

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Julião Soares de Souza Lima e aprovada pela Comissão Julgadora em 09 de dezembro de 1991. Campinas, 20 de março de 1992.

[Assinatura]
Presidente da Banca

AValiação DO RENDIMENTO GLOBAL DE UM TRATOR EM UM TIPO DE
SOLO AGRÍCOLA

JULIÃO SOARES DE SOUZA LIMA π 609

PUBLICAÇÃO

FEAGRI /91

Trabalho apresentado à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

TESE DE MESTRADO

TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO GLOBAL DE
UM TRATOR EM UM TIPO DE SOLO
AGRÍCOLA

AUTOR: JULIANO SOARES DE SOUZA LIMA ^{11/629}

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ FERNANDO MILANEZ ^{*}

APROVADO POR

PROF. DR. LUIZ FERNANDO MILANEZ
(orientador)

DR. ENG. MEC. EDUARDO GODOY DE SOUZA

PROF. DR. OSCAR ANTONIO BRAUNBECK

CAMPINAS-SP, 09 de dezembro de 1991

Ao meu pai, JÚlio (in-memorian).

A minha mãe, Doraci.

Aos meus irmãos, Juraci (in-memorian), Marta, Arestides e
Wanda.

A minha esposa, Célia cristina.

Ao meu filho, Julião Júnior.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Nacional de Engenharia Agrícola, CENEA/ MARA, pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Milanez pelo crédito e orientação neste trabalho.

Ao Dr. Eng. Mec. Eduardo Godoy de Souza na análise dos resultados.

Ao MS. Eng. Agric. Elcio Moore Almeida na elaboração das figuras.

Ao Eng. Agr. Nicolau Ferrreira Pinho pela ajuda no ensaio em campo.

A FINEP, pelo financiamento do projeto Eficiência de Tração dos tratores 4x2 com Tração Auxiliar e Padrão, do qual originou este trabalho.

A CAPES, pela bolsa de estudo concedida no ano de 1989.

Aos funcionários do CENEA/MARA: Benedito Leite de Miranda, Luiz Cláudio Oliveira, Possidônio do Santos, João resende, Júlio Cesar de Oliveira, João Batista de Oliveira e Sebastião Lourenço, pela ajuda nos ensaios em campo.

Ao funcionário do CENEA/MARA, Denilson Ribas pelos desenhos técnicos.

Ao Sr. Aniceto (in-memorian) e D. Rita, meus avós, pela dedicação e apoio no início de minha vida.

Em especial à minha esposa Célia Cristina, pela dedicação, incentivo e compreensão na realização deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho.

CONTEUDO

LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xvii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 ESCALONAMENTO DE MARCHAS.....	3
2.2 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR.....	4
2.3 DESEMPENHO DE TRAÇÃO EM CAMPO.....	9
2.4 RENDIMENTO GLOBAL DO TRATOR.....	13
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 TRATOR.....	16
3.2 MEDIÇÃO DE TORQUE.....	17
3.3 COMBUSTÍVEL.....	18
3.4 MEDIÇÃO DO CONSUMO.....	18
3.5 MEDIÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR.....	19
3.6 MEDIÇÃO DE FORÇA.....	19

3.7	MEDIÇÃO DAS TEMPERATURAS.....	20
3.8	MEDIÇÃO DA PRESSÃO BAROMÉTRICA.....	20
3.9	MEDIÇÃO DA VELOCIDADE.....	20
3.10	MEDIÇÃO DO DESLIZAMENTO.....	21
3.11	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	21
3.12	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	23
3.12.1	AVALIAÇÃO INDIRETA DO TORQUE DO MOTOR.....	23
3.12.2	ENSAIO DO MOTOR.....	23
3.12.3	ENSAIO DE DESEMPENHO EM CAMPO.....	24
3.12.4	AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO GLOBAL DO TRATOR EM CAMPO.....	25
3.12.5	REDUÇÃO DOS RESULTADOS.....	26
3.12.6	DETERMINAÇÃO DAS PERDAS DE RENDIMENTO DO TRATOR.....	27
3.12.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
4	- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	AVALIAÇÃO INDIRETA DO TORQUE.....	29
4.2	RENDIMENTO EFETIVO REDUZIDO DO MOTOR.....	29
4.3	RENDIMENTO GLOBAL REDUZIDO DO TRATOR EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS T_c E N	30
4.4	RENDIMENTO GLOBAL REDUZIDO DO TRATOR EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS F_{dc} E V_A	33
4.5	COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DE DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO GLOBAL REDUZIDO DO TRATOR.....	35
4.6	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM CAMPO.....	36
5	- CONCLUSÕES.....	39
6	- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

ABSTRACT.....	66
ANEXO A - DESEMPENHO DO MOTOR.....	67
ANEXO B - DESEMPENHO DO TRATOR NA 7a MARCHA.....	75
ANEXO C - DESEMPENHO DO TRATOR NA 6a MARCHA.....	83
ANEXO D - DESEMPENHO DO TRATOR NA 5a MARCHA.....	91
ANEXO E - DESEMPENHO DO TRATOR NA 4a MARCHA.....	99

LITA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS

-SÍMBOLO-	-----DESCRICAÇÃO-----	-----UNIDADE
a	Constante do modelo matemático	----
AB	Altura da linha de tração	m
b	Constante do modelo matemático	----
bp	Largura do pneu	m
c	Constante do modelo matemático	m
d	Diamêtro do pneu	m
D	Débito, massa injetada de combustível	mg/inj
DDT	Diferença entre as temperaturas de escape e admissão	°C
DE	Projeção da distância entre os eixos	m
DT	Determinante	----
e	Constante do modelo matemático	----
EF	Rendimento efetivo do motor	%
EFc	Rendimento efetivo reduzido do motor	%
EFD	Rendimento global de tração	%
EFF	Rendimento que indica o quanto não se perdeu devido a resistência ao rolamento	%
EFG	Rendimento global do trator	%
EFGc	Rendimento global reduzido do trator	%
EFN ₁	Rendimento dos pares de engrenagens cilíndricas	%
EFN ₂	Rendimento dos pares engrenagens cônicas	%
EFNf	Perda de rendimento devido a resistencia	

