



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

ALEXANDRE CORTEZ FILHO

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CICLO DE CAMINHÕES,
DIMENSIONAMENTO DE FROTA, LEVANTAMENTO DAS
VIAS DE ACESSO E OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS
ATIVIDADES DE TRANSPORTE E CARREGAMENTO DE
LAVRA NA MINA PEDRINHAS**

ALEXANDRE CORTEZ FILHO

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CICLO DE CAMINHÕES,
DIMENSIONAMENTO DE FROTA, LEVANTAMENTO DAS
VIAS DE ACESSO E OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS
ATIVIDADES DE TRANSPORTE E CARREGAMENTO DE
LAVRA NA MINA PEDRINHAS**

-PROJETO DE GRADUAÇÃO-

Trabalho apresentado para avaliação da disciplina Projeto de Graduação, do Curso de Engenharia de Minas, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, sob orientação do Prof. Msc. Robson Ribeiro Lima.

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C828a Cortez Filho, Alexandre.

Análise estatística de ciclo de caminhões, dimensionamento de frota, levantamento das vias de acesso e otimização operacional das atividades de transporte e carregamento de lavra na mina Pedrinhas / Alexandre Cortez Filho. - Recife: O Autor, 2015.
137 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Msc. Robson Ribeiro Lima.
Projeto (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia de Minas, 2015.
Inclui Referências.

1. Engenharia de Minas. 2. Levantamento estatístico. 3. Ciclo de caminhões. 4. Tempos de ciclo. 5. Vias de acesso. 6. Otimização operacional. I. Lima, Robson Ribeiro. (Orientador). II. Título.

UFPE

623.26 CDD (22. ed.)

BCTG/2015-101



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

ALEXANDRE CORTEZ FILHO

Projeto de Graduação

Projeto de graduação aprovado, apresentado na Universidade Federal de Pernambuco, no Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas, com nota final igual a _____, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores.

Comissão Examinadora

Prof. Msc. Robson Ribeiro Lima (DEMINAS – UFPE)

Prof. Dr. Marcio Luiz Siqueira Campos Barros (DEMINAS – UFPE)

Prof. Msc. Artur Ângelo Alcântara de Assis (DEMINAS – UFPE)

Recife, _____ de _____ de 2015.

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar ao Senhor Jesus, aos meus pais Alexandre Cortez e Maria das Graças de O. Cortez, aos meus irmãos Arthur e Igor, à minha namorada Rebeca e aos demais familiares que me ajudaram até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus primeiramente pela oportunidade única de estagiar em uma empresa tão respeitada e conceituada como a Ferbasa, sem Ele não teria chegado até aqui.

Aos meus pais Alexandre Cortez e Maria das Graças de O. Cortez, minha namorada Rebeca e meus irmãos Arthur e Igor pelo apoio incondicional, os quais amo muito.

Agradeço em especial ao professor e amigo Robson Lima por todo o apoio.

Aos Srs. Ronaldo Sobrinho e Wanderley Lins de Oliveira, respectivamente conselheiro e diretor da Ferbasa.

Ao amigo e colega de profissão Paulo André Andrade por todo o apoio.

E por fim aos grandes amigos que fiz na empresa, como: meu orientador e eng. Gildácio Araújo por todo o apoio, ao eng. Jefferson Antônio, ao eng. Saulo, aos técnicos em mineração Nelson Neiwton, Alécio da Silva Batista e Marcel Cruz Silva, ao técnico em TI Jackson Ramos e a muitos outros, os quais também estiveram sempre presentes e foram fundamentais em meu aprendizado.

“Voltei-me, e vi debaixo do sol que não é dos ligeiros a carreira, nem dos fortes a batalha, nem tampouco dos sábios o pão, nem tampouco dos prudentes as riquezas, nem tampouco dos entendidos o favor, mas que o tempo e a oportunidade ocorrem a todos.”

Eclesiastes 9:11

RESUMO

O projeto trata de uma análise de ciclo de caminhões realizada na mina Pedrinhas, onde, foram calculados os tempos individuais de cada caminhão em seu determinado ciclo e o tempo de ciclo geral da frota em seguida. Os resultados encontrados passaram por uma análise através das cartas de controle, proporcionando a partir daí, resultados e conclusões.

Em segundo plano, o projeto também analisa as vias de acesso e através de uma otimização operacional, lista alguns pontos das atividades de carregamento e transporte buscando otimizá-los.

PALAVRAS-CHAVE: Levantamento estatístico. Ciclo de caminhões. Tempos de ciclo. Vias de acesso. Otimização operacional.

ABSTRACT

The project is a truck cycle analysis carried out in rhinestones mine, where individual times of each truck in your particular cycle and the overall cycle time of the fleet were then calculated. The results went through an analysis through control charts, providing thereafter, results and conclusions.

In the background, the projects also analyze the access roads and through operational optimization, list some points of loading and transportation activities seeking to optimize them.

KEYWORDS: Statistical returns. Cycle of trucks. Cycle time. Access roads. Operational optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista Leste-Oeste da cava.....	25
Figura 2: Principais percursos dos veículos de transporte.....	25
Figura 3: Caminhão Scania P-420.....	26
Figura 4: Caminhão Scania G-440.....	26
Figura 5: Caminhão RK-425.....	26
Figura 6: Estrangulamento no acesso do Bueiro.....	123
Figura 7: Rampa de acesso com extensão de 600m até o DCE-W.....	123
Figura 8: Imagem de satélite do trajeto do Bueiro até o DCE-W.....	124
Figura 9: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%.....	124
Figura 10: Estrangulamento da via de acesso no percurso até Pedrinhas.....	125
Figura 11: Imagem de satélite do trajeto do Bueiro até Pedrinhas.....	126
Figura 12: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%.....	126
Figura 13: Imagem de satélite do trajeto do Bueiro até o Pátio de Catação.....	127
Figura 14: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%.....	127
Figura 15: Rampa apresentando estrangulamento.....	128
Figura 16: Via com presença de estrangulamento e mão inglesa.....	129
Figura 17: Imagem de satélite do trajeto da Segunda Camada até Pedrinhas.....	130
Figura 18: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%.....	130
Figura 19: Imagem de satélite do trajeto da Segunda Camada até o Pátio de Catação.....	131
Figura 20: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%.....	131
Figura 21: Pilha de tamanho ideal com altura acima de 1,5 m.....	132
Figura 22: Diferença na distribuição de carga.....	133

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	48
Gráfico 2: Carta de controle para o ciclo: Bueiro-DCE-W-Bueiro.....	50
Gráfico 3: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	69
Gráfico 4: Carta de controle para o ciclo: Bueiro-DCE-W-Bueiro.....	71
Gráfico 5: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (Bueiro-P. de Catação-Bueiro).....	90
Gráfico 6: Carta de controle dos caminhões no trajeto do Bueiro até Pátio de Catação.....	92
Gráfico 7: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (S. Camada-Pedrinhas-S. Camada).....	103
Gráfico 8: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (S. Camada-P. de Catação-S. Camada)....	114
Gráfico 9: Carta de controle dos caminhões no trajeto do Bueiro até o Pátio de Catação.....	116
Gráfico 10: Carta de controle do levantamento realizado em 2008	117
Gráfico 11: Carta de controle do levantamento atual.....	117
Gráfico 12: Produtividade do setor de transporte no mês de outubro.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-01 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	27
Tabela 2: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-01(Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	28
Tabela 3: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-02(Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	29
Tabela 4: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-02 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	30
Tabela 5: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	31
Tabela 6: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	32
Tabela 7: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-04 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	33
Tabela 8: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-04 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	34
Tabela 9: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	35
Tabela 10: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	36
Tabela 11: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	37
Tabela 12: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	38
Tabela 13: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	39
Tabela 14: Tabela de Frequência para o Caminhão Teste Amazonas (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	40
Tabela 15: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RK CA-101 (Bueiro-DCE-W-Bueiro)..	41
Tabela 16: Tabela de Frequência para o Caminhão RK CA-101 (Bueiro-DCE-W-Bueiro)....	42
Tabela 17: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RD-08 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	43
Tabela 18: Tabela de Frequência para o Caminhão RD-08 (Bueiro-DCE-W-Bueiro).....	44
Tabela 19: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; Bueiro-DCE-W-Bueiro.....	45
Tabela 20: Tabela de Frequência para o ciclo Bueiro-DCE-W-Bueiro.....	46
Tabela 21: Números aleatórios de tempos para todos os caminhões no ciclo Bueiro-DCE-W-Bueiro.....	49
Tabela 22: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-01 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	51
Tabela 23: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-01 (Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	52
Tabela 24: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-02 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	53
Tabela 25: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-02 (Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	54
Tabela 26: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	55
Tabela 27: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03 (Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	56
Tabela 28: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-04 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	57

Tabela 29: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-04 (Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	58
Tabela 30: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	59
Tabela 31: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05(Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	60
Tabela 32: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	61
Tabela 33: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06(Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	62
Tabela 34: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro)..	63
Tabela 35: Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas (Bueiro-Pedrinhas -Bueiro)..	64
Tabela 36: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RD-08 (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro).....	65
Tabela 37: Tabela de Frequência para o Caminhão RD-08 (Bueiro-Pedrinhas -Bueiro).....	66
Tabela 38: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; Bueiro-Pedrinhas-Bueiro.....	67
Tabela 39: Tabela de Frequência para o ciclo Bueiro-Pedrinhas-Bueiro.....	68
Tabela 40: Números aleatórios de tempos para todos os caminhões no ciclo Bueiro-Pedrinhas-Bueiro.....	70
Tabela 41: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-01 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)..	72
Tabela 42: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-01 (Bueiro-P. de Catação -Bueiro)....	73
Tabela 43: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)..	74
Tabela 44: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03 (Bueiro-P. de Catação -Bueiro)....	75
Tabela 45: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-04 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)..	76
Tabela 46: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-04 (Bueiro-P. de Catação -Bueiro)....	77
Tabela 47: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)..	78
Tabela 48: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05 (Bueiro-P. de Catação -Bueiro)....	79
Tabela 49: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)..	80
Tabela 50: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06 (Bueiro-P. de Catação -Bueiro)....	81
Tabela 51: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas (Bueiro-P. de Catação-Bueiro).....	82
Tabela 52: Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas (Bueiro-P. de Catação -Bueiro).....	83
Tabela 53: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RD-08 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)..	84
Tabela 54: Tabela de Frequência para o Caminhão RD-08 (Bueiro-P. de Catação -Bueiro)..	85
Tabela 55: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão CA-101 (Bueiro-P. de Catação-Bueiro).....	86
Tabela 56: Tabela de Frequência para o Caminhão CA-101 (Bueiro-P. de Catação Bueiro).....	87
Tabela 57: Tabela geral do tempo de ciclo dos Caminhões; Bueiro-P. de Catação-Bueiro.....	88

Tabela 58: Tabela de Frequência para o ciclo Bueiro- P. de Catação -Bueiro.....	89
Tabela 59: Números aleatórios de tempos para todos os caminhões no ciclo Bueiro-P. de Catação-Bueiro.....	91
Tabela 60: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03 (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	93
Tabela 61: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03 (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	94
Tabela 62: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05 (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	95
Tabela 63: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05 (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	96
Tabela 64: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06 (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada)).....	97
Tabela 65: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06 (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	98
Tabela 66: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	99
Tabela 67: Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas (Segunda Camada-Pedrinhas Segunda Camada).....	100
Tabela 68: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; S. Camada-Pedrinhas-S. Camada.....	101
Tabela 69: Tabela de Frequência para o ciclo S. Camada-Pedrinhas-S. Camada	102
Tabela 70: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03 (Segunda Camada-P. de Catação Segunda Camada).....	104
Tabela 71: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03 (Segunda Camada-P. de Catação- Segunda Camada).....	105
Tabela 72: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05 (Segunda Camada-P. de Catação Segunda Camada).....	106
Tabela 73: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05 (Segunda Camada-P. de Catação- Segunda Camada).....	107
Tabela 74: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06 (Segunda Camada-P. de Catação Segunda Camada).....	108
Tabela 75: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06 (Segunda Camada-P. de Catação- Segunda Camada).....	109

Tabela 76: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas (Segunda Camada-P. de Catação Segunda Camada).....	110
Tabela 77: Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas (Segunda Camada-P. de Catação- Segunda Camada).....	111
Tabela 78: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; S. Camada-P. de Catação-S. Camada.....	112
Tabela 79: Tabela de Frequência para o ciclo S. Camada-P. de Catação-S. Camada.....	113
Tabela 80: Números aleatórios de tempo para todos os caminhões no ciclo S. Camada-P. de Catação-S. Camada	115
Tabela 81: Indicadores do Levantamento dos Caminhões da Frota.....	119
Tabela 82: Indicadores do Levantamento dos Caminhões Scania.....	119
Tabela 83: Aspectos Gerais do Percorso do Bueiro até o DCE-W.....	124
Tabela 84: Aspectos Gerais do Percorso do Bueiro até Pedrinhas.....	125
Tabela 85: Aspectos Gerais do Percorso do Bueiro até o P. de Catação.....	127
Tabela 86: Aspectos Gerais do Percorso da Segunda Camada até o Pedrinhas.....	129
Tabela 87: Aspectos Gerais do Percorso da Segunda Camada até o P. de Catação.....	131
Tabela 88: Pesagem de Caminhões.....	133

SUMÁRIO

1	INTROUÇÃO	16
2	JUSTIFICATIVAS	17
3	OBJETIVOS	18
4	METODOLOGIA	19
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1	Levantamento Estatístico	27
6.2	Comparação Entre uma Carta de Controle Atual com uma Carta de Controle do Último Levantamento Realizado em 2008	117
6.3	Indicadores do Levantamento	119
6.4	Levantamento das Vias de Acesso	122
6.4.1	Características Dos Trajetos Com Origem Na Região do Bueiro.....	122
6.4.1.1	Trajetos com origem no Bueiro e Destino DCE-W.....	123
6.4.1.2	Trajetos com origem no Bueiro e Destino Pedrinhas.....	125
6.4.1.3	Trajetos com origem no Bueiro e Destino Pátio de Catação.....	126
6.4.2	Características Dos Trajetos Com Origem Na Região da Segunda Camada.....	128
6.4.2.1	Trajetos com origem na Segunda Camada e destino Pedrinhas.....	129
6.4.2.2	Trajetos com origem na Segunda Camada e destino Pátio de Catação.....	130
6.5	Otimização Operacional	132
6.5.1	Principais Dificuldades Encontradas Nas Operações de Carregamento e Transporte.....	132
6.5.2	Possíveis Soluções.....	134
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	135
	REFERÊNCIAS	136

1 INTRODUÇÃO

O projeto apresenta um estudo na área de transporte de lavra que analisa a atividade de ciclo de caminhões.

O levantamento de dados ocorreu entre os dias 22-09 e 21-11 do ano de 2014, havendo a principio, a coleta das informações em campo, sendo posteriormente, tratadas e analisadas estatisticamente pelo método *t* de Student.

O estudo estatístico foi realizado em três etapas, foram elas: (1) **tabelas de frequência**, (2) **estudo de tempos e movimentos** e (3) **controle estatístico de processos (CEP)**. Através dessa análise foram observadas as características do setor de transporte, mostrando assim o desempenho dos veículos em cada ciclo realizado e possibilitando conclusões e recomendações fundamentais para a atividade. Em seguida, houve o confronto dos resultados com os dados da empresa para averiguar a precisão do estudo.

O projeto também apresenta um levantamento das vias de acesso mostrando as principais características delas e, avalia pontos das atividades de carregamento e transporte buscando otimizá-los.

2 JUSTIFICATIVAS

Poder a partir de uma pequena parcela de amostras de tempos, traçar parâmetros significativos para um todo, proporcionando maiores conhecimentos a respeito da atividade de ciclo de caminhões e da frota estudada.

3 OBJETIVOS

É de extrema importância a realização de um projeto como este, pois, transmite informações valiosas a respeito do desempenho dos caminhões na atividade de transporte.

Essa atividade é uma das mais importantes na área de lavra, sendo uma das mais dispendiosas da mineração, logo, faz-se necessário um levantamento detalhado do caso para mostrar o desempenho dos veículos e identificar caso exista, custos demasiados, tendo sempre em vista otimizar a atividade.

4 METODOLOGIA

4.1 Tabela de Frequência

A tabela de frequência é de fundamental importância para o estudo estatístico porque, a partir dela, obtém-se a média amostral do universo em estudo. Abaixo, segue o procedimento para a construção da respectiva tabela:

Obtenção dos dados de campo produzindo a tabela: Numero e Tempo de Ciclo dos Caminhões;

$T_{\text{máx}}$ = Tempo máximo

$T_{\text{mín}}$ = Tempo mínimo

$T_{\text{médio}}$ = Tempo médio

Obs: Os tempos estão calculados em minutos.

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

Onde:

K= Numero de classes;

n= número amostras e,

c= (constante de Sturges) para o caso em estudo, c=1.

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{k} \quad (2)$$

Onde V_i = Valor do intervalo.

Para a confecção da tabela é necessário o calculo das variáveis a seguir:

O_i : Ocorrência;

X_i : Média do intervalo de classes;

P_i : Percentagem da ocorrência no intervalo em função do total de ocorrências;

$X_i P_i$: Média do intervalo de classes multiplicada pela proporção percentual da mesma, a qual, está em função da proporção percentual do todo;

$(X_i)^2$: Quadrado da média do intervalo de classes;

$O_i X_i$: Ocorrência multiplicada pela media do intervalo de classes;

$O_i (X_i)^2$: Ocorrência multiplicada pelo quadrado da media do intervalo de classes.

Desvio Padrão

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} \quad (3)$$

S= Desvio padrão.

Variável que mede a dispersão dos valores individuais em torno da média.

Média Amostral

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 \quad (6)$$

Medida relativa de variabilidade que expressa em porcentagem a variação de conjuntos de observações, que diferem da média.

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t =?. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 \quad (7.1)$$

Obs: Utilizada para as amostras de ciclo de cada caminhão.

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t =?. Admitindo-se um erro máximo E= 2,5%

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 \quad (7.2)$$

Obs: Utilizada para as amostra de ciclo geral da frota.

Obs2: Em ambos os casos os valores de t (constante de Student) são tabelados.

4.2 Estudo de Tempos e Movimentos

O estudo de tempos analisa a realização de uma atividade por um profissional capacitado em sua determinada área em ritmo normal de trabalho onde, posteriormente, calcula-se um tempo padrão para aquela determinada atividade.

O estudo de movimentos analisa a realização dos movimentos em uma operação, buscando de forma otimizada, melhorar o desempenho da mesma com tempo e esforço menores.

Para calcular o tempo padrão é necessário obter primeiramente o tempo normal (T_n), o qual corresponde a media aritmética da tabela do tempo de ciclos. Em seguida, calcula-se a taxa de probabilidade (T_a).

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 \quad (8)$$

Para entender melhor a taxa de probabilidade, abaixo segue os seus indicadores:

- Se T_a menor que 20%, o trabalho está otimizado;
- Se $20\% \leq T_a \leq 40\%$, o trabalho será considerado regular e,
- Se $T_a \geq 40\%$, o trabalho está irregular.

Se a $T_a \leq 40\%$, o tempo padrão será a multiplicação da media \bar{X} por 1,1. Esse valor inferido corresponde a uma tolerância de 10% assumida neste caso. Caso a $T_a > 40\%$, os valores serão excluídos pelas seguintes regras:

1ª Regra de exclusão

I – Elementos maiores ou iguais a $2 \times T_{med}$;

II – Elementos menores ou iguais a $0,5 \times T_{med}$.

2ª Regra de exclusão

Subtrai o maior valor encontrado da media e subtrai a media do menor valor encontrado. A subtração que der a maior diferença será aquela onde o valor representado será excluído.

Com a aplicação da regra de exclusão, o tempo padrão será calculado quando a Ta alcançar um valor $\leq 40\%$.

4.3 Controle Estatístico de Processo (CEP)

Nessa etapa do levantamento confeccionam-se os gráficos conhecidos como cartas de controle. Os dados são analisados e classificados nessas cartas de acordo com o comportamento demonstrado por eles, podendo apresentar um resultado satisfatório e sob controle ou apresentar anomalias e está fora de controle

É importante destacar que os resultados das cartas de controle estão em função dos valores obtidos nas tabelas de tempos aleatórios. Após a finalização destas, faz-se os últimos cálculos referentes ao levantamento estatístico, para de fato, confeccionar as cartas de controle.

