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm (m²) (conclusão)

d) Etapa: apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	30,7	41,0	51,4
Guarulhos	15,9	21,6	28,1
Rodoanel	29,1	31,6	38,9
Proposta dos especialistas			

Tabela 79 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Brita Graduada Simples – BGS (continua)

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	
Baixa capacidade efetiva da usina	Alta capacidade efetiva da usina	
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	
Tarefas preliminares a executar (ex. travessias)	Tarefas preliminares prontas (ex. travessias)	

Tabela 79 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Brita Graduada Simples – BGS (conclusão)

CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento da BGS e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	
Umidificação da camada		
Umidade dos agregados maior do que a projetada	Umidade dos agregados compatível com a projetada	
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>10cm e <20cm)	Camadas menos espessas (<10cm)	
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	

8.5.5. Brita graduada tratada com cimento - BGTC

Tabela 80 – Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m²) (continua)

a) Etapa: espalhamento e nivelamento da BGTC (os caminhões abastecem a vibroacabadora com BGTC e esta espalha o material e nivela a camada)

Vibroacabadora de Asfalto	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	121,3	130,9	140,5	69%	76%	83%
Guarulhos	82,0	103,1	143,4	46%	61%	78%
Rodoanel	109,7	116,7	123,7	26%	27%	27%
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: compactação da camada

b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)

Rolo compactador tipo tandem	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	286,7	314,6	342,5	65%	65%	65%
Guarulhos	70,9	92,0	130,8	46%	63%	90%
Rodoanel	142,3	182,0	221,7	31%	32%	34%
Proposta dos especialistas						

b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	198,5	255,8	313,1	58%	58%	58%
Guarulhos	42,3	69,5	78,2	45%	59%	75%
Rodoanel	142,3	182,0	221,7	24%	25%	26%
Proposta dos especialistas						

c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	1785,7	1785,7	1785,7			
Guarulhos						
Rodoanel	142,3	182,0	221,7	4%	5%	6%
Proposta dos especialistas						

Tabela 80 – Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm (m2) (conclusão)

d) Etapa: apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação			
Manuais	30,7	41,0	51,4
Guarulhos	15,9	21,6	28,1
Rodoanel	23,7	30,3	36,9
Proposta dos especialistas			

Tabela 81 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Brita graduada tratada com cimento – BGTC (continua)

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	
Baixa capacidade efetiva da usina	Alta capacidade efetiva da usina	
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	
Tarefas preliminares a executar (ex. travessias)	Tarefas preliminares prontas (ex. travessias)	

Tabela 81 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Brita graduada tratada com cimento – BGTC (conclusão)

CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento da BGTC e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	
Umidificação da camada		
Umidade dos agregados maior do que a projetada	Umidade dos agregados compatível com a projetada	
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>10cm e <20cm)	Camadas menos espessas (<10cm)	
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	

8.5.6. Concreto betuminoso usinado a quente

Tabela 82 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m²) (continua)

a) Etapa: espalhamento e nivelamento do revestimento asfáltico (os caminhões abastecem a vibroacabadora e esta espalha o material e nivela a camada)

Vibroacabadora de Asfalto	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais (capa)	624,0	832,9	1344,4	44%	64%	88%
Manuais (binder)	665,3	1227,3	2422,2	72%	93%	95%
Guarulhos	229,5	272,4	407,0	87%	100%	100%
Rodoanel	128,3	185,6	283,6	12%	16%	24%
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: Compactação da camada

b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)

Rolo compactador tipo tandem	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais (capa)	576,0	960,0	1364,6	56%	80%	90%
Manuais (binder)	665,3	1103,0	2700,3	80%	90%	94%
Guarulhos	193,7	249,6	420,1	75%	100%	100%
Rodoanel	684,0	960,0	1368,0	12%	14%	25%
Proposta dos especialistas						

b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais (capa)	553,9	688,9	1020,0	27%	40%	84%
Manuais (binder)	617,7	653,8	2020,7	64%	97%	98%
Guarulhos	60,6	101,8	144,3	100%	100%	100%
Rodoanel	528,0	684,0	738,0	14%	16%	35%
Proposta dos especialistas						

Tabela 82 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm (m²) (conclusão)

c) Etapa: apoio

c1) Fornecimento de óleo (um caminhão tanque fica à disposição para fornecer óleo para a frente de serviço)

Caminhão para abastecimento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais (capa)						
Manuais (binder)						
Guarulhos						
Rodoanel	1322,7	1346,0	1389,3	18%	18%	18%
Proposta dos especialistas						

c2) Limpeza (antes dos rolos compactadores entrarem na pista a ser pavimentada, eles são lavados ou limpados)

Trator agrícola com compressor	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais (capa)	14563,1	14563,1	14563,1	97%	97%	97%
Manuais (binder)	14563,1	14563,1	14563,1	97%	97%	97%
Guarulhos						
Rodoanel	960,0	1368,0	1368,0	13%	13%	13%
Proposta dos especialistas						

c3) Fornecimento de água para os compactadores lisos (um caminhão tanque fica à disposição para fornecer água para os compactadores lisos)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais						
Guarulhos						
Rodoanel	684,0	960,0	1368,0	8%	9%	11%
Proposta dos especialistas						

c4) Apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)			
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	
Discriminação				
Manuais (capa)	115,4	464,9	744,0	
Manuais (binder)	135,2	225,3	348,8	
Guarulhos	24,5	45,3	57,8	
Rodoanel	83,1	97,7	126,2	
Proposta dos especialistas				

Tabela 83 – Síntese dos fatores e das anormalidades: CBUQ (continua)

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva da usina (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva da usina (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	
Há dificuldade em se manter a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Frentes mais distantes	Frentes mais próximas	
Tarefas preliminares a executar (ex. pintura de ligação)	Tarefas preliminares prontas (ex. pintura de ligação)	
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento e nivelamento do revestimento asfáltico		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	

Tabela 83 – Síntese dos fatores e das anormalidades: CBUQ (conclusão)

Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>2,5cm e <5cm)	Camadas menos espessas (<2,5cm)	
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	

8.5.7. Imprimação

Tabela 84 – Imprimação (m²)

a) Etapa: limpeza (antes da execução da imprimação uma limpeza da pista é realizada)

Trator agrícola com vassoura mecânica	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	1865,1	2322,2	2779,2	53%	68%	82%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: lançamento de cobertura

Caminhão espargidor	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Manuais	270,3	416,7	1078,7	42%	61%	79%
Guarulhos	152,8	214,4	378,3	6%	8%	13%
Rodoanel	215,0	243,7	315,3		6%	
Proposta dos especialistas						
Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Manuais	169,5	234,7	246,9			
Guarulhos	158,1	224,9	261,3			
Rodoanel	215,0	243,7	315,3			
Proposta dos especialistas						

Tabela 85 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Imprimação

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	
Há dificuldade em se manter a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Velocidade de aplicação menos compatível com a camada	Velocidade de aplicação compatível com a camada	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Tarefas preliminares a executar (ex. base a ser revestida)	Tarefas preliminares prontas (ex. base a ser revestida)	

8.5.8. Pintura de ligação

Tabela 86 – Pintura de ligação (m²)

a) Etapa: limpeza (antes da pintura de ligação uma limpeza da pista é realizada)

Trator agrícola com vassoura mecânica	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	2094,3	2188,7	2344,3	59%	59%	59%
Guarulhos						
Rodoanel						
Proposta dos especialistas						

b) Etapa: lançamento de cobertura

Caminhão espargidor	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
Manuais	253,4	862,8	1989,2	35%	56%	77%
Guarulhos	158,1	224,9	261,3	11%	13%	16%
Rodoanel	215,0	243,7	315,3		6%	
Proposta dos especialistas						
Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Discriminação						
Manuais	222,5	268,8	345,0			
Guarulhos	158,1	224,9	261,3			
Rodoanel	215,0	243,7	315,3			
Proposta dos especialistas						

Tabela 87 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Pintura de ligação (continua)

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Nota (0 a 10)
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	

Tabela 87 – Síntese dos fatores e das anormalidades: Pintura de ligação (conclusão)

Há dificuldade em se manter a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	
Operador menos treinado	Operador treinado	
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	
Tarefas preliminares a executar (ex. base a ser revestida)	Tarefas preliminares prontas (ex. base a ser revestida)	

8.6. Reflexões do Capítulo 8

A definição dos especialistas foi uma tarefa difícil (procurou-se por especialistas que tinham experiência comprovada na área da pesquisa) e para aumentar a chance de sucesso, algumas indicações surgiram por parte dos próprios especialistas.

Outra questão foi motivar a participação de todos os especialistas, o que em partes não surtiu muito efeito, pois, de quatorze consultados somente sete participaram efetivamente na pesquisa.

A grande variabilidade dos indicadores de produtividade (PU), apresentados pelos manuais e estudos de caso, foi um desafio a mais.

Ao final, percebeu que é importante agrupar especialistas conforme as obras e/ou serviços de sua especialidade.

9. MÉTODO PARA PROGNÓSTICO DA PRODUTIVIDADE

Este capítulo visa apresentar as faixas de valores e fatores influenciadores relativos à produtividade variável, para equipamentos (junto com os operadores) e mão de obra (ajudantes diretos). Trata-se do método para prognóstico da produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica.

9.1. Algumas Reflexões Sobre o Método

Conforme se apresenta na Figura 54, várias etapas foram vencidas até a proposição deste “Método”.

Figura 54 – Etapas para o desenvolvimento do método.

Estudou-se o assunto (bibliografia, manuais e estudos de caso). Verificou-se como os serviços eram tratados/quebrados pelos manuais. Propôs-se uma nova quebra destes serviços. Uma proposta de abordagem para as composições foi efetuada. Os indicadores dos manuais foram adequados de acordo com esta proposta. Faixas contemplando a produtividade variável (1º quartil, mediana, 3º quartil), referentes aos manuais e estudos de caso, foram desenvolvidas. Com base em todo o aprendizado adquirido identificaram-se as anormalidades e os fatores que fazem a produtividade destas faixas variar. Este estudo foi apresentado aos especialistas, que opinaram sobre os indicadores e pontuaram as anormalidades e fatores. O resultado desta pesquisa gerou o método para o

prognóstico da produtividade na execução de rodovias com ênfase na terraplenagem e pavimentação asfáltica.

9.2. Abrangência do Método

Os serviços, de terraplenagem e pavimentação asfáltica, abrangidos por este método são descritos como segue:

- a) Escavação de material de 1ª categoria com trator de esteiras;
- b) Escavação de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica;
- c) Compactação de aterro - espessura até 30 cm;
- d) Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm;
- e) Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm;
- f) Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm;
- g) Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm;
- h) Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm;
- i) Imprimação;
- j) Pintura de ligação.

9.3. Escavação de Material de 1ª Categoria

Fazem parte deste serviço a escavação e carga de materiais de 1ª categoria. Em termos dos diferentes equipamentos para a escavação, os valores a serem mostrados contemplam o trator de esteira e a escavadeira hidráulica.

O assunto será tratado separando a escavação em função destes dois equipamentos. Para cada grupo discutem-se a produção unitária dos equipamentos e da mão de obra.

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- a) mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 88 e Tabela 89).

- b) tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 90).

Tabela 88 – Escavação e carga de material de 1ª categoria, com trator de esteiras

a) Etapa: escavação do solo (o trator de esteiras escava o solo e o amontoa)						
Equipamento	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator de esteiras, com lâmina	140	165	190	85%	90%	96%
b) Etapa: carregamento do caminhão (a carregadeira de pneus coloca o solo nos caminhões)						
Equipamento	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Carregadeira de pneus	138	159,5	176	85%	90%	97%

Tabela 89 – Escavação e carga de material de 1ª categoria, com escavadeira hidráulica

a) Etapa: escavação do solo e carregamento do caminhão						
Equipamento	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Escavadeira hidráulica	120	140	160	80%	90%	95%

Tabela 90 – Fatores e anormalidades: escavação e carga de material de 1ª categoria

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Equipamento de escavação menos compatível com as características do terreno	Equipamento de escavação compatível com as características do terreno	Importante
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (falta combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Importante
Comete erros grosseiros em relação ao projetado (retrabalho)	Serviço executado de acordo com o projeto (evita erros grosseiros que poderiam aumentar o volume da escavação)	Importante
Má continuidade e sequência de operações entre cada atividade	Boa continuidade e sequência de operações entre cada atividade	Importante
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente de serviço	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente de serviço	Importante
Escavação no nível do terreno	Escavação em barranco (diminui o tempo de ciclo entre a escavação, carga e a manobra, aumentando a eficiência)	Importante
Terreno muito acidentado	Terreno pouco acidentado	Importante
Alto índice de ausência do operador (tem muitas faltas)	Baixo índice de ausência do operador (tem poucas faltas)	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	Importante
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	Pouco importante
Solo com maior dificuldade de penetração	Solo facilmente penetrável	Pouco importante
Menos frentes sendo atendidas (de aterro ou DME)	Mais frentes sendo atendidas (de aterro ou DME)	Pouco importante
DMT maior (distância entre o corte e o aterro atendido)	DMT menor (distância entre o corte e o aterro atendido)	Pouco importante

9.4. Compactação de Aterro

Em termos das diferentes partes do serviço de compactação de aterro, fazem parte do escopo, quanto aos valores a serem mostrados: o lançamento; o nivelamento; o tratamento (possível aeração ou umidificação); e a compactação da camada.

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 91).
- tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 92).

Tabela 91 – Compactação de aterro - esp. até 30 cm

a) Etapa: espalhamento do solo (após a descarga pelos caminhões o trator de esteiras espalha o solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator de esteiras, com lâmina	250	300	350	50%	68%	80%
b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Motoniveladora	1000	1200	1400	80%	83%	90%
c) Etapa: aeração e/ou homogeneização da camada (se precisar o trator com grade faz a aeração ou a homogeneização do solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator agrícola com grade de disco	1000	1200	1400	68%	73%	90%
d) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece o solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque	1075	1322,5	1500	58%	65%	70%
e) Etapa: compactação da camada						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador pé de carneiro	300	450	600	70%	83%	90%

Tabela 92 – Fatores e anormalidades: compactação de aterro

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	Importante
Tarefas preliminares a executar (ex. drenos)	Tarefas preliminares prontas (ex. drenos)	Importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Importante
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Importante
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento do solo e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	Importante
DMT maior (demora no trajeto corte/aterro)	DMT menor (rapidez no trajeto corte/aterro)	Importante
Aeração, homogeneização e umidificação da camada		
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	Importante
Solo menos homogêneo	Solo mais homogêneo	Importante
Compactação da camada		
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	Importante
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Importante
Camadas mais espessas (>20cm e <30cm)	Camadas menos espessas (<20cm)	Importante
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	Importante

9.5. Base de Solo Cimento com Mistura na Pista

Em termos das diferentes partes do serviço de base de solo cimento com mistura na pista, fazem parte do escopo, quanto aos valores a serem mostrados: o lançamento; o nivelamento; a distribuição do cimento (se não ocorrer em usina); a aeração (se precisar); a mistura do cimento (se não ocorrer em usina); a umidificação (se precisar); a compactação; e o acabamento.

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- a) mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 93).
- b) tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 94).

Tabela 93 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm

a) Etapa: espalhamento do solo (após a descarga pelos caminhões o trator de esteiras espalha o solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator de esteiras, com lâmina	200	250	350	25%	40%	60%
b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Motoniveladora	350	450	550	48%	68%	80%
c) Etapa: distribuição do cimento na camada (obs.: este serviço pode ser feito manualmente e neste caso, deve ser prevista a "abertura de sacaria de cimento")						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Distribuidor de cimento	330	588	700	14%	21%	25%
d) Etapa: aeração e/ou homogeneização da camada (se precisar o trator com grade faz a aeração ou a homogeneização do solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator agrícola com grade de disco	525	650	775	76%	83%	91%
e) Etapa: mistura do cimento na camada (a recicladora automaticamente mistura o cimento com o solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Recicladora	330	588	700	15%	21%	25%
f) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece o solo)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque	400	600	800	17%	24%	32%
g) Etapa: compactação da camada						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador pé de carneiro	400	555	605	52%	65%	75%
h) Etapa: acabamento da camada (após a compactação o rolo compactador de pneus , protege a camada, ou seja, sela a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador de pneus	400	600	800	15%	33%	45%

Tabela 94 – Fatores e anormalidades: base de solo cimento com mistura na pista

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	Importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Importante
Tarefas preliminares a executar (ex. drenos)	Tarefas preliminares prontas (ex. drenos)	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Pouco importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Pouco importante
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	Pouco importante
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	Pouco importante
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento do solo e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões (ou mão de obra para serviço manual) menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões (ou mão de obra para serviço manual) compatível com a frente a ser abastecida	Importante
DMT maior (demora no trajeto corte/aterro)	DMT menor (rapidez no trajeto corte/aterro)	Importante
Aeração, homogeneização e umidificação da camada		
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	Importante
Solo menos homogêneo	Solo mais homogêneo	Importante
Compactação da camada		
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Muito importante
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	Importante
Camadas mais espessas (>20cm e <30cm)	Camadas menos espessas (<20cm)	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Importante
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	Pouco importante

9.6. Base de Brita Graduada Simples - BGS

Em termos dos diferentes equipamentos para a BGS, os valores a serem mostrados contemplam o distribuidor de agregados e a vibroacabadora.

O assunto será tratado separando a BGS em função destes dois equipamentos. Para cada grupo discutem-se a produção unitária dos equipamentos e da mão de obra.

Em termos das diferentes partes do serviço de BGS fazem parte do escopo: o lançamento (com espalhamento e posterior nivelamento); a umidificação (se precisar); a compactação; e o apoio (acompanha o processo de produção).

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- a) mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 95 e Tabela 96).
- b) tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 97).