	ao rolamento	%
EFNs	Perda de rendimento devido ao deslizamento	%
EFS	Rendimento que indica o quanto não se perdeu devido ao deslizamento	%
EFT	Rendimento mecânico da transmissão	%
f	Constante do modelo matemático	----
f _m	Coefficiente total de aderência pneu-apoio do trator	----
FD	Força de tração	kN
FDc	Força de tração reduzida	kN
FF	Força de resistência total ao rolamento	kN
g	Constante do modelo matemático	----
G	Massa total do trator	kN
GE	Consumo específico de combustível do motor	g/kWh
GEDc	Consumo específico reduzido de combustível na barra de tração	g/kWh
GH	Consumo horário de combustível	kg/h
h	Constante do modelo matemático	----
H	Poder calorífico inferior do combustível	MJ/kg
i	Constante do modelo matemático	----
IC	Índice de cone	kN/cm ²
j	Número de cilindros do motor	----
k	Fator de redução estabelecido pela Norma ISO 1585 (1984) (equivalente ao da Norma NBR 5484, 1984)	----
L	Distância percorrida	m
N	Rotação do motor	min ⁻¹
n ₁	Número de pares de engrenagens cilíndricas	----

n_{22}	Número de pares de engrenagens cônicas	----
NM	Rotação máxima livre do motor	min ⁻¹
P	Potência efetiva do motor	kW
PD	Potência na barra de tração	kW
PET	Peso estático traseiro	kN
PF	Potência dissipada devido a resistência ao rolamento	kW
PS	Potência dissipada devido ao deslizamento das rodas motrizes	kW
PT	Potência necessária para vencer o atrito na transmissão	kW
R ²	Coefficiente de determinação múltipla	----
RA	Raio de rolamento da roda motriz em superfície rígida	m
RP	Resistência à penetração	kN/cm ²
S	Deslizamento nas rodas motrizes	%
t	Tempo de percurso	s
T	Torque efetivo do motor	Nm
Tc	Torque efetivo reduzido do motor	Nm
TI	Torque de impulsão	Nm
TV	Torque em vazio	Nm
TMO	Número de tempos do motor (2 ou 4)	----
v	Volume de combustível consumido em um determinado tempo	ml
VA	Velocidade de deslocamento	km/h
VT	Velocidade teórica da roda	km/h
ZT	Relação de transmissão	----
Wr	Velocidade angular	rd/s

LISTA DE TABELAS

TAB. No	TÍTULO	PAG.
1	Características dimensionais e ponderais do trator em ensaio de campo	41
2	Posições da alavanca de acionamento da bomba injetora durante os ensaios de desempenho	41
3	Estimadores dos coeficientes da equação de regressão- Rendimento Efetivo reduzido do motor $EFC=f(Tc,N)$ Eq.8.	42
4	Estimadores dos coeficientes da equação $T= (N,D)$ Eq.6.	43
5	Estimadores dos coeficientes da equação de regressão- Rendimento Global Reduzido $EFGc=f(Tc,N)$ Eq.20.	44
6	Estimadores dos coeficientes da equação de regressão- Rendimento Global Reduzido $EFGc=f(FDc,VA)$ Eq.21.	45
7	Estimadores dos coeficientes das equações de regressão $T=f(N)$, $T=f(NM)$ Eq.4 e 5.	46
8	Estimadores dos coeficientes da equação de regressão $FD=f(VA)$ Eq. 22, 23.	47
9	Resultados médios da análise do solo "Campo A"	48
A.1	Análise do desempenho do motor do trator 4x2	68
B.1	Análise do desempenho na 7a marcha em campo	76
B.2	Análise das perdas de rendimento na 7a marcha	78
C.1	Análise do desempenho na 6a marcha em campo	84

C.2	Análise das perdas de rendimento na 6a marcha	86
D.1	Análise do desempenho na 5a marcha em campo	92
D.2	Análise das perdas de rendimento na 5a marcha	94
E.1	Análise do desempenho na 4a marcha em campo	100
E.2	Análise das perdas de rendimento na 4a marcha	102

LISTA DE FIGURAS

FIG. No	TÍTULO	PAG.
1	Rendimento Efetivo Reduzido do Motor (EFc) e Consumo Específico Reduzido (GEc).	49
2	Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque reduzido e Rotação do Motor na 7a marcha.	50
3	Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque reduzido e Rotação do Motor na 6a marcha.	51
4	Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque Reduzido e Rotação do Motor na 5a marcha.	52
5	Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque Reduzido e Rotação do Motor na 4a marcha.	53
6	Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 7a marcha.	54
7	Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 6a marcha.	55

8	Rendimento Global reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 5a marcha.	56
9	Rendimento Global, reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 4a marcha.	57
10	Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 7a marcha.	58
11	Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 6a marcha.	59
12	Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 5a marcha.	60
13	Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 4a marcha.	61
14	Comportamento das Quatro marchas em função do Torque Reduzido no Motor (Eq.6) e Torque de Impulsão na roda (Eq.15).	62
15	Região de Consumo Específico Reduzido Mínimo de Combustível com um acréscimo de 3% no menor Consumo Específico Reduzido do Motor.	63
A1	Desempenho do Motor em função do Torque Reduzido e Rotação.	71
A2	Desempenho do Motor em função da Potência Reduzida e Rotação.	72
A3	Desempenho do Motor em função do Consumo Horário e Rotação.	73
A4	Desempenho do Motor em função do Consumo Específico Reduzido e Rotação.	74

B1	Desempenho do Motor na 7a marcha em Tração em função do Torque Reduzido e Rotação.	79
B2	Desempenho de Tração na 7a marcha em função da Potência e Força de Tração.	80
B3	Desempenho de tração na 7a marcha em função da Velocidade e Força de Tração.	81
B4	Desempenho de tração na 7a marcha em função do Consumo Horário e Rotação do Motor.	82
C1	Desempenho do Motor na 6a marcha em Tração em função do Torque Reduzido e Rotação.	87
C2	Desempenho de Tração na 6a marcha em função da Potência Reduzida e Força de Tração.	88
C3	Desempenho de Tração na 6a marcha em função da Velocidade e Força de Tração.	89
C4	Desempenho de Tração na 6a marcha em função do Consumo Horário e rotação do Motor.	90
D1	Desempenho do Motor na 5a marcha em tração em função do Torque Reduzido e rotação.	95
D2	Desempenho de Tração na 5a marcha em função da Potência reduzida e Força de Tração.	96
D3	Desempenho de Tração na 5a marcha em função da Velocidade e Força de Tração.	97
D4	Desempenho de Tração na 5a marcha em função do Consumo Horário e Rotação do Motor.	98
E1	Desempenho do Motor na 4a marcha em função do Torque Reduzido e Rotação.	103
E2	Desempenho de Tração na 4a marcha em função da Potência Reduzida e Força de Tração.	104

E3	Desempenho de Tração na 4a marcha em função da Velocidade e Força de tração.	105
E4	Desempenho de tração na 4a marcha em função do Consumo Horário e Rotação do Motor.	106

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO GLOBAL DE UM TRATOR EM UM TIPO
DE SOLO AGRÍCOLA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a aplicação em ensaios de campo de uma metodologia anteriormente proposta para a determinação da dependência do rendimento global do trator em pista de concreto. Foram estudadas duas correlações: a primeira, em função do torque e rotação do motor, apresentando um coeficiente de determinação múltipla entre 0.954 e 0.978; a segunda, em função da força de tração e velocidade de deslocamento, apresentando um coeficiente de determinação múltipla entre 0.965 e 0.985.