Numero de grupos aleatórios:

$$n_g = 2 + \frac{C_v(\%)}{10} \quad (9)$$

$$C_v \leq 20\%, K_g \geq 25;$$

$$C_v > 20\%, K_g \geq 30.$$

K_g = Número de amostras por grupo formado.

Determinação da variância da média:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K_g} \bar{x}_i - \mu)^2}{K_g}} \quad (10)$$

\bar{x}_i = Média por grupo

μ = Média da amostra

Determinação do desvio padrão da população:

$$\sigma = \sigma_x \sqrt{ng} \quad (11)$$

Determinação dos limites de controle:

t=1,96 (t de Student para 95% de confiabilidade)

$$\text{Limite Inferior de Controle (L.I.C.)} = \mu - 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) \quad (12)$$

$$\text{Limite Superior de Controle (L.S.C.)} = \mu + 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) \quad (13)$$

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O transporte de lavra é a atividade responsável por transportar todo o material previamente preparado nas frentes de lavra. Os veículos de transporte são carregados nas frentes de serviço, realizando em seguida o transporte do material ao destino final, contudo, voltam até as frentes para serem carregados novamente, efetuando assim o fechamento do ciclo de transporte. O tempo de ciclo corresponde a um somatório de tempos que está representado na sequencia a seguir: (1)tempo de carregamento + (2)tempo de transporte(carregado) + (3)tempo de manobra para descarga + (4)tempo de descarga + (5)tempo de volta(vazio) + (6)tempo de manobra para carregamento.

A atividade de transporte é responsável por quase 60% dos custos de lavra numa mina, por isso, se faz necessário um levantamento de dados objetivando minimizar os custos. Existem alguns detalhes nessa etapa que precisam ser analisados, e com base neles, efetuar as possíveis melhorias, são eles: posicionamento dos veículos para emparelhar com a escavadeira, qualidade das vias de acesso, peso das cargas, fatores relacionados a horários entre outros.

Na mina Pedrinhas existem alguns destinos a serem percorridos para a realização dos ciclos de transporte, os mesmos são iniciados na cava da mina, especificamente em duas frentes de lavra; a primeira, localizada na região oeste da cava, conhecida como Bueiro e a segunda, localizada na região leste da mesma, conhecida como Segunda Camada. Os percursos realizados com maior frequência vão até: DCE-W, Pedrinhas e Pátio de Catação, onde são transportados respectivamente para cada um deles: material estéril, minério compacto e minério tipo *Lump*.

A empresa possui uma frota de veículos que conta com 12 caminhões, sendo 8 rodoviários e 4 fora de estrada, são eles: 6 Scania P-420, 2 Scania G-440 e 4 Randon CRK-425. Os Scania possuem uma capacidade de carga de 38 toneladas enquanto os Randon possuem uma capacidade de apenas 22. Apesar de menores, os Randon são primordiais para o transporte de matacos com dimensões acima de 1,5m por possuírem uma caçamba mais adequada para esse material. É importante destacar que para realizar o levantamento estatístico do ciclo de caminhões foram analisados apenas: 6 Scania P-420 (SC-01, SC-02, SC-03, SC-04, SC-05 e o SC-06), 1 Scania G-440 (Amazonas) e 2 RK's 425 (RD-08 e o CA-101). A seguir, figuras elucidativas:



Figura 1: Visão Leste-Oeste da cava

Fonte: Confeção própria

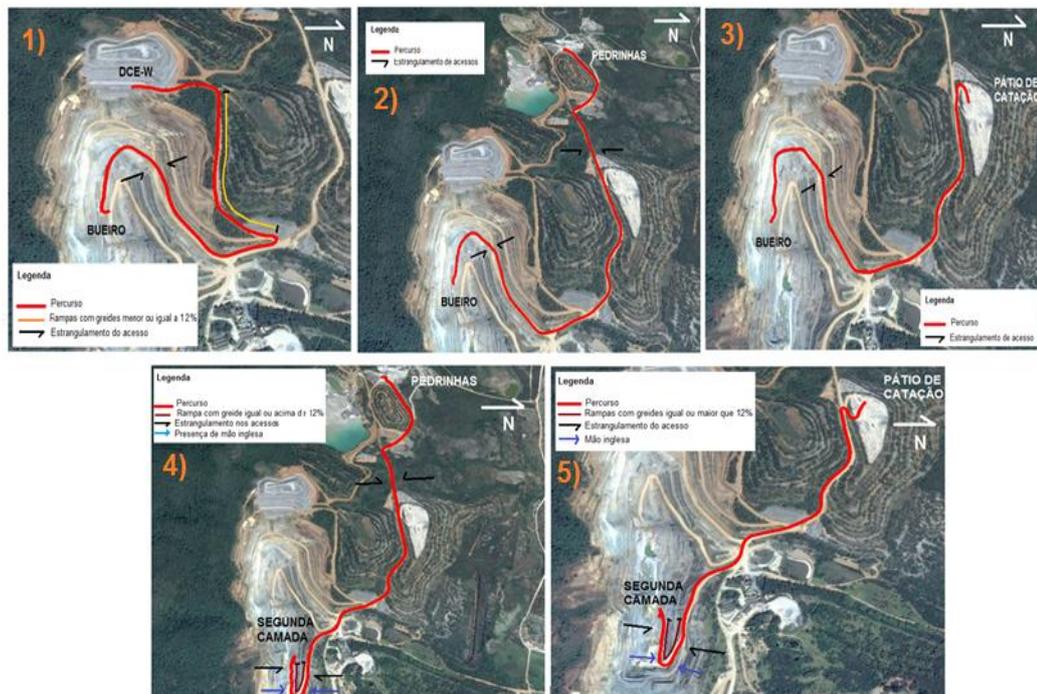


Figura 2: Principais percursos dos veículos de transporte

Fonte: Confeção própria



Figura 3: Caminhão Scania P-420

Fonte: Confeção própria



Figura 4: Caminhão Scania G-440

Fonte: Confeção própria



Figura 5: Caminhão RK-425

Fonte: Confeção própria

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Levantamento Estatístico

1º Ciclo estudado: Bueiro- DCE-W-Bueiro

Distancia média: 3,46 km

Nº de caminhões analisados no ciclo: 9

Cálculos para o caminhão SC-01

Tabela 1: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-01

Cicloss	Min.
1º	17,17
2º	18,66
3º	21,4
4º	20,45
5º	18,84
6º	18,44
7º	19,27
8º	19,25
9º	18,55
10º	19,12
11º	16,95
12º	17,2
13º	17,64

$T_{\text{máx}} = 21,4$
$T_{\text{mín}} = 16,95$
$T_{\text{Médio}} = 18,69$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n$$

(onde n = número amostras (n=13) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 13 = 4,70 \cong 5$$

(1)

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T \text{ max} - T \text{ min}}{k} = \frac{21,4 - 16,95}{4,70} = 0,95 \quad (2)$$

Tabela 2: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-01

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,95	-	17,9	4	17,43	0,31	5,36	303,63	69,7	1214,52
17,91	-	18,86	4	18,39	0,31	5,66	338,01	73,54	1352,03
18,87	-	19,82	3	19,35	0,23	4,46	374,23	58,04	1122,69
19,83	-	20,78	1	20,31	0,08	1,56	412,29	20,31	412,293
20,79	-	21,74	1	21,27	0,08	1,64	452,2	21,27	452,2
Σ			13		1,00	18,68	1880,36	242,85	4553,74

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,32 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,68 \text{ min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 18,68 \pm 0,80 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,06\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,179. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t.Cv}{E} \right)^2 = 2,37 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 242,94$$

$$\bar{X} = 18,69$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 23,80 \% \quad (8)$$

Como o valor de $T_a \leq 40\%$, o tempo padrão será o tempo normal multiplicado por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-01} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{20,56 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-02

Tabela 3: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-02

Ciclos	Min.
1°	19,2
2°	19,88
3°	19,52
4°	20,77
5°	19,93
6°	20,02
7°	20,22
8°	20,02
9°	18,95
10°	19,83

$T_{máx}=20,77$
$T_{mín}=18,95$
$T_{Médio}=19,83$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

Onde n = número amostras (n=10) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{20,77 - 18,95}{4,32} = 0,42 \quad (2)$$

Tabela 4 - Tabela de Frequência para o Caminhão SC-02

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
18,95	-	19,37	2	19,16	0,20	3,83	367,11	38,32	734,21
19,38	-	19,8	1	19,59	0,10	1,96	383,77	19,59	383,77
19,81	-	20,23	6	20,02	0,60	12,01	400,80	120,12	2404,80
20,24	-	20,66	0	20,45	0,00	0,00	418,20	0,00	0,00
20,67	-	21,09	1	20,88	0,10	2,09	435,97	20,88	435,97
Σ			10		1,00	19,89	2005,85	198,91	3958,76

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,47 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,89 \text{ min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \cong 19,89 \pm 0,34 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 2,36\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,262. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,58 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 198,34$$

$$\bar{X} = 19,83$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 9,18 \% \quad (8)$$

Como o valor de $T_a \leq 40\%$, o tempo padrão será o tempo normal multiplicado por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-02} = \bar{X} \times 1,1 = 21,81 \text{ min}$$

Calculo para o caminhão SC-03

Tabela 5: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03

Ciclos	Min.
1°	18,85
2°	19,43
3°	21,17
4°	17,45
5°	18,8
6°	25,16
7°	23,32
8°	21,22
9°	19,82
10°	17,58
11°	19,39

$T_{máx} = 25,16$
$T_{mín} = 17,58$
$T_{Médio} = 20,19$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=11) e c = 1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 11 = 4,46 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{25,16 - 17,58}{4,46} = 1,70 \quad (2)$$

Tabela 6 - Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
17,58	-	19,28	4	18,43	0,36	6,70	339,66	73,72	1358,66
19,29	-	20,99	3	20,14	0,27	5,49	405,62	60,42	1216,86
21	-	22,7	2	21,85	0,18	3,97	477,42	43,70	954,85
22,71	-	24,41	1	23,56	0,09	2,14	555,07	23,56	555,07
24,42	-	26,12	1	25,27	0,09	2,30	638,57	25,27	638,57
Σ			11		1,00	20,61	2416,35	226,67	4724,01

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 2,19 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 20,61 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong \pm 1,35 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 10,63\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,228. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 5,60 \approx 6 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 222,19$$

$$\bar{X} = 20,19$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 37,54 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual ao tempo normal multiplicado por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-03} = \bar{X} \times 1,1 = 22,21 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-04

Tabela 7: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-04

Ciclos	Min.
1°	18,32
2°	19,28
3°	18,68
4°	23,5
5°	18,08
6°	20,00
7°	17,98
8°	17,22

$T_{m\acute{a}x} = 23,5$
$T_{m\acute{i}n} = 17,22$
$T_{M\acute{e}d} = 19,13$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

Onde n = número amostras (n=8) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 8 = 3,99 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{23,5 - 17,22}{3,99} = 1,57 \quad (2)$$

Tabela 8: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-04

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
17,22	-	18,79	5	18,01	0,63	11,25	324,18	90,03	1620,90
18,8	-	20,37	2	19,59	0,25	4,90	383,57	39,17	767,14
20,38	-	21,95	0	21,17	0,00	0,00	447,96	0,00	0,00
21,96	-	23,53	1	22,75	0,13	2,84	517,34	22,75	517,34
Σ			8		1,00	18,99	1673,04	151,94	2905,38

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,57 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,99 \text{ min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 18,99 \pm 1,31 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 8,27\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,365$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 3,82 \approx 4 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 153,06$$

$$\bar{X} = 19,13$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 32,83 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual ao tempo normal multiplicado por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-04} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{21,04 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-05

Tabela 9: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05

Ciclos	Min.
1°	17,55
2°	19,05
3°	21,12
4°	19,17
5°	21,92
6°	18,25
7°	18,42
8°	18,47
9°	19,5
10°	20,38
11°	22,73

$T_{máx}=22,73$
$T_{mín}=17,55$
$T_{Médio}=19,69$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=11$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 11 = 4,46 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,73 - 17,55}{4,46} = 1,16 \quad (2)$$

Tabela 10: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
17,55	-	18,71	4	18,13	0,36	6,59	328,70	72,52	1314,79
18,72	-	19,88	3	19,30	0,27	5,26	372,49	57,90	1117,47
19,89	-	21,05	2	20,47	0,18	3,72	419,02	40,94	838,04
21,06	-	22,22	1	21,64	0,09	1,97	468,29	21,64	468,29
22,23	-	23,39	1	22,81	0,09	2,07	520,30	22,81	520,30
Σ			11		1,00	19,62	2108,79	215,81	4258,89

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,51 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,69 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,69 \pm 1,01 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,67\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,228$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 1,71 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 216,56$$

$$\bar{X} = 19,69$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 26,31 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-05} = \bar{X} \times 1,1 = 21,66 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-06

Tabela 11: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06

Ciclos	Min.
1º	22,13
2º	20,67
3º	19,15
4º	20,15
5º	19,75
6º	22,3

$T_{m\acute{a}x}=22,3$
$T_{m\acute{i}n}=19,15$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=20,69$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=6$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 6 = 3,58 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,3 - 19,15}{3,58} = 0,88 \quad (2)$$

Tabela 12: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
19,15	-	20,03	2	19,59	0,33	6,53	383,77	39,18	767,54
20,04	-	20,92	2	20,48	0,33	6,83	419,43	40,96	838,86
20,93	-	21,81	0	21,37	0,00	0,00	456,68	0,00	0,00
21,82	-	22,7	2	22,26	0,33	7,42	495,51	44,52	991,02
Σ			6		1,00	20,78	1755,38	124,66	2597,41

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,11 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 20,78 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 20,78 \pm 1,17 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 5,34\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,571$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 1,88 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 124,15$$

$$\bar{X} = 20,69$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 15,22 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-06} = \bar{X} \times 1,1 = 22,76 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão Amazonas

Tabela 13: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas

Ciclos	Min.
1°	18,96
2°	19,25
3°	19,48
4°	19,42
5°	18,85
6°	19,53
7°	17,07
8°	19,2
9°	18,58
10°	17,26

$T_{máx}=19,53$
$T_{mín}=17,07$
$T_{Médio}=18,76$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=10) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{19,53 - 17,07}{4,32} = 0,57 \quad (2)$$

Tabela 14: Tabela de Frequência para o Caminhão Teste Amazonas

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
17,07	-	17,64	2	17,36	0,20	3,47	301,20	34,71	602,39
17,65	-	18,22	0	17,94	0,00	0,00	321,66	0,00	0,00
18,23	-	18,8	1	18,52	0,10	1,85	342,81	18,52	342,81
18,81	-	19,38	4	19,10	0,40	7,64	364,62	76,38	1458,48
19,39	-	19,96	3	19,68	0,30	5,90	387,11	59,03	1161,32
Σ			10		1,00	18,86	1717,39	188,63	3564,99

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,83 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,86 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 18,86 \pm 0,59 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 4,4\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,262$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,99 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 187,6$$

$$\bar{X} = 18,76$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 13,11 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão Teste Amazonas} = \bar{X} \times 1,1 = 20,64 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão RK CA-101

Tabela 15: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RK CA-101

Ciclos	Min.
1°	20,65
2°	22,54
3°	24,27
4°	18,64
5°	19,19
6°	21,9
7°	20,69
8°	18,3
9°	20,24
10°	18,72
11°	26,95
12°	21,25
13°	19,52
14°	20,25

$T_{m\acute{a}x}=26,95$
$T_{m\acute{i}n}=18,3$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=20,94$

Fonte: Confecção próprio

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=14) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 14 = 4,81 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{26,95 - 18,3}{4,81} = 1,80 \quad (2)$$

Tabela 16: Tabela de Frequência para o Caminhão RK CA-101

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
18,3	-	20,1	5	19,20	0,36	6,86	368,64	96,00	1843,20
20,11	-	21,91	6	21,01	0,43	9,00	441,42	126,06	2648,52
21,92	-	23,72	1	22,82	0,07	1,63	520,75	22,82	520,75
23,73	-	25,53	1	24,63	0,07	1,76	606,64	24,63	606,64
25,54	-	27,34	1	26,44	0,07	1,89	699,07	26,44	699,07
Σ			14		1,00	21,14	2636,52	295,95	6318,18

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 2,10 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,14 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \cong 21,14 \pm 1,21 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 9,93\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,160. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t.Cv}{E} \right)^2 = 4,60 \approx 5 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 293,11$$

$$\bar{X} = 20,94$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 41,31 \%$$

Pela 2ª Regra:

$$26,95 - 20,94 = 6,01$$

$$20,94 - 18,3 = 2,64$$

Exclui-se a maior diferença obtida e calcula-se uma nova média:

$$\Sigma = 266,16$$

$$\bar{X} = 20,47$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 29,16\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão RK CA-101} = \bar{X} \times 1,1 = 22,52 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão RD-08

Tabela 17: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RD-08

Ciclos	Min.
1º	19,87
2º	19,29
3º	19,94
4º	18,34
5º	21,35
6º	19,44
7º	21,75
8º	21,4

$T_{máx}=21,75$
$T_{mín}=18,34$
$T_{Médio}=20,17$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=8) e c=1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 8 = 3,99 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{21,75 - 18,34}{3,99} = 0,85 \quad (2)$$

Tabela 18: Tabela de Frequência para o Caminhão RD-08

Classes			Oi	Xi	Pi	Xi pi	(Xi) ²	Oi.Xi	Oi.(Xi) ²
18,34	-	19,19	1	18,77	0,13	2,35	352,13	18,77	352,13
19,2	-	20,05	4	19,63	0,50	9,81	385,14	78,50	1540,56
20,06	-	20,91	0	20,49	0,00	0,00	419,64	0,00	0,00
20,92	-	21,77	3	21,35	0,38	8,00	455,61	64,04	1366,83
Σ			8		1,00	20,16	1612,51	161,30	3259,51

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,96 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 20,16 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 20,16 \pm 0,80 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 4,76\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,365$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot Cv}{E} \right)^2 = 1,27 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 161,38$$

$$\bar{X} = 20,17$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{méd}}} \times 100 = 16,91 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão RD-08} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{22,19 \text{ min}}$$

Cálculos para a frota de caminhões

Tabela 19: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; Bueiro-DCE-W-Bueiro:

SC-01	SC-02	SC-03	SC-04	SC-05	SC-06	AMAZ.	CA101	RK-08
17,17	19,2	18,85	18,32	17,55	22,13	18,96	20,65	19,87
18,66	19,88	19,43	19,28	19,05	20,67	19,25	22,54	19,29
21,4	19,52	21,17	18,68	21,12	19,15	19,48	24,27	19,94
20,45	20,77	17,45	23,5	19,17	20,15	19,42	18,64	18,34
18,84	19,93	18,8	18,08	21,92	19,75	18,85	19,19	21,35
18,44	20,02	25,16	20,00	18,25	22,3	19,53	21,9	19,44
19,27	20,22	23,32	17,98	18,42		17,07	20,69	21,75
19,25	20,02	21,22	17,22	18,47		19,2	18,3	21,4
18,55	18,95	19,82		19,5		18,58	20,24	
19,12	19,83	17,58		20,38		17,26	18,72	
16,95		19,39		22,73			26,95	
17,2							21,25	
17,64							19,52	
							20,25	

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

Onde n = número amostras (n=91) e c=1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 91 = 7,50 \cong 8$$

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{26,95 - 16,95}{7,5} = 1,33 \quad (2)$$

Tabela 20: Tabela de Frequência para o ciclo Bueiro-DCE-W-Bueiro:

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,95	-	18,28	13	17,62	0,14	2,52	310,29	229,00	4033,75
18,29	-	19,62	39	18,96	0,43	8,12	359,29	739,25	14012,39
19,63	-	20,96	20	20,30	0,22	4,46	411,89	405,90	8237,74
20,97	-	22,3	12	21,64	0,13	2,85	468,07	259,62	5616,88
22,31	-	23,64	4	22,98	0,04	1,01	527,85	91,90	2111,40
23,65	-	24,98	1	24,32	0,01	0,27	591,22	24,32	591,22
24,99	-	26,32	1	25,66	0,01	0,28	658,18	25,66	658,18
26,33	-	27,66	1	27,00	0,01	0,30	728,73	27,00	728,73
Σ			91		0,99	19,81	4055,52	1802,63	35990,29

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,76 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,81 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,81 \pm 0,37 \text{min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 8,88\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 1,9867$. Admitindo-se um erro máximo $E = 2,5\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot Cv}{E} \right)^2 = 49,79 \approx 50 \text{ elementos} \quad (7.2)$$

Tempo Normal da Frota

$$\Sigma = 1799,33$$

$$\bar{X} = 19,77$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{méd}}} \times 100 = 50,58 \%$$

Como o valor de $T_a > 40\%$, e não obedece a primeira regra pois:

1. $T_{\max} \geq 2 \times T_{\text{méd}}$ porém, $T_{\max} = 26,95 \text{ min}$ e $2 \times T_{\text{méd}} = 39,54 \text{ min}$. Logo, o valor não é excluído.
2. $T_{\min} \leq T_{\text{méd}}/2$ porém, $T_{\min} = 16,95 \text{ min}$ e $T_{\text{méd}}/2 = 9,89 \text{ min}$. Logo, o valor não é excluído.