Tabela 95 – Base de brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm

a) Etapa: espalhamento da BGS (os caminhões abastecem o distribuidor de agregados com BGS e este espalha o material)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Distribuidor de Agregados - Autopropelido	300	400	600	70%	80%	90%
b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de BGS)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Motoniveladora	200	300	400	63%	73%	83%
c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque	600	800	1000	35%	50%	65%
d) Etapa: Compactação da camada						
d1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada).						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador tipo tandem	380	530	655	80%	85%	95%
d2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador de pneus	370	520	645	80%	85%	95%
e) Etapa: apoio						
Mão de obra	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Servente	122,5	235	295			

Tabela 96 – Base de brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20 cm

a) Etapa: espalhamento e nivelamento da BGS (os caminhões abastecem a vibroacabadora com BGS e esta espalha o material e nivela a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto	120	160	200	70%	78%	85%
b) Etapa: compactação da camada						
b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador tipo tandem	200	250	300	38%	48%	60%
b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador de pneus	200	250	300	55%	68%	83%
c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque	1000	1300	1500	10%	20%	30%
d) Etapa: apoio						
Mão de obra	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Servente	50	70	90			

Tabela 97 – Fatores e anormalidades: brita graduada simples

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Baixa capacidade efetiva da usina	Alta capacidade efetiva da usina	Importante
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	Importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Tarefas preliminares a executar (ex. travessias)	Tarefas preliminares prontas (ex. travessias)	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Importante
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	Importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Importante
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	Pouco importante
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	Pouco importante
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento da BGS e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	Importante
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	Importante
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	Importante
Umidificação da camada		
Umididade dos agregados maior do que a projetada	Umididade dos agregados compatível com a projetada	Importante
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>10cm e <20cm)	Camadas menos espessas (<10cm)	Importante
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Importante
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Importante
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	Importante
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	Importante

9.7. Base de Brita Graduada Tratada com Cimento - BGTC

Em termos das diferentes partes do serviço de BGTC fazem parte do escopo: o lançamento (com espalhamento e posterior nivelamento); a umidificação (se precisar); a compactação; e o apoio (acompanha o processo de produção).

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 98).
- tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 99).

Tabela 98 – Base de brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20 cm

a) Etapa: espalhamento e nivelamento da BGTC (os caminhões abastecem a vibroacabadora com BGTC e esta espalha o material e nivela a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto	120	160	200	70%	78%	85%
b) Etapa: compactação da camada						
b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador tipo tandem	200	250	300	38%	48%	60%
b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador de pneus	200	250	300	55%	68%	83%
c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque	1000	1300	1500	10%	20%	30%
d) Etapa: apoio						
Mão de obra	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Servente	50	70	90			

Tabela 99 – Fatores e anormalidades: brita graduada tratada com cimento

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Muito importante
Baixa capacidade efetiva da usina	Alta capacidade efetiva da usina	Muito importante
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	Importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Pouco importante
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	Pouco importante
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	Pouco importante
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	Pouco importante
Tarefas preliminares a executar (ex. travessias)	Tarefas preliminares prontas (ex. travessias)	Pouco importante
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento da BGTC e nivelamento da camada		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	Muito importante
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	Muito importante
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	Importante
Umidificação da camada		
Umidade dos agregados maior do que a projetada	Umidade dos agregados compatível com a projetada	Importante
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>10cm e <20cm)	Camadas menos espessas (<10cm)	Muito importante
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Muito importante
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	Muito importante
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Importante
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	Pouco importante

9.8. Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ – Capa e Binder

Em termos das diferentes partes do serviço do concreto betuminoso usinado a quente – capa ou binder, fazem parte do escopo, quanto aos valores mostrados a seguir: a limpeza; o lançamento (descarga, espalhamento, nivelamento e pré-compactação); e a compactação de massa asfáltica.

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 100).
- tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 101).

Tabela 100 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5 cm

a) Etapa: espalhamento e nivelamento do revestimento asfáltico (os caminhões abastecem a vibroacabadora e esta espalha o material e nivela a camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto	400	600	800	70%	80%	90%
b) Etapa: Compactação da camada						
b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador tipo tandem	400	650	820	70%	80%	90%
b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo compactador de pneus	400	550	715	70%	80%	90%
c) Etapa: apoio						
c1) Fornecimento de água para os compactadores lisos (um caminhão tanque fica à disposição para fornecer água para os compactadores lisos)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque	400	500	650	10%	15%	20%
c2) Apoio						
Mão de obra	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Servente	95	170	225			

Tabela 101 – Fatores e anormalidades: concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
CONDIÇÕES GERAIS		
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Baixa capacidade efetiva da usina (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva da usina (maior quantidade de horas em funcionamento)	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Importante
Frentes mais distantes	Frentes mais próximas	Importante
Tarefas preliminares a executar (ex. pintura de ligação)	Tarefas preliminares prontas (ex. pintura de ligação)	Importante
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	Importante
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	Importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Importante
Há dificuldade em se manter a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Pouco importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Pouco importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Pouco importante
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	Pouco importante
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS		
Espalhamento e nivelamento do revestimento asfáltico		
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	Importante
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	Importante
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	Importante
Compactação da camada		
Camadas mais espessas (>2,5cm e <5cm)	Camadas menos espessas (<2,5cm)	Importante
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Importante
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	Importante
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Pouco importante
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	Pouco importante

9.9. Imprimação

Em termos das diferentes partes do serviço de imprimação, fazem parte do escopo, quanto aos valores mostrados a seguir: a limpeza; e o lançamento do asfalto diluído.

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 102).
- tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 103).

Tabela 102 – Imprimação

a) Etapa: limpeza (antes da execução da imprimação uma limpeza da pista é realizada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator agrícola com vassoura mecânica	1600	1900	2300	30%	40%	50%
b) Etapa: lançamento de cobertura						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão espargidor	300	425	600	40%	50%	60%
Mão de obra	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Servente	229	325	425			

Tabela 103 – Fatores e anormalidades: imprimação

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	Muito importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Importante
Há dificuldade em se manter a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	Importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Importante
Tarefas preliminares a executar (ex. base a ser revestida)	Tarefas preliminares prontas (ex. base a ser revestida)	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Pouco importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Pouco importante

9.10. Pintura de Ligação

Em termos das diferentes partes do serviço de pintura de ligação, fazem parte do escopo, quanto aos valores mostrados a seguir: a limpeza; e o lançamento da emulsão asfáltica.

As faixas de valores de produção unitária dos equipamentos, mostradas a seguir, foram feitas com as seguintes considerações:

- mostram-se faixas de valores, referentes à produção unitária, contemplando os equipamentos (incluindo o operador) e os serventes (aqueles que acompanham os equipamentos quando da execução do serviço) (Tabela 104).
- tais faixas vêm associadas aos fatores que levam a uma expectativa pior ou melhor quanto ao valor do indicador de produção unitária, isto é, uma proximidade maior do extremo direito ou esquerdo, respectivamente, da faixa (Tabela 105).

Tabela 104 – Pintura de ligação

a) Etapa: limpeza (antes da pintura de ligação uma limpeza da pista é realizada)						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator agrícola com vassoura mecânica	1600	1900	2300	45%	60%	64%
b) Etapa: lançamento de cobertura						
Equipamento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão espargidor	300	425	600	40%	50%	60%
Mão de obra	Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil			
Servente	300	375	432,5			

Tabela 105 – Fatores e anormalidades: pintura de ligação

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	Importância
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	Muito importante
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	Importante
Há dificuldade em se manter a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	Importante
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	Importante
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	Importante
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	Importante
Operador menos treinado	Operador treinado	Importante
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	Importante
Tarefas preliminares a executar (ex. base a ser revestida)	Tarefas preliminares prontas (ex. base a ser revestida)	Importante
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	Pouco importante
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	Pouco importante
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	Pouco importante

9.11. Reflexões do Capítulo 9

Este capítulo sintetiza as etapas da metodologia utilizada, quais sejam: conhecimento básico sobre o assunto; padronização quanto à medição da produção unitária (PU) e definição de um modelo explanatório complementar; levantamentos de dados; e análise destes dados por especialistas.

No que se refere à pesquisa bibliográfica preliminar, conforme apresentado nos Capítulos 2, 3 e 4, vários fatores foram levantados como possíveis influenciadores da produtividade e uma nova quebra dos serviços foi proposta. No Capítulo 5 uma nova proposta de abordagem para as composições foi apresentada e amplamente discutida. Quando do levantamento de dados (Capítulo 6), as produções unitárias (PU) e os fatores foram levantados, a nova quebra dos serviços e a proposta de abordagem foi implementada. No Capítulo 7 os indicadores dos manuais foram readequados conforme a nova abordagem. Esta implementação e readequação possibilitaram novos conhecimentos e o desenvolvimento do manual de aplicação nas entrevistas com os especialistas (Capítulo 8).

Observa-se que o método proposto promove uma série de melhorias quando comparado com os manuais estudados: elimina a necessidade de se considerar a existência de ritmo constante de trabalho; diminui o esforço dispendido na coleta de informações; facilita a influência das características do meio e das variações do conteúdo do trabalho sobre a produtividade.

No que diz respeito à experiência pessoal e à retroalimentação, quanto maior elas forem, maior a probabilidade de se chegar a resultados significativos. Porém, há que se posicionar de uma maneira aberta quanto aos resultados advindos do desenvolvimento da metodologia: os conhecimentos prévios e o bom senso do técnico devem ser auxiliares na interpretação dos resultados, e não ser tomados como verdades finais. Os resultados que vão sendo obtidos, isto sim, devem servir a uma reavaliação de tal conhecimento, ampliando o horizonte do próprio trabalho (SOUZA, 1996).

Tendo em vista a observação de um fenômeno real por um certo período de tempo, o intuito do método aqui proposto é permitir o seu “conhecimento”, a “explicação” do que se viu acontecer e o “prognóstico” de futuros eventos.

10. CONCLUSÕES

Estudos na área de crescimento econômico indicam que o desenvolvimento da infraestrutura é essencial na determinação do nível de renda “per capita” de um país. Prover a infraestrutura representa grandes investimentos públicos e um planejamento de longo prazo. No Brasil, nas últimas décadas, o investimento em infraestrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país além de apresentar sérios conflitos em obras públicas, tais como: licitações mal feitas, obras paralisadas e/ou abandonadas. Considera-se, portanto, que as rodovias constituem uma área tecnológica com potencial de desenvolvimento e que necessita de investimentos ordenados em vários setores. Em relação aos serviços de terraplenagem e pavimentação asfáltica, existem muitos manuais de orçamentação mas, os indicadores apresentados são por vezes de base teórica sem comprovação experimental, extremamente variáveis e os fatores que os fazem variar não são percebidos. Esta imprecisão dificulta a tomada de decisões confiáveis, comprometendo os processos orçamentários e de gestão da produção. A nova abordagem para se fazer o prognóstico da produtividade destes serviços, aqui proposta, pode resolver estas falhas e, assim, contribuir para levar o processo de gestão da produção de rodovias a um novo patamar de produtividade e eficiência.

10.1. Cumprimento dos Objetivos

Acredita-se que os objetivos desta tese foram cumpridos, na medida em que um novo modelo de prognóstico da produtividade na execução de rodovias, para terraplenagem e pavimentação asfáltica, foi desenvolvido. Depois de organizar os indicadores e fatores que os fazem variar a partir de todo o conhecimento adquirido, via estudo dos principais manuais, pesquisa sobre o assunto e acompanhamento da execução dos serviços em obras, foi acrescentado o conhecimento de especialistas. A ajuda de especialistas definiu as faixas de produtividade variável e os fatores orientadores sobre qual valor adotar.

10.2. Confirmação da Tese

Esta proposta, do Método para Prognóstico da Produtividade na Execução de Rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica, confirma a tese apresentada no Capítulo 1, ou seja:

“As imprecisões contidas nos manuais orçamentários estudados (quebra de serviço diferenciada, embasamento teórico, indicadores variáveis e ausência dos fatores de conteúdo, contexto e anormalidades) impossibilita a tomada de decisões confiáveis, inviabilizando os processos de orçamentação e a gestão da produção. Para aprimorar os manuais existentes, a proposição de um novo modelo de prognóstico da produtividade na execução de terraplenagem e pavimentação asfáltica é fundamental.”

10.3. Importância dos Resultados

Esta tese é um trabalho impar e promove contribuições inovadoras: apresenta um melhor detalhamento das diferentes partes dos serviços estudados; é mais abrangente em relação aos outros manuais (apresenta faixas de valores para os indicadores de produtividade); é mais orientador (contem os fatores que orientam sobre qual indicador adotar); é mais aprimorado (embasado na opinião de especialistas). O método desenvolvido, em função da metodologia empregada, têm uma grande chance de gerar “aceitação” no meio técnico.

Este trabalho emprega uma abordagem probabilística baseada nas medidas de tendência central (mediana) e contempla suas variabilidades. Ele se aplica às etapas: de orçamentação e planejamento (proporciona segurança para a correta estimativa); e de gestão da produção (verificação dos parâmetros de produtividade, permitindo lidar-se com o projeto de processos).

Espera-se que a explicitação minuciosa do “método para prognóstico da produtividade na execução de rodovias: terraplenagem e pavimentação asfáltica” seja um instrumento útil para a melhoria contínua dos sistemas de gestão da produção de rodovias e contribua na adequação da transmissão dos

conhecimentos dessa área da engenharia, por meio dos resultados desta pesquisa. Que contribua na formação de usuários no exercício constante de entender melhor a produtividade variável, o que constitui uma capacidade altamente valorizável no ambiente mutável e competitivo em que as empresas de construção civil atuam.

10.4. Futuros Trabalhos

Seguramente há ainda um campo enorme a ser explorado quanto ao tema proposto neste trabalho e sua extrapolação a outros serviços de execução de rodovias.

Inicialmente destaca-se a necessidade de ampliar a base de especialistas (especialistas em um determinado tipo de obra analisando as obras de sua especialidade).

Além disso, é importante aumentar o número de estudos de caso para os serviços contemplados nesta tese (diferentes obras e diferentes regiões). Tal sugestão está relacionada aos resultados encontrados neste trabalho, pois este autor acredita que os resultados obtidos podem ainda ser manipulados no sentido de refinar mais ainda os indicadores propostos, quantificando a influência dos fatores detectados e relacionados.

Nesta mesma linha, o refinamento dos indicadores e a quantificação da influência dos fatores devem ser feitos empregando métodos estatísticos mais aprimorados.

Paralelamente a estes novos estudos, deve-se ampliar a quantidade de serviços abrangidos na execução de pavimentação asfáltica (novos serviços e novos equipamentos).

Finalmente, acredita-se que este trabalho seja um incentivo no desenvolvimento de pesquisas que envolvam os conceitos de produtividade variável. Pois, além da possibilidade de ampliar os estudos referentes à execução de pavimentos asfálticos, existem outros tipos de pavimentos a serem estudados, como, por exemplo, pavimentos de concreto, onde o método proposto é totalmente aplicável.

Enfim, além de desdobramentos específicos relativos ao uso do método proposto, se imagina que a tese pode ser usada como inspiração para outros desenvolvimentos que levem ao aprimoramento do prognóstico dos esforços relativos aos serviços de construção. E como já sugerido em outras partes deste texto, este autor acredita que uma boa base orçamentária pode contribuir para o desenvolvimento da Construção Civil como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. AASHTO. **Guide Specifications for Highway Construction**. Washington D.C.: 1985. American Association of State Highway and Transportation Official.
2. ABDIB. **Relatório Anual: Uma década de transformação na Infraestrutura**. Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base. São Paulo: ABDIB, 2011.
3. ADAMOR JÚNIOR, T.; ROCHA, I. O.; SABÁ, R. F. B. Realização de estudo de tempos e movimentos numa indústria de colchões. **Anais**. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: ENEGEP, 2002.
4. ALBUQUERQUE, C.; COSTA K.; PEREIRA I. **Indicadores de desempenho e metas baseadas na realidade de mercado**. Rio de Janeiro: Controllab, 2007.
5. ARANOVICH, A. **Curso de HDM: Operação do Programa HDM Manager**. Porto Alegre: ABDIB, 1998. 3 v.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6141**: máquinas rodoviárias - equipamentos, máquinas e implementos de terraplenagem e compactação - terminologia e classificação. Rio de Janeiro, 1996. 7 p.
7. _____. **NBR 7182**. solo – ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
8. BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
9. BALESTRASSI, P. P.; PAIVA, A. P. **Estatística aplicada**. Itajuba: UNIFEI, 2007.
10. BARNES, R. **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1963.
11. BARNES, R. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1977.
12. BEAUD, M. **Arte da tese: como preparar e redigir uma tese de mestrado, uma monografia ou qualquer outro trabalho universitário**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
13. BERNUCCI, L. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: ABEDA, Petrobrás, 2007.
14. AEROPORTOS BRASILEIROS, INFRAERO. **Orçamento de referência: Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos. FUA/GRL** Guarulhos: Infraero, 2005.

15. BRASIL. **Plano de aceleração do crescimento: romper barreiras e superar limites – investimento em infraestrutura.** Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/arquivos_down/noticias/pac/070123_PAC_IN_FRA-ESTRUTURA.pdf>.: Acesso em: 19 de novembro de 2007.
16. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. **Manual de custos rodoviários. Anexo 1: Manual de pesquisa de preços de equipamentos e materiais.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2003. 3. ed.
17. _____. **Manual de Pavimentação.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2006. 3. ed.
18. _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 1: Metodologia e Conceitos.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2007a. 1. ed.
19. _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 4: Manual de Custos Unitários de Obras Rodoviárias.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2007b. 1. ed.
20. _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 8: Manual de Aferição das Composições de Custos.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2007c. 1. ed.
21. _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 9, Tomo 2/6: Composições de Custos Unitários.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2007d. 1. ed.
22. _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 9, Tomo 5/6: Composições de Custos Unitários.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2007e. 1. ed.
23. _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 9, Tomo 6/6: Composições de Custos Unitários.** Diretoria Geral. Rio de Janeiro, 2007f. 1. ed.
24. _____. **Apresentação.** Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/menu/institucional>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2010.
25. CARDOSO, F. F.; SHIMIZU, J. Y. **Serviços de escavação: equipamentos e aspectos executivos.** Notas de aula: PCC - 2435: Tecnologia da Construção de Edifícios I. São Paulo: PCC-USP, 2002.
26. CARVALHO, L. O; HEINECK, L. F.; JUNGLES, A. E. Uma metodologia para obtenção de constantes orçamentárias utilizando a técnica da amostragem do trabalho. **Anais. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP.** Florianópolis. 2004. 1 CD-ROM.
27. CATERPILLAR. **Manual de produção - página 5 (modelo 330).** EUA, Peoria: Caterpillar Inc., 2000. 31 ed.