Os ensaios foram realizados em um trator operando em quatro marchas diferentes em um tipo de solo agrícola. As curvas de parâmetros múltiplos foram traçadas utilizando o modelo simplificado, denominado parabolóide-elíptico, por ser parametrizável. Em cada correlação a versão completa não foi significativamente mais precisa. O modelo simplificado mostrou-se adequado à análise do rendimento global do trator em diferentes marchas.

Observou-se que o consumo específico mínimo de combustível para cada marcha ocorreu em diferentes pontos de trabalho, isto é, a diferentes torques e rotações do motor.

1 - INTRODUÇÃO

Em mecanização agrícola são realizadas pesquisas com o intuito de estudar o desempenho de tratores em condições representativas de utilização, isto é, em diferentes tipos de solos, visando uma seleção adequada do conjunto trator-implemento.

Existem diversos tipos de solos e maquinários, sendo que este último é especificado para cada cultura e operação, não existindo uma única máquina e implemento para todas as operações desde o preparo do solo até a colheita. A seleção do trator é feita em função da operação e do tipo de implemento a ser utilizado, que por sua vez determina em qual marcha e velocidade se deve realizar tal operação.

Espera-se que um trator possa realizar satisfatoriamente a maioria das operações agrícolas e, para tanto, sua transmissão deverá oferecer um maior número de marchas, permitindo a escolha mais adequada para cada operação. Um

número elevado pode tornar um projeto economicamente inviável ao nível de mercado.

Os ensaios oficiais de tratores agrícolas no Brasil são realizados segundo a norma NBR 10400, que descreve a metodologia de ensaio de desempenho do motor, verificação das características dimensionais e ponderais e ensaio na barra de tração em pista de concreto. Ela não prevê ensaios de desempenho em campo e determinação da velocidade máxima de deslocamento em cada marcha.

Devido a oscilação nos preços dos derivados do petróleo, são realizados estudos analisando a eficiência de conversão da energia química do combustível em energia mecânica na forma de potência de tração, nos últimos anos. Esta conversão de energia, influi no rendimento global do trator, e leva em conta todas as perdas no motor, sistema de transmissão e sistema de tração.

O objetivo deste trabalho é estudar o rendimento global de um trator agrícola em campo, visando:

- Verificar se a metodologia proposta por Almeida (1990) para a determinação do rendimento global do trator em pista de concreto aplica-se em campo.

- Avaliar o rendimento global de um trator operando em diferentes marchas.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Escalonamento de marchas

É um ensaio realizado com o objetivo de determinar a velocidade máxima de deslocamento em cada uma das marchas do trator. Neste ensaio a alavanca de acionamento da bomba injetora é posicionada na condição de máxima aceleração.

Arroyo (1963) concluiu que a caixa de mudança de marcha é eficiente quando:

- Proporciona a velocidade de deslocamento adequada à força de tração que a operação requer, utilizando a todo instante a plena potência disponível do motor.

- Proporciona altas velocidades de deslocamento a baixas rotações do motor, com o objetivo de assegurar um baixo consumo de combustível.

Um trator agrícola possui um número maior de marchas que um automóvel e outros veículos automotores. Segundo Mialhe (1980) isso deve-se ao fato que, nos tratores, a velocidade de avanço é controlada principalmente pela caixa de mudança de marchas, e não pela alavanca de aceleração. Assim, definida uma rotação ótima para o motor, as diferentes velocidades de avanço requeridas pelas diversas máquinas e implementos são obtidas escolhendo-se a marcha mais conveniente ao trabalho. Quando uma sobrecarga momentânea é imposta ao motor, tendendo a reduzir a velocidade, o regulador automaticamente modifica o débito da bomba injetora, a fim de ser mantida a rotação do motor. Nos demais veículos, essa compensação é feita pelo motorista, acionando o acelerador.

Shunke (1982) concluiu que a razão entre a velocidade da marcha posterior e anterior de 1.1 não é muito prática, pois dificilmente o operador saberá decidir qual a marcha conveniente no momento. Da mesma forma, com uma razão muito grande, a potência total não poderá ser aproveitada adequadamente.

2.2 - Avaliação do rendimento do motor

A razão entre a potência P [kW] do motor e o consumo de combustível GH [kg/h] é chamada de consumo específico efetivo de combustível GE [g/kWh]:

$$GE = \frac{1000 * GH}{P} \quad (1)$$

O rendimento efetivo do motor indica o grau de utilização da energia química do combustível, que varia em função do ponto de trabalho, isto é, do torque e rotação do motor e pode ser calculado por:

$$EF = \frac{3600}{H * GE} \quad (2)$$

Onde H = poder calorífico inferior do combustível,
MJ/kg

As curvas de parâmetros múltiplos (Fig.1) mostram, mais claramente, o comportamento de um motor. Elas consistem de uma família de curvas que mostram a dependência de um ou mais parâmetros constantes com dois outros parâmetros variáveis, mostrados em eixos coordenados.

Souza e Milanez (1988), determinaram três métodos para a avaliação indireta do torque no motor:

1 - Medição da temperatura de escape:

Neste método, o torque foi avaliado em função da rotação do motor e da diferença entre as temperaturas de escape e admissão.

$$T = a_0 + a_1 * N^2 + a_2 * DDT^2 + a_3 * N * DDT \quad (3)$$

Onde : a_0, \dots, a_3 = constantes determinadas em ensaios de desempenho

N = Rotação do motor, min^{-1}

DDT = Diferença de temperaturas, escape e admissão, $^{\circ}\text{C}$

2 - Medição da posição da alavanca de acionamento da bomba injetora:

Neste método o torque foi correlacionado com a rotação máxima livre N_M [min^{-1}] e a rotação de trabalho do motor N [min^{-1}], sendo necessárias duas correlações para descrever o fenômeno.

a- Correlação para fora da zona de corte do regulador de rotações.

$$T = b_0 + b_1 * N + b_2 * N^2 + b_3 * N^3 \quad (4)$$

sendo $b_3 = 0$ para motores naturalmente aspirados

onde : b_0, \dots, b_3 = constantes determinadas em ensaios de desempenho

b- Correlação para zona de corte do regulador de rotações.

$$T = c_0 + c_1 * N + c_2 * NM + c_3 * NM^2 \quad (5)$$

sendo $c_3 = 0$ para motores naturalmente aspirados

onde: c_0, \dots, c_3 = constantes determinadas em ensaios de desempenho

3 - Medição do consumo de combustível:

Foi mostrado, que o torque do motor está correlacionado com o débito D [mg], que é a massa injetada de combustível por cilindro e por ciclo, através de:

$$T = d_0 + d_1 * D + d_2 * D^2 + d_3 * N + d_4 * N^2 \quad (6)$$

onde: d_0, \dots, d_4 = constantes determinadas em ensaios de desempenho.