Utiliza-se a 2ª Regra:

$$26,95 - 19,77 = 7,18$$

$$19,77 - 16,95 = 2,82$$

Exclui-se o valor que proporciona a maior diferença obtida e calcula-se uma nova média:

$$\Sigma = 1772,38$$

$$\bar{X} = 19,69$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{méd}}} \times 100 = 41,70\%$$

Pela 2ª Regra:

$$25,16 - 19,69 = 5,47$$

$$19,69 - 16,95 = 2,74$$

Exclui-se o valor que proporciona a maior diferença obtida e calcula-se uma nova média:

$$\Sigma = 1747,22$$

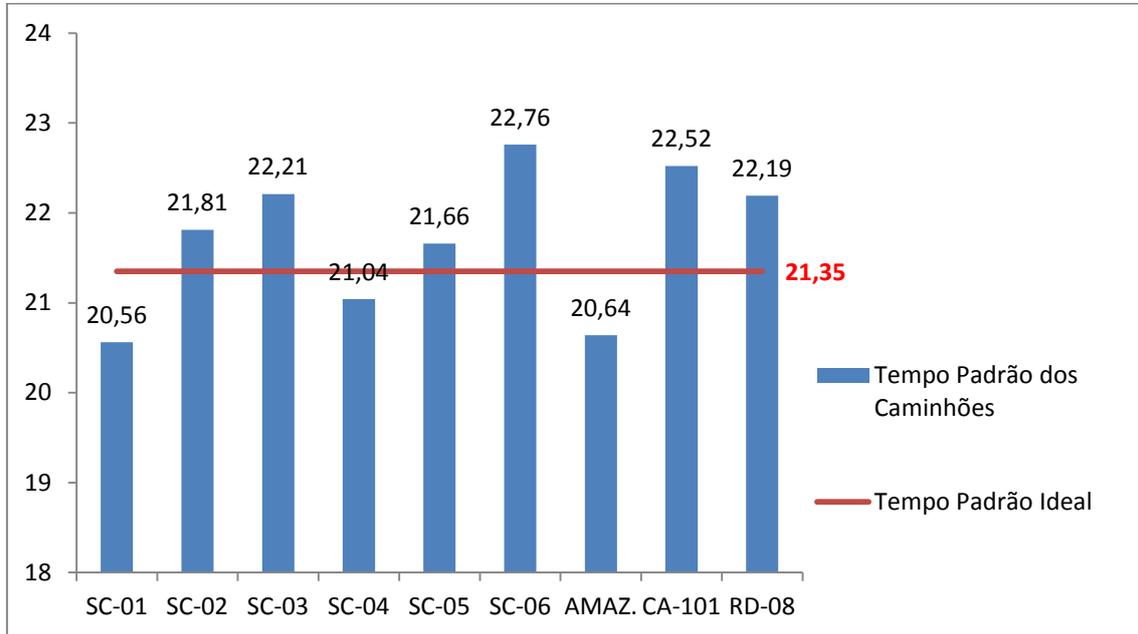
$$\bar{X} = 19,41$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{méd}}} \times 100 = 37,71 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

Tempo Padrão dos Caminhões = $\bar{X} \times 1,1 = 21,35 \text{ min}$

Gráfico 1: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (Bueiro-DCE-W-Bueiro)



Fonte: Confeção própria

O gráfico acima mostra uma pequena variação dos tempos padrões dos caminhões com relação ao tempo padrão ideal. Porém, não há uma padronização dos tempos, ocasionando em determinados momentos: filas de espera para o carregamento e ociosidade para a escavadeira.

Carta de controle dos caminhões com origem no Bueiro e destino DCE-W

Determinando-se o número de grupos:

$$n_g = 2 + \frac{C_v(\%)}{10} = 2,89 \cong 3 \text{ elementos por grupo:} \quad (9)$$

O coeficiente de variação encontrado foi de 8,88% onde está abaixo de 20%, que implica num $K_g \geq 25$.

Tabela 21: Números aleatórios de tempos para todos os caminhões no ciclo Bueiro-DCE-W-Bueiro

GRUPOS	x ₁	x ₂	x ₃	Média do Grupo	Amplitude	$(\bar{x}_i - \mu)^2$	
1	17,17	22,13	18,32	19,21	0,55	0,31	
2	19,87	19,88	22,54	20,76	1,00	1,01	
3	19,52	19,29	20,67	19,83	0,07	0,00	
4	19,94	18,66	19,19	19,26	0,50	0,25	
5	21,17	18,64	21,4	20,40	0,64	0,41	
6	19,15	18,72	20,77	19,55	0,21	0,05	
7	20,45	18,34	19,28	19,36	0,40	0,16	
8	20,15	19,93	19,44	19,84	0,08	0,01	
9	17,45	18,84	26,95	21,08	1,32	1,74	
10	21,12	17,26	20,02	19,47	0,29	0,09	
11	18,44	19,48	24,27	20,73	0,97	0,94	
12	18,8	20,22	18,68	19,23	0,53	0,28	
13	20,24	19,27	17,07	18,86	0,90	0,81	
14	19,17	19,42	20,02	19,54	0,22	0,05	
15	19,05	25,16	18,47	20,89	1,13	1,28	
16	19,25	18,3	23,5	20,35	0,59	0,35	
17	18,85	23,32	18,08	20,08	0,32	0,10	
18	21,92	21,75	18,55	20,74	0,98	0,96	
19	21,22	18,95	21,4	20,52	0,76	0,58	
20	21,25	19,12	17,55	19,31	0,45	0,21	
21	16,95	21,9	19,53	19,46	0,30	0,09	
22	19,2	18,58	19,82	19,20	0,56	0,31	
23	18,25	17,2	20,69	18,71	1,05	1,10	
24	19,43	19,52	17,58	18,84	0,92	0,84	
25	18,42	17,64	20,25	18,77	0,99	0,98	
				Σ	494,00	-	12,90
				Méd. Geral	19,76	-	0,52

Fonte: Confeção própria

Determinação da variância média (σ_x^-):

$$\sigma_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K_g} (x_i - \mu)^2}{K_g}} = 0,72$$

(10)

Determinação do desvio padrão da população:

$$\sigma = \sigma_x \sqrt{n} = 1,25 \quad (11)$$

Média amostral:

$$\mu = 19,76 \text{min.}$$

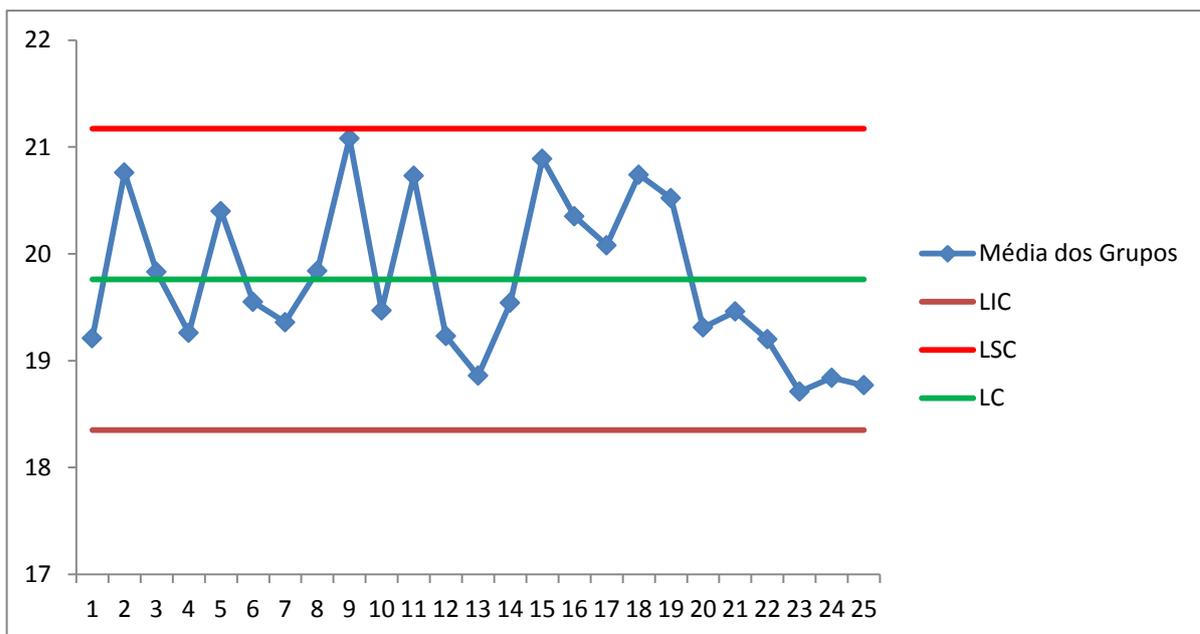
Determinação dos limites de controle:

$t=1,96$ (t de Student para 95% de confiabilidade);

$$\text{Limite Inferior de Controle (L.I.C.)} = \mu - 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) = 18,35 \quad (12)$$

$$\text{Limite Superior de Controle (L.S.C.)} = \mu + 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) = 21,17 \quad (13)$$

Gráfico 2: Carta de controle para o ciclo: Bueiro-DCE-W-Bueiro



Fonte: Confeção própria

O gráfico acima apresenta os resultados dentro dos limites de controle, porém, de forma despadronizada. Abaixo estão citados alguns pontos da leitura da análise gráfica:

- Ausência de flutuação dos pontos próximos à linha média;
- 2 de 3 pontos consecutivos próximos à LSC (pontos 9 e 11);
- A partir do ponto 11 o padrão gráfico assume uma semelhança ao modelo de gráfico de *mistura* (Quando existe a presença de veículos diferentes sendo analisados ou, obtenção dos resultados em dias diferentes, havendo variações nos tempos).

A partir desses pontos, o gráfico encontra-se fora de controle.

2º Ciclo estudado: Bueiro- Pedrinhas-Bueiro

Distancia média: 5,38 km

Nº de caminhões analisados no ciclo: 8

Cálculos para o caminhão SC-01

Tabela 22: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-01

Ciclos	Min.
1º	17,33
2º	16,33
3º	18,17
4º	17,58
5º	17,73
6º	18,42
7º	19,03
8º	19,28
9º	18,02
10º	16,62
11º	16,63

$T_{\text{máx}} = 19,28$
$T_{\text{mín}} = 16,33$
$T_{\text{Médio}} = 17,74$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=11) e c = 1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 11 = 4,46 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{k} = \frac{19,28 - 16,33}{4,46} = 0,66 \quad (2)$$

Tabela 23 - Tabela de Frequência para o Caminhão SC-01

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,33	-	16,99	3	16,66	0,27	4,54	277,56	49,98	832,67
17	-	17,66	2	17,33	0,18	3,15	300,33	34,66	600,66
17,67	-	18,33	3	18,00	0,27	4,91	324,00	54,00	972,00
18,34	-	19	1	18,67	0,09	1,70	348,57	18,67	348,57
19,01	-	19,67	2	19,34	0,18	3,52	374,04	38,68	748,07
Σ			11		1,00	17,82	1624,49	195,99	3501,96

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,90 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 17,82 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 17,82 \pm 0,60 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 5,05\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,228$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 1,27 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 195,14$$

$$\bar{X} = 17,74$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 16,63 \%$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-01} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{19,51 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-02

Tabela 24: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-02

Ciclos	Min.
1°	20,5
2°	22,8
3°	20,75
4°	18,75
5°	21,53
6°	20,5

$T_{m\acute{a}x} = 22,80$
$T_{m\acute{i}n} = 18,75$
$T_{M\acute{e}d} = 20,81$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=6) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 6 = 3,58 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,8 - 18,75}{3,58} = 1,13 \quad (2)$$

Tabela 25 - Tabela de Frequência para o Caminhão SC-02

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
18,75	-	19,88	1	19,32	0,17	3,22	373,07	19,32	373,07
19,89	-	21,02	3	20,46	0,50	10,23	418,41	61,37	1255,22
21,03	-	22,16	1	21,60	0,17	3,60	466,34	21,60	466,34
22,17	-	23,3	1	22,74	0,17	3,79	516,88	22,74	516,88
Σ			6		1,00	20,84	1774,70	125,01	2611,51

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,15 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 20,84 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 20,84 \pm 1,21 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 5,52\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,571$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 2,01 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 124,83$$

$$\bar{X} = 20,81$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 19,46 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-02} = \bar{X} \times 1,1 = 22,89 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-03

Tabela 26: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03

Ciclos	Min.
1°	22,13
2°	20,92
3°	20,17
4°	21,12
5°	21,5
6°	19,73
7°	20,95
8°	21,6
9°	21,78

$T_{m\acute{a}x} = 22,13$
$T_{m\acute{i}n} = 19,73$
$T_{M\acute{e}d} = 21,10$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n$$

(1)

onde n = número amostras (n=9) e c = 1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 9 = 4,17 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{22,13 - 19,73}{4,17} = 0,58 \quad (2)$$

Tabela 27: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
19,73	-	20,31	2	20,02	0,22	4,45	400,80	40,04	801,60
20,32	-	20,9	0	20,61	0,00	0,00	424,77	0,00	0,00
20,91	-	21,49	3	21,20	0,33	7,07	449,44	63,60	1348,32
21,5	-	22,08	3	21,79	0,33	7,26	474,80	65,37	1424,41
22,09	-	22,67	1	22,38	0,11	2,49	500,86	22,38	500,86
Σ			9		1,00	21,27	2250,68	191,39	4075,20

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,76 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,27 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 21,27 \pm 0,58 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,57\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,306. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,68 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 189,90$$

$$\bar{X} = 21,10$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 11,37\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-03} = \bar{X} \times 1,1 = 23,21 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-04

Tabela 28: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-04

Ciclos	Min.
1°	17,9
2°	20,32
3°	20,65
4°	19,47
5°	19,63
6°	20
7°	20,78
8°	18,73
9°	19,25
10°	19,35

$T_{máx}=20,78$
$T_{mín}=17,9$
$T_{Médio}=19,61$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=10$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{20,78 - 17,9}{4,32} = 0,67 \quad (2)$$

Tabela 29: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-04

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
17,9	-	18,57	1	18,24	0,10	1,82	332,52	18,24	332,52
18,58	-	19,25	2	18,92	0,20	3,78	357,78	37,83	715,55
19,26	-	19,93	3	19,60	0,30	5,88	383,96	58,79	1151,89
19,94	-	20,61	2	20,28	0,20	4,06	411,08	40,55	822,15
20,62	-	21,29	2	20,96	0,20	4,19	439,11	41,91	878,22
Σ			10		1,00	19,73	1924,44	197,31	3900,34

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,85 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,73 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,73 \pm 0,61 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 4,31\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,262. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t.Cv}{E} \right)^2 = 0,97 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 196,08$$

$$\bar{X} = 19,61$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 14,69\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-04} = \bar{X} \times 1,1 = 21,57 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-05

Tabela 30: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05

Ciclos	Min.
1°	19,47
2°	18,13
3°	20,65
4°	19,97
5°	18,77
6°	19,25
7°	18,82

$T_{m\acute{a}x}=20,65$
$T_{m\acute{i}n}=18,13$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=19,29$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=7$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 7 = 3,81 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{20,65 - 18,13}{3,81} = 0,66 \quad (2)$$

Tabela 31: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
18,13	-	18,79	2	18,46	0,29	5,27	340,77	36,92	681,54
18,8	-	19,46	2	19,13	0,29	5,47	365,96	38,26	731,91
19,47	-	20,13	2	19,80	0,29	5,66	392,04	39,60	784,08
20,14	-	20,8	1	20,47	0,14	2,92	419,02	20,47	419,02
Σ			7		1,00	19,32	1517,79	135,25	2616,56

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,69 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,32 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,32 \pm 0,64 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,57\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,447. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,76 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 135,06$$

$$\bar{X} = 19,29$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 13,06\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-05} = \bar{X} \times 1,1 = 21,22 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-06

Tabela 32: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06

Ciclos	Min.
1°	21,83
2°	22,23
3°	22,2
4°	20,55
5°	21,1
6°	20,4
7°	19,87
8°	19,72
9°	20,53

$T_{m\acute{a}x}=22,23$
$T_{m\acute{i}n}=19,72$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=20,94$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=9$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 9 = 4,17 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,23 - 19,72}{4,17} = 0,60 \quad (2)$$

Tabela 33: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
19,72	-	20,32	2	20,02	0,22	4,45	400,80	40,04	801,60
20,33	-	20,93	3	20,63	0,33	6,88	425,60	61,89	1276,79
20,94	-	21,54	1	21,24	0,11	2,36	451,14	21,24	451,14
21,55	-	22,15	1	21,85	0,11	2,43	477,42	21,85	477,42
22,16	-	22,76	2	22,46	0,22	4,99	504,45	44,92	1008,90
Σ			9		1,00	21,10	2259,41	189,94	4015,85

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,90 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,10 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 21,10 \pm 0,69 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 4,27\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,306. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,97 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 188,43$$

$$\bar{X} = 20,94$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 11,99\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-06} = \bar{X} \times 1,1 = 23,03 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão Amazonas

Tabela 34: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas

Ciclos	Min.
1°	19,82
2°	16,72
3°	17,98
4°	19,06
5°	17,42
6°	17,13
7°	18,77

$T_{m\acute{a}x} = 19,82$
$T_{m\acute{i}n} = 16,72$
$T_{M\acute{e}d} = 18,13$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=7$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 7 = 3,81 \cong 4$$

Valor do Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{19,82 - 16,72}{3,81} = 0,81 \quad (2)$$

Tabela 35 - Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,72	-	17,53	3	17,13	0,43	7,34	293,27	51,38	879,80
17,54	-	18,35	1	17,95	0,14	2,56	322,02	17,95	322,02
18,36	-	19,17	2	18,77	0,29	5,36	352,13	37,53	704,25
19,18	-	19,99	1	19,59	0,14	2,80	383,57	19,59	383,57
Σ			7		1,00	18,06	1350,99	126,44	2289,64

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,91 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,06 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 18,06 \pm 0,84 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 5,04\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,447$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 1,52 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 126,9$$

$$\bar{X} = 18,13$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 17,10\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão Teste Amazonas} = \bar{X} \times 1,1 = 19,94 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão RD-08

Tabela 36: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão RD-08

Ciclos	Min.
1°	19,22
2°	19,7
3°	19,12
4°	18,82
5°	19,99
6°	20,05

$T_{m\acute{a}x}=20,05$
$T_{m\acute{i}n}=18,82$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=19,48$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=6$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 6 = 3,58 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{20,05 - 18,82}{3,58} = 0,34 \quad (2)$$

Tabela 37: Tabela de Frequência para o Caminhão RK RD-08

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
18,82	-	19,16	2	18,99	0,33	6,33	360,62	37,98	721,24
19,17	-	19,51	1	19,34	0,17	3,22	374,04	19,34	374,04
19,52	-	19,86	1	19,69	0,17	3,28	387,70	19,69	387,70
19,87	-	20,21	2	20,04	0,33	6,68	401,60	40,08	803,20
Σ			6		1,00	19,52	1523,95	117,09	2286,18

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,44 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,52 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,52 \pm 0,46 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 2,25\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,571$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,33 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 116,9$$

$$\bar{X} = 19,48$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 6,31\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão RK RD-08} = \bar{X} \times 1,1 = 21,43 \text{ min}$$

Cálculos para a frota de caminhões

Tabela 38: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; Bueiro-Pedrinhas-Bueiro