- 28._____. **Pá carregadeira sobre esteiras.** Disponível em: <<http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C453361>>. Acesso em: 15 de abril de 2012a.
- 29._____. **Retroescavadeira.** Disponível em: <<http://brasil.cat.com/cda/layout?m=423056&x=12>>. Acesso em: 15 de abril de 2012b.
- 30._____. **Rolo liso metálico para compactação de pavimento.** Disponível em: <<http://brasil.cat.com/cda/layout?m=308466&x=12>>. Acesso em: 15 de abril de 2012c.
- 31._____. **Rolo de pneus para compactação de pavimento.** Disponível em: <<http://brasil.cat.com/cda/layout?m=308476&x=12>>. Acesso em: 15 de abril de 2012d.
- 32.CIMINO, R. **Planejar para construir.** São Paulo: Pini, 1987.
- 33.CONSTRUÇÃO, U. N. **A construção do desenvolvimento sustentado: a importância da construção na vida econômica do país,** 2006. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/especiais/Uniao_nacionalconstrucao/doc_unc.pdf>.: Acesso em: 07 de agosto de 2008.
- 34.Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Estado do Rio Grande do Sul, DAER-RS. **Tabela de custos.** Disponível em: <<http://www.daer.rs.gov.br/site/index.php>>. Acesso em: 24 de abril de 2012.
- 35.DANIEL FILHO, O. C. **Expansão da capacidade produtiva no setor de corte de uma empresa têxtil.** 2010. 72 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.
- 36.DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO, DER-SP. **M 196.** classificação de solos tropicais segundo a metodologia MCT. São Paulo, 1989
- 37._____. **ET-DE-Q00/002:** escavação e carga de material. São Paulo, 2006a. 11p.
- 38._____. **ET-DE-Q00/003:** aterro. São Paulo, 2006b. 17p.
- 39.DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A., DERSA. **Álbun de fotos.** Disponível em: <<http://www.dersa.sp.gov.br/albuns/tracado.php>>. Acesso em: 20/10/2011.
- 40.DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, DNER. **Manual de implantação básica.** Rio de Janeiro, 1996. 2 ed.
- 41._____. **DNER-ES 280/97:** terraplenagem – cortes. Rio de Janeiro, 1997. 6p.
- 42._____. **DNER-ES 282/97:** terraplenagem – aterros. Rio de Janeiro, 1997. 11p.

43. DIAB, M. F.; NASSAR, K. *Using Risk Assessment to Improve Highway Construction Project Performance*. **ANAIS**. 48th ASC Annual International Conference Proceedings. Associated Schools of Construction. England: Birmingham City University, 2012.
44. DODGE. **Heavy Construction Cost Book**. USA: McGraw-Hill Trade, 1998.
45. DOUGLAS, G. D.; POPSCU, C.; RYAN, R. C. **Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Owners**. USA: CRC Press, 2006. p 416.
46. DUARTE, H. C. F.; LAMOUNIER, W. M. **Análise financeira de empresas da construção civil por comparação com índices padrão**. Paraná: Universidade Estadual de Maringá-UEM, 2007.
47. DYNAPAC. **Manual de instruções - ICC224HF-1BR4**. Suécia: Dynapac, 2010.
48. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, EPUSP. **Pesquisa visando o desenvolvimento de diretrizes para o aprimoramento do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI com referência à Construção Aeroportuária: Relatório R17: Relatório Final**. São Paulo: EPUSP, 2008a.
49. _____. **Relatório R2: Método para Levantamento de Informações Existentes e Estudos de Campo**. São Paulo: EPUSP, 2008b.
50. FACHIN, O. **Fundamentos de Metodologia**. São Paulo: Atlas, 1993.
51. FEHRL. **NR2C - New Road Construction Concepts: Towards reliable, green, safe&smart and human infrastructure in Europe**. Sixth Framework Programme of the European Union. 2008.
52. FWA, T. F. **Highway and Airport Pavement Design**. In: CHEN, W. F.; LIEW, R. J. Y. *The Civil Engineering Handbook*. 2ed. Washington, D.C.: CRC Press LLC, 2003. p. 62 -1 a 62 -78.
53. GADELHA, L. G. C. **Orçamento na Construção Pesada**. Recife: Edições Bagaço, 2006.
54. GOKHALE, T. I. **Equipment Productivity**. In: CHEN, W. F.; LIEW, R. J. Y. *The Civil Engineering Handbook*. (2. ed.). Washington, D.C.: 2003. CRC Press LLC.
55. HONGYAN, Y.; SUOZHONG, C. **Design and implementation of roadway geological sketch picture drawing system based on MapGIS**. IEEE, 2010.
56. INOUE, K. P.; SOUZA, U. E. Estudo dos fatores que influenciam a variação do volume de terraplenagem em empreendimentos habitacionais horizontais. **Anais**. In: X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. São Paulo: ENTAC, 2004. 1 CD-ROM.

57. INOUE, K. P. **Proposição de um método para subsidiar o prognóstico de custos de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais com base em indicadores físicos**. 2009. 313 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
58. JLARC. Joint Legislative Audit and Review Commission. ***Estimating Optimum Mileage for Vehicle Retirement***. Disponível em: <jlarc.state.va.us/reports/techappn.pdf>. July 15, 2008.
59. JOHN, R. C.; SULLIVAN, W. G.; KULONDA, D. J.; WHITE, J. A. ***Capital Investment Analysis for Engineering and Management***. Upper Saddle River, NJ: Pearson- Prentice Hall, 2005. 3rd Edition.
60. JONES, P. C.; ZYDIK, J. L.; HOPP, W. J. ***Stable Economic Depreciation and Neutral Replacement Decisions***. The Engineering Economist, v. 1, p. 115-128. 1989.
61. JONES, P. C.; ZYDIK, J. L.; HOPP, W. J. ***Capital Asset Valuation and Depreciation for Stochastically Deteriorating Equipment***. The Engineering Economist, v. 38, p. 19-30. 1992.
62. JONES, P. C.; ZYDIK, J. L. ***A Further Note on the Fleet Design Problem***. Engineering Economist, v. 45. 1999.
63. JÚNIO A.; ROCHA I. O.; SABÁ, R. F. B. Realização de estudo de tempos e movimentos numa indústria de colchões. **Anais**. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: ENEGEP, 2002.
64. KANGA, M.; JHA, M. K.; SCHONFELD. P. ***Applicability of highway alignment optimization models***. Transportation Research, Elsevier, 2012. Part C 21 pg 257–286.
65. KAUFFMANN, P. et al. ***Fleet Management Criteria: Identification Of Optimal Disposal Points Using Equivalent Uniform Annual Cost***. North Carolina: North Carolina Department of Transportation: Equipment & Inventory Control Unit, 2011.
66. KIMLEY-HORN. ***Pearce Pavilion Parking Area Construction. FSP Nº 2011-02147***. Texas: Engineering, Design & Construction Services. College Station, 2012.
67. KOMATSU. ***Specifications & Application Handbook***. Japan: Komatsu, 2006. Ed. 27.
68. _____. **Trator de esteira com lâmina frontal**. Disponível em: <<http://www.komatsu.com.br/pt/catalogo.php?categoria=223>|Tratores de Esteira>. Acesso em: 15 de maio de 2012a.
69. _____. **Trator de esteiras com lâmina frontal e escarificador traseiro**. Disponível em: <<http://www.komatsu.com.br/pt/catalogo.php?categoria=223>|Tratores de Esteira>. Acesso em: 15 de maio de 2012b.

70. _____ **Pá carregadeira sobre pneus.** Disponível em: <<http://www.komatsu.com.br/pt/catalogo.php?categoria=218|Carregadeiras>>. Acesso em: 15 de maio de 2012c.
71. _____ **Escavadeira hidráulica.** Disponível em: <<http://www.komatsu.com.br/pt/catalogo.php?categoria=219|Escavadeiras>>. Acesso em: 15 de maio de 2012d.
72. _____ **Motoniveladora.** Disponível em: <<http://www.komatsu.com.br/pt/catalogo.php?categoria=220|Motoniveladoras>>. Acesso em: 15 de maio de 2012e.
73. LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** (4. ed.). São Paulo: Atlas, 2001.
74. LAPINSKI, M. **Road and Bridge Construction Handbook.** New York: Van Nostrand Reinhold Compan, 1978.
75. LI, Z. **Highway Asset Management.** In: CHEN, W. F.; LIEW, R. J. Y. The Civil Engineering Handbook. 2ed. Washington, D.C.: CRC Press LLC, 2003.
76. MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações.** 2009. 237 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
77. MEYBOOM, A. **Infrastructure as Practice.** Journal of Architectural Education. ACSA, 2009. p. 72-81.
78. MIGUEL, M. I. R.; COUTINHO, C. Q. S. **Uma reflexão didática sobre o conceito de mediana e quartis.** Disponível em: <http://alb.com.br/arquivo-morto/edicoes_anteriores/anais16/sem15dpf/sm15ss08_04.pdf>. Acesso em: janeiro de 2012.
79. MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa: terraplenagem.** Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=terraplenagem>>. Acesso em: 14 de maio de 2012.
80. NOVASKI, O.; SUGAI, M. **MTM como ferramenta para redução de custos: O taylorismo aplicado com sucesso nas empresas de hoje.** Campinas: Unicamp, 2001
81. PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos.** 2008. 696 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
82. PAPACOSTAS, C. S. PREVEDOUROS, P. D. **Transportation Engineering & Planning.** Singapore: Prentice Hall, 2005.

83. PARK, C. S.; GUNTER, P. S. B. **Advanced Engineering Economics**. John Wiley, New York, 1990.
84. PASTANA, C. E. T. **Pavimentações de Estradas II**. Notas de aula. Marília: Universidade de Marília, 2006.
85. PEDROZO, L. G. **Custos da Infraestrutura Rodoviária: Análise e Sistematização**. Porto Alegre: Programa de pós-graduação em engenharia. 2001. 183 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
86. PEREIRA, D. M. et al. **Introdução à terraplenagem**. Notas de aula. Paraná: UFPR, 2010.
87. PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1999. 791p.
88. POTTS, K. **Construction Cost Management - Learning From Case Studies**. USA: Taylor & Francis, 2008.
89. PRONACI. **Manual pedagógico: métodos e tempos**. Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias. Portugal: Associação Empresarial de Portugal, 2003.
90. RAMOS, E. M. L. S. **Aperfeiçoamento e desenvolvimento de ferramentas do controle estatístico da qualidade - Utilizando quartis para estimar o desvio padrão**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2003. 130 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
91. REIS, D. A. **Administração da Produção: Sistemas, Planejamento e Controle**. São Paulo: Atlas, 1978.
92. RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação**. São Paulo: Pini, 1990. 2ª Ed.
93. RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Obras e Serviços Públicos. Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro, EMOP. **Catálogo de Composição de Serviços: Sistema de Custos Unitários**. Niterói: Imprensa Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 1999. 2ª Edição.
94. ROBINSON, R.; DANIELSON, U.; SNAITH, M. **Road Maintenance Management – Concepts and Systems**. New York: Palgrave, 1988.
95. ROCHA, A. P. **Serviços de terraplenagem**. Construção Mercado. São Paulo: Pini, 2009. ed. 93.
96. ROCHA, A. P. Inaugurado o trecho sul do Rodoanel Mario Covas. Disponível em: < <http://piniweb.pini.com.br/construcao/infra-estrutura/inaugurado-o-trecho-sul-do-rodoanel-mario-covas-168457-1.aspx>>. Acesso em: abril de 2010.

97. ROWINGS JR, J. E. **Construction Estimating**. In: CHEN, W. F.; LIEW, R. J. Y. *The Civil Engineering Handbook*. (2. ed. ed.). Washington, D.C: CRC Press LLC, 2003.
98. RS MEANS. **Heavy Construction Cost Data**. USA: John Wiley Profession, 2012. 26th Edition.
99. SALIM NETO, J. J. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios**. São Paulo: Programa de pós-graduação em engenharia civil. 2009. 242 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.
100. SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa**. (3. ed. ed.). São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
101. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS, SIURB. **Tabelas de Custos Unitários: Edificações e Infraestrutura Urbana**. Prefeitura do Município de São Paulo. Disponível em: <http://www2.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/tabela_de_precos/0023>. Acesso em: janeiro de 2010.
102. SEINFRA-CE. **Tabela de custos**. Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/>>. Acesso em: 24 de abril de 2012.
103. SEINFRA-GO. **Tabela de custos**. Secretaria de Estado de Infraestrutura de Goiás. Disponível em: <<http://www.seinfra.go.gov.br/>>. Acesso em: 24 de abril de 2012.
104. SENÇO, W. **Terraplenagem**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Grêmio Politécnico, 1980.
105. _____. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 2008a. vol. 1, 2ª ed.
106. _____. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 2008b. vol. 2, 2ª ed.
107. SHIMIZU, J. Y. **Movimento de terra**. São Paulo: PCC-USP, 2002.
108. SOTOMAYOR, R. W. R. **Sobre a estimativa de produção de equipamentos de construção de pavimentos rodoviários**. Campinas: Programa de pós-graduação em engenharia civil, arquitetura e urbanismo. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 2008.
109. SOUZA, U. E. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. São Paulo: Programa de pós-graduação em engenharia civil. 1996. 280 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

110. SOUZA, U. E. L. Produtividade e Custos dos Sistemas de Vedação Vertical. **ANais**. Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios Vedações Verticais. São Paulo: PCC/EPUSP, 1998.
111. SOUZA, U. E. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. São Paulo: Pini, 2006.
112. TATUM, C. B. et al. ***Systems Analysis of Technical Advancement in Earthmoving Equipment***. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 132, No. 9, September 2006.
113. TCPO. **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos**. São Paulo: Pini, 2008. Ed. 13ª.
114. TEXAS HIGHWAY DEPARTMENT. **Standard Specifications for Construction of Highways, Streets and Bridges**. Texas: Texas Highway Department, 1972.
115. VILLELA, A. R. A. **Estudo de camada de base asfáltica de módulo elevado para restauração de rodovias de tráfego muito pesado**. 2012. 206 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
116. WORLDWIDE MACHINERY. **Moto-scraper**. Disponível em: <<http://www.worldwidemachinery.com/www/Scraper?gclid=COSj3r3T0asCFQ9S7Aod8X4sZw>>. Acesso em: 15 de abril de 2012.
117. YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO TEÓRICO DO DNIT

A seguir, é apresentado um exemplo de aplicação do método teórico do DNIT apresentado no Capítulo 4.

Primeiramente, parte-se para o preenchimento da Planilha de Composição das Equipes Mecânicas.

Tabela 106 – Exemplo de aplicação da planilha de composição

Código	Serviço:	Unidade		
402109	Escav Carga Transp Mat 1a Cat DMT 50 a 200m - Cam Serv em leito Natural: c/ esc e caminhão bascul 14m3	M3		
	Variáveis Intervinentes	Equipamentos		
		Unidade	Escavadeira Hidráulica de Esteiras 166 kW	Caminhão Basculante 14 m3 235 kW
a	Afastamento			
b	Capacidade	m3	1,5	14
c	Consumo (quantidade)			
d	Distância	m3		200
e	Espaçamento			
f	Espessura			
g	Fator de carga		0,9	0,9
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 percurso (ida)	min		4,43
r	Tempo retorno	min		2,61
s	Tempo total de ciclo	min	0,27	9,85
t	Velocidade (ida) média	km/h		2,71
u	Velocidade retorno	km/h		4,6
z	Número de unidades		1	4
Observações: o número de unidades foi calculado dividindo a produção horária do equipamento principal pela produção horária do equipamento da patrulha. Ex.: 192/49=4			Fórmulas	Fórmulas
			$P=(60.b.g.h.i)/s$	$P=(60.b.g.h.i)/s$
Produção horária			192	49
Coeficiente unitário (1 / produção horária)			0,0052	0,0204
Utilização produtiva			1	0,98
Utilização improdutiva			0	0,02
PRODUÇÃO DA EQUIPE (m3/h)			192	

Fonte: DNIT (2007d)

Caso seja necessário, busca-se informações no banco de dados da empresa. Por exemplo: as informações relacionadas ao caminhão foram tiradas da planilha apresentada na Figura 55.

DMT (m)	Carga (min)	Ida (min)	Manobra Descarga (min)	Retorno (min)	Manobras nova carga (min)	Total	Veloc. Ida (km/h)	Veloc. Retorno (km/h)
50 a 200	1,71	4,43	0,50	2,61	0,60	9,85	2,71	4,60

Figura 55 – Tempos de ciclo (min) e produção horária do caminhão basculante de 14m³ no transporte de material de 1ª categoria em rodovia em leito natural – carga com escavadeira

Fonte: DNIT (2007b)

Finalmente, apresenta-se o resumo da composição unitária, ver Figura 56, originada da Planilha de Composição das Equipes Mecânicas (ver Tabela 106).

0402109 Escav Carga Transp Mat 1a Cat DMT 50 a 200m - Cam Serv em Leito Natural:-c/ escav e caminhão bascul 14m ³ M3					
Obs: - ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS : ES-280/97 E ES-281/97					
PRODUÇÃO ADOTADA : 192m ³ /h					
Cod	Discriminação	Un	Coef Unitário	Preço Unitário	Preço
9515	Escavadeira Hidráulica - sobre Esteira c/Caçamba - cap 1.5m ³ (103 kW)	h	0.0052	160.8300	0.8395
9667	Caminhão Basculante cap. 14m ³ (279kW)	h	0.0204	178.4600	3.6388
	Total de Equipamento				4.4783
9824	Servente	h	0.0157	6.2006	0.0970
	Total de Mão de Obra				0.0970
	Total do Serviço				4.5754

Figura 56 – Exemplo de composição do serviço de escavação

Fonte: DNIT (2007d)

O indicador de mão de obra igual a 0,0157 indica 3 serventes apoiando o serviço (0,0157 * 192 = 3 serventes).

APÊNDICE B - CONJUNTO DE DADOS DO AEROPORTO DE GUARULHOS

A seguir, são apresentados o conjunto dos dados (detalhados) apresentados no Capítulo 6.