Sendo que o débito (D) é calculado pela seguinte equação:

$$D = \frac{GH * TMO}{120 * N * j} \quad (7)$$

Onde GH = Consumo de combustível (kg/h)

TMO = Número de tempos do motor (2 ou 4)

j = Número de cilindros do motor

Lober (1981) observou que em motores nos últimos 30 anos, os novos métodos de combustão e os de maior taxa de

compressão não resultaram em aumento expressivo do rendimento do motor. Para aumentar alguns pontos percentuais no rendimento é necessário um alto investimento.

Schimmel e Hulla (1983) mostraram que uma forma de otimizar o consumo de combustível do motor é identificar o ponto de trabalho momentâneo do motor, isto é, com qual rotação e torque opera o motor e, conseqüentemente, o nível de potência exigido.

Souza e Milanez (1990) mostraram que o rendimento efetivo do motor EF está correlacionado com a rotação N [min^{-1}] e o torque efetivo T [Nm] segundo:

$$EF = e_0 + e_1 * T + e_2 * N + e_3 * T^2 + e_4 * T^3 + e_5 * T^4 + e_6 * N^2 + e_7 * N * T \quad (8)$$

onde: e_1, \dots, e_7 = constantes determinadas em ensaios de desempenho.

Apontam os referidos autores que a restrição $e_4 = e_5 = 0$ reduz o segundo membro desta equação a uma elipse, sendo o lugar geométrico gerado chamado de parabolóide-elíptico. A precisão desta correlação foi considerada alta, visto que foram encontrados para o ensaio de desempenho de cinco motores diesel coeficientes de determinação múltipla R^2 entre 0.975 e 0.989.

Capelli (1990) baseando-se nos dados de desempenho de um motor, desenvolveu um sistema eletrônico de informação ao operador do trator, que identifica o ponto de trabalho de

maior rendimento. Para a avaliação indireta do torque, adotou os parâmetros: rotação do motor e a diferença entre as temperaturas de escape e admissão.

2.3 - Desempenho de tração em campo

Muitas pesquisas foram realizadas numa tentativa de prever o desempenho de tração de tratores agrícolas em campo, baseando-se nas propriedades físicas do solo.

Zoz (1970) considerou que o desempenho de tração em campo é influenciado pelo aumento de carga dinâmica sobre os pneus.

Dwyer e Comely (1974) estudaram o desempenho de tração em campo baseado em um outro parâmetro, definido como número de mobilidade do solo C_n . Concluíram que a resistência ao rolamento e a razão dinâmica de tração são influenciadas pelo referido parâmetro, onde:

$$C_n = \frac{IC * bp * d}{W} \quad (9)$$

Onde:

IC = índice de cone, kN/cm²

bp = largura do pneu, m

d = diâmetro do pneu, m

W = carga dinâmica vertical aplicada aos rodados de tração, kN.

$$\text{Sendo que: } W = \text{PET} + \text{FD} * \frac{\text{AB}}{\text{DE}} \quad (10)$$

onde : PET = peso estático traseiro, kN

AB = altura da linha de tração, m

DE = projeção da distância entre os eixos, m

Wismer e Luth (1972) desenvolveram o seguinte modelo matemático para prever o desempenho de tração em campo, em função do número de mobilidade do solo, diâmetro e largura dos pneus.

$$\text{FD} = 0.75 * W(1 - e^{-0.3 * \text{Cn} * S}) - W((1.2/\text{Cn}) + 0.04) \quad (11)$$

Onde: Cn = número de mobilidade do solo

S = Deslizamento nas rodas motrizes

Para um trator em regime estável de trabalho em uma superfície horizontal e sem utilizar a tomada de potência, a potência P [kW] desenvolvida pelo motor em um dado momento, pode ser expressa por:

$$P = \text{PT} + \text{PS} + \text{PF} + \text{PD} \quad (12)$$

onde: PT = potência necessária para vencer o atrito na transmissão, kW

PS = potência dissipada devido ao deslizamento das rodas motrizes, kW

PF = potência dissipada devido a resistência ao rolamento, kW

PD = potência na barra de tração, kW

O deslizamento S é definido como o movimento relativo na direção do movimento entre a superfície de contato do sistema de tração e a que apoia. É calculado por:

$$S = 1 - \frac{VA}{VT} = 1 - \frac{VA}{3.6 * RA * \omega_r} \quad (13)$$

Onde: VA = velocidade real de deslocamento, km/h

VT = velocidade teórica da roda motriz, km/h

RA = raio de rolamento da roda motriz em superfície rígida, m

ω_r = velocidade angular da roda, rd/s

A força de resistência total ao rolamento (FF) de um trator depende do seu peso (G), da localização do centro de gravidade, das características do sistema de tração e das propriedades e condições da superfície de apoio. Ela pode ser expressa por:

$$FF = f_{\omega} * G \quad (14)$$

onde : f_{ω} = coeficiente total de aderência pneu-apoio do trator

Acrescentam ainda Souza e Milanez (1991), que em regime estável de trabalho, existe a seguinte dependência entre o torque de impulsão T_I [Nm], aplicado às rodas motrizes e o torque do motor T [Nm]:

$$T_I = T * ZT * EFT \quad (15)$$

onde: ZT = relação de transmissão

EFT = rendimento mecânico da transmissão

O torque do motor é função do seu regime de trabalho, como mostrado pelas Eq. 4, 5 e 6. O segundo fator que influi no torque de impulsão é a relação de transmissão. O terceiro fator é o rendimento mecânico da transmissão, influenciado principalmente pelas perdas por atrito, e segundo Souza e Milanez (1991) pode ser calculado por:

$$EFT = (EFN_1)^{n_1} * (EFN_2)^{n_2} * (1 - TV/T) \quad (16)$$

onde: EFN_1 = rendimento dos pares de engrenagens cilíndricas

EFN_2 = rendimento dos pares de engrenagens cônicas

n_1 = número de pares de engrenagens cilíndricas

n_2 = número de pares de engrenagens cônicas

TV = torque em vazio, necessário para movimentar a transmissão, Nm

T = torque no motor, Nm

O rendimento global de tração pode ser expresso por:

$$EFD = PD/P = EFT * EFS * EFF \quad (17)$$

onde:

EFS = rendimento que indica o quanto não se perdeu devido ao deslizamento

EFF = rendimento que indica o quanto não se perdeu devido à resistência ao rolamento

2.4 - Rendimento global do trator

Steinkampf (1981) cita que no máximo 20% da energia do combustível gasto é transformada em energia útil na utilização do trator para tração. Isto é resultado de perdas no motor, na transmissão, na interação pneu-solo e do consumo de energia no acionamento dos órgãos auxiliares.