SC-01	SC-02	SC-03	SC-04	SC-05	SC-06	AMAZ.	RK-08
17,33	20,5	22,13	17,9	19,47	21,83	19,82	19,22
16,33	22,8	20,92	20,32	18,13	22,23	16,72	19,7
18,17	20,75	20,17	20,65	20,65	22,2	17,98	19,12
17,58	18,75	21,12	19,47	19,97	20,55	19,06	18,82
17,73	21,53	21,5	19,63	18,77	21,1	17,42	19,99
18,42	20,5	19,73	20	19,25	20,4	17,13	20,05
19,03		20,95	20,78	18,82	19,87	18,77	
19,28		21,6	18,73		19,72		
18,02		21,78	19,25		20,53		
16,62			19,35				
16,63							

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=65$) e $c = 1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 65 = 7,02 \cong 8$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,8 - 16,33}{7,02} = 0,92 \quad (2)$$

Tabela 39: Tabela de Frequência para o ciclo Bueiro-Pedrinhas-Bueiro:

Classes			Oi	Xi	Pi	Xi pi	(Xi) ²	Oi.Xi	Oi .(Xi) ²
16,33	-	17,25	5	16,79	0,08	1,29	281,90	83,95	1409,52
17,26	-	18,18	9	17,72	0,14	2,45	314,00	159,48	2825,99
18,19	-	19,11	9	18,65	0,14	2,58	347,82	167,85	3130,40
19,12	-	20,04	17	19,58	0,26	5,12	383,38	332,86	6517,40
20,05	-	20,97	14	20,51	0,22	4,42	420,66	287,14	5889,24
20,98	-	21,9	7	21,44	0,11	2,31	459,67	150,08	3217,72
21,91	-	22,83	4	22,37	0,06	1,38	500,42	89,48	2001,67
22,84	-	23,76	0	23,30	0,00	0,00	542,89	0,00	0,00
Σ			65		1,00	19,55	3250,74	1270,84	24991,93

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,49 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,55 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,55 \pm 0,37 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,62\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 1,9977$. Admitindo-se um erro máximo $E = 2,5\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 37,08 \approx 38 \text{ elementos} \quad (7.2)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 1273,24$$

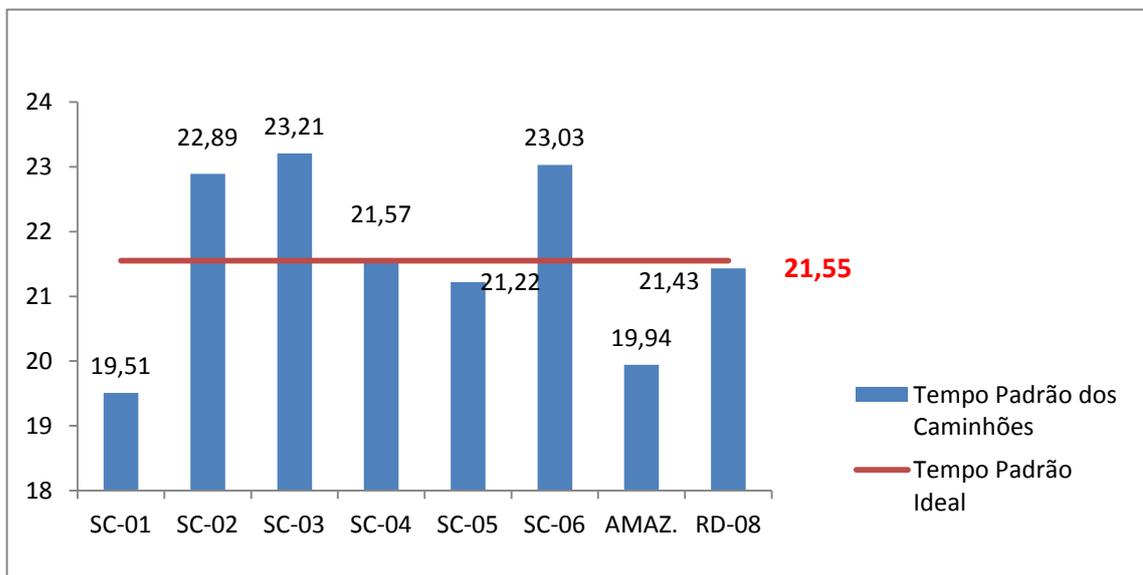
$$\bar{X} = 19,59$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 33,03\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão dos Caminhão} = \bar{X} \times 1,1 = 21,55 \text{ min}$$

Gráfico 3: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro)



Fonte: Confeção própria

O gráfico acima apresenta uma variação maior dos tempos padrões dos caminhões, com relação à linha do tempo padrão ideal. O caminhão SC-01 por exemplo, apresenta o menor tempo de toda a frota, o que corresponde há uma maior produção. Entretanto, esse caminhão é o mais antigo entre os Scania, e com esse ritmo de trabalho, acaba por expor o veículo a esforços desnecessárias. Por outro lado os caminhões SC-02, SC-03 e SC-06 trabalham de forma mais lenta o que acaba proporcionando uma menor produção, entretanto, preservando de melhor forma os veículos.

Devido a essas variações, acaba existindo uma falta de padronização na atividade de ciclo, acarretando uma maior frequência de filas de espera no carregamento e maior ociosidade para as maquinas carregadeiras, o que ocorre semelhantemente ao ciclo anterior (Bueiro-DCE-W-Bueiro).

Cartas de controle dos caminhões com origem no Bueiro e destino Pedrinhas

Determinando-se a população de elementos por grupo:

$$n_g = 2 + \frac{C_v(\%)}{10} = 2,76 \cong 3 \text{ elementos por grupo.} \quad (9)$$

O coeficiente de variação encontrado foi de 7,62% onde está abaixo de 20% que implica num $K_g \geq 25$.

Tabela 40: Números aleatórios de tempo para todos os caminhões no ciclo Bueiro-Pedrinhas-Bueiro

GRUPOS/Nº de amostras	x ₁	x ₂	x ₃	Média dos Grupos	Amplitude	$(\bar{x}_i - \mu)^2$
1	17,33	19,82	19,47	18,87	0,78	0,60
2	18,13	20,61	17,9	18,88	0,77	0,59
3	19,52	16,33	20,03	18,63	1,02	1,05
4	20,32	20,44	20,5	20,42	0,77	0,59
5	20,65	22,8	16,72	20,06	0,41	0,17
6	20,65	20,53	18,17	19,78	0,13	0,02
7	17,58	22,13	18,82	19,51	0,14	0,02
8	19,72	20,75	19,47	19,98	0,33	0,11
9	19,97	17,73	20,07	19,26	0,39	0,15
10	20,92	19,87	18,42	19,74	0,09	0,01
11	18,75	19,99	19,63	19,46	0,19	0,04
12	19,03	20,17	20,4	19,87	0,22	0,05
13	20	17,98	19,28	19,09	0,56	0,32
14	18,77	21,53	19,06	19,79	0,14	0,02
15	21,01	18,02	21,12	20,05	0,40	0,16
16	20,5	19,25	17,42	19,06	0,59	0,35
17	20,78	16,62	20,55	19,32	0,33	0,11
18	18,73	20,05	16,63	18,47	1,18	1,39
19	21,5	18,82	17,13	19,15	0,50	0,25
20	19,12	19,73	22,23	20,36	0,71	0,51
21	19,25	19,81	20,95	20,00	0,35	0,13
22	19,7	19,67	22,2	20,52	0,87	0,76
23	19,35	21,6	19,96	20,30	0,65	0,43
24	21,83	20,31	19,22	20,45	0,80	0,65
25	18,77	21,78	20,12	20,22	0,57	0,33
				Σ	X	8,79

Méd. Geral	19,65	X	0,35
------------	-------	---	------

Fonte: Confecção própria

Determinação da variância média (σ_x^-):

$$\sigma_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K_g} (\bar{x}_i - \mu)^2}{K_g}} = 0,59 \quad (10)$$

Determinação do desvio padrão da população:

$$\sigma = \sigma_x^- \sqrt{n} = 1,02 \quad (11)$$

Média amostral:

$$\mu = 19,65.$$

Determinação dos limites de controle:

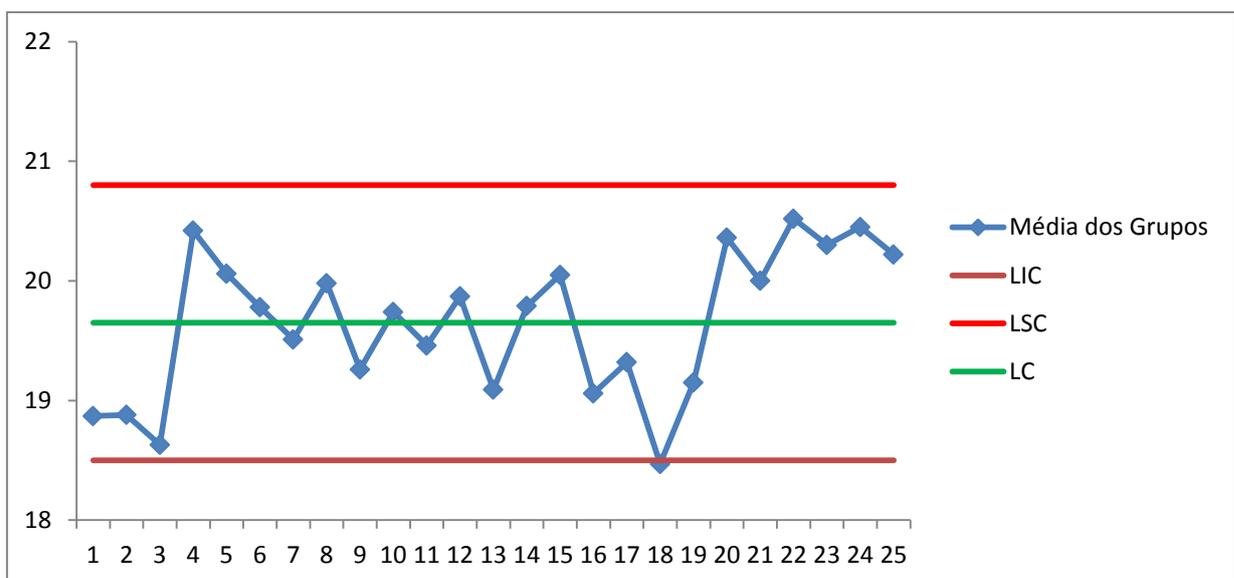
t=1,96 (t de Student para 95% de confiabilidade)

t=2,58 (t de Student para 99% de confiabilidade)

$$\text{Limite Inferior de Controle (L.I.C.)} = \mu - 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) = 18,5 \quad (12)$$

$$\text{Limite Superior de Controle (L.S.C.)} = \mu + 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) = 20,8 \quad (13)$$

Gráfico 4: Carta de controle para o ciclo: Bueiro-DCE-W-Bueiro



Fonte: Confecção própria

As medias dos grupos apresentam-se dentro das linhas de controle, entretanto, de forma despadronizada e algumas muito próximas as LIC's. Abaixo, segue os pontos da leitura gráfica:

- Pouca flutuação dos pontos próximos à linha média;
- Pontos muito próximos às LSC's (pontos 4, 18, 22 e 24);
- A partir do ponto 18 o padrão gráfico assume uma semelhança ao modelo de gráfico de *mistura* (Quando existe a presença de veículos diferentes sendo analisados ou, obtenção dos resultados em dias diferentes, havendo variações nos tempos, inclusive, dos caminhões da mesma marca).

A partir dessas características negativas, a carta não está sob controle.

3º Ciclo estudado: Bueiro- P. de Catação-Bueiro

Distancia média: 3,14 km

Nº de caminhões analisados no ciclo: 8

Cálculos para o caminhão SC-01

Tabela 41: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-01

Ciclos	Min.
1º	16,72
2º	17,35
3º	14,33
4º	14,32
5º	16,12
6º	17,68
7º	15,6
8º	15,82
9º	17,03
10º	19,4

$T_{\text{máx}}=19,4$
$T_{\text{mín}}=14,32$
$T_{\text{Médio}}=16,44$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=10) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{19,4 - 14,32}{4,32} = 1,18 \quad (2)$$

Tabela 42: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-01

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
14,32	-	15,5	2	14,91	0,20	2,98	222,31	29,82	444,62
15,51	-	16,69	3	16,10	0,30	4,83	259,21	48,30	777,63
16,7	-	17,88	4	17,29	0,40	6,92	298,94	69,16	1195,78
17,89	-	19,07	0	18,48	0,00	0,00	341,51	0,00	0,00
19,08	-	20,26	1	19,67	0,10	1,97	386,91	19,67	386,91
Σ			10		1,00	16,70	1508,88	166,95	2804,93

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,33 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 16,70 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 16,70 \pm 0,95 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,96\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,262$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot Cv}{E} \right)^2 = 3,24 \approx 4 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 164,37$$

$$\bar{X} = 16,44$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 30,90\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-01} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{18,08 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-03

Tabela 43: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03

Ciclos	Min.
1°	16,72
2°	19,83
3°	18,88
4°	15,53
5°	18,23
6°	18,13
7°	19,36
8°	17,25
9°	17,43
10°	17,6

$T_{m\acute{a}x} = 19,83$
$T_{m\acute{i}n} = 15,53$
$T_{M\acute{e}d} = 17,90$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde $n =$ número amostras ($n=10$) e $c = 1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{19,83 - 15,53}{4,32} = 1,00 \quad (2)$$

Tabela 44: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
15,53	-	16,53	1	16,03	0,10	1,60	256,96	16,03	256,96
16,54	-	17,54	3	17,04	0,30	5,11	290,36	51,12	871,08
17,55	-	18,55	3	18,05	0,30	5,42	325,80	54,15	977,41
18,56	-	19,56	2	19,06	0,20	3,81	363,28	38,12	726,57
19,57	-	20,57	1	20,07	0,10	2,01	402,80	20,07	402,80
Σ			10		1,00	17,95	1639,21	179,49	3234,83

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,15 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 17,95 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 17,95 \pm 0,82 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 6,41\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,262$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot Cv}{E} \right)^2 = 2,10 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 178,96$$

$$\bar{X} = 17,90$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 24,02 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-03} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{19,69 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-04

Tabela 45: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-04

Ciclos	Min.
1°	18,12
2°	17,43
3°	19,45
4°	17,55
5°	16,65
6°	16,05
7°	16,36
8°	19,39
9°	17,28
10°	18,25

$T_{máx} = 19,45$
$T_{mín} = 16,05$
$T_{Médio} = 17,65$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=10$) e $c = 1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{19,45 - 16,05}{4,32} = 0,79 \quad (2)$$

Tabela 46 - Tabela de Frequência para o Caminhão SC-04

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,05	-	16,84	3	16,45	0,30	4,93	270,44	49,34	811,31
16,85	-	17,64	3	17,25	0,30	5,17	297,39	51,74	892,17
17,65	-	18,44	2	18,05	0,20	3,61	325,62	36,09	651,24
18,45	-	19,24	0	18,85	0,00	0,00	355,13	0,00	0,00
19,57	-	20,04	2	19,81	0,20	3,96	392,24	39,61	784,48
Σ			10		1,00	17,68	1640,82	176,77	3139,20

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,20 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 17,68 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 17,68 \pm 0,86 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 6,79\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,262$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot Cv}{E} \right)^2 = 2,36 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 176,53$$

$$\bar{X} = 17,65$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{méd}}} \times 100 = 19,26 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-04} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{19,42 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-05

Tabela 47: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05

Ciclos	Min.
1°	21,2
2°	20,65
3°	19,96
4°	17,52
5°	18,13
6°	18,55
7°	17,97
8°	20,13

$T_{\max} = 21,2$
$T_{\min} = 17,52$
$T_{\text{Médio}} = 19,26$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=8$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 8 = 3,99 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{21,2 - 17,52}{3,99} = 0,92 \quad (2)$$

Tabela 48: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05

Classes			Oi	Xi	Pi	Xi pi	(Xi) ²	Oi.Xi	Oi . Xi) ²
17,52	-	18,44	3	17,98	0,38	6,74	323,28	53,94	969,84
18,45	-	19,37	1	18,91	0,13	2,36	357,59	18,91	357,59
19,38	-	20,3	2	19,84	0,25	4,96	393,63	39,68	787,25
20,31	-	21,23	2	20,77	0,25	5,19	431,39	41,54	862,79
Σ			8		1,00	19,26	1505,89	154,07	2977,47

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,13 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,26 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,26 \pm 0,94 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 5,87\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,365$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t.Cv}{E} \right)^2 = 1,93 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 154,11$$

$$\bar{X} = 19,26$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 19,11 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-05} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{21,19 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-06

Tabela 49: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06

Ciclos	Min.
1°	17,9
2°	16,97
3°	16,82
4°	16,78
5°	17,22
6°	17,92
7°	18,38
8°	19,05
9°	17,66
10°	18

$T_{m\acute{a}x} = 19,05$
$T_{m\acute{i}n} = 16,78$
$T_{M\acute{e}d} = 17,67$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=10$) e $c = 1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{19,05 - 16,78}{4,32} = 0,53 \quad (2)$$

Tabela 50: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,78	-	17,31	4	17,05	0,40	6,82	290,53	68,18	1162,13
17,32	-	17,85	1	17,59	0,10	1,76	309,23	17,59	309,23
17,86	-	18,39	4	18,13	0,40	7,25	328,52	72,50	1314,06
18,4	-	18,93	0	18,67	0,00	0,00	348,38	0,00	0,00
18,94	-	19,47	1	19,21	0,10	1,92	368,83	19,21	368,83
Σ			10		1,00	17,75	1645,49	177,47	3154,25

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,68 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 17,75 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 17,75 \pm 0,49 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,83\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,262. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 1,93 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 176,7$$

$$\bar{X} = 17,67$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 12,85 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-06} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{19,44 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão Amazonas

Tabela 51: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas

Ciclos	Min.
1°	17,98
2°	17,08
3°	17,18
4°	17,17
5°	17,77
6°	18,08
7°	17,77
8°	17,22
9°	16,55

$T_{máx}=18,08$
$T_{mín}=16,05$
$T_{Médio}=17,42$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=9$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 9 = 4,17 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{max} - T_{min}}{k} = \frac{18,08 - 16,55}{4,17} = 0,37 \quad (2)$$

Tabela 52 - Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
17,98	-	18,35	1	18,17	0,11	2,02	329,97	18,17	329,97
18,36	-	18,73	4	18,55	0,44	8,24	343,92	74,18	1375,67
18,74	-	19,11	0	18,93	0,00	0,00	358,16	0,00	0,00
19,12	-	19,49	3	19,31	0,33	6,44	372,68	57,92	1118,05
19,5	-	19,87	1	19,69	0,11	2,19	387,50	19,69	387,50
Σ			9		1,00	18,88	1792,22	169,95	3211,18

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,47 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,88 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 18,88 \pm 0,36 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 2,49\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,306. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,33 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 156,8$$

$$\bar{X} = 17,42$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 8,78 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão Teste Amazonas} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{19,16 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão RD-08

Tabela 53: Numero e Tempo de Percurso do Caminhão RD-08

Ciclos	Min.
1°	15,97
2°	17,25
3°	18,67
4°	18,17
5°	17,32
6°	17,8
7°	18,59
8°	17,72
9°	16,87
10°	16,65
11°	18,22
12°	17,35

$T_{m\acute{a}x}=18,67$
$T_{m\acute{i}n}=15,97$
$T_{M\acute{e}dio}=17,55$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=12) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 12 = 4,58 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{18,67 - 15,97}{4,58} = 0,59 \quad (2)$$

Tabela 54: Tabela de Frequência para o Caminhão RK RD-08

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
15,97	-	16,56	1	16,27	0,08	1,36	264,55	16,27	264,55
16,57	-	17,16	2	16,87	0,17	2,81	284,43	33,73	568,86
17,17	-	17,76	4	17,47	0,33	5,82	305,03	69,86	1220,10
17,77	-	18,36	3	18,07	0,25	4,52	326,34	54,20	979,03
18,37	-	18,96	2	18,67	0,17	3,11	348,38	37,33	696,76
Σ			12		1,00	17,62	1528,73	211,38	3729,31

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,70 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 17,62 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 17,62 \pm 0,44 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,97\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,201. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,76 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 193,23$$

$$\bar{X} = 17,55$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 15,38 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão RK RD-08} = \bar{X} \times 1,1 = 19.31 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão CA-101

Tabela 55: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão CA-101

Ciclos	Min.
1°	17,42
2°	20,77
3°	18,7
4°	18,5
5°	16,89
6°	18,7

$T_{máx}=20,77$
$T_{mín}=16,89$
$T_{Médio}=18,50$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=6) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 3,58 \cong 4$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{20,77 - 16,89}{3,58} = 1,08 \quad (2)$$