Tabela 107 – Escavação de material de 1ª categoria. Etapa: escavação e carga (m³) - Guarulhos

ESCAVADEIRA HIDRÁULICA 320C									
Data	Etapa	QS	Horas		PU _d (m³/Eh)	PU _{cum} (m³/Eh)	PU _{pot} (m³/Eh)		
		m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
06/jun	1	787,8	4,42	3,58	98,5	98,5	196,8	55%	108,9
14/jun	2	2259,9	9,5	0	237,9	174,2		100%	
19/jun	3	1245,8	4,5	3,5	155,7	168,4		56%	
20/jun	4	3060,5	10,5	0	291,5	204,3		100%	
21/jun	5	3803,9	21,83	5	141,8	177,6		81%	
28/jun	6	618,3	3	5	77,3	166,3		38%	
23/jan	7	679,7	15,33	0,67	42,5	143,5		96%	
24/jan	8	580,5	13	3	36,3	126,8		81%	
25/jan	9	245,3	2	6	30,7	119,8		25%	
25/jan	10	353,3	3	5	44,2	114,7		38%	

Tabela 108 – Escavação de material de 1ª categoria – mão de obra (m³) – Guarulhos

MÃO DE OBRA DE APOIO – SERVENTE								
Data	Etapa	QS m3	Horas	PU _d (m³/Eh)	PU _{cum} (m³/Eh)	PU _{pot} (m³/Eh)	Média Funcion.	Δ
14/jun	2	2259,9	9,5	237,9	237,9	213,7	1	128,8
19/jun	3	1245,8	5,8	213,7	228,7		1	
20/jun	4	3060,5	21,0	145,7	180,7		3	
21/jun	5	3803,9	44,8	84,9	127,8		6	
28/jun	6		0,0		127,8		0	
23/jan	7	679,7	18,0	37,8	111,4		2	
24/jan	8	580,5	10,0	58,1	106,5		1	
25/jan	9	245,3	4,5	54,5	104,5		1	
						Mediana	1	

Tabela 109 – Compactação de aterro (m³) – Guarulhos

COMPACTAÇÃO DE ATERRO (m³/Eh) - RESUMO										
	Motoniveladora		Trator de pneus		Trator de esteira D6D		Rolo vibratório		Caminhão Pipa - MB	
Valores medianos	Hserv	Hfunc	Hserv	Hfunc	Hserv	Hfunc	Hserv	Hfunc	Hserv	Hfunc
07/mar	22,8	73%	26,3	53%	19,3	71%	52,8	27%	137,1	6%
16/set	1217,1	82%	1172,3	57%	1174,6	23%	1170,2	36%	1171,3	32%
20/set	450,5	100%	479,0	69%	383,1	100%	477,7	63%	482,5	29%
1º Quartil	236,6	77%	252,7	55%	201,2	47%	265,2	31%	309,8	18%
Mediana	450,5	82%	479,0	57%	383,1	71%	477,7	36%	482,5	29%
3º Quartil	833,8	91%	825,6	63%	778,9	86%	823,9	49%	826,9	31%

Tabela 110 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC (m³): acabadora - Guarulhos

ACABADORA										
Data	Etapa	Dia da semana	QS	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)		
			m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
14/set	1	sex	147,2	3,5	4,5	18,4	18,4	30,1	44%	9,4
15/set	2	sab	222,3	5,0	3,0	27,8	23,1		63%	
17/set	3	seg	84,9	3,0	5,0	10,6	18,9		38%	
18/set	4	ter	114,6	3,8	4,2	14,3	17,8		48%	
19/set	5	qua	247,0	8,8	0,0	28,2	20,0		100%	
20/set	6	qui	240,5	7,0	1,1	30,1	21,7		87%	
21/set	7	sex	119,2	3,7	4,3	14,9	20,7		46%	
11/jan	8	sex	196,2	7,0	1,0	24,5	21,2		88%	
14/jan	9	seg	135,3	3,7	4,3	16,9	20,7		46%	
15/jan	10	ter	259,9	6,0	2,0	32,5	21,9		75%	
17/jan	11	qua	288,6	5,5	2,5	36,1	23,2		69%	
18/jan	12	qui	153,8	5,0	3,0	19,2	22,8		63%	
24/jan	13	qui	347,5	7,0	1,0	43,4	24,4		88%	
25/jan	14	sex	112,2	4,8	3,2	14,0	23,7		60%	
26/jan	15	sab	135,7	2,3	5,8	17,0	23,2		28%	
28/jan	16	seg	176,0	4,2	3,8	22,0	23,2		52%	

Tabela 111 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC – mão de obra (m³) - Guarulhos

MÃO DE OBRA DE APOIO – SERVENTE									
Data	Etapa	Dia da semana	QS	Horas	PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)	Média Funcion.	Δ
			m3						
14/set	1	sex	147,2	58,5	2,5	2,5	5,6	7	1,3
15/set	2	sab	222,3	44,0	5,1	3,6		6	
17/set	3	seg	84,9	27,0	3,1	3,5		3	
18/set	4	ter	114,6	35,5	3,2	3,4		4	
19/set	5	qua	247,0	78,8	3,1	3,3		10	
20/set	6	qui	240,5	58,5	4,1	3,5		7	
21/set	7	sex	119,2	33,0	3,6	3,5		4	
11/jan	8	sex	196,2	35,0	5,6	3,7		4	
14/jan	9	seg	135,3	24,0	5,6	3,8		3	
15/jan	10	ter	259,9	36,0	7,2	4,1		5	
17/jan	11	qua	288,6	64,0	4,5	4,2		8	
18/jan	12	qui	153,8	48,0	3,2	4,1		6	
24/jan	13	qui	347,5	66,0	5,3	4,2		8	
25/jan	14	sex	112,2	44,7	2,5	4,1		6	
26/jan	15	sab	135,7	16,0	8,5	4,2		2	
28/jan	16	seg	176,0	16,0	11,0	4,4		2	
							Mediana	5	

Tabela 112 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC (m³): rolo compactador - Guarulhos

ROLO COMPR TANDEM = CC43										
Data	Etapa	Dia da semana	QS	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)		
			m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
14/set	1	sex	147,2	3,5	4,5	18,4	18,4	28,0	44%	9,6
15/set	2	sab	222,3	5,0	3,0	27,8	23,1		63%	
17/set	3	seg	84,9	3,0	5,0	10,6	18,9		38%	
18/set	4	ter	114,6	3,8	4,2	14,3	17,8		48%	
19/set	5	qua	247,0	8,8	0,0	28,2	20,0		100%	
20/set	6	qui	240,5	6,5	1,5	30,1	21,7		81%	
21/set	7	sex	0,0	0,0	0,0		21,7			
11/jan	8	sex	196,2	5,0	3,0	24,5	22,1		63%	
14/jan	9	seg	0,0	0,0	0,0		22,1			
15/jan	10	ter	0,0	0,0	0,0		22,1			
17/jan	11	qua	0,0	0,0	0,0		22,1			
18/jan	12	qui	0,0	0,0	0,0		22,1			
24/jan	13	qui	0,0	8,0	0,0	0,0	19,3		100%	
25/jan	14	sex	112,2	7,8	0,2	14,0	18,8		98%	
26/jan	15	sab	135,7	2,3	5,8	17,0	18,6		28%	
28/jan	16	seg	176,0	4,2	3,8	22,0	18,9		52%	

Tabela 113 – Brita graduada tratada com cimento – BGTC (m³): rolo de pneus - Guarulhos

ROLO PNEUS AUTOPROPULSOR CP27										
Data	Etapa	Dia da semana	QS	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)		
			m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
14/set	1	sex	147,2	7,0	9,0	9,2	9,2	15,6	44%	1,7
15/set	2	sab	222,3	10,0	6,0	13,9	11,5		63%	
17/set	3	seg	84,9	6,0	10,0	5,3	9,5		38%	
18/set	4	ter	114,6	7,7	8,3	7,2	8,9		48%	
19/set	5	qua	247,0	17,5	0,0	14,1	10,0		100%	
20/set	6	qui	240,5	13,0	3,0	15,0	10,8		81%	
21/set	7	sex	119,2	7,3	8,7	7,5	10,4		46%	
11/jan	8	sex	196,2	5,0	3,0	24,5	11,3		63%	
14/jan	9	seg	135,3	7,3	8,7	8,5	11,0		46%	
15/jan	10	ter	259,9	12,0	4,0	16,2	11,5		75%	
17/jan	11	qua	288,6	9,5	6,5	18,0	12,1		59%	
18/jan	12	qui	153,8	5,0	11,0	9,6	11,9		31%	
24/jan	13	qui	347,5	12,0	4,0	21,7	12,7		75%	
25/jan	14	sex	112,2	7,1	0,9	14,0	12,7		88%	
26/jan	15	sab	135,7	4,5	11,5	8,5	12,4		28%	

Tabela 114 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Etapa: lançamento e acabamento (m³) – Guarulhos

VIBROACABADORA									
		QS	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)		
Data	Etapa	m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
01/set	1	146,7	4,0	4,0	18,3	18,3	23,0	50%	9,4
05/set	2	216,9	11,0	0,0	19,7	19,1		100%	
06/set	3	360,8	12,0	0,0	30,1	23,4		100%	
07/set	4	351,4	13,0	0,0	27,0	24,4		100%	
10/set	5	146,6	12,0	0,0	12,2	21,8		100%	
11/set	6	244,2	12,0	0,0	20,4	21,6		100%	
12/set	7	325,3	24,0	0,0	13,6	19,5		100%	
14/set	8	126,6	24,0	0,0	5,3	16,5		100%	
15/set	9	117,7	17,7	0,0	6,7	15,2		100%	
17/set	10	236,6	5,7	2,3	29,6	16,0		71%	
18/set	11	247,9	16,5	2,6	13,0	15,7		87%	
19/set	12	277,0	4,5	3,5	34,6	16,6		56%	
20/set	13	167,4	11,0	0,0	15,2	16,5		100%	
23/set	15	148,9	8,0	0,0	18,6	16,6		100%	
25/set	16	91,2	11,0	0,0	8,3	16,1		100%	
26/set	17	121,2	10,0	0,0	12,1	15,9		100%	
27/set	18	109,9	12,0	0,0	9,2	15,6		100%	
28/set	19	114,8	10,0	0,0	11,5	15,4		100%	
29/set	20	183,8	7,3	0,7	23,0	15,6		92%	
30/set	21	80,6	6,0	2,0	10,1	15,5		75%	
31/jan	22	108,9	6,0	2,0	13,6	15,4		75%	

Tabela 115 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Mão de obra (m³) – Guarulhos (continua)

MÃO DE OBRA DE APOIO – SERVENTE								
Data	Etapa	QS m3	Horas	PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)	Média Funcion.	Δ
05/set	2	216,9	103,3	2,1	2,1	2,95	13	0,65
06/set	3	360,8	121,7	3,0	2,6		15	
07/set	4	351,4	97,8	3,6	2,9		12	
10/set	5	146,6	103,0	1,4	2,5		13	
11/set	6	244,2	96,0	2,5	2,5		12	
12/set	7	325,3	133,8	2,4	2,5		17	
14/set	8	126,6	112,2	1,1	2,3		14	
15/set	9	117,7	114,8	1,0	2,1		14	
17/set	10	236,6	61,3	3,9	2,3		8	
18/set	11	247,9	60,0	4,1	2,4		8	
19/set	12	277,0	82,0	3,4	2,4		10	
20/set	13	167,4	63,0	2,7	2,5		8	
23/set	15	148,9	91,7	1,6	2,4		11	
25/set	16	91,2	95,5	1,0	2,3		12	
26/set	17	121,2	113,7	1,1	2,2		14	
27/set	18	109,9	88,0	1,2	2,1		11	
28/set	19	114,8	99,0	1,2	2,1		12	

Tabela 115 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Mão de obra (m³) – Guarulhos (conclusão)

29/set	20	183,8	71,7	2,6	2,1		9	
30/set	21	80,6	46,2	1,7	2,1		6	
31/jan	22	108,9	38,0	2,9	2,1		5	
						Mediana	12	

Tabela 116 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Rolo compactador (m³) – Guarulhos

ROLO COMPR. TANDEM = CC43									
Data	Etapas	QS	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)		
		m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
01/set	1	146,7	7,5	8,5	9,2	9,2	23,0	47%	10,5
05/set	2	216,9	22,0	0,0	9,9	9,6		100%	
06/set	3	360,8	12,0	0,0	30,1	14,5		100%	
10/set	5	146,6	24,0	0,0	6,1	11,8		100%	
11/set	6	244,2	12,0	0,0	20,4	13,0		100%	
12/set	7	325,3	24,0	0,0	13,6	13,1		100%	
14/set	8	126,6	24,0	0,0	5,3	11,7		100%	
15/set	9	117,7	9,2	0,0	12,8	11,8		100%	
17/set	10	236,6	5,5	2,5	29,6	12,7		69%	
18/set	11	247,9	4,5	3,5	31,0	13,6		56%	
19/set	12	277,0	2,5	5,5	34,6	14,6		31%	
20/set	13	167,4	16,0	0,0	10,5	14,3		100%	
23/set	15	148,9	6,5	1,5	18,6	14,5		81%	
25/set	16	91,2	22,0	0,0	4,1	13,4		100%	
26/set	17	121,2	10,0	0,0	12,1	13,3		100%	
27/set	18	109,9	12,0	0,0	9,2	13,1		100%	
28/set	19	114,8	10,0	0,0	11,5	13,1		100%	
29/set	20	183,8	7,3	0,7	23,0	13,4		92%	
30/set	21	80,6	6,0	2,0	10,1	13,3		75%	
31/jan	22	108,9	6,0	2,0	13,6	13,3		75%	

Tabela 117 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Rolo pneus (m³) – Guarulhos (continua)

ROLO PNEUS AUTOPROPULSOR CP27									
Data	Etapas	QS	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)		
		m3	Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv	Hfunc	Δ
01/set	1	146,7	7,5	8,5	9,2	9,2	6,55	47%	1,45
05/set	2	216,9	37,3	0,0	5,8	6,8		100%	
06/set	3	360,8	50,0	0,0	7,2	7,0		100%	
07/set	4	351,4	60,0	0,0	5,9	6,6		100%	
10/set	5	146,6	60,0	0,0	2,4	5,5		100%	
11/set	6	244,2	48,0	0,0	5,1	5,4		100%	
12/set	7	325,3	60,0	0,0	5,4	5,4		100%	

Tabela 117 – Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ. Rolo pneus (m³) – Guarulhos (conclusão)

14/set	8	126,6	48,0	0,0	2,6	5,1	100%	
15/set	9	117,7	38,5	0,0	3,1	4,9		
17/set	10	236,6	22,5	0,0	10,5	5,2		
18/set	11	247,9	18,8	0,0	13,2	5,5		
19/set	12	277,0	17,0	0,0	16,3	5,9		
20/set	13	167,4	36,0	0,0	4,6	5,8		
23/set	15	148,9	29,5	0,0	5,0	5,7		
25/set	16	91,2	45,0	0,0	2,0	5,5		
26/set	17	121,2	40,0	0,0	3,0	5,3		
27/set	18	109,9	48,0	0,0	2,3	5,1		
28/set	19	114,8	40,0	0,0	2,9	5,0		
29/set	20	183,8	34,8	0,0	5,3	5,0		
30/set	21	80,6	18,0	2,0	4,0	5,0		
31/jan	22	108,9	12,0	0,0	9,1	5,0	100%	

Tabela 118 – Imprimação (m²) – Guarulhos

CAMINHÃO DISTRIBUIDOR DE BETUME									
Data	Etapa	QS m ²	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)	Hfunc	Δ
			Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv		
04/ago	1	2908,1	0,7	7,3	363,5	363,5	472,9	8,4%	258,5
07/ago	2	1257,1	0,5	7,5	157,1	260,3		6,3%	
10/ago	3	4539,2	0,5	7,5	567,4	362,7		6,3%	
21/ago	4	1222,2	0,3	7,7	152,8	310,2		4,1%	
22/ago	5	1715,0	0,3	7,7	214,4	291,0		4,1%	
25/ago	6	3026,4	1,0	7,0	378,3	305,6		12,5%	
29/ago	7	6435,0	1,0	7,0	804,4	376,8		12,5%	
11/jan	8	1152,4	1,2	6,8	144,0	347,7		14,6%	
16/jan	9	1028,2	1,0	7,0	128,5	323,4		12,5%	

Tabela 119 – Pintura de ligação (m²) – Guarulhos

CAMINHÃO DISTRIBUIDOR DE BETUME									
Data	Etapa	QS m ²	Horas		PU _d (m ³ /Eh)	PU _{cum} (m ³ /Eh)	PU _{pot} (m ³ /Eh)	Hfunc	Δ
			Hfunc	Himprod	Hserv	Hserv	Hserv		
12/jan	1	1075,7	0,9	7,1	134,5	134,5	272,7	11,5%	47,8
15/jan	2	846,7	0,7	7,3	105,8	120,1		8,4%	
16/jan	3	1799,3	1,3	6,7	224,9	155,1		16,0%	
17/jan	4	1999,2	2,0	6,0	249,9	178,8		25,0%	
24/jan	5	3261,4	1,0	7,0	407,7	224,6		12,5%	
26/jan	6	2181,5	0,8	7,2	272,7	232,6		10,4%	
30/jan	7	1454,3	1,3	6,7	181,8	225,3		16,3%	

APÊNDICE C - MÉTODO DE COLETA DE DADOS DO RODOANEL

Partindo da visita à obra, a Figura 57 apresenta os passos trilhados para o levantamento de dados.

Figura 57 – Método de coleta

Cada uma das etapas representadas no método de coleta é detalhada a seguir.

- a) A escolha do serviço a ser acompanhado se deu conforme as atividades em execução (pode ser mais de um serviço), exemplo: camada final de terraplenagem (CFT).
- b) A escolha do ramo a ser acompanhado o serviço se deu conforme a viabilidade de acompanhamento das atividades (pode ser mais de um local), exemplo: Ramo 204, Ramo A-PI, Ramo PI-A.
- c) A quebra dos serviços em partes visou contemplar todas as atividades necessárias à sua execução, exemplo: serviço - camada final de terraplenagem (ver Figura 58).