O consumo específico de combustível na barra de tração GED [g/kWh] é um indicador da eficiência de conversão da energia química do combustível em energia mecânica na forma de potência de tração. Seu valor é determinado por:

$$GED = \frac{1000 * GH}{PD} \quad (18)$$

O rendimento global do trator EFG é definido por:

$$EFG = \frac{3600}{H * GED} = EF * EFT * EFS * EFF \quad (19)$$

Souza e Milanez (1990) propuseram uma correlação para a determinação do rendimento global do trator, em função do torque T e da rotação N do motor, para o trator em condição de trabalho de tração na barra.

$$EFG = f_0 + f_1 * T + f_2 * N + f_3 * T^2 + f_4 * T^3 + f_5 * T^4 + f_6 * N^2 + f_7 * N * T \quad (20)$$

onde: f_0, \dots, f_7 = constantes determinadas em ensaios de desempenho.

Almeida (1990), propôs uma metodologia de ensaio em pista de concreto para a determinação do rendimento global do trator EFG em função da velocidade de deslocamento VA [km/h] e da força de tração na barra FD [kN] em pista de concreto padronizada:

$$EFG = g_0 + g_1 * FD + g_2 * VA + g_3 * FD^2 + g_4 * FD^3 + g_5 * FD^4 + g_6 * VA^2 + g_7 * VA * FD \quad (21)$$

onde: g_0, \dots, g_7 = constantes determinadas em ensaios de desempenho.

Segundo Almeida (1990), as curvas envoltórias das curvas de parâmetros múltiplos como a apresentada na Fig.6, podem ser traçadas utilizando-se as seguintes correlações:

a) Correlação para a região de corte do regulador de rotação:

$$FD = h_0 + h_1*VA + h_2*VA^2 \quad (22)$$

Onde: h_0, \dots, h_2 = constantes determinadas em ensaios de desempenho.

b) Correlação para fora da região de corte do regulador de rotação:

$$FD = i_0 + i_1*VA + i_2*VA^2 + i_3*VA^3 \quad (23)$$

Onde i_0, \dots, i_3 = constantes determinadas em ensaios de desempenho.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Trator

Foi utilizado em ensaio um trator com motor diesel, com tração somente no eixo traseiro, equipado com rodado dianteiro 9:00-16 diagonal, 10 lonas, tipo F-2 e traseiro 18.4-34 diagonal, 8 lonas, tipo R-1.

As principais características técnicas do trator são:

Trator.....	4 x 2
Motor.....	MWM D 229-6
No de Cilindros.....	6
Cilindrada [l].....	5.883
Relação de compressão.....	16.1:1
Bomba Injetora.....	Bosch, pistão
Regulador de Rotação.....	Bosch
Aspiração.....	Natural
Rel. transm. TDP/Motor.....	3.235:1

Potência Nominal [kW].....	77.5
Rotação Nominal [min^{-1}].....	2300
Rotação Máx. Livre [min^{-1}].....	2500
Relação de Transm. Red. Final.....	4.80:1
Relação Transm. Diferencial.....	5.215:1
Relação Transm. Câmbio: 7a.....	2.85:1
6a.....	3.40:1
5a.....	4.18:1
4a.....	4.57:1

Dados das características dimensionais e ponderais estão na Tabela 1.

3.2 - Medição de Torque

A medição do torque no motor foi realizada com o volante do motor acoplado a um dinamômetro de corrente de Foucault (SCHENK W 400), equipado com transdutor de força à base de extensômetros elétricos de resistência (strain-gauge), que permite leitura digital do torque aplicado ao dinamômetro.

3.3 - Combustível

O óleo diesel utilizado nos ensaios de campo e de bancada foi analisado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo S/A (I.P.T), apresentando Poder Calorífico Inferior igual a 42.6 MJ/kg. A densidade do combustível a uma determinada temperatura foi obtida através de interpolação linear a partir dos valores a 25 e 45 graus Célcius.

3.4 - Medição do Consumo

A medição do consumo de combustível no ensaio de desempenho do motor em bancada foi feita por um medidor SEPPELER SVU 3-100/500 que permite leitura digital do tempo gasto para consumir um volume pré-fixado em 100 ml. O combustível que retorna da bomba injetora e dos injetores, volta ao circuito depois do medidor e, portanto, todo combustível que passa pelo medidor é consumido pelo motor do trator.

Na medição do consumo de combustível do ensaio de desempenho em campo, foi utilizado um medidor de vazão FIERBURG PLU 116 H. O princípio de medição consiste em transferir para um contador de deslocamento a perda de pressão através de um motor de velocidade controlada.

Diferenças mínimas de pressão são registradas por um seletor eletrônico óptico. Na condição estabilizada, a velocidade é proporcional à vazão. A velocidade é registrada por um contador de impulsos e transferida para um amplificador com saída digital ou analógica.

3.5 - Medição da Rotação do Motor

A rotação do motor foi medida diretamente no seu volante, por um sensor constituído de uma lâmpada e um fototransistor instalado em conjunto com um disco ranhurado de 60 dentes. No campo, foi utilizado um integrador de rotação instantânea em função do tempo de deslocamento. O sinal é amplificado e transformado em indicação digital por um contador de impulsos.

3.6 - Medição de Força

Na determinação da força de tração no campo utilizou-se transdutores de força à base de extensômetros elétricos de resistência (strain-gauge), marca KYOWA. Optou-se por trabalhar com valores médios resultantes da integração da força de tração.