Tabela 56: Tabela de Frequência para o Caminhão CA-101

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,89	-	17,97	2	17,43	0,33	5,81	303,80	34,86	607,61
17,98	-	19,06	3	18,52	0,50	9,26	342,99	55,56	1028,97
19,07	-	20,15	0	19,61	0,00	0,00	384,55	0,00	0,00
20,16	-	21,24	1	20,70	0,17	3,45	428,49	20,70	428,49
Σ			6		1,00	18,52	1459,84	111,12	2065,07

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,09 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,52 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \cong 18,52 \pm 1,14 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 5,89\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,571. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 2,29 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Padrão

$$\Sigma = 110,98$$

$$\bar{X} = 18,50$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{méd}}} \times 100 = 20,97 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão RK CA-101} = \bar{X} \times 1,1 = 20,35 \text{ min}$$

Calculo para a frota de Caminhões

Tabela 57: Tabela geral do tempo de ciclo dos Caminhões; Bueiro-P. de Catação-Bueiro

SC-01	SC-03	SC-04	SC-05	SC-06	AMAZ.	RD-08	CA101
16,72	16,72	18,12	21,2	17,9	17,98	15,97	17,42
17,35	19,83	17,43	20,65	16,97	17,08	17,25	20,77
14,33	18,88	19,45	19,96	16,82	17,18	18,67	18,7
14,32	15,53	17,55	17,52	16,78	17,17	18,17	18,5
16,12	18,23	16,65	18,13	17,22	17,77	17,32	16,89
17,68	18,13	16,05	18,55	17,92	18,08	17,8	18,7
15,6	19,36	16,36	17,97	18,38	17,77	18,59	
15,82	17,25	19,39	20,13	19,05	17,22	17,72	
17,03	17,43	17,28		17,66	16,55	16,87	
19,4	17,6	18,25		18		16,65	
						18,22	
						17,35	

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=75$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 75 = 7,22 \cong 8$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{21,2 - 14,32}{7,22} = 0,95 \quad (2)$$

Tabela 58: Tabela de Frequência para o ciclo Bueiro-P. de Catação-Bueiro:

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
14,32	-	15,27	2	14,80	0,03	0,39	218,89	29,59	437,78
15,28	-	16,23	6	15,76	0,08	1,26	248,22	94,53	1489,32
16,24	-	17,19	15	16,72	0,20	3,34	279,39	250,73	4190,87
17,2	-	18,15	29	17,68	0,39	6,83	312,41	512,58	9059,76
18,16	-	19,11	13	18,64	0,17	3,23	347,26	242,26	4514,42
19,12	-	20,07	6	19,60	0,08	1,57	383,96	117,57	2303,78
20,08	-	21,03	3	20,56	0,04	0,82	422,51	61,67	1267,52
21,04	-	21,99	1	21,52	0,01	0,29	462,90	21,52	462,90
Σ			75		0,99	17,74	2675,54	1330,43	23726,36

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,29 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 17,74 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \cong 17,74 \pm 0,30 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,27\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 1,9925. Admitindo-se um erro máximo E= 2,5%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 33,57 \approx 34 \text{ elementos} \quad (7.2)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 1329,03$$

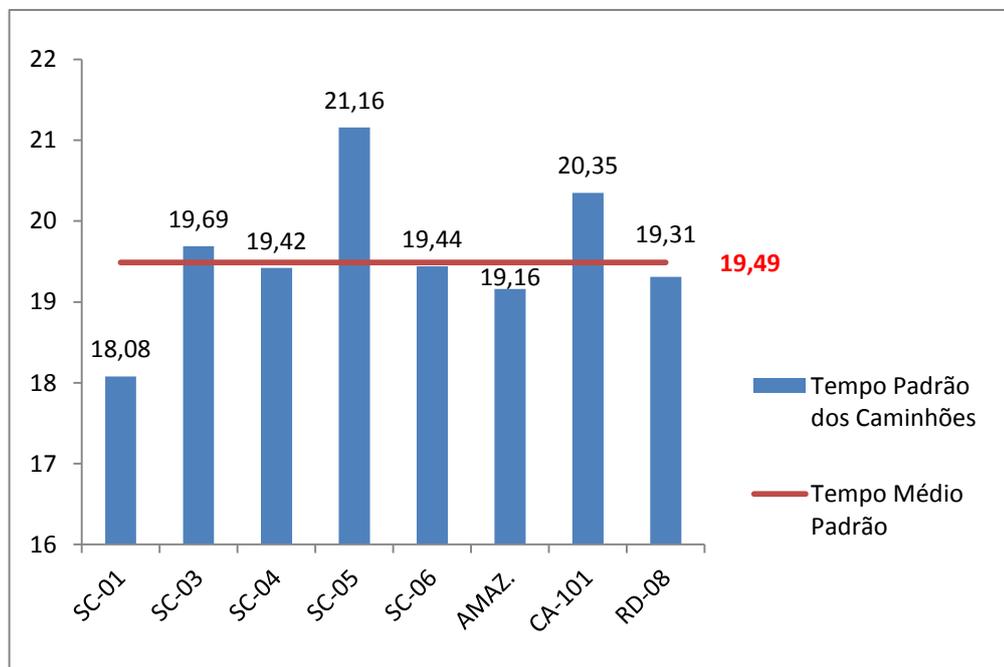
$$\bar{X} = 17,72$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 38,83 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão dos Caminhões} = \bar{X} \times 1,1 = 19,49 \text{ min}$$

Gráfico 5: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)



Fonte: Confeção própria

O gráfico acima mostra o tempo padrão dos caminhões variando pouco com relação ao tempo padrão ideal, com exceção dos caminhões SC-01, SC-05 e o CA-101. O primeiro, realizando a atividade com rapidez, proporcionando uma maior produção e os dois últimos, realizando o trabalho de forma lenta, prejudicando a produção. Com o comportamento apresentado por eles, em determinados momentos, haverá a formação de filas de espera para o carregamento e ociosidade para a escavadeira.

O caminhão SC-01 está trabalhando em alto nível de produção, o que acaba por sobrecarregá-lo de forma desnecessária na atividade. Por ser o mais antigo dos Scania, aumenta ainda mais as chances de ir para a manutenção.

Cartas de controle dos caminhões com origem no Bueiro e destino Pátio de Catação

Determinando-se a população de elementos por grupo:

$$n_g = 2 + \frac{C_v(\%)}{10} = 2,73 \cong 3 \text{ elementos por grupo.} \quad (9)$$

O coeficiente de variação encontrado foi de 7,27% onde está abaixo de 20%, que implica num $K_g \geq 25$.

Tabela 59: Números aleatórios de tempo para todos os caminhões no ciclo Bueiro-P. de Catação-Bueiro.

GRUPOS/ Nº de amostras	x ₁	x ₂	x ₃	Média dos Grupos	Amplitude	$(\bar{x}_i - \mu)^2$
1	16,72	17,25	21,2	18,39	0,67	0,45
2	15,97	18,12	19,05	17,71	0,01	0,00
3	20,65	17,35	17,42	18,47	0,75	0,57
4	17,43	16,55	18,38	17,45	0,27	0,07
5	19,96	17,35	14,33	17,21	0,51	0,26
6	19,45	17,6	17,22	18,09	0,37	0,14
7	14,32	20,77	17,52	17,54	0,18	0,03
8	17,57	17,77	17,43	17,59	0,13	0,02
9	17,92	16,12	18,22	17,42	0,30	0,09
10	18,13	16,65	17,25	17,34	0,38	0,14
11	18,7	17,68	17,66	18,01	0,29	0,09
12	19,36	16,87	17,22	17,82	0,10	0,01
13	18,55	18,08	15,6	17,41	0,31	0,10
14	16,65	17,77	16,78	17,07	0,65	0,43
15	17,8	18,13	18	17,98	0,26	0,07
16	16,82	15,82	17,17	16,60	1,12	1,25
17	16,05	18,59	18,23	17,62	0,10	0,01
18	17,03	17,32	17,97	17,44	0,28	0,08
19	16,36	18,5	15,53	16,80	0,92	0,85
20	16,97	19,4	17,18	17,85	0,13	0,02
21	19,39	16,89	20,13	18,80	1,08	1,17
22	17,98	18,88	18,17	18,34	0,62	0,39
23	18,7	17,28	17,08	17,69	0,03	0,00
24	17,9	17,72	19,83	18,48	0,76	0,58
25	16,72	18,67	18,25	17,88	0,16	0,03
			Σ	443,02	X	6,82

Méd. Geral	17,72	X	0,27
------------	-------	---	------

Fonte: Confeção própria

Determinação da variância média (σ_x^-):

$$\sigma_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K_g} (\bar{x}_i - \mu)^2}{K_g}} = 0,52 \quad (10)$$

Determinação do desvio padrão da população:

$$\sigma = \sigma_x^- \sqrt{n} = 0,9 \quad (11)$$

Média amostral:

$$\mu = 17,72 \text{min}$$

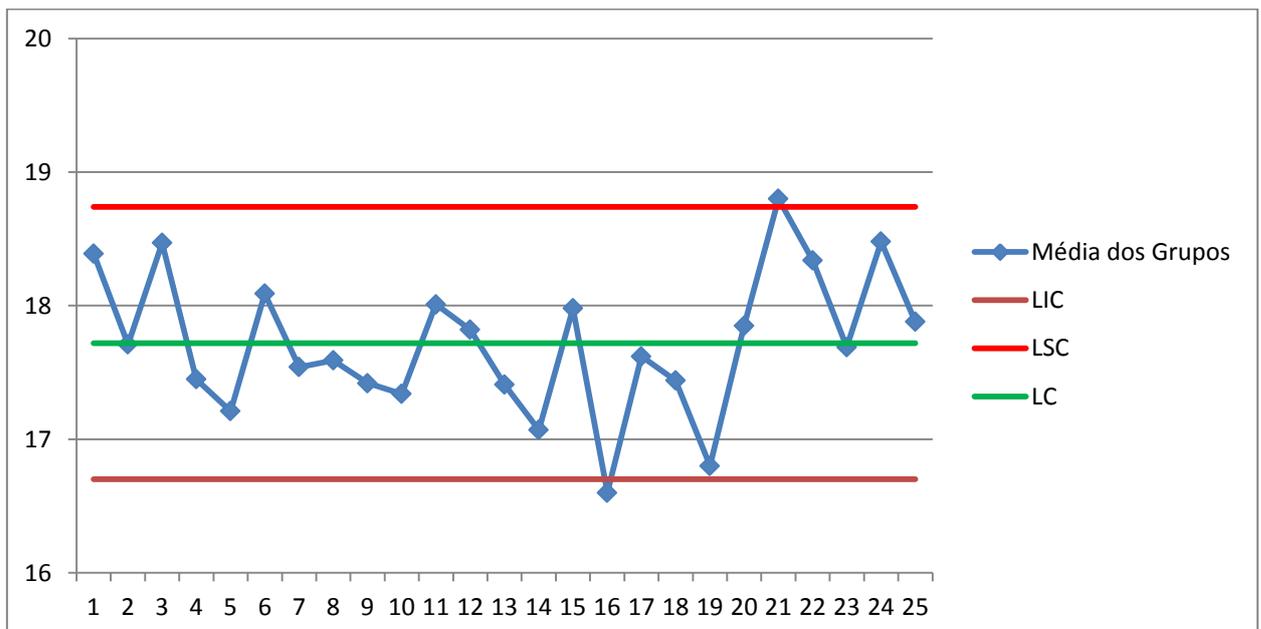
Determinação dos limites de controle:

$t=1,96$ (t de Student para 95% de confiabilidade)

$$\text{Limite Inferior de Controle (L.I.C.)} = \mu - 1,96\sigma (\mu / n_g^{1/2}) = 16,7 \quad (12)$$

$$\text{Limite Superior de Controle (L.S.C.)} = \mu + 1,96\sigma (\mu / n_g^{1/2}) = 18,74 \quad (13)$$

Gráfico 6: Carta de controle dos caminhões no trajeto do Bueiro até Pátio de Catação



Fonte: Confeção própria

O gráfico anterior apresenta dois pontos fora da linha de controle, logo, ele está fora

de controle. Essa falta de padronização está bem representada no gráfico anterior dos tempos padrões, onde, os caminhões SC-01 e SC-05 apresentam uma maior variação com relação ao tempo padrão ideal. Esse fator acaba refletindo de forma negativa nos resultados da carta de controle.

4º Ciclo estudado: Segunda Camada- Pedrinhas-S. Camada

Distancia média:5,2km

Nº de caminhões analisados no ciclo: 4

Cálculos para o caminhão SC-03

Tabela 60: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03

Ciclos	Min.
1º	21,98
2º	22,3
3º	21,1
4º	21,05
5º	21,55
6º	21,3
7º	20,32
8º	22,83
9º	21,13
10º	21,58
11º	22,53

$T_{\text{máx}}=22,83$
$T_{\text{mín}}=20,32$
$T_{\text{Médio}}=21,61$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n$$

(1)

onde n = número amostras (n=11) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 11 = 4,46 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{22,83 - 20,32}{4,46} = 0,56 \quad (2)$$

Tabela 61: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
20,32	-	20,88	1	20,60	0,09	1,87	424,36	20,60	424,36
20,89	-	21,45	4	21,17	0,36	7,70	448,17	84,68	1792,68
21,46	-	22,02	3	21,74	0,27	5,93	472,63	65,22	1417,88
22,03	-	22,59	2	22,31	0,18	4,06	497,74	44,62	995,47
22,6	-	23,16	1	22,88	0,09	2,08	523,49	22,88	523,49
Σ			11		1,00	21,64	2366,39	238,00	5153,89

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,63 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,64 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 21,64 \pm 0,42 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 2,91\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,228. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,42 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 237,67$$

$$\bar{X} = 21,61$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 11,61 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-03} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{23,77 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-05

Tabela 62: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05

Ciclos	Min.
1°	22,07
2°	21,48
3°	21,82
4°	22,86
5°	20,82
6°	21,97
7°	22,48
8°	21,53
9°	22,92
10°	21,8

$T_{m\acute{a}x}=22,92$
$T_{m\acute{i}n}=20,82$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=21,98$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=10) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{22,92 - 20,82}{4,32} = 0,49 \quad (2)$$

Tabela 63: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
20,82	-	21,31	1	21,07	0,10	2,11	443,73	21,07	443,73
21,32	-	21,81	3	21,57	0,30	6,47	465,05	64,70	1395,15
21,82	-	22,31	3	22,07	0,30	6,62	486,86	66,20	1460,59
22,32	-	22,81	1	22,57	0,10	2,26	509,18	22,57	509,18
22,82	-	23,31	2	23,07	0,20	4,61	531,99	46,13	1063,99
Σ			10		1,00	22,07	2436,82	220,65	4872,64

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,63 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 22,07 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 22,07 \pm 0,45 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 2,85\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,262. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,42 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 219,75$$

$$\bar{X} = 21,98$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 9,55 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-05} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{24,18 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão SC-06

Tabela 64: Número e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06

Nº de Ciclos	Min.
1º	20,77
2º	20,88
3º	20,49
4º	21,48
5º	20,23
6º	20,66
7º	22,75
8º	21,98
9º	21,7
10º	21,91

$T_{máx}=22,75$
$T_{mín}=20,23$
$T_{Médio}=21,29$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=10$) e $c = 1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{22,75 - 20,23}{4,32} = 0,58 \quad (2)$$

Tabela 65: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
20,23	-	20,81	4	20,52	0,40	8,21	421,07	82,08	1684,28
20,82	-	21,4	1	21,11	0,10	2,11	445,63	21,11	445,63
21,41	-	21,99	4	21,70	0,40	8,68	470,89	86,80	1883,56
22	-	22,58	0	22,29	0,00	0,00	496,84	0,00	0,00
22,59	-	23,17	1	22,88	0,10	2,29	523,49	22,88	523,49
Σ			10		1,00	21,29	2357,93	212,87	4536,97

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,75 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,29 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 21,29 \pm 0,54 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,52\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,262. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,63 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 212,85$$

$$\bar{X} = 21,29$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 11,84 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-06} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{23,42 \text{ min}}$$

Cálculos para o caminhão Amazonas

Tabela 66: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas

Ciclos	Min.
1°	22,42
2°	20,9
3°	21,97
4°	20,92
5°	21,38
6°	19,73
7°	21,15
8°	22,02
9°	21,3
10°	22,03

$T_{máx}=22,42$
$T_{mín}=19,73$
$T_{Médio}=21,39$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=10$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 10 = 4,32 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,42 - 19,73}{4,32} = 0,62 \quad (2)$$

Tabela 67: Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
19,73	-	20,35	1	20,04	0,10	2,00	401,60	20,04	401,60
20,36	-	20,98	2	20,67	0,20	4,13	427,25	41,34	854,50
20,99	-	21,61	3	21,30	0,30	6,39	453,69	63,90	1361,07
21,62	-	22,24	3	21,93	0,30	6,58	480,92	65,79	1442,77
22,25	-	22,87	1	22,56	0,10	2,26	508,95	22,56	508,95
Σ			10		1,00	21,36	2272,42	213,63	4568,90

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,72 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,36 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 21,36 \pm 0,52 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,37\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,262$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 0,58 \approx 1 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 213,82$$

$$\bar{X} = 21,38$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 15,94 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão Teste Amazonas} = \bar{X} \times 1,1 = 23,52 \text{ min}$$

Cálculos para a frota de caminhões

Tabela 68: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; S. Camada-Pedrinhas-S. Camada

SC-03	SC-05	SC-06	AMAZ.
21,98	22,07	20,77	22,42
22,3	21,48	20,88	20,9
21,1	21,82	20,49	21,97
21,05	22,86	21,48	20,92
21,55	20,82	20,23	21,38
21,3	21,97	20,66	19,73
20,32	22,48	22,75	21,15
22,83	21,53	21,98	22,02
21,13	22,92	21,7	21,3
21,58	21,8	21,91	22,03
22,53			

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=41$) e $c = 1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 41 = 6,35 \cong 7$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,92 - 19,73}{6,35} = 0,50 \quad (2)$$

Tabela 69: Tabela de Frequência para o ciclo S. Camada-Pedrinhas-S. Camada

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
19,73	-	20,23	2	19,98	0,05	0,97	399,20	39,96	798,40
20,24	-	20,74	3	20,49	0,07	1,50	419,84	61,47	1259,52
20,75	-	21,25	9	21,00	0,22	4,61	441,00	189,00	3969,00
21,26	-	21,76	9	21,51	0,22	4,72	462,68	193,59	4164,12
21,77	-	22,27	10	22,02	0,24	5,37	484,88	220,20	4848,80
22,28	-	22,78	5	22,53	0,12	2,75	507,60	112,65	2538,00
22,79	-	23,29	3	23,04	0,07	1,69	530,84	69,12	1592,52
Σ			41		1,00	21,61	3246,04	885,99	19170,38

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,77 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 21,61 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 21,61 \pm 0,24 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 3,56 \% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,0211. Admitindo-se um erro máximo E= 2,5%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 8,28 \approx 9 \text{ elementos} \quad (7.2)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 884,09$$

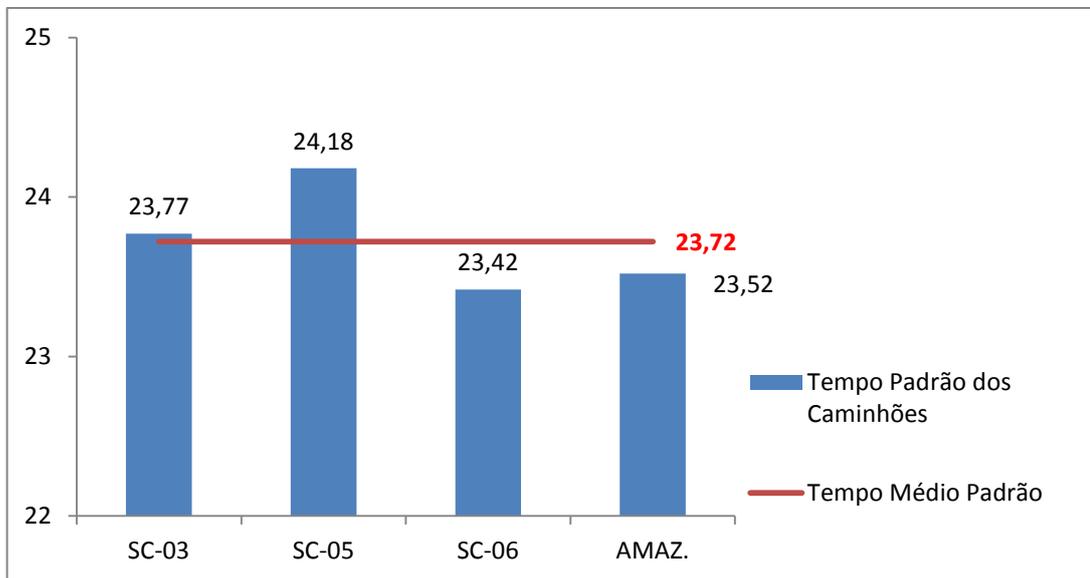
$$\bar{X} = 21,56$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 14,80 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão dos Caminhões} = \bar{X} \times 1,1 = 23,72 \text{ min}$$

Gráfico 7: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (S. Camada-Pedrinhas-S. Camada)



Fonte: Confeção própria

O gráfico mostra os tempos dos caminhões variando muito pouco com relação ao tempo padrão ideal. Os resultados são satisfatórios porem, não serão analisados de forma mais detalhada pela carta de controle, por conter um numero de amostras pequena para a analise.