Figura 58 – Quebra do serviço: camada final de terraplenagem

- d) Na medida que o serviço era executado, o registro da equipe/patrolha, envolvida na atividade, era efetuado, exemplo: camada final de terraplenagem (ver Figura 58).
- e) Buscando uma visão geral, foram elaborados esboços das atividades em execução (ver exemplo na Figura 59). Este exemplo apresenta a ilustração das duas pistas do Rodoanel, a externa e a interna, as cinco áreas onde podem acontecer atividades, o seu estaqueamento e a largura das pistas. É importante entender que em um Ramo, podem ocorrer várias frentes de serviço, como é o caso do exemplo abaixo. É possível que em ① se tenha terminado a compactação, em ② se tenha lançado o solo, distribuído cimento, reciclado e compactado a camada, em ③ lançado o solo, distribuído cimento e reciclado, em ④ distribuído cimento, reciclado e compactado a camada e em ⑤ nivelando e cortado a camada. Tudo executado com os equipamentos e equipe disponíveis para o Ramo.

Figura 59 – Modelo de esquema de produção das atividades em execução – camada final de terraplenagem

- f) Entendimento do método de trabalho (da construtora) para executar os serviços, exemplo:
- Quantos e quais equipamentos?
  - Quantas e quais conjuntos de mão de obra?
  - Quantos e quais materiais?
  - Conhecimento dos índices físicos;
  - Quantos e quais ensaios de campo? Exemplo:
    - ensaio de areia (densidade específica aparente “*in situ*” e determinação da umidade);
    - Proctor (100% GC para CFT com 2% de umidade e 95% GC para aterro com 3% de umidade);
  - Entendimento da logística;
  - Terminologia;
    - n° de fechas⁶⁷ para atingir o GC;
    - horas produtivas e horas improdutivas;
  - Entendimento do tipo de solo (exemplo: silte/arenoso/com pouca argila/com pedregulho);
  - Entendimento de ciclos dos equipamentos para diferentes serviços;

⁶⁷ Uma fecha corresponde à somatória de percursos de ida e de percursos de volta do equipamento.

- Entendimento do peso/energia dos diferentes arranjos de patrulhas de rolos compactadores.
- g) Coleta dos dados referentes à execução dos serviços, conforme apresentado na sequência.
- Acompanhamento da execução dos serviços, registrando os apontamentos em papel rascunho (requeriu a presença do pesquisador na obra, ao longo do período de trabalho). Tentou-se utilizar o modelo de Ponto Diário Equipamento (ver Tabela 120) utilizado pelo apontador local. Neste registro o apontador da construtora procura registrar, para cada equipamento, as horas trabalhadas e as horas paralisadas (uma legenda de códigos o auxilia a identificar as causas da paralisação). A utilização desta tabela está melhor detalhada na seção 6.1.1. Normalmente, o apontador não cedia, para este pesquisador, os apontamentos do trecho em estudo e não sabia detalhar as atividades ali executadas, situação que inviabilizou a sua utilização;
  - Acompanhamento e registro (em papel rascunho e por meio de filmagem) do tempo de ciclo de cada operação (medido aleatoriamente);
  - Acompanhamento e registro (em papel rascunho) das horas produtivas e improdutivas, por meio do “Método das Observações Instantâneas”. O pesquisador registrou⁶⁸ uma sucessão de “108” observações ou seja uma a cada 5min no qual constituiu uma amostra e definiu o percentual de vezes em que cada uma das fases de trabalho (trabalhando ou disponível para o serviço) foi observada. A Tabela 121 apresenta um exemplo de sua aplicação.
  - Na medida que os serviços eram executados, o registro (em papel rascunho) dos fatores e anormalidades era realizado.

---

⁶⁸ Este trabalho foi efetuado somente nos dias em que o pesquisador se encontrava na obra. Como existiam várias frentes de trabalho, aleatoriamente, uma delas era eleita para este acompanhamento.

Tabela 120 – Modelo de planilha de acompanhamento das atividades de cada equipamento

PONTO DIÁRIO																																			
Frente de Serviço:														Descrição do equipamento:										Produção do Equipamento:				Data:							
Empresa:														Código / Chassis / Placa:										Horímetro Inicial:				Horímetro Final:							
1. HORAS TRABALHADAS:																																			
PRODUÇÃO	07						08						09						10						11										
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60					
	11						12						13						14						15										
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60					
	16						17						18						19						20										
10						20						30						40						50						60					
TOTAL DE HORAS TRABALHADAS:																																			
2. HORAS DE PARALISAÇÃO:																																			
CODIGO	07						08						09						10						11										
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60					
	11						12						13						14						15										
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60					
	16						17						18						19						20										
10						20						30						40						50						60					
TOTAL DE HORAS DE PARALISAÇÃO:																																			
LEGENDA														OBSERVAÇÕES																					
Código de paralisação	Descrição																																		
02	Reparo / Manutenção																																		
05	Abastecimento / Lubrificação																																		
25	Chuva / Impraticável																																		
32	A disposição / Falta de frente																																		
34	Falta de equip. auxiliar / Parceiro																																		
35	Início / Troca de turno																																		
52	Falta de Operador																																		
53	Locomoção / Mudança de frente																																		
70	Refeição / Lanche																																		

Tabela 121 – Planilha modelo e exemplo de aplicação do Método das Observações Instantâneas

Serviço: Camada final de terraplenagem - nivelamento							Data: 20/04/2009	
Equipamento: Motoniveladora								
Minutos	Trabalhando	Disponível	Minutos	Trabalhando	Disponível	Minutos	Trabalhando	Disponível
08:00	x		09:00	x		10:00	x	
08:05	x		09:05		x	10:05	x	
08:10	x		09:10		x	10:10	x	
08:15	x		09:15		x	10:15	x	
08:20	x		09:20	x		10:20	x	
08:25	x		09:25	x		10:25	x	
08:30	x		09:30	x		10:30	x	
08:35	x		09:35	x		10:35		x
08:40	x		09:40	x		10:40		x
08:45	x		09:45	x		10:45		x
08:50	x		09:50	x		10:50		x
08:55		x	09:55	x		10:55	x	
09:00		x	10:00	x		11:00	x	

REGISTRO DOS DADOS COLETADOS

O registro dos dados coletados foi efetuado e melhorado na medida em que os conhecimentos do pesquisador evoluíam. A Figura 60 apresenta um resumo da metodologia empregada. Duas formas de registro foram utilizadas: registro simplificado e registro complexo.

Figura 60 – Metodologia para o registro dos dados coletados

a) Registro simplificado

O registro diário simplificado, de uma determinada “porção” do serviço (conjunto de frentes coberto por certa patrulha), detecta apenas o dia em que termina a tarefa em uma frente (ver exemplo na Figura 61), ou seja, na medida em que as atividades ocorriam, o pesquisador registrava o seu término. O registro dos equipamentos disponíveis é feito conforme exemplo da Figura 62.

Pista: Externa																														
Espessura (cm)		20	Mês: Abril																											
Largura (m)		21,7	Data																											
Frete	Camada	Subtarefa	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30											
1	2º Reforço Subleito Est. 31554 a 31560 (120m)	ATCL																												
1	1º Reforço Subleito Est. 31554 a 31560 (120m)	ATCL																									A	A		
1	3ª CFT Est. 31554 a 31560 (120m)	ATCL											A		A		AT C	CL	L											
1	2ª CFT Est. 31554 a 31560 (120m)	ATCL							A		TC	CL																		
1	1ª CFT (em corte) Est. 31554 a 31560 (120m)	ATCL	TC					C	L																					

Legenda:

	Chuva forte
	Chuva fraca
	Sem atividade devido a chuva
	Domingo ou feriado não trabalhado

Tarefas:

A	– Lançamento da camada
T	– Tratamento da camada
C	– Compactação da camada
L	– Liberação da camada

Figura 61 – Registro simplificado do dia em que termina a subtarefa

	Mês: Abril																													
	Data																													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30													
Trator esteiras	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1														
Motoniveladora	1	1	1	1	1		1	1	1				1		1	1	1	1												
Distrib. Cimento	1	1	1	1	1		1		1		1				1	1	1	1												
Recicladora	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1													
Rolo p.d.c. 1 (CAT)	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1			1	1	1	1												
Rolo p.d.c. 2 (Chinês)	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1			1	1	1	1												
Rolo p.d.c. 3 (Chinês)		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1			1	1	1	1												
Rolo p.d.c. 4 (Escad)																		1	1	1	1									
Rolo tanden	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1									
Caminhão pipa 1		1	1	1	1				1	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1									
Caminhão pipa 2																					1	1								

Figura 62 – Registro diário dos equipamentos disponíveis (1 = quantidade de equipamento)

b) Registro complexo

O registro diário complexo, de uma determinada “porção” do serviço (conjunto de frentes coberto por certa patrulha), detecta o dia em que terminam as subtarefas da frente de trabalho, ver exemplo na Figura 63 (este registro é mais detalhado do que o anterior).

Pista: Externa																														
Espessura (cm)		20	Mês: Abril																											
Largura (m)		21,7	Data																											
Frete	Camada	Subtarefa	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30											
1	3ª CFT Est. 31554 a 31560 120m	Als										x		x																
		Aes											x		x															
		Anc											x		x		x	x												
		Tdc															x													
		Tms															x													
		Cc															x													
		Lv																	x											
1	2ª CFT Est. 31554 a 31560 120m	Als							x																					
		Aes							x																					
		Anc							x																					
		Tdc										x																		
		Tms										x																		
		Cc										x	x																	
		Lv											x																	

Legenda:

Als: Aterro – lançamento do solo

Tms: Tratamento da camada – mistura do solo com cimento

Aes: Aterro – espalhamento do solo

Cc: Compactação da camada

Anc: Aterro – nivelamento da camada

Lv: Liberação da camada – verificação do GC/H

Tdc: Tratamento da camada – distribuição do cimento

Figura 63 – Registro detalhado do dia em que termina a subtarefa

A Tabela 122 apresenta um exemplo de registro das horas em funcionamento originadas do Método das Observações Instantâneas.

Tabela 122 – Registro detalhado de horas em funcionamento (originado do Método das Observações Instantâneas)

	Data	28 de abril (terça)											
	Hora	Horas em funcionamento (minutos)											Hfunc.
		8 às 9	9 às 10	10 às 11	11 às 11:30	11:30 às 12:30	12:3 0 às 13	13 às 14	14 às 15	15 às 16	16 às 17	17 às 18	
Trator esteiras												0%	
Motoniveladora		60	60	60	10		30	35	50	60	60	90%	
Distrib. Cimento			30						20		20	13%	
Recicladora				30					35	20	35	20	26%
Rolo p.d.c. 1 (CAT)			40	60	30		30	60	60	60	60	85%	
Rolo p.d.c. 2 (Chinês)			40	60	30		30	40	60	60	55	60	81%
Rolo p.d.c. 3 (Chinês)			40	60	30		30	60	60	60	55	60	84%
Rolo p.d.c. 4 (Escad)			40	60	30		30	60	60	60	50	60	83%
Rolo tandem											20	40	11%
Caminhão tanque 1				60					15		45		22%

A Tabela 123 apresenta um exemplo de registro dos ciclos dos equipamentos, medidos por filmagem.

Tabela 123 – Medição do ciclo dos equipamentos na execução de camada final de terraplenagem.

EQUIPAMENTO	Dia	Local	Comprimento "m" (ida + volta)	Tempo (minutos)	Faixa de 20cm esp e 1,9m de largura
Rolo pé de carneiro CAT 12 ton	22/abr	RAMO 204	240	04:22	
Rolo pé de carneiro - Chinês - XS 120 PD XCMG 20 ton	22/abr	RAMO 204	240	04:22	
Caminhão distribuidor de cimento (espargidor)	22/abr	RAMO 204	480	06:10	
Recicladora TEREX	22/abr	RAMO 204	160	06:10	
Caminhão Pipa	22/abr	RAMO 204	120	03:34	

A Tabela 124 apresenta um exemplo de registro da mão de obra utilizada na execução do serviço.

Tabela 124 – Camada final de terraplenagem: Ramo 204 (mão de obra)

Data	Greidista	Servente
13/abr	1	2
14/abr	1	2
20/abr	1	2
21/abr	1	2
22/abr	1	2
23/abr	1	2

A Figura 64 apresenta, para as diferentes camadas, a data em que finalizou a compactação da camada. As características da pista, tais como: a espessura, a largura e o comprimento (representado pelas estacas) podem ser observadas.

Apresentação das camadas finais de terraplenagem e suas respectivas atividades														
Obs.: espessura das camadas = 20 cm														
Obs.: largura das camadas = 21,7 cm (largura da pista)														
Obs.: comprimento das camadas "ver quantidade de estacas e multiplicar por 20m"														
Corte 204 Pista Externa														
2ª Reforço não ouveram mais atividades 2ª Reforço														
1ª Reforço														
 														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
2ª Reforço														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														
2ª CFT														
1ª CFT														
 														
5ª CFT														
4ª CFT														
3ª CFT														

Figura 64 – Apresentação das camadas finais de terraplenagem e a data final de conclusão de suas atividades: Corte 204 - Pista externa

A Figura 65 detalha as atividades ocorridas, conforme o registro na Figura 64. Exemplo: em 07/05, entre as estacas 31554 e 31561, ocorreram as seguintes atividades – 1º: verificação do GC; 2º: aprovação e liberação da 1ª camada de reforço do subleito; 3º: espalhamento de solo (só forrou).

Corte 204 Pista Externa (atividades detalhadas)				
2º Reforço	08/05 - aguardando dreno	13/05 - aguardando dreno	11/05 - aguardando dreno	2º Reforço
	07/05 - espalhamento de solo (só forrou)	09/05 - espalhamento de solo (só forrou)	11/05 - espalhamento de solo (só forrou)	
1º Reforço	07/05 - liberação do 1º reforço do sub-leito	09/05 - liberação do 1º reforço do sub-leito	11/05 - liberação do 1º reforço do sub-leito	1º Reforço
			11/05 - distrib.cimento + reciclou + compactou	
			10/05 - domingo	
		09/05 - recompactou	09/05 - sem atividade	
		08/05 - verificação GC	08/05 - sem atividade	
		07/05 - distrib.cimento + reciclou + compactou	07/05 - nivelamento	
	07/05 - nivelamento			
	06/05 - compactou + verificou o GC (não passou) + recompactou	06/05 - controlou a umidade	06/05 - espalhamento de solo	
	05/05 - nivelou + distrib.cimento + reciclou + compactou (não terminou)	05/05 - nivelou		
	04/05 - atividade nas outras frentes (choveu à tarde)	04/05 - atividade nas outras frentes (choveu à tarde)		
	01, 02 e 03/05 - feriado e domingo	01, 02 e 03/05 - feriado e domingo		
	30/04 - espalhamento de solo + nivelamento	30/04 - espalhamento de solo + nivelamento		
	29/04 - espalhamento de solo (não terminou)	29/04 - espalhamento de solo (não terminou)		

31554

31561

31554

31561

Figura 65 – Detalhamento das atividades ocorridas, conforme execução de camada final de terraplenagem: no Corte 204 - Pista externa

APÊNDICE D - CONJUNTO DE DADOS DO RODOANEL

A seguir, são apresentados o conjunto dos dados (resumo) apresentados no Capítulo 6.

a) Terraplenagem

- Escavação e carga de material de 1ª categoria (m^3);
- Compactação de aterro (m^2);
- Compactação de aterro (m^3);
- Camada final de terraplenagem (m^2);
- Camada final de terraplenagem (m^3);

b) Pavimentação asfáltica

- Brita graduada simples (m^2);
- Brita graduada simples (m^3);
- Brita graduada tratada com cimento (m^2);
- Brita graduada tratada com cimento (m^3);
- Binder (m^2);
- Binder (m^3);
- Imprimação (m^2);

c) Método das Observações Instantâneas

- Camada final de terraplenagem;
- Brita graduada simples;
- Brita graduada tratada com cimento;
- Binder.