3.7 - Medição das Temperaturas

As temperaturas do ar de admissão, do fluido de arrefecimento, do óleo do motor, do óleo de transmissão e do bulbo úmido foram determinadas por sensores de temperatura que operam baseados no princípio da variação da resistividade elétrica de um metal, em função da temperatura, sendo confeccionados com fios de platina (Pt 100)

3.8 - Medição da Pressão Barométrica

A medição da pressão barométrica foi determinada no posto Agro-Climatológico do CENEA/MARA - Iperó/SP.

3.9 - Medição da Velocidade

Para a determinação da velocidade, foram fixados percursos de 40 metros, balizados em linha reta. Ao entrar no início do percurso, o cronômetro era disparado dando início no painel coletor de dados. No cruzamento da próxima baliza o cronômetro era travado, registrando assim o tempo necessário de percurso. Dessa forma calculou-se a velocidade de deslocamento VA [km/h] de todo comboio pela fórmula:

$$VA = 3.6 * L/t$$

(24)

Onde: L = distância percorrida [40 m]

t = tempo de percurso, [s]

3.10 - Medição do deslizamento

A medição do deslizamento nas rodas motrizes foi realizada através da colocação de dois contadores ALFA modelo 4 com quatro dígitos, botões para zero-início-parada, um para cada roda motriz, presos por suportes de fixação nos cubos das rodas. Os transdutores ópticos são do tipo de fecho de luz interrompido, utilizando discos com 15 furos. Para cada volta da roda motriz o mostrador no painel indicava um número de 15 impulsos.

3.11 - Caracterização do solo

Os ensaios foram realizados na Fazenda Ipanema, base física do Centro Nacional de Engenharia Agrícola- CENEA/MARA, situado no município de Iperó- S. P. Sendo o campo de ensaio denominado de " campo A ".

Nessa área cultivou-se milho (*Zea mays*), sendo os ensaios conduzidos seis meses após a colheita. A vegetação dominante na ocasião era composta das seguintes espécies: Rubim (*Leonurus sibiricus* L), Picão preto (*Bidens pilosa* L.);

Picão branco (*Galinsoga paviflora* CAV.) e Macela (*Gamochaeta spicata*(LAM.) CABR. O campo, foi roçado vinte dias antes do início dos ensaios.

A classe textural do solo, foi analisada segundo o triângulo de classificação do Instituto Agronômico de Campinas - I.A.C.:

Classe textural : Franco Argiloso

Frações Granulométricas : Argila : 37.5 %

Silte : 17.0 %

Areia : 45.5 %

As amostras para determinação da umidade natural do solo e da massa específica aparente foram coletadas de 0 a 10 cm de profundidade, utilizando-se anéis volumétricos de 4.5 cm de diâmetro e 3.0 cm de altura. Esses valores (Tabela 9) foram obtidos pela média de cinco determinações casualizadas na área de ensaio.

Na determinação da resistência à penetração, empregou-se um penetrógrafo de mola da marca Soiltest, constituído de uma haste, com ponta em forma de cone com área da base de 1 cm² e ângulo de 60 graus. A haste foi introduzida no solo através da força do operador sobre duas manoplas a uma velocidade aproximadamente constante, sendo o valor da mesma registrada em função da profundidade de penetração. Foram feitas cinco determinações casualizadas ao longo da área.

3.12 - Procedimento Experimental

3.12.1 - Avaliação indireta do torque do motor

A partir dos dados de desempenho do motor em dinamometria e utilizando-se a metodologia proposta por Souza e Milanez (1988) foram obtidas para o motor as correlações $T=f(N, NM)$ (Eq. 4 e 5), utilizadas na elaboração da curva envoltória Torque x Rotação das curvas de parâmetros múltiplos, como a da fig.1. Também foi encontrada a correlação $T=f(N, D)$ (Eq. 06), que por ser mais precisa, será utilizada para avaliar o torque do motor nas diferentes marchas em ensaios de desempenho em campo. Esta metodologia também foi utilizada por Almeida (1990), nos ensaios de desempenho em pista de concreto.

3.12.2 - Ensaio do motor

Na avaliação de desempenho do motor, optou-se pelo ensaio à posição fixa da alavanca de acionamento da bomba injetora, no qual o motor é carregado pelo dinamômetro, enquanto a referida alavanca é mantida fixa. Para cada posição (total de 6) encontrou-se uma rotação máxima livre correspondente, como mostra a Tabela 2. Primeiramente levantou-se a curva de desempenho do motor para a rotação máxima livre especificada pelo fabricante do trator

[2500 min^{-1}], definindo-se as curvas características de desempenho. Alterou-se então a posição da alavanca para uma nova rotação máxima livre, determinando-se os pontos a cargas parciais correspondentes.

3.12.3 - Ensaio de desempenho em Campo

Nesse ensaio, o trator foi frenado pela barra de tração por dois outros tratores de mesmo porte. Esforços crescentes foram necessários para definir o comportamento da potência, velocidade de deslocamento, consumo de combustível e deslizamento das rodas motrizes em função da força de tração na barra. Os dados de ensaio foram determinados em uma superfície plana horizontal sem gradientes de declividade laterais. O princípio do ensaio em campo foi o mesmo do ensaio do motor, mantendo-se fixa a posição da alavanca do acelerador (total de 4), nas rotações máximas livres do motor, apresentadas na Tabela 2.

Os ensaios foram realizados em quatro marchas diferentes, de tal forma selecionadas para se obter:

- A rotação mínima de operação do motor, definida pela norma OECD (1981), como sendo 45 % da rotação de potência máxima, antes de se ter um deslizamento de 35 %, adotado como o máximo deslizamento admitido para desempenho em campo.

- Faixa de velocidade compreendida entre 3 a 10 km/h, frequente em operações agrícolas.

- A tração máxima na barra a um deslizamento nas rodas motrizes de aproximadamente de 35 %.

As marchas selecionadas foram: 4a, 5a, 6a e 7a.

No campo, em cada marcha a sequência do ensaio foi definida previamente com duas repetições em linha reta por posição fixa da alavanca do acelerador em cada marcha. As passadas do trator no campo foram aleatórias, pois, necessariamente, não havia coincidência de percurso da primeira para a segunda repetição a uma determinada força na barra para completar os pontos necessários, para definir a curva característica de desempenho.

Os ensaios foram conduzidos de maneira que uma nova determinação não se dava sobre a passada anterior dos pneus do trator, evitando assim deslizamento exagerado.

3.12.4 - Avaliação do rendimento global do trator em campo

Para a avaliação do comportamento do rendimento global do trator EFG foram utilizadas as equações 20 e 21, sendo o torque do motor T calculado a partir da equação 6.