5º Ciclo estudado: Segunda Camada- P. de Catação-S. Camada)

Distancia média:5,2km

Nº de caminhões analisados no ciclo: 4

Cálculos para o caminhão SC-03

Tabela 70: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-03

Ciclos	Min.
1º	18,38
2º	18,2
3º	19,87
4º	20,2
5º	19,77
6º	19,38
7º	22,1
8º	22
9º	19,72

$T_{\text{máx}}=22,1$
$T_{\text{mín}}=18,2$
$T_{\text{Médio}}=20,14$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=9) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 9 = 4,17 \cong 5 \text{ classes}$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{k} = \frac{22,1 - 18,2}{4,17} = 0,94 \quad (2)$$

Tabela 71: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-03

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
18,2	-	19,14	2	18,67	0,22	4,15	348,57	37,34	697,14
19,15	-	20,09	4	19,62	0,44	8,72	384,94	78,48	1539,78
20,1	-	21,04	1	20,57	0,11	2,29	423,12	20,57	423,12
21,05	-	21,99	0	21,52	0,00	0,00	463,11	0,00	0,00
22	-	22,94	2	22,47	0,22	4,99	504,90	44,94	1009,80
Σ			9		1,00	20,15	2124,65	181,33	3669,84

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,35 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 20,15 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 20,15 \pm 1,04 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 6,70\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se $t = 2,306$. Admitindo-se um erro máximo $E = 10\%$.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 2,39 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 179,62$$

$$\bar{X} = 19,96$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 19,54 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-03} = \bar{X} \times 1,1 = 21,96 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-05

Tabela 72: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-05

Ciclos	Min.
1°	18,87
2°	18,7
3°	19,37
4°	19,08
5°	18,67
6°	21,45
7°	20,03
8°	21,8
9°	22,1
10°	22,18
11°	22,02

$T_{m\acute{a}x}=22,18$
$T_{m\acute{i}n}=18,67$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=20,39$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras ($n=11$) e $c=1$

$$K = 1 + 3,32 \times \log 11 = 4,46 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$V_i = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,18 - 18,67}{4,46} = 0,79 \quad (2)$$

Tabela 73: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-05

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i . (X _i) ²
18,67	-	19,46	5	19,07	0,45	8,67	363,47	95,33	1817,37
19,47	-	20,26	1	19,87	0,09	1,81	394,62	19,87	394,62
20,27	-	21,06	0	20,67	0,00	0,00	427,04	0,00	0,00
21,07	-	21,86	2	21,47	0,18	3,90	460,75	42,93	921,49
21,87	-	22,66	3	22,27	0,27	6,07	495,73	66,80	1487,19
Σ			11		1,00	20,45	2141,61	224,92	4620,67

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,40 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 20,45 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 20,45 \pm 0,94 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 6,85\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,228. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 2,33 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 224,27$$

$$\bar{X} = 20,39$$

$$T_a = \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{T_{m\acute{e}d}} \times 100 = 17,21 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-05} = \bar{X} \times 1,1 = 22,43 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão SC-06

Tabela 74: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão SC-06

Nº de Ciclos	Min.
1º	18,46
2º	17,92
3º	16,93
4º	17,07
5º	18,5
6º	19,12
7º	19,27
8º	19,87
9º	18,92
10º	20,1
11º	19,45
12º	20,02
13º	18,4

$T_{m\acute{a}x}=20,1$
$T_{m\acute{i}n}=16,93$
$T_{M\acute{e}d\acute{i}o}=18,77$

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=13) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 13 = 4,69 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{20,1 - 16,93}{4,69} = 0,68 \quad (2)$$

Tabela 75: Tabela de Frequência para o Caminhão SC-06

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,93	-	17,61	2	17,27	0,15	2,66	298,25	34,54	596,51
17,62	-	18,3	1	17,96	0,08	1,38	322,56	17,96	322,56
18,31	-	18,99	4	18,65	0,31	5,74	347,82	74,60	1391,29
19	-	19,68	3	19,34	0,23	4,46	374,04	58,02	1122,11
19,69	-	20,37	3	20,03	0,23	4,62	401,20	60,09	1203,60
Σ			13		1,00	18,86	1743,87	245,21	4636,07

Fonte: Confecção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 0,91 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 18,86 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 18,86 \pm 0,55 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 4,83\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,179. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 1,11 \approx 2 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 244,03$$

$$\bar{X} = 18,77$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 16,89 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão SC-06} = \bar{X} \times 1,1 = 20,65 \text{ min}$$

Cálculos para o caminhão Amazonas

Tabela 76: Numero e Tempo de Ciclo do Caminhão Amazonas

Ciclos	Min.
1°	18,37
2°	19,25
3°	17,96
4°	17,85
5°	17,95
6°	19,27
7°	21,95
8°	19,1
9°	19,8
10°	16,98
11°	20,97

$T_{máx}=21,95$
$T_{mín}=16,98$
$T_{Médio}=19,04$

Fonte: Confecção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=11) e c =1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 11 = 4,46 \cong 5$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T \max - T \min}{k} = \frac{21,95 - 16,98}{4,46} = 1,11 \quad (2)$$

Tabela 77: Tabela de Frequência para o Caminhão Amazonas

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,98	-	18,09	4	17,54	0,36	6,38	307,48	70,14	1229,90
18,1	-	19,21	2	18,66	0,18	3,39	348,01	37,31	696,02
19,22	-	20,33	3	19,78	0,27	5,39	391,05	59,33	1173,15
20,34	-	21,45	1	20,90	0,09	1,90	436,60	20,90	436,60
21,46	-	22,57	1	22,02	0,09	2,00	484,66	22,02	484,66
Σ			11		1,00	19,06	1967,80	209,69	4020,34

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,45 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,06 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,06 \pm 0,97 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,61\% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,228. Admitindo-se um erro máximo E= 10%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 2,87 \approx 3 \text{ elementos} \quad (7.1)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 209,45$$

$$\bar{X} = 19,04$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 26,10 \% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão do Caminhão Amazonas} = \bar{X} \times 1,1 = \mathbf{20,94 \text{ min}}$$

Cálculos para a frota de caminhões

Tabela 78: Tabela geral dos tempos de ciclo dos Caminhões; S. Camada-P. de Catação-S. Camada

SC-03	SC-05	SC-06	AMAZ.
18,38	18,87	18,46	18,37
18,2	18,7	17,92	19,25
19,87	19,37	16,93	17,96
20,2	19,08	17,07	17,85
19,77	18,67	18,5	17,95
19,38	21,45	19,12	19,27
22,1	20,03	19,27	21,95
22	21,8	19,87	19,1
19,72	22,1	18,92	19,8
	22,18	20,1	16,98
	22,02	19,45	20,97
		20,02	
		18,4	

Fonte: Confeção própria

Numero de Classes

$$K = c + 3,32 \times \log n \quad (1)$$

onde n = número amostras (n=44) e c = 1

$$K = 1 + 3,32 \times \log 44 = 6,46 \cong 7$$

Valor de Intervalo

$$Vi = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k} = \frac{22,18 - 16,93}{6,46} = 0,81 \quad (2)$$

Tabela 79: Tabela de Frequência para o ciclo S. Camada-P. de Catação-S. Camada

Classes			O _i	X _i	P _i	X _i p _i	(X _i) ²	O _i .X _i	O _i .(X _i) ²
16,93	-	17,74	3	17,34	0,07	1,18	300,50	52,01	901,51
17,75	-	18,56	10	18,16	0,23	4,13	329,60	181,55	3296,04
18,57	-	19,38	12	18,98	0,27	5,18	360,05	227,70	4320,61
19,39	-	20,2	10	19,80	0,23	4,50	391,84	197,95	3918,42
20,21	-	21,02	1	20,62	0,02	0,47	424,98	20,62	424,98
21,03	-	21,84	2	21,44	0,05	0,97	459,46	42,87	918,92
21,85	-	22,66	6	22,26	0,14	3,03	495,29	133,53	2971,71
Σ			44		1,00	19,46	2761,72	856,22	16752,18

Fonte: Confeção própria

Desvio Padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k O_i \cdot X_i}{n} \right)^2} = 1,43 \quad (3)$$

Média

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot p_i = 19,46 \text{min} \quad (4)$$

Intervalo da Média da População

$$\mu = \bar{m} \pm t \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cong 19,46 \pm 0,43 \text{ min} \quad (5)$$

Coefficiente de Variação

$$C_v = \frac{s}{m} \cdot 100 = 7,35 \% \quad (6)$$

Tamanho mínimo da amostra

Para n-1 grau de liberdade, e 95% de confiabilidade, têm-se t = 2,0154. Admitindo-se um erro máximo E= 2,5%.

$$N = \left(\frac{t \cdot C_v}{E} \right)^2 = 35,11 \approx 36 \text{ elementos} \quad (7.2)$$

Tempo Normal

$$\Sigma = 857,37$$

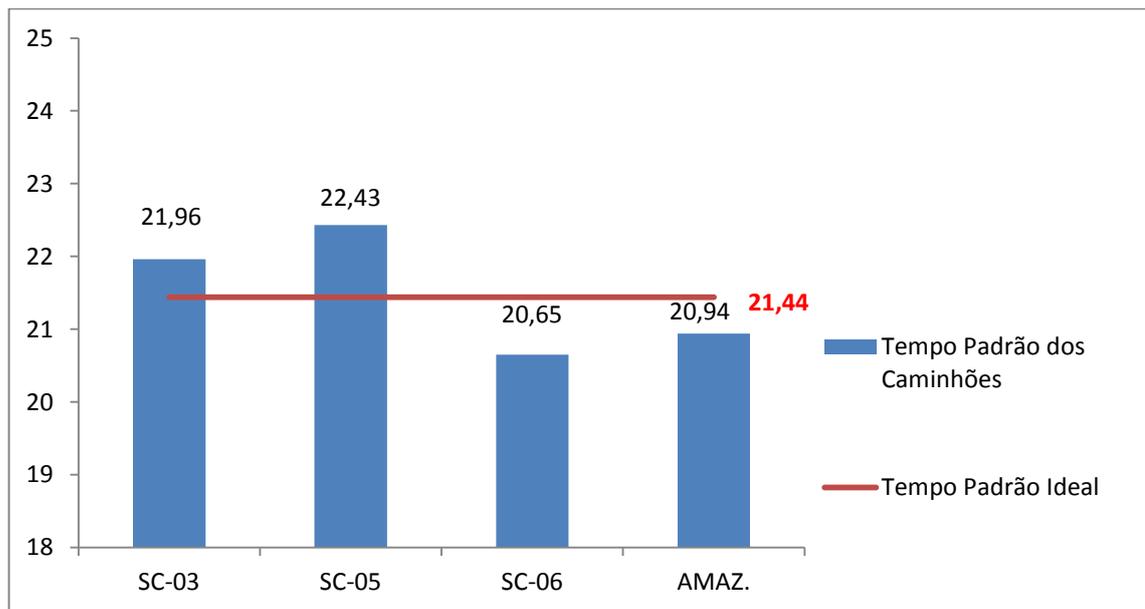
$$\bar{X} = 19,49$$

$$T_a = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{T_{méd}} \times 100 = 26,94\% \quad (8)$$

Como $T_a < 40\%$, o Tempo Padrão é igual a media aritmética multiplicada por 1,1:

$$\text{Tempo Padrão dos Caminhões} = \bar{X} \times 1,1 = 21,44 \text{ min}$$

Gráfico 8: Tempo padrão x Tempo ideal da frota (S. Camada-P. de Catação-S. Camada)



Fonte: Confeção própria

Assim como todos os outros gráficos de tempo padrão esse também não foge a regra, mostra pouca variação dos tempos dos caminhões com relação ao tempo padrão ideal. Porém, só através da carta de controle é possível saber se os resultados estão ou não sob controle.

Cartas de controle dos caminhões com origem na Segunda Camada e destino Pátio de Catação

Determinando-se a população de elementos por grupo:

$$n_g = 2 + \frac{C_v(\%)}{10} = 2,74 \cong 3 \text{ elementos por grupo.} \quad (9)$$

O coeficiente de variação encontrado foi de 7,35%, onde está abaixo de 20% que implica num $K_g \geq 25$.

Tabela 80: Números aleatórios de tempo para todos os caminhões no ciclo S. Camada-P. de Catação-S.

Camada						
GRUPOS	x ₁	x ₂	x ₃	Média dos Grupos	Amplitude	$(\bar{x}_i - \mu)^2$
1	17,88	20,97	18,87	19,24	0,32	0,10
2	18,46	20,71	18,37	19,18	0,38	0,15
3	18,82	19,87	20,7	19,80	0,23	0,05
4	18,2	19,72	18,7	18,87	0,69	0,47
5	18,17	17,92	20,32	18,80	0,76	0,58
6	20,2	17,27	16,93	18,13	1,43	2,04
7	20,52	19,77	21,28	20,52	0,96	0,92
8	17,07	21,84	19,25	19,39	0,18	0,03
9	17,47	19,38	18,38	18,41	1,15	1,33
10	18,5	20,96	17,96	19,14	0,42	0,18
11	18,82	19,37	21,28	19,82	0,26	0,07
12	17,85	18,45	19,12	18,47	1,09	1,19
13	19,25	20,71	19,08	19,68	0,12	0,01
14	18,67	21,68	17,95	19,43	0,13	0,02
15	20,17	19,27	21,29	20,24	0,68	0,46
16	21,21	21,45	19,83	20,83	1,27	1,61
17	19,87	17,53	19,27	18,89	0,67	0,45
18	18,92	20,62	20,03	19,86	0,29	0,09
19	19,72	19,67	21,95	20,45	0,88	0,78
20	17,64	18,49	21,8	19,31	0,25	0,06
21	20,1	17,48	19,1	18,89	0,67	0,45
22	19,45	18,41	22,1	19,99	0,42	0,18
23	21,63	22	19,8	21,14	1,58	2,50
24	22,18	16,98	20,02	19,73	0,16	0,03
25	22,02	18,4	22,1	20,84	1,28	1,63
			Σ	489,06	X	15,38
			Méd. Geral	19,56	X	0,62

Fonte: Confeção própria

Determinação da variância média (σ_x^-):

$$\sigma_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K_g} (\bar{x}_i - \mu)^2}{K_g}} = 0,79$$

(10)

Determinação do desvio padrão da população:

$$\sigma = \sigma_x \sqrt{n} = 1,37 \quad (11)$$

Média amostral:

$$\mu = 19,56 \text{min.}$$

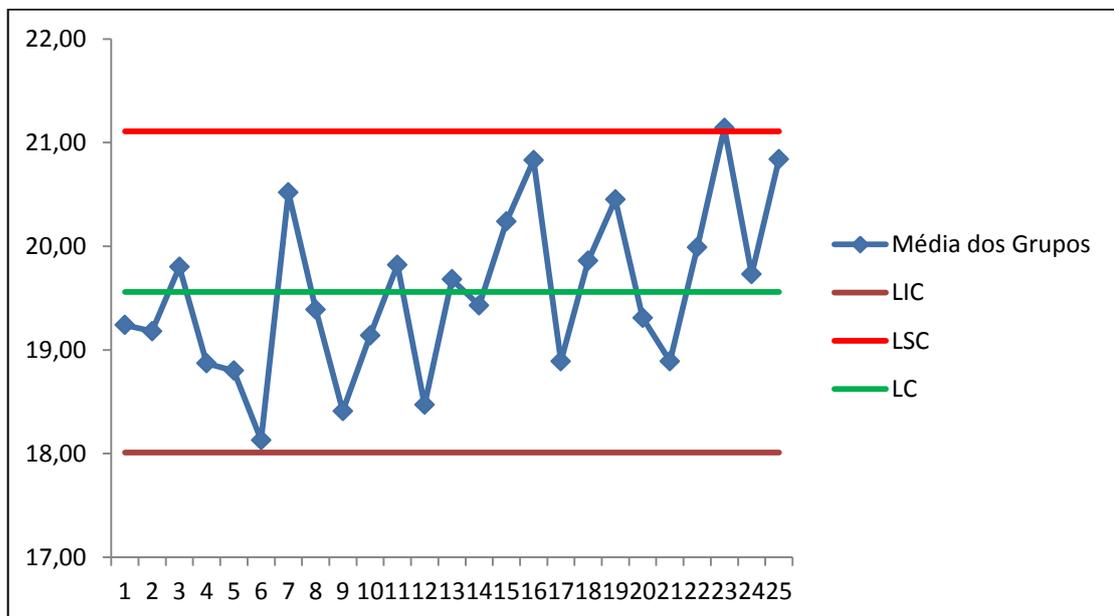
Determinação dos limites de controle:

$t=1,96$ (t de Student para 95% de confiabilidade)

$$\text{Limite Inferior de Controle (L.I.C.)} = \mu - 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) = 18,01 \quad (12)$$

$$\text{Limite Superior de Controle (L.S.C.)} = \mu + 1,96x (\mu / n_g^{1/2}) = 21,11 \quad (13)$$

Gráfico 9: Carta de controle dos caminhões no trajeto do Bueiro até o Pátio de Catação

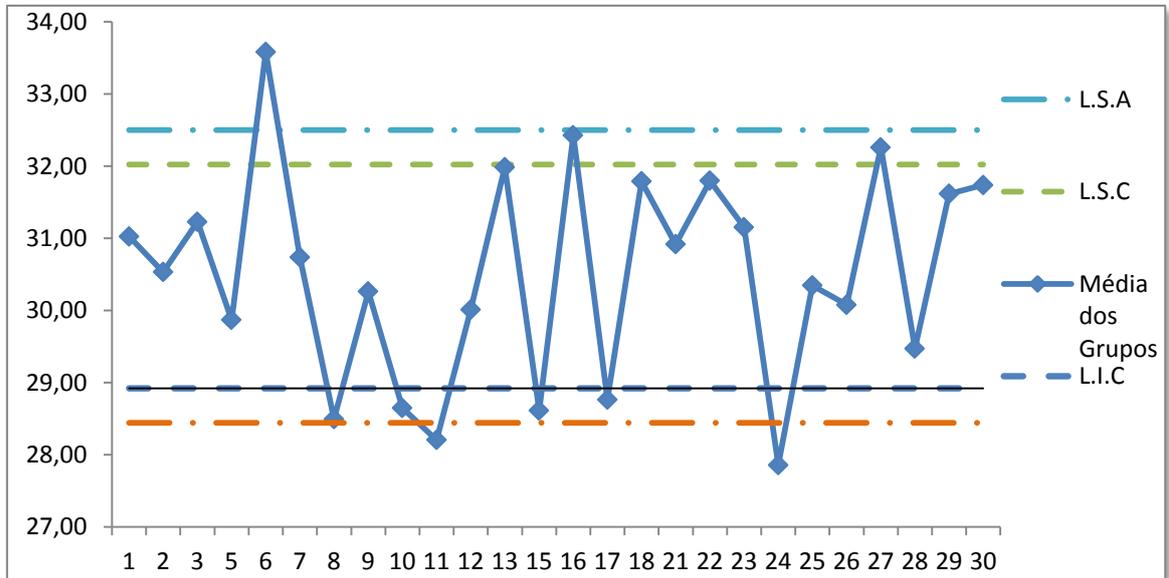


Fonte: Confeção própria

A falta de flutuação dos pontos com relação a media, somada ao 23º ponto que ultrapassa a linha superior de controle, acaba por configurar uma carta fora de controle.