Tabela 125 – Escavação e carga de material de 1ª categoria – resumo

Cortes	Produção Unitária (m³/Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Corte 203	91,78	140,00	168,00
Corte 206	59,50	66,31	78,56
Corte 207	50,36	92,94	116,28
Corte 208	43,44	52,89	57,56
Corte 209	68,44	73,11	77,78
Corte 213	84,00	143,50	206,69
Corte 204	53,03	66,05	103,14

Tabela 126 – Compactação de aterros - resumo (continua)

	Prod. Unit (m²/Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator de esteira			
Aterro 210	51,9	62,2	72,6
Aterro 211	290,4	420,0	622,2
Aterro 212	178,9	259,3	313,7
Aterro 218	264,4	363,0	461,5
Mediana	221,7	311,1	387,6
	Prod. Unit (m²/Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator agrícola com grade de disco			
Aterro 210	51,9	62,2	72,6
Aterro 211	290,4	420,0	622,2
Aterro 212	178,9	259,3	313,7
Aterro 218	264,4	363,0	461,5
Mediana	221,7	311,1	387,6
	Prod. Unit (m²/Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Caminhão tanque			
Aterro 210	233,3	280,0	326,7
Aterro 211	1306,7	1890,0	2800,0
Aterro 212	805,0	1166,7	1411,7
Aterro 218	1190,0	1633,3	2076,7
Mediana	997,5	1400,0	1744,2
	Prod. Unit (m²/Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Rolo pé de carneiro			
Aterro 210	13,0	15,6	18,1
Aterro 211	72,6	105,0	155,6
Aterro 212	44,7	64,8	78,4
Aterro 218	66,1	90,7	115,4
Mediana	55,4	77,8	96,9

Tabela 126 – Compactação de aterros - resumo (conclusão)

Motoniveladora	Prod. Unit (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Aterro 210	51,9	62,2	72,6
Aterro 211	290,4	420,0	622,2
Aterro 212	178,9	259,3	313,7
Aterro 218	264,4	363,0	461,5
Mediana	221,7	311,1	387,6

Tabela 127 – Camada final de terraplenagem - Ramo 204 - resumo

	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator esteiras	1	144,67	289,33	446,06	12%	28%	34%
Motoniveladora	1	253,17	446,06	477,92	36%	60%	79%
Distrib. Cimento	1	289,33	289,33	363,39	6%	8%	13%
Recicladora	1	289,33	289,33	363,39	11%	23%	25%
Rolo pés-de-caneiro	4	72,33	84,39	120,56	44%	53%	72%
Rolo de pneus	1	237,67	337,56	385,78	6%	8%	10%
Caminhão tanque	1	289,33	337,56	396,11	10%	15%	25%
Serventes	3	84,39	148,69	159,31			

Tabela 128 – Camada final de terraplenagem - outros ramos - resumo

	Qtde	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator esteiras	1	880,00	1020,00	1050,00
Motoniveladora	1	206,67	333,33	400,00
Distrib. Cimento	1	450,00	600,00	800,00
Recicladora	1	510,00	640,00	1191,43
Rolo pés-de-caneiro	4	86,19	140,00	182,86
Rolo de pneus	1	505,00	570,00	1320,00
Caminhão tanque	1	560,00	840,00	1191,43
Serventes	3	93,33	140,00	198,57

Tabela 129 – Camada final de terraplenagem “observações instantâneas”

	14/abr	20/abr	21/abr	22/abr	23/abr	25/abr	27/abr	28/abr	30/abr	04/mai	05/mai	06/mai	1º Q.	Mediana	3º Q	Erro
Trator esteiras		31%	26%		35%	33%			60%	9%	13%	7%	12%	28%	34%	3%
Motoniveladora		67%	19%	33%		44%	80%	90%	88%	6%	53%	78%	36%	60%	79%	3%
Distrib. Cimento	17%	3%		19%	6%		6%	13%	2%	8%	8%		6%	8%	13%	2%
Recicladora	23%	6%		34%	11%		16%	26%	8%	23%	25%		11%	23%	25%	3%
Rolo p.d.c. 1 (CAT)	56%	55%	17%	89%	54%		53%	85%	49%	44%	62%	84%	51%	55%	73%	3%
Rolo p.d.c. 2 (Chinês)	56%	24%	17%	91%	53%		51%	81%	43%	43%	62%	85%	43%	53%	71%	3%
Rolo p.d.c. 3 (Chinês)		52%	17%	92%	53%		51%	84%	41%	43%	62%	85%	45%	52%	79%	3%
Rolo p.d.c. 4 (Escad)							51%	83%	49%	44%	36%	31%	38%	46%	50%	4%
Rolo tandem			9%			11%	8%	14%		6%	6%	4%	6%	8%	10%	2%
Caminhão tanque 1				14%	5%			13%	24%	8%	4%	3%	4%	8%	13%	2%
Caminhão tanque 2				6%					12%	6%	4%	21%	6%	6%	12%	2%

Tabela 130 – BGS e BGTC “observações instantâneas”

	BGS	BGTC	1º Q	MED	3º Q	Erro
Vibroacabadora 1	28%	26%	26%	27%	27%	6%
tandem 1	35%	30%	31%	32%	34%	6%
Rolo de pneus 1	27%	24%	25%	25%	26%	6%
Rolo de pneus 2	15%		15%	15%	15%	5%
Caminhão tanque	3%	7%	4%	5%	6%	3%

Tabela 131 – Brita graduada simples BGS - resumo

	Vibroacabadora			Rolo de pneus			Rolo tandem			Pipa			Serventes		
BGS	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)		
Ramo	1º Q	Mediana	3º Q	1º Q	Mediana	3º Q	1º Q	Mediana	3º Q	1º Q	Mediana	3º Q	1º Q	Mediana	3º Q
APS-PE	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	229,3	344,0	32,8	32,8	62,2
A-PI	76,4	86,0	95,6	86,0	95,6	152,9	86,0	95,6	152,9	0,0	0,0	0,0	25,5	30,4	31,9
PI-A	157,7	172,0	186,3	157,7	172,0	186,3	157,7	172,0	186,3	157,7	172,0	186,3	17,0	17,3	17,6
PE-APN	229,3	229,3	229,3	114,7	114,7	114,7	229,3	229,3	229,3	0,0	0,0	0,0	45,9	45,9	45,9
Mediana	193,5	200,7	207,8	136,2	143,3	169,6	193,5	200,7	207,8	193,5	200,7	265,2	29,1	31,6	38,9

Tabela 132 – Ramo AP-I e EIXO (BGTC)

	Qtde	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
		1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora	1	109,67	116,67	123,67	26%	27%	27%
Rolo de pneus	1	142,33	182,00	221,67	24%	25%	26%
Rolo tandem	1	142,33	182,00	221,67	31%	32%	34%
Pipa	1	142,33	182,00	221,67	4%	5%	6%
Serventes	6	23,72	30,33	36,94			

Tabela 133 – Binder: “observações instantâneas”

Método das Observações Instantâneas											1º Q.	Mediana	3º Q	Erro
Vibroacabadora	26%	16%	7%	11%	17%	27%					12%	16%	24%	3%
Rolo pneus	48%	16%	7%	13%	33%	36%	42%	16%	4%	16%	14%	16%	35%	2%
Rolo tandem	29%	16%	9%	13%	12%	41%					12%	14%	25%	3%
Caminhão espargidor	18%										18%	18%	18%	7%
Trator agrícola com compressor	13%										13%	13%	13%	6%
Caminhão tanque	12%	6%									8%	9%	11%	4%

Tabela 134 – Binder - resumo

Ramo	Vibroacabadora			Serventes			Rolo de pneus			Rolo tandem		
	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Q.	Mediana	3º Q.	1º Q.	Mediana	3º Q.	1º Q.	Mediana	3º Q.	1º Q.	Mediana	3º Q.
APS-PE	128,3	185,6	288,6	9,2	17,1	24,8	64,2	126,7	186,9	128,3	155,6	240,0
A-PI	76,0	106,7	152,0	83,1	97,7	126,2	528,0	684,0	738,0	684,0	960,0	1368,0
PI-A	283,6	283,6	283,6	364,6	364,6	364,6	1276,0	1276,0	1276,0	2552,0	2552,0	2552,0
Mediana	128,3	185,6	283,6	83,1	97,7	126,2	528,0	684,0	738,0	684,0	960,0	1368,0
Ramo	Caminhão Espargidor			Caminhão Pipa			Trator Agrícola com Compressor					
	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)			Produção Unitária (m ² /Hserv)					
	1º Q.	Mediana	3º Q.	1º Q.	Mediana	3º Q.	1º Q.	Mediana	3º Q.			
APS-PE	93,3	140,0	226,7									
A-PI				684,0	960,0	1368,0	960,0	1368,0	1368,0			
PI-A	2552,0	2552,0	2552,0									
Mediana	1322,7	1346,0	1389,3	684,0	960,0	1368,0	960,0	1368,0	1368,0			

Tabela 135 – Imprimação (resumo)

Ramo	Caminhão Espargidor		
	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
APS-PE	391,78	477,78	563,78
A-PI	200,67	258,00	401,33
PI-A	143,33	172,00	200,67
PE-APN	229,33	229,33	229,33
Mediana	215,00	243,67	315,33

Tabela 136 – Imprimação “observações instantâneas”

Data	Ramo	Prod.	Erro
03/jun	APS-PE	6%	4%
16/jun	A-PI	6%	4%
16/jun	PE-APN	6%	4%

APÊNDICE E - INDICADORES INICIAIS DOS MANUAIS

A seguir, são apresentados os resumos dos dados retirados de cada um dos Manuais apresentados no Capítulo 7.

- Terraplenagem
  - Escavação e carga de material de 1ª categoria,
  - Compactação de aterros, em camadas de 20 cm, GC: de 90 a 95%,
  - Compactação de aterros, em camadas de 20 cm, GC: 100%,
  - Construção de reforço de subleito.
- Pavimentação asfáltica
  - Base de brita graduada,
  - Base de brita graduada com distribuidor de agregados com controle de greide,
  - Brita graduada tratada com cimento,
  - Base de solo cimento com 3% de cimento e mistura na pista,
  - Base de solo cimento com 4% de cimento e mistura na pista,
  - Imprimação,
  - Pintura de ligação,
  - Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento,
  - Concreto betuminoso usinado a quente – binder,
  - PMQ com asfalto polímero,

Tabela 137 – Escavação e carga material de 1ª categoria (m³/h)

Escavação e Carga Material de 1ª Categoria (m3)	DNIT	DNIT	EMOP	EMOP	EMOP	SIURB	TCPO	CAIXA	PCC-USP
	Várias	Várias	03.026.010-0	03.026.015-0	Várias	41100	02335.8.5.19	02.04.201	91129
Discriminação	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Trator de esteiras, com lâmina, 67 kW (D5)					50,0	35,7			
Trator de esteiras, com lâmina, 106 kW (D6)				127,0					
Trator de esteiras, com lâmina, 228 kW (D8)		234,9	192,0				172,4	172,4	161,3
Escavadeira Hidráulica - sobre Esteira c/Caçamba - cap 1.5m³	192,3								
Carregadeira de pneus - cap 1,3m³					50,0				
Carregadeira de pneus - cap 1,8m³						35,7			
Carregadeira de pneus - cap 3,1m³		214,0	192,0	127,0			112,4	112,4	112,4
Servente	63,7	71,3	64,0	42,3	25,0			71,4	71,4

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 138 – Compactação de aterros, em camadas de 20 cm, GC: de 90% a 95% (m³/h)

	DNIT	PCC-USP	CAIXA	EMOP	EMOP	SIURB	TCPO
	402976	91134	02.04.302	03.010.001-0	20.004.003-1	04-32-00	02315.8.9.1
	Proctor Normal	Proctor Normal	Proctor Modificado	Indefinido	Indefinido	Indefinido	Proctor Normal
	GC: 95%	GC = 95%	GC = 90%	GC: 90%	GC = ?	GC = ?	GC = ?
Discriminação	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Grade de discos rebocável	313,2	138,9	238,8			100,0	100,0
Motoniveladora	539,4	285,7	238,8		350	200,0	200,0
Trator de esteiras, com lâmina, 67 kW (D5)				50,0			
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autoprop.- 6.9 t	215,7	208,3	238,8	50,0	175	200,0	200,0
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autoprop.- 7.5 t						200,0	
Caminhão tanque - cap.6.000 l				50,0	175	100,0	
Caminhão tanque - cap.10000 l	156,6	277,8	119,5				100,0
Trator agrícola	303,4	277,8	238,8	50,0	175	100,0	100,0
Servente	112,4	89,3	119,4	25,0	350	20,4	66,7

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 139 – Compactação de aterros, em camadas de 20 cm, GC: 100% (m³/h)

	DNIT	PCC-USP
	402976	91133
	Proctor Normal	Proctor Normal
	GC: 100%	GC = 100%
Discriminação	PU	PU
Grade de discos rebocável	313,2	117,6
Motoniveladora	539,4	238,1
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autoprop.- 6.9 t	161,8	175,4
Caminhão tanque - cap.10000 l	151,7	140,8
Trator agrícola	303,4	232,6
Servente	84,0	74,1

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 140 – Construção de reforço de subleito (m³/h)

	EMOP
	20.004.006-0
	GC = ?
Discriminação	PU
Caminhão tanque - cap.6.000 l	78,0
Trator agrícola	78,0
Motoniveladora	234,0
Grade de discos rebocável	234,0
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autoprop.- 6.9 t	117,0
Rolo compactador de pneus, autopropelido, 20t	234,0
Servente	23,4

Tabela 141 – Base de brita graduada (m³/h)

	DNIT Planilha 2010872 e 2010873	EMOP Planilha 20.008.001-0	SIURB Planilha 05.48.00	TCPO Planilha 02720.8.3.1	CAIXA Planilha 04.05.301	PCC-USP Planilha91092
Discriminação	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Trator agrícola		91,0				
Carregadeira de pneus - cap. 3,1m ³					74,1	
Distribuidor de agregados - autopropelido	131,2			120,5	54,8	
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras						30,0
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	156,6	91,0		120,5		
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)					74,0	28,2
Rolo compactador tipo tandem (7t)		91,0	13,3			
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	161,8					
Rolo compactador tipo tandem (12t)				120,5	74,0	51,8
Caminhão tanque de 6.000 l			30,8		74,0	
Caminhão tanque de 10.000 l	167,4					
Motoniveladora		91,0	21,5		74,0	
Servente	44,1	7,6	6,5	5,0	12,3	4,1

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 142 – Base de brita graduada com distribuidor de agregados com controle de greide (m³/h)

DNIT: Planilha 2010874 e 2010875	
Discriminação	PU
Caminhão tanque de 10.000 l	167,4
Distribuidora / fresadora - c/ controle de greide	422,1
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	156,6
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	161,8
Servente	44,1

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 143 – Base de brita graduada tratada com cimento (m³/h)

	DNIT Planilha 2010876 e 2010877	SIURB Planilha 05.90.00	CAIXA Planilha 04.05.302	PCC-USP Planilha 91093 e 91094
Discriminação	PU	PU	PU	PU
Distribuidor de agregados - autopropelido	131,2			
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras			22,3	30,0
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	156,6			
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)			74,1	28,2
Rolo compactador tipo tandem (7t)		13,3		
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	161,8			
Rolo compactador tipo tandem (12ton)			74,1	51,8
Caminhão tanque de 6.000 l		30,8	357,1	
Caminhão tanque de 10.000 l	167,4			
Carregadeira de pneus (3,1 m ³)			95,0	
Motoniveladora		21,5	74,1	
Servente	44,1	6,5	12,3	4,1

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 144 – Base de solo cimento com 3% de cimento e mistura na pista (m³/h)

	DNIT Planilha 2010880, 2010881 e 2010882	EMOP Planilha 20.006.003-0	SIURB Planilha 05.54.00
Discriminação	PU	PU	PU
Grade de discos rebocável	236,8		31,3
Pulvomisturador		85,0	
Motoniveladora	138,7		31,3
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	211,1	85,0	
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)			250,0
Rolo compactador tipo tandem (7t)			31,3
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	161,8		
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido - 7.5 t			125,0
Trator agrícola	236,8		31,3
Caminhão tanque de 6.000 l			62,5
Caminhão tanque de 10.000 l	151,7		
Servente	48,1	10,6	3,1

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 145 – Base de solo cimento com 4% de cimento e mistura na pista (m³/h)

	DNIT Planilha 2010883, 2010884 e 2010885	SIURB Planilha 05.55.00
Discriminação	PU	PU
Grade de discos rebocável	236,8	31,3
Motoniveladora	138,7	31,3
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	211,1	
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)		250,0
Rolo compactador tipo tandem (7t)		125,0
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	161,8	
Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido - 7.5 t		83,3
Trator agrícola	236,8	31,3
Caminhão tanque de 6.000 l		62,5
Caminhão tanque de 10.000 l	151,7	
Servente	48,1	3,1

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 146 – Imprimação (m²/h)

	DNIT Planilha 2010940	EMOP Planilha 20.009.001-1	SIURB Planilha 05.27.00	TCPO Planilha 02710.8.5.2	PCC-USP Planilha 91110
Discriminação	PU	PU	PU	PU	PU
Distribuidor de betume (6.000 l)	1078,7	1408,1	169,5	416,7	270,3
Tanque de estocagem de asfalto - 20000 l	1078,7	1408,1			561,8
Trator agrícola	3236,2	1408,1			
Vassoura mecânica rebocável	3236,2	1408,1			
Servente	370,4	234,7	169,5	33,3	246,9

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 147 – Pintura de ligação (m²/h)

	DNIT Planilha 2010941 e 2010942	EMOP Planilha 20.009.002-1	SIURB Planilha 05.26.00	TCPO Planilha 02710.8.5.2	CAIXA Planilha 04.05.402	PCC-USP Planilha 91111
Discriminação	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Distribuidor de betume (6.000 l)	1387,0	2188,2	212,8	333,3	3125,0	234,7
Tanque de estocagem de asfalto - 20000 l	1387,0	2188,2			3125,0	
Trator agrícola	2427,2	2188,7			2000,0	
Vassoura mecânica rebocável	2427,2	2188,7			2000,0	
Servente	500,0	364,7	212,8	12,5	285,7	33,3

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 148 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa de rolamento (t/h)

	DNIT	EMOP	EMOP	EMOP	EMOP	SIURB	TCPO	PCC-USP
	Planilha 2010999 e 2011000	Planilha 20.009.025-0 e 20.009.060-0	Planilha 20.009.028-0 e 20.009.063-0	Planilha 20.009.030-0 e 20.009.065-0	Planilha 20.009.033-0 e 20.009.068-0	Planilha 05.28.00	Planilha 02.740.8.1.1	Planilha 91100
		Prod. Usina 10m3/h	Prod. Usina 14m3/h	Prod. Usina 20m3/h	Prod. Usina 25m3/h			
Discriminação	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	90,7	10,0	14,0	20,0	25,0	7,2	14,7	37,0
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	126,1	10,0	14,0	20,0	25,0		14,7	
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)						7,2		12,1
Rolo compactador tipo tandem (7t)						7,2		
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	129,4	10,0	14,0	20,0	25,0			
Rolo compactador tipo tandem (12t)								31,9
Trator agrícola	303,4							
Vassoura mecânica rebocável	303,4							
Servente	9,4	10,0	14,0	20,0	25,0	1,2	0,5	2,8
Laboratorista de solos A		10,0	14,0	20,0	25,0			
Rasteleiro						3,6		

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

Tabela 149 – Concreto betuminoso usinado a quente - binder (t/h)

	DNIT Planilha 2011001, 2011002, 2011009 e 2011010	EMOP Planilha 20.009.012-0	SIURB Planilha 05.25.01 e 05.25.02	PCC-USP Planilha 91100
Discriminação	PU	PU	PU	PU
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	90,7	14,1	13,1	37,0
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	126,1	14,1		
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)			13,1	12,1
Rolo compactador tipo tandem (7t)			13,1	
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	129,5	14,1		
Rolo compactador tipo tandem (12t)				31,9
Trator agrícola	303,4			
Vassoura mecânica rebocável	303,4			
Servente	9,4	2,8	6,6	2,8
Rasteleiro			13,1	

DNIT - Utilização Improdutiva = 3% da Utilização Operativa

APÊNDICE F – PROCESSAMENTO DOS INDICADORES DOS MANUAIS

A seguir, são apresentados os resumos do processamento dos indicadores dos manuais. Este processamento se deu por meio do cálculo do 1º e 3º Quartil e da Mediana, condensando todos os manuais em uma única composição unitária, conforme o tipo de serviço.