A restrição $e_4=e_5=0$, $f_4=f_5=0$ e $g_4=g_5=0$ reduz o segundo membro das equações. 8, 20 e 21 a uma elipse, caso o determinante $DT=4*e_3*e_6-e_7^2$, $DT=4*f_3*f_6-f_7^2$ e $DT=4*g_3*g_6-g_7^2$,

respectivamente, sejam positivos (Souza e Milanez 1990). Com isso estas equações se reduziram a um parabolóide-elíptico. As considerações serão feitas para o modelo (simplificado) parabolóide - elíptico, uma vez que Almeida (1990) mostrou que a precisão é muito boa, não justificando assim a utilização do modelo completo e porque o ganho percentual em explicação R^2 médio não foi significativo, facilitando assim a análise. O interesse pela correlação parabolóide-elíptica, se justifica por ela ser parametrizável e, portanto, favorecer à elaboração de curvas de parâmetros múltiplos como as das Fig. 1, ..., 9.

3.12.5 - Redução dos resultados

O desempenho do motor é influenciado pelas condições ambientais (Pressão, temperatura e umidade do ar). Assim calculou-se o fator de redução "k" estabelecido pela norma ISO 1585 (1982) (equivalente ao da norma NBR 5484). Adotou-se entretanto como condição atmosférica de referência, a pressão atmosférica total de 94.85 kPa (média das pressões observadas nos ensaios) que é um valor típico para a pressão na Fazenda Ipanema. O objetivo é, por um lado, diminuir a influência das condições atmosféricas, mas, por outro lado, trabalhar com fatores de redução próximos a 1, que contribui para a precisão do método. Todas as variáveis reduzidas são

representadas por um índice "c" acrescentado ao símbolo original.

3.12.6 - Determinação das perdas de rendimento do trator

Na operação do trator, em cada uma das marchas selecionadas, engrenam-se três pares de engrenagens cilíndricas (n_1) e um par cônico (n_2). Segundo Chudakov (1977) o rendimento dos pares de engrenagens cilíndricas e cônicas são, respectivamente, $EFN_1=0.99$ e $EFN_2=0.98$. O rendimento mecânico da transmissão EFT foi calculado utilizando a Eq. 16.

Souza e Milanez (1991), em ensaios realizados com este mesmo trator, determinaram que o torque em vazio TV não varia significativamente com a rotação do motor, encontrando um valor de 23.6 Nm equivalente a 7.4 % do torque nominal do motor.

A perda de rendimento devido ao deslizamento $EFNs$ é igual ao próprio deslizamento S das rodas motrizes.

A perda por resistência ao rolamento $EFNf$, foi calculada utilizando a Eq.19.

$$\text{onde: } EPNf = 1 - EFF \quad (25)$$

$$EFNs = S = 1 - EFS \quad (26)$$

3.12.7 - Análise estatística

O grau de ajuste dos resultados obtidos às correlações propostas foi avaliado através do coeficiente de determinação múltipla R^2 e do teste F. A determinação dos estimadores das constantes das correlações foi feita utilizando-se o método dos mínimos quadrados. Para cada caso foi feita a análise dos resíduos visando verificar a adequação das correlações propostas, bem como detectar pontos influentes ou aberrantes.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Avaliação Indireta do torque

Os estimadores dos coeficientes da Eq. 6 $T_c=f(D,N)$, utilizada para avaliar o torque no motor nos ensaios de campo, estão apresentados na Tabela 4 e são significativos ao nível de 0.1 % de probabilidade. A correlação é boa, visto que proporcionou um R^2 de 0.999.

4.2 - Rendimento Efetivo Reduzido do Motor

O modelo completo do rendimento efetivo reduzido do motor $EF_c=f(T_c,N)$ Eq. 8, apresentou um R^2 de 0.989, enquanto o modelo simplificado um R^2 de 0.985, caracterizando um decréscimo não significativo na precisão do modelo. Os estimadores desta equação estão apresentados na Tabela 3.

Todos os estimadores do modelo simplificado são significativos ao nível de 0.1 % de probabilidade. Para efeito de estudo gráfico, como mostrado por Souza e Milanez (1990), a restrição $u_1 = 0$ reduz o segundo membro da Eq. 8 a uma elipse, visto que é positivo o determinante $DT = 4 * a_1 * a_2 - b^2$, possibilitando assim, a representação das curvas de parâmetros múltiplos do ensaio do motor em gráfico bidimensional.

Os valores encontrados em ensaio de desempenho do motor diferem dos obtidos por Souza e Milanez (1990) e Almeida (1990). Após o término do trabalho executado por Almeida (1990), este mesmo trator foi utilizado em diversas operações agrícolas. Devido a este fato foi necessário um novo ensaio de desempenho do motor, não sendo realizado sobre as mesmas condições atmosféricas de referência do ensaio anterior.

4.3 - Rendimento Global Reduzido do Trator em função das variáveis T_c e N

Os estimadores dos coeficientes da Eq. 20 dos ensaios de desempenho na Barra de Tração em campo nas diferentes Marchas estão apresentados na Tabela 5, verifica-se que:

7a Marcha:

A regressão apresentou um R^2 de 0.978. Os estimadores f_0 , f_1 , f_3 e f_4 são significativos ao nível de 0.1 %. O estimador f_2 é significativo ao nível de 1 %, enquanto que o estimador f_7 é significativo ao nível de 10 % de probabilidade.

6a Marcha.

A regressão apresentou um R^2 de 0.968. Os estimadores f_0 , f_1 e f_3 são significativos ao nível de 0.1% , o estimador f_4 e f_2 são respectivamente significativos aos níveis de 1% e 5% de probabilidade. O estimador f_7 não foi significativo ao nível de 10% de probabilidade, mostrando que o ângulo de rotação da elipse para esta marcha sobre os eixos adotados foi próximo de zero.

5a Marcha.

A regressão apresentou um R^2 de 0.954. Os estimadores f_1 e f_3 são significativos ao nível de 0.1%, os estimadores f_0 e f_7 são significativos ao nível de 10% de probabilidade e os estimadores f_2 e f_4 não são significativos ao nível de 10% de probabilidade. Mas, nas outras marchas estes estimadores

foram significativos, devendo, portanto, permanecerem no modelo.

4a Marcha.

A regressão apresentou um R^2 de 0.958. Os estimadores f_0, f_1 e f_3 são significativos ao nível de 0.1%. O estimador f_2 é significativo ao nível de 1% de probabilidade, e o estimador f_4 ao nível de 10% de probabilidade e o estimador f_7 não é significativo ao nível de 10% de probabilidade, o mesmo ocorrido na 6a marcha.