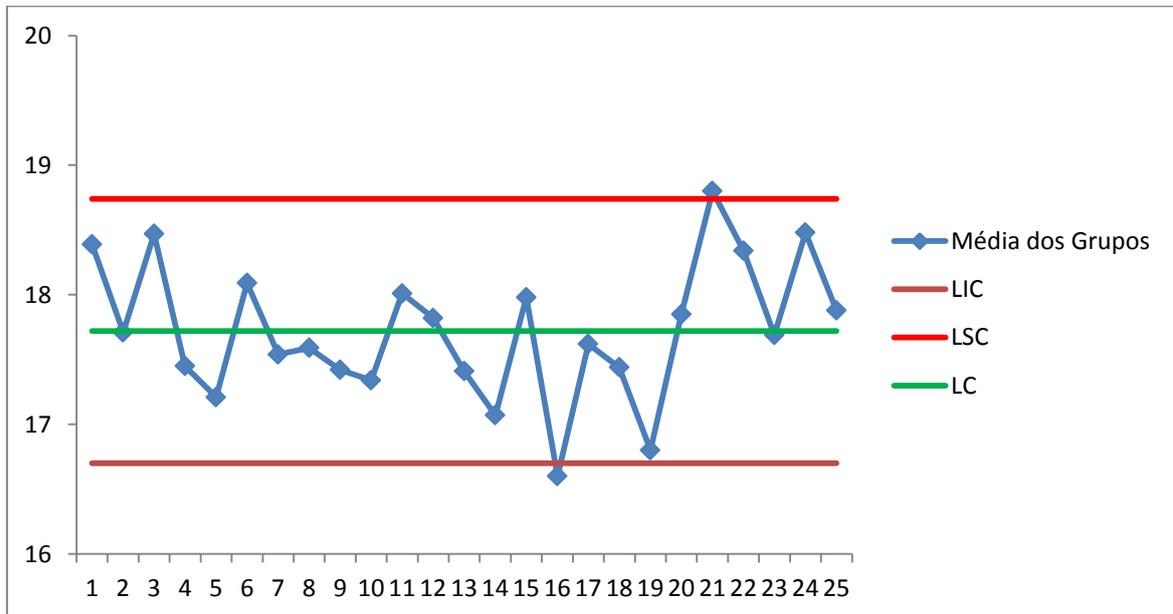
6.2 Comparação Entre uma Carta de Controle Atual com uma Carta de Controle do Último Levantamento Realizado em 2008

Gráfico 10: Carta de controle do levantamento realizado em 2008



Fonte: Informações internas da Ferbasa

Gráfico 11: Carta de controle do levantamento atual



Fonte: Projeto de estágio de Alexandre Cortez Filho/2014

A partir da análise das informações dos gráficos anteriores, pode se concluir que existem enormes diferenças entre o comportamento deles. Primeiramente, 9 pontos do

primeiro gráfico ultrapassam as LC's enquanto apenas 2 ultrapassam os limites no levantamento atual, ou seja, o primeiro apresenta uma anomalia ainda maior dos tempos, configurando uma carta totalmente fora de controle.

Apesar do levantamento atual também apresentar dificuldades para o ciclo, os resultados foram melhores, proporcionando tempos com distribuição mais homogênea.

Com base nesses resultados o setor de transporte foi beneficiado, o que propiciou uma maior eficiência na atividade com uma frota de caminhões menor e mais moderna do que há de anos anteriores, sabendo, entretanto, que ainda tem muito a se fazer para a obtenção de resultados melhores.

6.3 Indicadores do Levantamento

A partir do levantamento geral dos dados, desenvolveu-se a tabela a seguir:

Tabela 81: Indicadores do Levantamento Para a Frota

Ciclo	Tempo Padrão Ideal de Cada Ciclo (min)	Distancia Média Percorrida nos Ciclos (Km)	Velocidade Média aproximada (km/h)	Nº de Ciclos por Hora da frota
Bueiro-DCE-Bueiro	21,35	3,46	10	2,81
Bueiro-Pedrinhas-Bueiro	21,55	5,38	15	2,78
Bueiro-P. de Catação-Bueiro	19,49	3,14	10	3,08
S. Camada-Pedrinhas-S. Camada	23,72	5,2	13	2,53
S. Camada-P. de Catação- S. Camada	21,44	3,24	9	2,80

Fonte: Confeção própria

Tabela 82: Indicadores do Levantamento Para os Caminhões Scania

Ciclo	Tempo Normal de Ciclo (min) – Tempo Médio de Carregamento dos Scania (3,5 min)	Nº Ótimo de Caminhões Scania por Equipamento de Carregamento
Bueiro-DCE-Bueiro	15,99	4 a 5
Bueiro-Pedrinhas-Bueiro	16,10	4 a 5
Bueiro-P. de Catação-Bueiro	14,17	4
S. Camada-Pedrinhas-S. Camada	18,06	5
S. Camada-P. de Catação- S. Camada	15,99	4 a 5

Fonte: Confeção própria

O calculo para produção media relativa ao ciclo, representada na 5ª coluna, segue logo abaixo:

Obs: Para os respectivos cálculos respeitaram-se os seguintes indicadores da frota de caminhões:

- Utilização;
- Produtividade;
- Rendimento Operacional e,
- Disponibilidade

Ciclos por Hora = $\frac{60 \text{ minutos hora}}{\text{Tempo de ciclo}}$

$$\text{Ciclos por Hora (Bueiro-DCE-Bueiro)} = \frac{60}{21,35} = 2,81$$

$$\text{Ciclos por Hora (Bueiro-Pedrinhas-Bueiro)} = \frac{60}{21,55} = 2,78$$

$$\text{Ciclos por Hora (Bueiro-P. de Catação-Bueiro)} = \frac{60}{19,44} = 3,08$$

$$\text{Ciclos por Hora (S. Camada-Pedrinhas-S. Camada)} = \frac{60}{23,72} = 2,53$$

$$\text{Ciclos por Hora (S. Camada-P. de Catação-S. Camada)} = \frac{60}{21,44} = 2,80$$

A partir dos dados acima, realizou-se uma media aritmética dos valores que representam os ciclos por hora, com o objetivo de produzir um valor de ciclo único que seja representativo para a atividade.

$$\text{Nº de Ciclo Médio por Hora} = \frac{2,81 + 2,78 + 3,08 + 2,53 + 2,8}{5} = \mathbf{2,80}$$

Para o calculo do numero ótimo de caminhões Scania por equipamento de carregamento, utilizou-se a seguinte formula:

$$\text{Nº Ótimo} = \frac{(\text{Tempo normal do ciclo} - \text{Tempo de carregamento (3,5 min.)})}{\text{Tempo de carregamento (3,5 min)}}$$

Obs1: (Tempo de ciclo-Tempo de carregamento) estão representados na 2ª coluna da tabela 82;

Obs2: O numero ótimo de caminhões está representado na 3ª coluna da tabela 82.

Obs3: Equipamentos de carregamento: escavadeira Hyundai 360-LC 7ª e escavadeira Volvo EC-460 BLC.

Calculo de Produtividade

Para o calculo da produtividade, utilizou-se o numero de ciclo médio por hora, o qual juntamente, com as cargas nominais dos caminhões Scania (36 t.).

➤ Produtividade=2,8x36=**100,8ton/h**

- 70% do material transportado é estéril;
- 25% do material transportado é minério compacto e,
- 5% do material transportado é de minério tipo Lump

As densidades dos materiais são respectivamente: 2t/m³, 2,4t/m³ e 3,2t/m.³

Logo:

0,7x100,8=70,56 t. de estéril/h

0,25x100,8=25,2 t. de minério compacto/h

0,05x100,8= 5,04 t. de minério tipo Lump/h

Em metros cúbicos os valores são respectivamente:

V estéril= 35,28m³/h

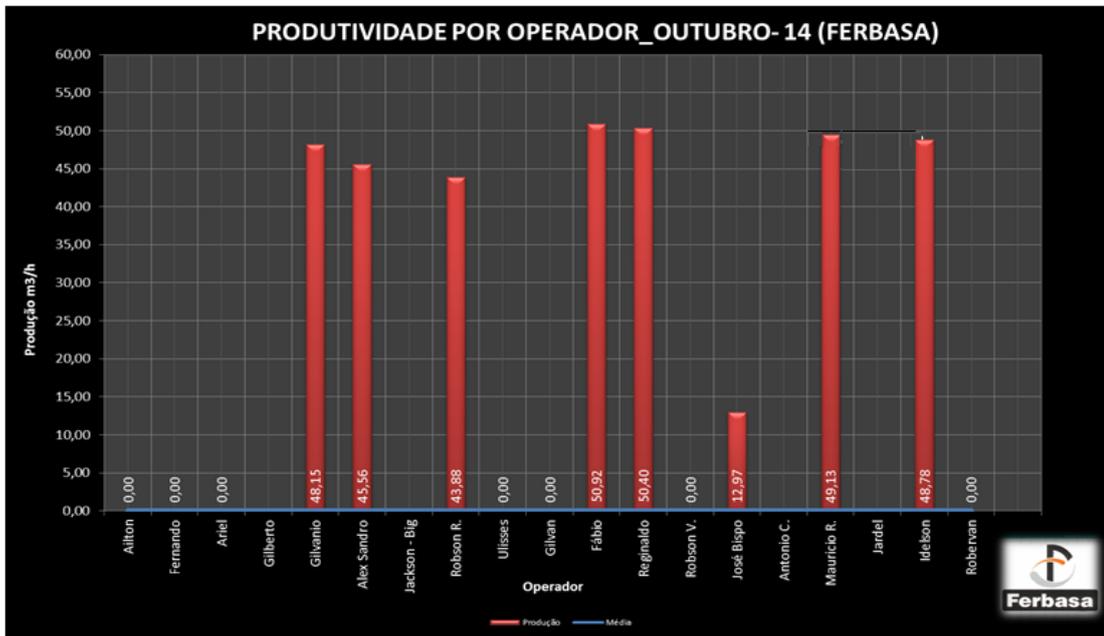
V compacto= 10,5m³/h

V Lump= 1,58m³/h

Vtotal/h= 47,36m³/h

Abaixo está o gráfico de produção do mês de outubro para confrontar com o volume médio encontrado de 47,36m³/h.

Gráfico 12: Produtividade do setor de transporte no mês de outubro



Fonte: Ferbasa

O gráfico acima mostra a produção individual de cada caminhão. As 7 colunas maiores representam a produção da frota de Scania e a menor representando a produção de um RK.

A partir dos dados fornecidos, produziu-se uma média aritmética em cima dos valores da frota dos Scania, chegando a um resultado de 48,12m³/h. Logo, a diferença entre o valor encontrado no levantamento estatístico (47,36m³/h) e o fornecidos pela empresa (48,12m³/h) é de 1,58%. Com essa diferença mínima concluiu-se que os resultados encontrados são representativos.

6.4 Levantamento Das Vias de Acesso

6.4.1 Características Dos Trajetos Com Origem Na Região do Bueiro

A via que leva ao Bueiro é de fácil acesso e bem sinalizada; não apresenta rampas de grandes inclinações, porém, possui um trecho onde há um estrangulamento na via, e nas regiões das frentes de serviço há a presença de pisos irregulares. Esses fatores proporcionam perda de tempo na atividade de transporte e aumenta o desgaste mecânico.



Figura 6: Estrangulamento no acesso do Bueiro

Fonte: Confeção própria

6.4.1.1 Trajeto com origem no Bueiro e destino DCE-W

O percurso do Bueiro até o DCE-W apresenta rampas com greides dentro dos padrões de aceitação, não ultrapassando os 12%, porém, é importante salientar que uma das rampas é extensa, possuindo aproximadamente 600m de comprimento.

Os caminhões por sua vez, sobem carregados e descem descarregados pelas vias, o que ocasiona um aumento considerável nos tempos de ciclo e consumo de combustível.



Figura 7: Rampa de acesso com extensão de 600m até o DCE-W

Fonte: Confeção própria

Tabela 83: Aspectos Gerais do Percurso do Bueiro até o DCE-W

Distancia média percorrida no ciclo	3,46 km
Material transportado	Estéril Detonado
Seções da cava e cota onde ocorreu a lavra	9S até L-15, 625 metros

Fonte: Confeção própria



Figura 8: Imagem de satélite do trajeto do Bueiro até o DCE-W

Fonte: Confeção própria

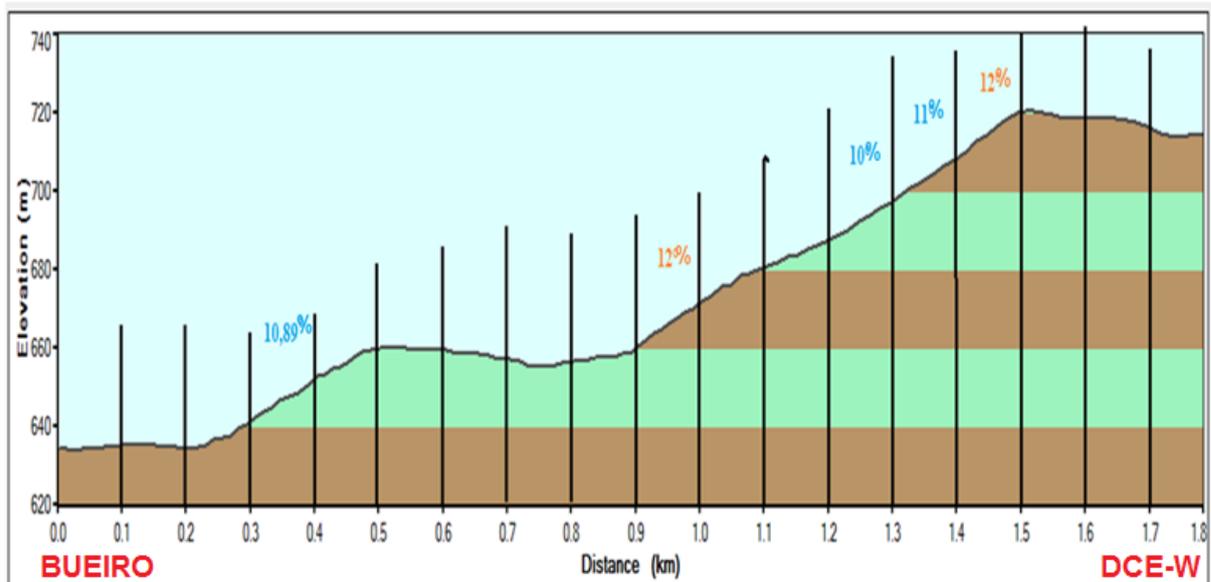


Figura 9: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%

Fonte: Confeção própria

6.4.1.2 Trajeto com Origem no Bueiro e Destino Pedrinhas

O percurso do Bueiro até Pedrinhas é o mais longo entre os trajetos iniciados no Bueiro, apresentando rampas de pouca inclinação, não ultrapassando greides de 11%. Todo o trajeto possui dois pontos de estrangulamento, o primeiro, que se encontra na própria cava, gerando espera de caminhões de 25 a 30 segundos e o segundo, localizado próximo ao Pátio de Catação, porem, sem apresentar dificuldades para a atividade de transporte. Abaixo, a figura mostra o estrangulamento no trajeto até Pedrinhas.



Figura 10: Estrangulamento da via de acesso no percurso até Pedrinhas

Fonte: Confecção própria

Tabela 84: Aspectos Gerais do Percurso do Bueiro até Pedrinhas

Distancia média percorrida no ciclo	5,38 km
Material transportado	Minério Compacto
Seções da cava e cota onde ocorreu a lavra	9S até L-15, 625 metros

Fonte: Confecção própria



Figura 11: Imagem de satélite do trajeto do Bueiro até Pedrinhas

Fonte: Confeção própria

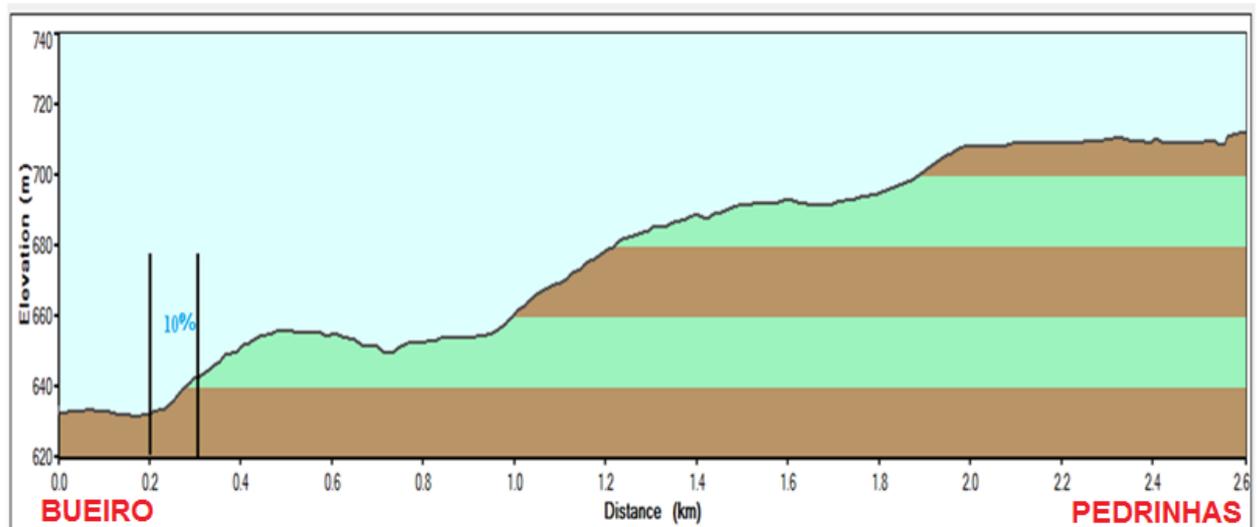


Figura 12: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%

Fonte: Confeção própria

6.4.1.3 Trajeto com Origem no Bueiro e Destino Pátio de Catação

Tal percurso é o menor com origem na região do Bueiro proporcionando os tempos de ciclo mais curtos. As rampas do percurso apresentam greides de no máximo 11%, o que é satisfatório, entretanto, há o estrangulamento de acesso na região da cava e irregularidades no piso do pátio, ocasionando uma perda de tempo na atividade de transporte e um maior desgaste mecânico dos veículos.

Tabela 85: Aspectos Gerais do Percurso do Bueiro até o Pátio de Catação

Distancia média percorrida no ciclo	3,14 km
Material transportado	Minério tipo Lump
Seções da cava e cota onde ocorreu a lavra	9S até L-15, 625 metros

Fonte: Dados obtidos em campo



Figura 13: Imagem de satélite do trajeto do Bueiro até Pátio de Catação

Fonte: Confeção própria

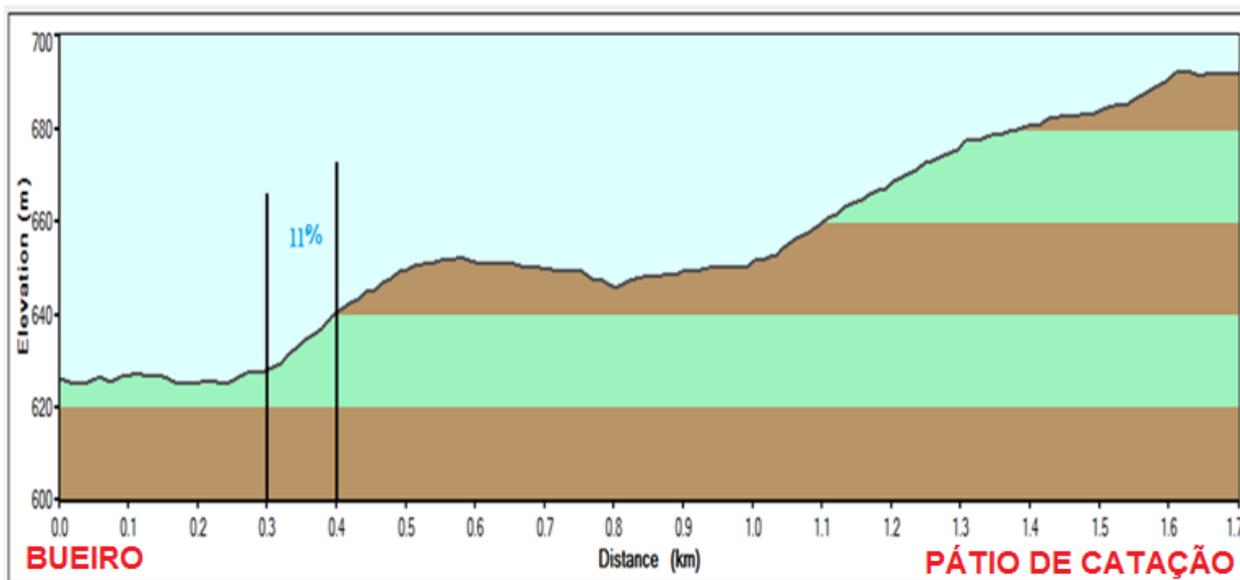


Figura 14: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%

Fonte: Confeção própria

6.4.2 Características Dos Trajetos Com Origem Na Região da Segunda Camada

A via de acesso até a Segunda Camada apresenta rampas acentuadas com greides que podem atingir 16%, além de apresentar estrangulamentos na via, traçado com mão inglesa e pisos irregulares.