Tabela 150 – Resumo do processamento dos indicadores dos manuais (continua)

Escavação de Material de 1ª Categoria. Etapa: escavação com trator de esteiras e carga com carregadeira (m³)	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Trator de esteiras, com lâmina, 228 kW (D8)	172,4	172,4	192,0	94%	95%	96%
Carregadeira de pneus – cap. 3,1m³	112,4	112,4	192,0	96%	96%	97%
Servente	69,5	71,4	71,4			
Escavação de Material de 1ª Categoria com escavadeira (m³)	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Escavadeira hidráulica - sobre esteira c/caçamba - cap. 1.5m³		198,08			97%	
Servente		63,69				
Compactação de aterro - esp. até 30 cm (m³)	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Grade de discos rebocável	108,1	138,9	271,0	76%	76%	97%
Motoniveladora	227,3	260,1	383,7	49%	50%	97%
Trator de esteiras, com lâmina, 67 kW (D5)	50,0	50,0	50,0	-	-	-
Rolo compactador pé de carneiro	175,0	200,0	208,3	88%	88%	97%
Caminhão tanque - cap.10000 l	124,2	146,1	155,3	69%	69%	97%
Trator agrícola	100,0	232,6	277,8	70%	75%	92%
Servente	66,7	84,0	112,4			

Tabela 150 – Resumo do processamento dos indicadores dos manuais (continua)

Brita Graduada Simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20 cm (m ³)	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Carregadeira de pneus – cap. 3,1m ³	74,1	74,1	74,1			
Distribuidor de agregados - autopropelido	104,1	125,8	203,9	86%	97%	97%
Rolo compactador de pneus autopropelido	108,9	138,5	156,6	97%	97%	97%
Rolo compactador tipo tandem	108,9	141,1	161,8	97%	97%	97%
Caminhão tanque	120,7	167,4	167,4	59%	97%	97%
Motoniveladora	74,0	74,0	74,0			
Servente	10,5	28,2	44,1			
Brita Graduada Simples - BGS com vibroacabadora- esp. até 20 cm (m ³)	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	24,3	26,2	28,1	69%	76%	83%
Rolo compactador de pneus autopropelido (27t)	39,7	51,2	62,6	58%	58%	58%
Rolo compactador tipo tandem (12t)	57,3	62,9	68,5	65%	65%	65%
Caminhão tanque de 6.000 l	357,1	357,1	357,1			
Carregadeira de pneus(3,1m ³)	95,0	95,0	95,0			
Motoniveladora	74,1	74,1	74,1			
Servente	6,1	8,2	10,3			
Base de Solo Cimento com 3% de cimento e mistura na Pista - esp. até 20 cm (m ³)	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Grade de discos rebocável	82,6	134,0	185,4	97%	97%	97%
Motoniveladora	58,1	85,0	111,8	97%	97%	97%
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	147,8	211,1	230,5	73%	81%	89%
Rolo compactador tipo tandem (7t)	63,9	96,5	129,2	97%	97%	97%
Rolo compactador pé de carneiro	125,0	125,0	125,0			
Trator agrícola	82,6	134,0	185,4	97%	97%	97%
Caminhão tanque de 10.000 l	84,8	107,1	129,4	97%	97%	97%
Servente	6,9	10,6	29,4			

Tabela 150 – Resumo do processamento dos indicadores dos manuais (conclusão)

Imprimação (m ²)	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Asfalto diluído CM 30	690,5	714,3	773,8			
Distribuidor de betume (6.000 l)	270,3	416,7	1078,7	42%	61%	79%
Tanque de estocagem de asfalto - 20000 l	820,3	1078,7	1243,4	97%	97%	97%
Trator agrícola	1865,1	2322,2	2779,2	53%	68%	82%
Vassoura mecânica rebocável	1865,1	2322,2	2779,2	53%	68%	82%
Servente	169,5	234,7	246,9			
Pintura de Ligação (m ²)	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Emulsão asfáltica RR-1C	1663,8	1950,7	1960,8	97%	97%	97%
Distribuidor de betume (6.000 l)	253,4	862,8	1989,2	35%	56%	77%
Tanque de estocagem de asfalto - 20000 l	1808,4	2188,2	2656,6			
Trator agrícola	2094,3	2188,7	2344,3	59%	59%	59%
Vassoura mecânica rebocável	2094,3	2188,7	2344,3	59%	59%	59%
Servente	222,5	268,8	345,0			
Concreto Betuminoso Usinado a Quente - capa de rolamento (m ³)	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	31,2	41,6	67,2	44%	64%	88%
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	27,7	34,4	51,0	27%	40%	84%
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	28,8	48,0	68,2	56%	80%	90%
Trator agrícola	728,2	728,2	728,2	97%	97%	97%
Vassoura mecânica rebocável	728,2	728,2	728,2	97%	97%	97%
Servente	5,8	23,2	37,2			
Concreto Betuminoso Usinado a Quente - binder (m ³)	Produção Unitária (m ³ /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Vibroacabadora de asfalto - sobre esteiras	33,3	61,4	121,1	72%	93%	95%
Rolo compactador de pneus autopropelido (21t)	30,9	32,7	101,0	64%	97%	98%
Rolo compactador tipo tandem (10,9t)	33,3	55,1	135,0	80%	90%	94%
Trator agrícola	728,2	728,2	728,2	97%	97%	97%
Vassoura mecânica rebocável	728,2	728,2	728,2	97%	97%	97%
Servente	6,8	11,3	17,4			

APÊNDICE G – PROCESSAMENTO DOS INDICADORES INDICADOS PELOS ESPECIALISTAS

A seguir, são apresentados os resumos dos processamentos dos indicadores indicados pelos especialistas. Este processamento se deu conforme apresentado no Capítulo 8 ou seja:

- a) os especialistas, uma vez que lhes foi dado conhecimento dos valores reunidos por este pesquisador (advindos do levantamento nos manuais e dos estudos de campo, indicaram os valores medianos e os quartis (em outras palavras, a faixa de valores que adotariam) para representar a situação mediana e as situações boas ou ruins em termos dos fatores considerados importantes. Os especialistas se posicionaram frente a duas classes de faixas: a das produções unitárias; e a das horas em funcionamento;
- b) no caso dos fatores e das anormalidades, a lista apresentada foi criticada pelos especialistas, que indicaram os fatores mais importantes e os menos. A crítica foi registrada da seguinte forma:
  - eles deram nota para cada fator (e para eventual adicional que acrescentassem); tais notas variaram de 0 a 10, mas um fator importante recebeu pelo menos 5.
- c) o pesquisador tirou a mediana das notas para cada fator ou anormalidade, conforme as notas dadas por todos os especialistas questionados. As notas medianas abaixo de 5 tiveram seus fatores eliminados. Para os acima de 5, faixas foram criadas e os quartis calculados; os fatores com nota maior que o 3º quartil foram chamados “mais importantes”; os abaixo do 1º quartil de “menos importantes”; os entre quartis de “importantes”.

Apresentam-se aqui os resultados do processamento das informações obtidas dos especialistas organizadas nas Tabelas de nº 151 até 168.

Tabela 151 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com trator de esteiras (especialistas)

a) Etapa: escavação do solo (o trator de esteiras escava o solo e o amontoa)

Trator de esteiras, com lâmina	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
Especialistas	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				91%	95%	99%
B						
C	120	150	180	85%	90%	95%
D	116	116	139	94%	96%	96%
E	180	200	220	80%	90%	100%
F						
G	160	180	200	85%	90%	95%
Mediana	140	165	190	85%	90%	96%

b) Etapa: carregamento do caminhão (a carregadeira de pneus coloca o solo nos caminhões)

Carregadeira de pneus - cap. 3,1m³	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				91%	95%	99%
B						
C	70	90	110	85%	90%	95%
D	116	139	152	96%	96%	97%
E	180	200	220	80%	90%	100%
F						
G	160	180	200	70%	80%	90%
Mediana	138	159,5	176	85%	90%	97%

Tabela 152 – Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (especialistas)

a) Etapa: escavação do solo e carregamento do caminhão

Escavadeira hidráulica	Produção Unitária (m³/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				85%	95%	99%
B						
C	110	130	150	85%	90%	95%
D	65	80	100	71%	75%	85%
E	130	150	170	80%	90%	100%
F						
G	130	150	170	75%	85%	95%
Mediana	120	140	160	80%	90%	95%

Tabela 153 – Compactação de aterro - esp. até 30cm (especialistas)

a) Etapa: espalhamento do solo (após a descarga pelos caminhões o trator de esteiras espalha o solo)

Trator de esteiras, com lâmina	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				50%	75%	85%
B						
C	400	800	1200	60%	70%	80%
D		1300*			70%	
E	250	300	350	30%	50%	80%
F						
G	200	250	300	50%	65%	80%
Mediana	250	300	350	50%	68%	80%

b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de solo)

Motoniveladora	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				50%	60%	70%
B						
C	180	280	380	80%	90%	95%
D		1500			80%	
E	1000	1200	1400	85%	90%	95%
F						
G	1000	1200	1400	80%	85%	90%
Mediana	1000	1200	1400	80%	83%	90%

c) Etapa: aeração e/ou homogeneização da camada (se precisar o trator com grade faz a aeração ou a homogeneização do solo)

Trator agrícola com grade de disco	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				55%	60%	65%
B						
C	180	280	380	75%	85%	95%
D	1300	1500	1800	46%	50%	60%
E	1000	1200	1400	80%	90%	100%
F						
G	1000	1200	1400	80%	85%	90%
Mediana	1000	1200	1400	68%	73%	90%

d) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece o solo)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				30%	40%	50%
B						
C	360	560	760	60%	70%	80%
D	1150	1445	1600	36%	45%	49%
E	1200	1500	1800	80%	90%	100%
F						
G	1000	1200	1400	80%	85%	90%
Mediana	1075	1322,5	1500	58%	65%	70%

* Em função da grande divergência entre os demais pesquisadores, este dado foi desconsiderado pelo pesquisador

e) Etapa: compactação da camada

Rolo compactador pé de carneiro	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				80%	85%	90%
B						
C	90	140	190	30%	40%	50%
D	1000	1300	2000	31%	40%	60%
E	400	500	600	60%	80%	100%
F						
G	200	400	600	80%	85%	90%
Mediana	300	450	600	70%	83%	90%

Tabela 154 – Base de solo cimento com mistura na pista - esp. até 20 cm (especialistas)

a) Etapa: espalhamento do solo (após a descarga pelos caminhões o trator de esteiras espalha o solo)

Trator de esteiras, com lâmina	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				20%	30%	40%
B						
C						
D	430	750	865	15%	26%	30%
E	150	250	350	30%	50%	80%
F						
G	200	250	300	50%	65%	80%
Mediana	200	250	350	25%	40%	60%

b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de solo)

Motoniveladora	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				25%	35%	45%
B						
C	180	280	380	85%	90%	95%
D	380	550	600	45%	65%	70%
E				85%	90%	95%
F						
G	350	450	550	50%	70%	90%
Mediana	350	450	550	48%	68%	80%

c) Etapa: distribuição do cimento na camada (obs.: este serviço pode ser feito manualmente e neste caso, deve ser prevista a “abertura de sacaria de cimento”)

Distribuidor de cimento	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				20%	25%	30%
B						
C	240	480	640	50%	75%	95%
D	330	588	700	12%	21%	25%
E				5%	10%	20%
F						
G	400	600	800	15%	20%	25%
Mediana	330	588	700	14%	21%	25%

d) Etapa: aeração e/ou homogeneização da camada (se precisar o trator com grade faz a aeração ou a homogeneização do solo)

Trator agrícola com grade de disco	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				75%	85%	95%
B						
C						
D	650	700	750	76%	80%	86%
E				80%	90%	100%
F						
G	400	600	800	15%	20%	25%
Mediana	525	650	775	76%	83%	91%

e) Etapa: mistura do cimento na camada (a recicladora automaticamente mistura o cimento com o solo)

Recicladora	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				15%	20%	25%
B						
C	240	480	640	40%	60%	80%
D	330	588	700	12%	21%	25%
E				85%	90%	95%
F						
G	400	600	800	15%	20%	25%
Mediana	330	588	700	15%	21%	25%

f) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece o solo)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				10%	15%	20%
B						
C	120	240	320	40%	60%	80%
D	435	655	800	18%	27%	33%
E				80%	90%	100%
F						
G	400	600	800	15%	20%	30%
Mediana	400	600	800	17%	24%	32%

g) Etapa: compactação da camada

Rolo compactador pé de carneiro	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				35%	40%	45%
B						
C	60	120	160	40%	60%	80%
D	470	555	605	54%	64%	70%
E				60%	80%	100%
F						
G	400	600	800	50%	65%	80%
Mediana	400	555	605	52%	65%	75%

h) Etapa: acabamento da camada (após a compactação o rolo compactador de pneus , protege a camada, ou seja, sela a camada)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				10%	15%	20%
B						
C	60	120	160	5%	10%	20%
D	675	856	907	55%	66%	70%
E				20%	50%	70%
F						
G	400	600	800	10%	15%	20%
Mediana	400	600	800	15%	33%	45%

Tabela 155 – Brita graduada simples - BGS com distribuidor de agregados - esp. até 20cm (especialistas)

a) Etapa: espalhamento da BGS (os caminhões abastecem o distribuidor de agregados com BGS e este espalha o material)

Distribuidor de Agregados - Autopropelido	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				55%	65%	75%
B						
C	500	600	800	85%	90%	95%
D						
E	200	400	600	70%	80%	90%
F						
G	300	400	500	70%	80%	90%
Mediana	300	400	600	70%	80%	90%

b) Etapa: nivelamento da camada (a motoniveladora nivela a camada de BGS)

Motoniveladora	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				55%	65%	75%
B						
C	180	280	380	80%	90%	95%
D						
E	200	300	400	70%	80%	90%
F						
G	300	400	500	55%	65%	75%
Mediana	200	300	400	63%	73%	83%

c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m²/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				30%	40%	50%
B						
C	360	560	760	80%	90%	95%
D						
E	1200	1500	1700	30%	50%	70%
F						
G	600	800	1000	40%	50%	60%
Mediana	600	800	1000	35%	50%	65%

d) Etapa: Compactação da camada

d1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada).

Rolo compactador tipo tandem						
Discriminação	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				80%	85%	95%
B						
C	360	560	760	80%	90%	95%
D	400	500	550	40%	50%	55%
E	500	800	1000	80%	90%	100%
F						
G	300	400	500	40%	45%	50%
Mediana	380	530	655	80%	85%	95%

d2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				80%	85%	95%
B						
C	360	560	760	80%	90%	95%
D	380	480	530	40%	50%	55%
E	800	1000	1200	80%	90%	100%
F						
G	300	400	500	80%	85%	90%
Mediana	370	520	645	80%	85%	95%

e) Etapa: apoio

5) Etapa: apuração			
Servente	Produção Unitária (m²/Hserv)		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A			
B			
C	45	70	90
D	40	50	73
E	200	400	600
F			
G	300	400	500
Mediana	122,5	235	295

Tabela 156 – Brita graduada simples - BGS com vibroacabadora - esp. até 20cm (especialistas)

a) Etapa: espalhamento e nivelamento da BGS (os caminhões abastecem a vibroacabadora com BGS e esta espalha o material e nivela a camada)

Vibroacabadora de Asfalto	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				40%	55%	75%
B						
C	120	160	200	70%	80%	90%
D						
E	50	70	90	80%	90%	100%
F						
G	200	250	300	70%	75%	80%
Mediana	120	160	200	70%	78%	85%

b) Etapa: compactação da camada

b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)

Rolo compactador tipo tandem	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				40%	55%	75%
B						
C	120	160	200	35%	40%	45%
D						
E	500	800	1000	60%	70%	80%
F						
G	200	250	300	35%	40%	45%
Mediana	200	250	300	38%	48%	60%

b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				40%	55%	75%
B						
C	60	80	100	20%	20%	25%
D						
E	800	1000	1200	70%	80%	90%
F						
G	200	250	300	70%	80%	90%
Mediana	200	250	300	55%	68%	83%

c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				10%	20%	30%
B						
C	240	320	400	10%	20%	30%
D						
E	1200	1500	1700	10%	20%	30%
F						
G	1000	1300	1500	10%	20%	30%
Mediana	1000	1300	1500	10%	20%	30%

d) Etapa: apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação			
A			
B			
C	45	70	90
D			
E	50	70	90
F			
G	50	70	90
Mediana	50	70	90

Tabela 157 – Brita graduada tratada com cimento - BGTC - esp. até 20cm (especialistas)

a) Etapa: espalhamento e nivelamento da BGTC (os caminhões abastecem a vibroacabadora com BGTC e esta espalha o material e nivela a camada)

Vibroacabadora de Asfalto	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				40%	55%	75%
B						
C	120	160	200	70%	80%	90%
D						
E	50	70	90	80%	90%	100%
F						
G	200	250	300	70%	75%	80%
Mediana	120	160	200	70%	78%	85%

b) Etapa: compactação da camada

b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)

Rolo compactador tipo tandem	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				40%	55%	75%
B						
C	120	160	200	35%	40%	45%
D						
E	500	800	1000	60%	70%	80%
F						
G	200	250	300	35%	40%	45%
Mediana	200	250	300	38%	48%	60%

b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				40%	55%	75%
B						
C	60	80	100	20%	20%	25%
D						
E	800	1000	1200	70%	80%	90%
F						
G	200	250	300	70%	80%	90%
Mediana	200	250	300	55%	68%	83%

c) Etapa: umidificação da camada (se precisar o caminhão tanque umedece a camada)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				10%	20%	25%
B						
C	240	320	400	10%	20%	30%
D						
E	1200	1500	1700	10%	20%	30%
F						
G	1000	1300	1500	10%	20%	30%
Mediana	1000	1300	1500	10%	20%	30%

d) Etapa: apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A			
B			
C	45	70	90
D			
E	50	70	90
F			
G	50	70	90
Mediana	50	70	90

Tabela 158 – Concreto betuminoso usinado a quente - capa ou binder - esp. até 5cm (especialistas)

a) Etapa: espalhamento e nivelamento do revestimento asfáltico (os caminhões abastecem a vibroacabadora e esta espalha o material e nivela a camada)

Vibroacabadora de Asfalto	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				70%	95%	100%
B						
C	400	600	800	70%	80%	90%
D	290	350	380	42%	50%	56%
E	500	700	900	80%	90%	100%
F						
G	400	600	800	70%	75%	80%
Mediana	400	600	800	70%	80%	90%

b) Etapa: Compactação da camada

b1) Pré-compactação e acabamento (o rolo compactador tipo tandem inicia a compactação fazendo a acomodação inicial do material. Após a compactação propriamente dita, pelo compactador de pneus, o tandem retorna e dá o acabamento da camada)