Os veículos de transporte sobem carregados pelas vias de acesso, o que termina acarretando em um menor rendimento dos mesmos, proporcionando um tempo de ciclo, um desgaste mecânico e um consumo de combustível maior.

Os caminhões RK's são os que mais sofrem com esses fatores por serem os mais antigos da frota, demonstrando os menores desempenhos mecânicos. Vão até a Segunda Camada em raras exceções, somente em casos onde há matacos.

Devido à pequena quantidade de estéril transportado da Segunda Camada, as informações sobre o percurso e sobre o tempo de ciclo dos caminhões até o DCE-W foram descartadas.

Logo abaixo, seguem duas figuras que mostram as dificuldades existentes no acesso até a Segunda Camada:

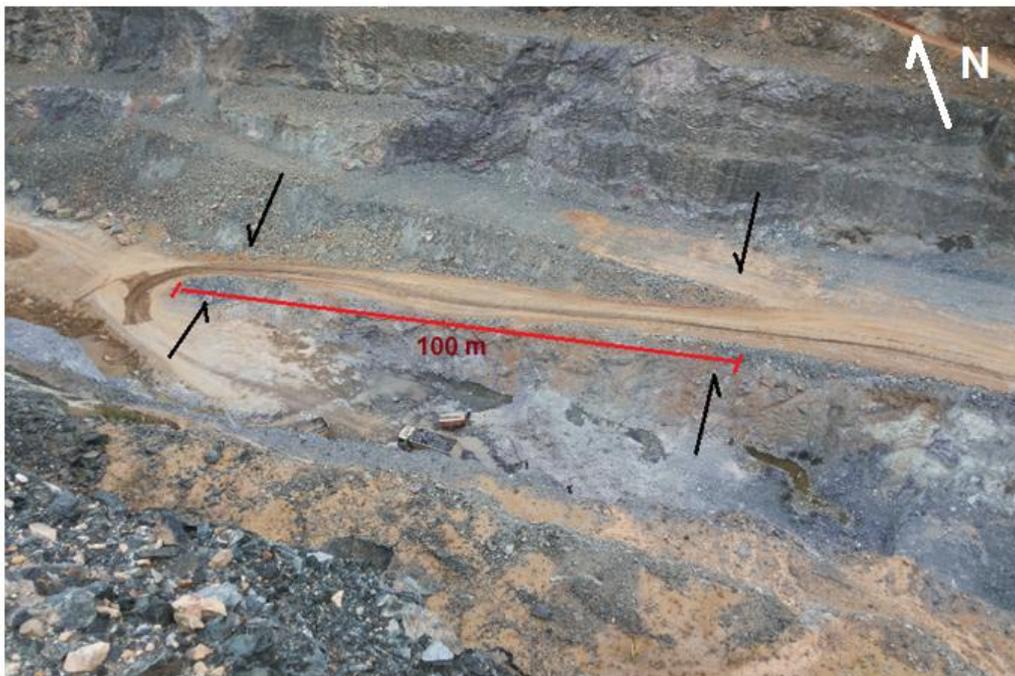


Figura 15: Rampa apresentando estrangulamento

Fonte: Confecção própria



Figura 16: Via com presença de estrangulamento e mão inglesa

Fonte: Confeção própria

6.4.2.1 Trajeto Com Origem Na Segunda Camada E Destino Pedrinhas

O percurso até Pedrinhas é o mais longo e apresenta poucas rampas após sair da Segunda Camada. Possui um trecho que apresenta estrangulamento, porém, não proporciona dificuldades aos veículos de transporte. De fato, os problemas encontrados em todo percurso se resumem ao conjunto de dificuldades encontradas na região Segunda Camada.

Tabela 86: Aspectos Gerais do Percurso da Segunda Camada até Pedrinhas

Distancia média percorrida no ciclo	5,2 km
Material transportado	Minério tipo Compacto
Seções da cava e cota onde ocorreu a lavra	Seções L-22 a L-24, 581 metros

Fonte: Confeção própria



Figura 17: Imagem de satélite do trajeto da Segunda Camada até Pedrinhas

Fonte: Confeção própria

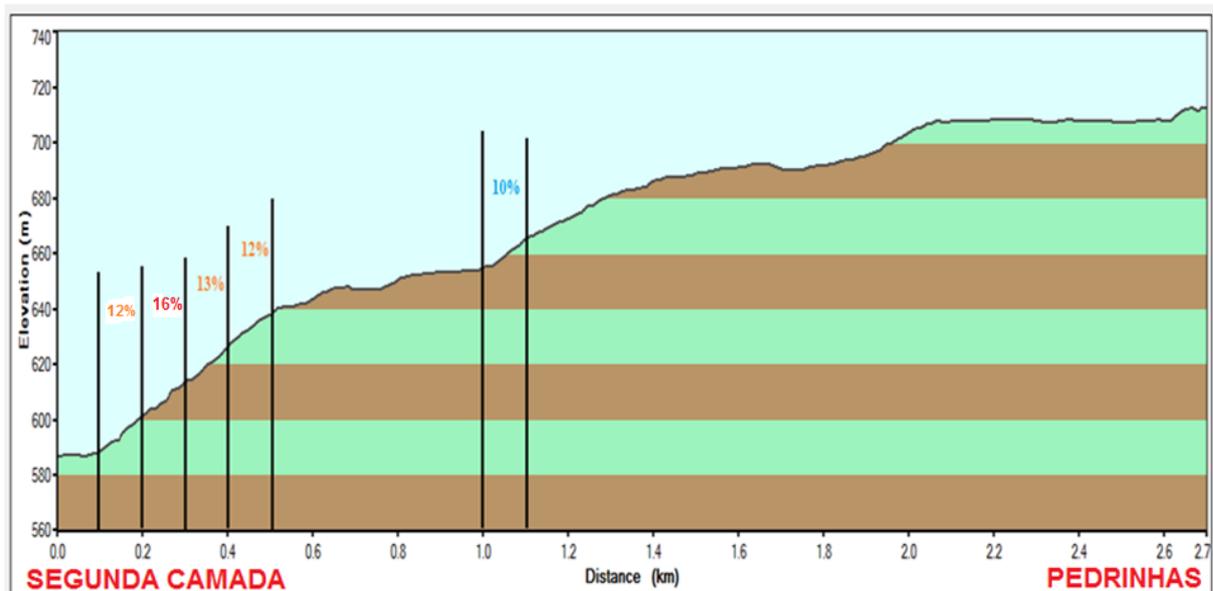


Figura 18: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%

Fonte: Confeção própria

6.4.2.2 Trajeto com origem na Segunda Camada e destino Pátio de Catação

O percurso até o Pátio de Catação é o mais curto a partir da Segunda Camada, possibilitando aos caminhões a realização dos ciclos em tempos menores. As dificuldades encontradas nesse trajeto são: os greides das rampas e os estreitamentos das vias na região da Segunda Camada e irregularidades no piso do Pátio.

Tabela 87: Aspectos Gerais do Percurso da Segunda Camada até o Pátio de Catação

Distancia média percorrida no ciclo	3,24 km
Material transportado	Minério tipo Lump
Seções da cava e cota onde ocorreu a lavra	Seções L-22 a L-24, 581 metros

Fonte: Confeção própria



Figura 19: Imagem de satélite do trajeto da Segunda Camada até Pátio de Catação

Fonte: Confeção própria

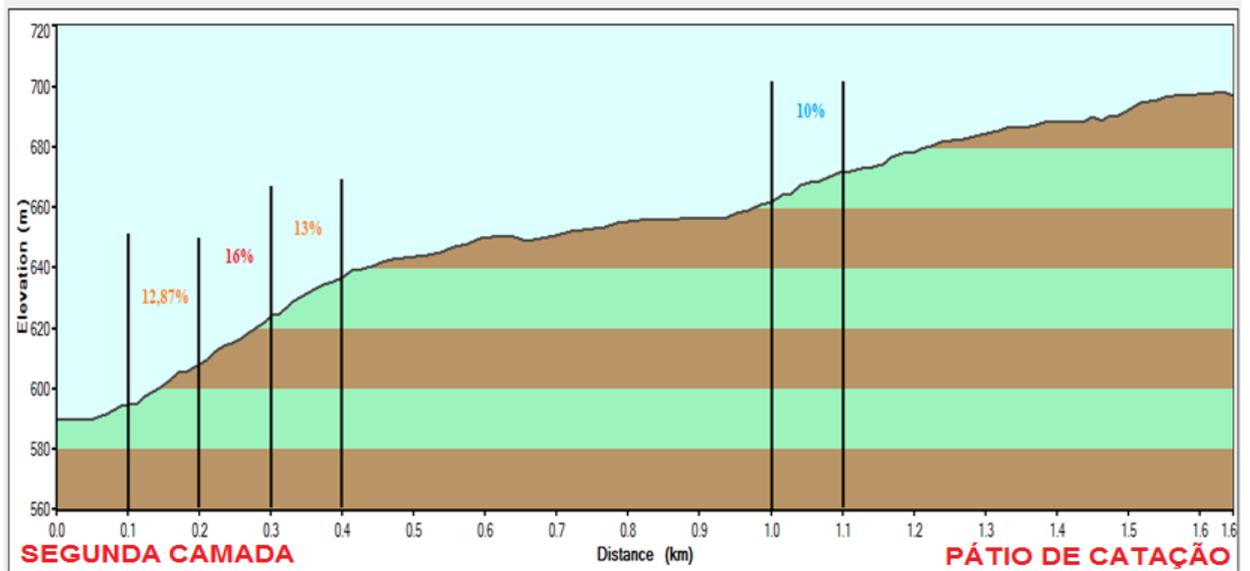


Figura 20: Perfil do trajeto destacando greides acima de 10%

Fonte: Confeção própria

6.5 Otimização Operacional

6.5.1 Principais Dificuldades Encontradas Nas Operações De Carregamento e Transporte:

- Atrasos diários no início do turno que podem chegar até 30 min, correspondendo a uma viagem a menos por caminhão;
- Antes do horário de almoço e antes do fim do turno os motoristas diminuem o ritmo da atividade havendo uma perda aproximada de 30 min, o que representa pelo menos 2 viagens a menos por dia para cada caminhão;
- Menor disponibilidade mecânica da escavadeira Volvo;
- Menor eficiência na atividade da escavadeira Volvo, ocasionando uma perda de aproximadamente 4 carregamentos por hora devido a ausência do coroamento de concha. Durante um dia de trabalho pode haver uma perda de mais de 25 carregamentos, o que equivale a uma media de 900 toneladas.
- Escavadeiras trabalhando em cima de pilhas de material abaixo de 1,5 metros e com uma distância dos caminhões maior que o alcance ideal de seu braço, o que proporciona uma má distribuição da carga, além, de uma menor quantidade de material depositado nas caçambas dos caminhões.



Figura 21: Pilha de tamanho ideal com altura acima de 1,5 m

Fonte: Confecção própria

- Carregamentos abaixo da média aceitável;



Figura 22: Diferença na distribuição de carga

Fonte: Confeção própria

Tabela 88: Pesagem de Caminhões

Mês	Pesagem média dos caminhões Scania (ton.)	Material
Outubro	29,91	Minério tipo <i>Lump</i>
Novembro	35,37	Minério tipo <i>Lump</i>

Fonte: Confeção própria

- As escavadeiras apresentam mangueiras estouradas em plena atividade. Para fazer o reparo, é necessário uma paralização que dura entre 30 minutos e uma hora. Esse problema ocasiona uma perda mínima de 7 carregamentos. Em certos momentos durante o levantamento de dados, essas paralizações ocorriam diariamente;
- Os caminhões RK's trabalham de forma limitada, e vão até a Segunda Camada pouquíssimas vezes, somente nos casos para transportar matacos.
- Falta de manutenção preventiva e preditiva e dificuldade na reposição de peças, o que afeta o desempenho da frota de veículos, provocando demora prolongada na oficina;
- Fatores relacionados aos trajetos percorridos, como: greides acima de 12%, estrangulamento nos acessos, mão inglesa e pisos irregulares. Esses fatores ocorrem principalmente na região da Segunda Camada e,
- O fator pessoal.

Obs: Somadas as dificuldades da escavadeira Volvo e as perdas de tempo na atividade de transporte, o resultado pode alcançar um valor acima de 30.000 toneladas de produto a menos por mês, o que corresponde a aproximadamente 25% da produção atual.

6.5.2 Possíveis Soluções

- Planejamento nos horários da atividade. Uma solução pode ser a chegada dos encarregados e operadores de escavadeira 30 minutos antes das 7:00 hrs., o que evitaria as perdas de tempo na atividade como um todo;
- Implantação de balanças embarcadas nas caçambas dos caminhões para evitar cargas abaixo da média padrão;
- Aplicação de ferramentas para controle de frota. A Garmin por exemplo, possui um sistema de monitoramento e rastreamento de frotas disponível atualmente no mercado. Ele poderia ser implantado na Ferbasa a nível de teste a princípio; fornecendo informações sobre: localização de veículo; velocidade e direção; distância percorrida; tensão na bateria e temperatura do motor; temperatura do compartimento de carga; tempo percorrido; nível de combustível; tempo parado; número de paradas; acesso ao compartimento de carga, além de outras informações. Com certeza, a implantação desse sistema abriria novas fronteiras ao setor de transporte na mina Pedrinhas;
- Agilizar através de um planejamento o fornecimento de peças para os equipamentos;
- Aplicação de manutenção preventiva e preditiva, o que proporcionaria uma maior eficiência mecânica dos veículos de carregamento e transporte;
- Alterações nos trajetos percorridos, melhorando os greides das rampas, os estrangulamentos das vias e os pisos irregulares e,
- Uma outra opção seria a substituição das escavadeiras atuais por outras maiores, com volume de concha variando de 3,5 a 5,5m³, onde seria necessário de três a cinco passadas para o carregamento dos veículos de transporte, proporcionando uma maior velocidade na atividade e uma maior produção. Porém, seria necessário um redimensionamento de frota e um investimento alto para essa mudança.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os resultados obtidos através do levantamento estatístico pelo método *t* de Student foram satisfatórios, pois, mostraram a real situação da atividade de ciclo de caminhões na mina Pedrinhas. Os valores dos tempos padrões dos caminhões revelaram uma variação que dificultava um melhor sincronismo dos ciclos de caminhões, diagnosticando: a formação de filas de espera para carregamento e tempo ocioso para as escavadeiras. O estudo do CEP também diagnosticou a falta de padronização e homogeneidade dos tempos, caracterizando os resultados das cartas como sendo fora de controle pois, geralmente, apresentavam:

- 2 de 3 pontos consecutivos próximos as LIC's;
- Pontos passando as linhas de controle;
- Gráfico com disposição dos pontos semelhante aos gráficos do modelo *mistura e*,
- Falta de flutuação das medias dos grupos com relação às medias.

Outros fatores negativos que merecem atenção e afetam diretamente a produção são: menor eficiência de trabalho da escavadeira Volvo, perdas de tempo na atividade de transporte antes dos horários de almoço e fim de turno e atrasos no início do turno.

Apesar das dificuldades citadas, o estudo revelou ser preciso quando confrontado com os dados da empresa, obtendo um diferença de 1,58% com relação a produção mensal da frota dos Scania, proporcionando segurança nos resultados.

Com as aplicações de balanças embarcadas nos caminhões, sistema de rastreamento e monitoramento de frota, planejamento dos horários no inicio de turno e urgente troca do equipamento de carregamento (a escavadeira Volvo) pode resolver ou minimizar grande parte dos problemas encontrados podendo aumentar a produção em pelo menos 25%. Ou seja, ações que viriam para inovar e otimizar de forma nunca vista todo o processo de transporte e carregamento na mina Pedrinhas.

REFERÊNCIAS

A tecnologia da escavadeira hidráulica Cat[®] oferece forças de escavação elevadas e maior produtividade. **Escavadeiras hidráulicas:** Site da empresa Caterpillar. Disponível em: <<https://mining.cat.com/cda/layout?m=435122&x=12>>. Acesso em: 11/12/14;

Anotações de estágio referente às atividades de carregamento e transporte de lavra/CORTEZ, ALEXANDRE FILHO. **Anotações das atividades de estágio.** Cia. de Ferro Ligas da Bahia-Ferbasa-; Campo Formoso – BA, Julho 2014/ Janeiro 2015;

BALBYS MOURA, VITOR. **Análise e dimensionamento dos ciclos dos equipamentos de carregamento e transporte da mina 66.** TCC-UFBA. Salvador/2011;

BATISTA CÂMARA, ROBERTO JOSÉ. **Estudo do ciclo e consumo de combustível dos caminhões fora de estrada da mina Coitezeiro.** TCC-UFBA. Campo Formoso-BA, jan/2001;

Calculando o tempo de ciclo. **Tempo de ciclo para equipamentos.** Site do ebprojetos. Disponível em: <<http://www.ebprojetos.com.br/resources/C%C3%A1lculo%20do%20Tempo%20de%20ciclo%20para%20equipamentos.pdf>>. Acesso em: 15/12/14;

Cia. de Ferro Ligas da Bahia –Ferbasa-. **Informações e arquivos internos da Ferbasa, disponibilizados para a realização do projeto de graduação.** Julho 2014/ Janeiro 2015;

Controle estatístico/TUBINO, REJANE. **Controle estatístico, manutenção e confiabilidade de processos.** UFRGS, 2013. Disponível em: <http://www.satc.edu.br/mestrado/qualidade/aula4_cartas_de_controle_2013.pdf>. Acesso em: 15/12/2014;

COSTA E SILVA, VALDIR. **Apostila de Carregamento e Transporte de Rochas.** Escola de Minas-UFOP. Dezembro/1999;

Cuidados e aprimoramentos no manuseio dos equipamentos no carregamento aumentam a produtividade na lavra. **Que tal ganhar 5% todo dia na mina? No final do mês, essa conta pode surpreender.** Revista digital Minério e Minerais, 08/01/14. Disponível em: http://www.revistaminerios.com.br/Publicacoes/5008/Que_tal_ganhar_5_todo_dia_na_mina_No_final_do_mes_essa_conta_pode_surpreender.aspx. Acesso em: 18/12/14;

Estudo estatístico/ALMAS, FÁBIO. **Implementação de controle estatístico de processo em uma usina têxtil.** Dissertação de Pós-graduação. Itajubá-MG, 2003. Disponível em: <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0031144.pdf>. Acesso em: 05/01/2015;

Pás carregadeiras/TAGLIAFERRI, PAULO. **Dicas operação-pás carregadeiras.** Disponível em: <http://www.operation.com.br/blog?q=%20dicas%20opera%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 05/08/14. Acesso em: 10/12/2014;

SOAVE, FÁBIO. Caminhão com caçamba embarcada Rossetti. **Balança contra a falsa produtividade.** REVISTA Minérios e Minerais – N°364 SETEMBRO/2014, pág. 49;

Soluções de rastreamento e navegação para frotas. **Gerenciamento de frota.** Site da Garmin. Disponível em: http://www.garmin.com/br/products/on_the_road/fmi/?utm_source=google&utm_medium=pc&utm_campaign=frota_menu. Acesso em: 01/12/2014;

Tabela estatística. **Tabela t de Student:** Disponível em: http://cms.dm.uba.ar/academico/materias/verano2014/probabilidades_y_estadistica_C/tabla_tstudent.pdf Acesso em: 28/11/14.