Rolo compactador tipo tandem						
Discriminação	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				70%	95%	100%
B						
C	400	600	800	70%	80%	90%
D	400	700	840	14%	25%	29%
E	500	700	900	80%	90%	100%
F						
G	400	600	800	35%	40%	45%
Mediana	400	650	820	70%	80%	90%

b2) Compactação da camada (após a pré-compactação, executada pelo compactador tipo tandem, o rolo compactador de pneus faz a compactação propriamente dita)

Rolo compactador de pneus	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento		
Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A				70%	95%	100%
B						
C	200	300	400	70%	80%	90%
D	530	640	730	16%	27%	31%
E	400	500	700	75%	85%	95%
F						
G	400	600	800	70%	80%	90%
Mediana	400	550	715	70%	80%	90%

c) Etapa: apoio

c1) Fornecimento de óleo (um caminhão tanque fica à disposição para fornecer óleo para a frente de serviço)

Caminhão para abastecimento	Produção Unitária (m2/Hserv)			Hfuncionamento			
	Discriminação	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
A					10%	15%	20%
B							
C							
D							
E							
F							
G							
Mediana					10%	15%	20%

c2) Limpeza (antes dos rolos compactadores entrarem na pista a ser pavimentada, eles são lavados ou limpados)

Trator agrícola com compressor	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				10%	15%	20%
B						
C						
D	3000	3000	3040	10%	10%	10%
E						
F						
G						
Mediana	3000	3000	3040	10%	13%	15%

c3) Fornecimento de água para os compactadores lisos (um caminhão tanque fica à disposição para fornecer água para os compactadores lisos)

Caminhão tanque	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				10%	15%	20%
B						
C						
D						
E	400	500	700	10%	20%	30%
F						
G	400	500	600	10%	15%	20%
Mediana	400	500	650	10%	15%	20%

c4) Apoio

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação			
A			
B			
C	90	140	180
D	39	32	65
E	150	210	270
F			
G	100	200	300
Mediana	95	170	225

Tabela 159 – Imprimação (especialistas)

a) Etapa: limpeza (antes da execução da imprimação uma limpeza da pista é realizada)

Trator agrícola com vassoura mecânica	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				30%	40%	50%
B						
C	1800	2200	2800	60%	70%	80%
D	2700	3000	3500	15%	20%	25%
E	1400	1600	1800	70%	80%	90%
F						
G	1000	1200	1400	15%	20%	25%
Mediana	1600	1900	2300	30%	40%	50%

b) Etapa: lançamento de cobertura

Caminhão espargidor	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				50%	60%	70%
B						
C	300	450	450	7%	10%	10%
D	950	1200	1300	81%	90%	96%
E	300	400	700	40%	50%	60%
F						
G	300	400	500	10%	15%	20%
Mediana	300	425	600	40%	50%	60%

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação			
A			
B			
C	150	250	350
D	158	200	220
E	300	400	700
F			
G	300	400	500
Mediana	229	325	425

Tabela 160 – Pintura de ligação (especialistas)

a) Etapa: limpeza (antes da pintura de ligação uma limpeza da pista é realizada)

Trator agrícola com vassoura mecânica	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				30%	40%	50%
B						
C	1800	2200	2800	60%	70%	80%
D	1950	2800	3000	41%	60%	64%
E	1400	1600	1800	70%	80%	90%
F						
G	1000	1200	1400	15%	20%	25%
Mediana	1600	1900	2300	45%	60%	64%

b) Etapa: lançamento de cobertura

Caminhão espargidor	Produção Unitária (m ² /Hserv)			Hfuncionamento		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação						
A				50%	60%	70%
B						
C	300	450	450	7%	10%	10%
D	2800	3250	3500	80%	90%	94%
E	300	400	700	40%	50%	60%
F						
G	300	400	500	10%	15%	20%
Mediana	300	425	600	40%	50%	60%

Servente	Produção Unitária (m ² /Hserv)		
	1º Quartil	Mediana	3º Quartil
Discriminação			
A			
B			
C	150	250	350
D	300	350	365
E	300	400	700
F			
G	300	400	500
Mediana	300	375	432,5

Tabela 161 – Síntese dos fatores e das anormalidades: escavação e carga de material de 1ª categoria

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	8	10	9	8	9	9	10	9
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	6	6	5	6	6	8	7	6
Solo com maior dificuldade de penetração	Solo facilmente penetrável	8	8	6	8	6	5	5	6
Escavação no nível do terreno	Escavação em barranco (diminui o tempo de ciclo entre a escavação, carga e a manobra, aumentando a eficiência)	8	8	7	5	7	5	6	7
Terreno muito acidentado	Terreno pouco acidentado	7	7	5	5	10	8	8	7
Equipamento de escavação menos compatível com as características do terreno	Equipamento de escavação compatível com as características do terreno	9	9	8	6	9	8	8	8
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	8	10	6	8	9	7	7	8
Problemas com abastecimento de combustível (falta combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	9	9	5	8	10	6	5	8
Alto índice de ausência do operador (tem muitas faltas)	Baixo índice de ausência do operador (tem poucas faltas)	8	7	6	8	7	6	5	7
Operador menos treinado	Operador treinado	7	8	8	10	7	5	5	7
Comete erros grosseiros em relação ao projetado (retrabalho)	Serviço executado de acordo com o projeto (evita erros grosseiros que poderiam aumentar o volume da escavação)	8	9	5	8	5	8	9	8
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	7	6	0	10	7	8	8	7
Má continuidade e sequência de operações entre cada atividade	Boa continuidade e sequência de operações entre cada atividade	8	6	8	8	6	7	8	8
Menos frentes sendo atendidas (de aterro ou DME)	Mais frentes sendo atendidas (de aterro ou DME)	5	5	8	4	5	8	9	5
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente de serviço	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente de serviço	5	8	8	10	8	7	7	8
DMT maior (distância entre o corte e o aterro atendido)	DMT menor (distância entre o corte e o aterro atendido)	5	10	0	2	5	8	8	5

Tabela 162 – Síntese dos fatores e das anormalidades: compactação de aterro

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
CONDIÇÕES GERAIS									
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	8	10	9	10	10	9	10	10
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	6	10	7	8	5	9	9	8
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	7	10	7	6	9	8	8	8
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	7	9	4	6	4	6	5	6
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	7	7	7	6	4	6	5	6
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	8	9	6	6	7	7	7	7
Operador menos treinado	Operador treinado	7	8	6	8	7	6	6	7
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	7	6	0	8	7	8	8	7
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	8	7	7	6	7	8	9	7
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	5	6	7	8	6	7	8	7
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	5	6	7	6	5	7	8	6
Tarefas preliminares a executar (ex. drenos)	Tarefas preliminares prontas (ex. drenos)	5	10	0	10	5	8	9	8
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS									
Espalhamento do solo e nivelamento da camada									
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	8	9	9	8	9	7	6	8
DMT maior (demora no trajeto corte/aterro)	DMT menor (rapidez no trajeto corte/aterro)	7	9	0	8	6	8	8	8
Aeração, homogeneização e umidificação da camada									
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	8	9	9	8	8	8	8	8
Solo menos homogêneo	Solo mais homogêneo	8	9	7	8	4	7	7	7
Compactação da camada									
Camadas mais espessas (>20cm e <30cm)	Camadas menos espessas (<20cm)	9	6	7	6	10	6	5	6
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	7	7	6	6	10	6	5	6
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	6	10	7	8	10	6	7	7

Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	8	9	8	8	8	7	7	8
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	6	7	8	6	8	5	6	6

Tabela 163 – Síntese dos fatores e das anormalidades: base de solo cimento com mistura na pista

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
CONDIÇÕES GERAIS									
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	8	10	9	10	10	9	10	10
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	6	10	8	8	6	9	9	8
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	7	10	8	8	9	8	8	8
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	6	9	5	6	4	7	5	6
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	6	7	6	6	4	6	5	6
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	8	9	7	6	7	7	7	7
Operador menos treinado	Operador treinado	7	7	8	8	9	6	6	7
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	6	6	0	8	7	8	6	6
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	8	10	7	6	7	7	8	7
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	7	6	7	6	6	7	8	7
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	6	5	7	6	5	7	7	6
Tarefas preliminares a executar (ex. drenos)	Tarefas preliminares prontas (ex. drenos)	6	?	0	10	5	7	8	6,5
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS									
Espalhamento do solo e nivelamento da camada									
Quantidade e capacidade de caminhões (ou mão de obra para serviço manual) menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões (ou mão de obra para serviço manual) compatível com a frente a ser abastecida	6	10	9	8	9	7	7	8
DMT maior (demora no trajeto corte/aterro)	DMT menor (rapidez no trajeto corte/aterro)	5	10	0	8	6	8	8	8
Aeração, homogeneização e umidificação da camada									
Umidade do solo maior do que a projetada	Umidade do solo compatível com a projetada	8	9	8	8	8	7	7	8
Solo menos homogêneo	Solo mais homogêneo	8	10	7	8	4	6	5	7
Compactação da camada									
Camadas mais espessas (>20cm e <30cm)	Camadas menos espessas (<20cm)	8	7	6	6	10	7	5	7
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	5	6	6	6	10	5	4	6
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	5	8	6	8	10	7	8	8

Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	8	10	7	8	8	6	7	8
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	6	7	8	6	8	6	7	7

Tabela 164 – Síntese dos fatores e das anormalidades: brita graduada simples – BGS

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
CONDIÇÕES GERAIS									
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	9	6	8	8	10	9	10	9
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	8	10	7	8	6	8	8	8
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	8	10	7	6	9	8	7	8
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	7	9	5	6	4	6	5	6
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	7	10	7	4	6	7	6	7
Baixa capacidade efetiva da usina	Alta capacidade efetiva da usina	8	10	8	8	8	8	8	8
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	8	?	0	8	5	5	5	5
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	7	7	5	6	4	6	5	6
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	8	9	8	6	7	6	5	7
Operador menos treinado	Operador treinado	5	7	8	8	9	7	7	7
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	6	6	0	8	7	8	6	6
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	6	9	7	6	7	7	8	7
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	5	5	7	6	6	7	7	6
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	5	5	7	4	5	7	7	5
Tarefas preliminares a executar (ex. travessias)	Tarefas preliminares prontas (ex. travessias)	6	8	0	10	5	7	8	7
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS									
Espalhamento da BGS e nivelamento da camada									
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	6	10	8	8	9	8	7	8
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	6	10	3	6	6	8	8	6
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	6	7	8	8	5	8	8	8
Umidificação da camada									
Umidade dos agregados maior do que a projetada	Umidade dos agregados compatível com a projetada	5	6	8	8	8	7	7	7

Compactação da camada									
Camadas mais espessas (>10cm e <20cm)	Camadas menos espessas (<10cm)	8	6	7	6	10	9	8	8
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	6	6	3	6	10	8	7	6
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	6	9	5	4	10	7	8	7
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	8	9	2	4	6	7	8	7
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	5	7	7	4	8	6	7	7
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	7	9	3	4	9	6	5	6

Tabela 165 – Síntese dos fatores e das anormalidades: brita graduada tratada com cimento – BGTC

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
CONDIÇÕES GERAIS									
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	8	10	8		10	9	10	10
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	8	10	7		6	8	8	8
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	7	10	7		9	8	7	8
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	7	9	5		4	6	5	6
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	7	10	7		6	7	6	7
Baixa capacidade efetiva da usina	Alta capacidade efetiva da usina	8	10	8		8	8	8	8
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	8	9	4		5	5	6	6
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	7	7	7		4	6	5	7
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	8	9	8		7	6	5	8
Operador menos treinado	Operador treinado	6	7	8		9	7	7	7
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	6	6	3		7	8	6	6
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	7	9	7		7	7	8	7
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	6	5	7		6	7	7	7
Frentes de trabalho mais distantes	Frentes de trabalho mais próximas	5	5	7		5	7	7	6
Tarefas preliminares a executar (ex. travessias)	Tarefas preliminares prontas (ex. travessias)	5	6	2		5	7	8	6
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS									
Espalhamento da BGTC e nivelamento da camada									
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	6	10	8		9	8	7	8
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	6	10	3		6	8	8	7
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	6	7	8		5	8	8	8
Umidificação da camada									
Umidade dos agregados maior do que a projetada	Umidade dos agregados compatível com a projetada	7	10	7		8	7	7	7

Compactação da camada									
Camadas mais espessas (>10cm e <20cm)	Camadas menos espessas (<10cm)	8	6	7		10	6	8	8
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	6	6	5		10	5	7	6
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	6	8	6		10	7	8	8
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	6	8	5		6	7	8	7
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	6	7	8		8	6	7	7
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	8	9	7		9	6	5	8

Tabela 166 – Síntese dos fatores e das anormalidades: CBUQ

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
CONDIÇÕES GERAIS									
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	9	10	8	6	10	10	10	10
Baixa capacidade efetiva da usina (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva da usina (maior quantidade de horas em funcionamento)	8	10	8	10	10	8	8	8
Baixa qualidade da massa produzida na usina	Alta qualidade da massa produzida na usina	8	10	3	4	10	7	7	7
Há dificuldade em se manter a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	7	10	3	6	10	6	6	6
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	8	9	6	6	7	8	8	8
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	8	10	7	6	7	8	8	8
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	7	9	5	6	4	6	5	6
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	8	10	7	4	5	7	7	7
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	8	7	6	6	4	7	5	6
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	8	9	8	6	7	7	7	7
Operador menos treinado	Operador treinado	8	7	8	8	9	6	6	8
Mais tempo para executar a atividade (prazos extensos)	Pouco tempo para executar a atividade (prazos enxutos)	8	6	2	6	7	7	5	6
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	8	9	7	6	9	8	8	8
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	7	5	7	4	6	7	8	7
Frentes mais distantes	Frentes mais próximas	7	9	7	6	5	8	8	7
Tarefas preliminares a executar (ex. pintura de ligação)	Tarefas preliminares prontas (ex. pintura de ligação)	7	10	3	10	5	6	7	7
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS									
Espalhamento e nivelamento do revestimento asfáltico									
Quantidade e capacidade de caminhões menos compatível com a frente a ser abastecida	Quantidade e capacidade de caminhões compatível com a frente a ser abastecida	7	10	8	8	10	8	8	8
DMT maior (demora no trajeto usina/frente)	DMT menor (rapidez no trajeto usina/frente)	7	10	3	8	8	8	8	8
Equipe de apoio em treinamento	Equipe de apoio treinada	8	5	7	8	8	8	8	8

Compactação da camada									
Camadas mais espessas (>2,5cm e <5cm)	Camadas menos espessas (<2,5cm)	7	6	7	8	10	8	8	8
Maior a deformabilidade da camada inferior	Menor deformabilidade da camada inferior	6	5	4	4	6	6	5	5
Maior quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	Menor quantidade de passadas dos compactadores (número de fechas para atingir o GC)	6	6	4	4	10	8	8	6
Equipe de equipamentos menos compatível (equipamentos diferentes, pesos diferentes, quantidade incompatível com o GC)	Equipe de equipamentos compatível (equipamentos semelhantes, pesos parecidos, quantidade compatível com o GC)	8	8	7	6	10	8	8	8
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	7	7	8	4	10	6	7	7
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	7	7	7	4	10	6	5	7

Tabela 167 – Síntese dos fatores e das anormalidades: imprimação

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	8	10	7	8	10	10	10	10
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	8	10	8	6	5	7	7	7
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	8	10	8	6	4	8	7	8
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	7	9	5	6	4	7	5	6
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	8	10	9	8	5	7	7	8
Há dificuldade em se manter a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	7		7	8	0	4	0	6
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	8	7	7	6	4	5	3	6
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	9	7	8	6	4	5	3	6
Operador menos treinado	Operador treinado	8	7	8	8	5	5	3	7
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	7	7	6	4	4	5	5	5
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	7	6	8	4	4	7	7	7
Velocidade de aplicação menos compatível com a camada	Velocidade de aplicação compatível com a camada	5	8	0	2	5	0	0	2
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	5	5	5	4	4	5	5	5
Tarefas preliminares a executar (ex. base a ser revestida)	Tarefas preliminares prontas (ex. base a ser revestida)	6	10	7	10	4	6	6	6

Tabela 168 – Síntese dos fatores e das anormalidades: pintura de ligação

Aproxima do 1º Quartil	Aproxima do 3º Quartil	A	B	C	D	E	F	G	MEDIANA
Condições climáticas instáveis	Condições climáticas estáveis	8	10	8		10	8	10	9
Baixa capacidade efetiva do equipamento (menor quantidade de horas em funcionamento)	Alta capacidade efetiva do equipamento (maior quantidade de horas em funcionamento)	8	10	7		5	7	7	7
Equipamento com alta manutenção durante a operação	Equipamento com baixa manutenção durante a operação	8	10	7		4	6	7	7
Problemas com abastecimento de combustível (equipamento sem combustível)	Equipamento abastecido (combustível)	7	9	5		4	6	5	6
Equipamentos em más condições e descalibrados	Equipamentos em boas condições e calibrados	8	10	7		5	6	7	7
Há dificuldade em se manter a temperatura da mistura asfáltica conforme parâmetros de projeto	Mantém a temperatura da solução conforme parâmetros de projeto	7	?	3		8	0	8	7
Alto índice de ausência do operador (faltas)	Baixo índice de ausência do operador (faltas)	8	6	7		4	4	3	5
Prevalece a improvisação	Planeja antecipadamente as atividades	9	7	7		4	5	3	6
Operador menos treinado	Operador treinado	8	7	7		5	5	3	6
Equipe de laboratório menos treinada	Equipe de laboratório treinada	7	7	7		4	5	5	6
Má continuidade e sequência de operações	Boa continuidade e sequência de operações	7	6	7		4	6	7	7
Velocidade de rolagem menos compatível com a camada	Velocidade de rolagem compatível com a camada	5	5	3		5	0	5	5
Menos frentes sendo atendidas	Mais frentes sendo atendidas	5	5	6		4	6	5	5
Tarefas preliminares a executar (ex. base a ser revestida)	Tarefas preliminares prontas (ex. base a ser revestida)	5	10	7		4	6	6	6