Conclui-se então que:

a) Em todos os casos somente os estimadores f_1 e f_3 foram significativos ao nível de 5 % de probabilidade. Em outras palavras, somente os estimadores f_1 e f_3 foram significativamente diferentes de zero com 95 % de probabilidade, em todos os casos. A mesma conclusão foi obtida por Souza e Milanez (1991).

b) Em todos os casos o estimador f_7 foi no máximo significativo ao nível de 10 % de probabilidade. Isto significa que o ângulo de rotação da elipse sobre os eixos adotados (torque e rotação) aproxima-se de zero. A mesma conclusão foi obtida por Almeida (1990).

c) A precisão da correlação é boa, considerando que o R^2 ficou entre 0.954 e 0.978.

4.4 - Rendimento Global Reduzido do trator em função das variáveis FDC e VA

Os estimadores dos coeficientes da Eq. 21, do ensaios de desempenho na barra de tração em campo nas diferentes marchas estão apresentados na Tabela 6, para o modelo Parabolóide-Elíptico. Verifica-se que:

7a Marcha.

A regressão apresentou um R^2 de 0.985. Os estimadores g_1, g_3 e g_6 são significativos ao nível de 0.1%. Os estimadores g_2 e g_7 são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

6a Marcha.

A regressão apresentou um R^2 de 0.980. Os estimadores g_1, g_3, g_6 e g_7 são significativos ao nível de 0.1%. O estimador g_2 é significativo ao nível de 1%.

5a marcha.

A regressão apresentou um R^2 de 0.965. Os estimadores g_1 e g_3 são significativos ao nível de 0.1%. O estimador g_2 é significativo ao nível de 10%. Os estimadores g_4 e g_7 são não significativos ao nível de 10% de probabilidade.

4a marcha

A regressão apresentou um R^2 de 0.978. Os estimadores g_1 , g_3 e g_6 são significativos ao nível de 0.1% de probabilidade. Os estimadores f_2 e f_7 são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Conclui-se então que:

a) Em todos os casos o estimador do coeficiente g_6 não foi significativo ao nível de 10 % de probabilidade. Este fato se contrapõe ao encontrado por Almeida (1990).

b) Igualmente ao verificado para a correlação $EFGc=f(Tc,N)$, somente os estimadores dos coeficientes g_1 e g_3 (que correspondem no primeiro caso aos coeficientes de T e T^2 , e no segundo caso aos coeficientes de FDC e FDC^2 , que são função de T) foram significativos ao nível de 5 % de probabilidade. Isto significa que, se variarmos a velocidade de deslocamento ou rotação do motor para uma mesma força de

tração ou torque, podemos observar uma variação não significativa no rendimento global do trator. Mas, se variarmos a força de tração ou torque para uma mesma velocidade de deslocamento ou rotação, observa-se uma variação significativa no rendimento global do trator.

c) O estimador do coeficiente ϕ_7 , em contraposição ao estimador do coeficiente f_7 da correlação $EFGc = f(Tc, N)$ foi significativo ao nível de 1 % de probabilidade com exceção da 5ª marcha. Isto significa que o ângulo de rotação da elipse sobre os eixos adotados (força de tração e velocidade) passou a ser significativo. Este fato foi verificado, em parte, por Almeida (1990).

d) A precisão da correlação é boa, considerando que o R^2 ficou entre 0.965 e 0.985.

4.5 - Comparação entre os modelos de determinação do Rendimento Global Reduzido do trator

Comparando-se as tabelas 5 e 6, conclui-se que a correlação proposta pelo modelo simplificado da correlação (Eq. 21) $EFGc = f(FD_c, VA)$ (R^2 médio de 0.977) é mais precisa que a correlação (Eq. 20) $EFGc = f(Tc, N)$ (R^2 médio de 0.965). Isto se deve ao fato, que no caso da Eq. 20, o torque efetivo no motor (Tc) ter sido estimado, e não medido, através da Eq. 6.

Almeida (1990), obteve este mesmo resultado em ensaios em pista de concreto.

4.6 - Avaliação de desempenho em campo

1 As Fig. 1, 2, 3, 4 e 5, mostram as curvas de parâmetros múltiplos de desempenho do motor, em dinamômetro e do trator, em campo, nas 7a, 6a, 5a e 4a marchas utilizando as Eq. 8 e 20. Em cada marcha a potência oferecida pelo motor é a mesma, e o ponto ideal de trabalho é aquele que pertence à linha ótima de operação XY. O ponto ideal para um determinado nível de potência é aquele que apresenta o menor consumo específico de combustível. O rendimento EFGc do trator, é função das perdas no motor e nos sistemas de transmissão e tração.

Justifica-se a movimentação do ponto ideal de trabalho entre as marchas, por motivo das perdas de rendimento nos órgãos de tração (pneus) serem diferentes, em função da capacidade de tração. As perdas de rendimento por deslizamento, aumentam com o aumento da tração na barra e as perdas por rolamento diminuem em consequência da queda da velocidade de deslocamento (Fig. 10, 11, 12 e 13).

2 Ao analisar as Fig. 2, 3, 4 e 5 verifica-se que, a curva de rendimento constante de 0.8 %, representa a curva de eminência ao movimento do trator. Observa-se que, a exigência de torque no motor, decresce com o aumento da relação de

transmissão motor/roda, ou seja, decresce a medida que o trator opera em marchas mais lentas.

3 As Fig. 6, 7, 8 e 9, mostram as curvas de parâmetros múltiplos para o rendimento global ($EFGc = f(FDc, VA)$) (Eq.21). Verifica-se, que a capacidade de tração é diferente entre as marchas e observa-se ainda que em uma mesma operação agrícola, utilizando-se velocidade e força de tração iguais nas diferentes marchas, ou seja, mesma potência disponível na barra de tração, o consumo específico de combustível aumenta, na maioria dos casos, na seguinte ordem da 7a, 6a, 5a, e 4a marcha. Isso ocorre porque ao trocar-se de marcha (7a para 6a, 5a e 4a marcha respectivamente) o motor trabalha com rotações maiores e torques menores.

4 Na Fig. 14 observa-se que, para um mesmo torque no motor, uma vez que o rendimento mecânico de transmissão EFT foi considerado igual entre as marchas, o torque de impulsão TI aumenta com o aumento da relação de transmissão motor/roda, mostrando assim a diferença da capacidade de tração entre as marchas.

5 Analisando-se as curvas de parâmetros múltiplos traçadas a partir das Eq. 8, 20, verifica-se que para estudos de determinação de desempenho de um trator em campo, baseando somente no ensaio do motor, deve-se determinar uma região ótima de trabalho, uma vez que as Fig. 1, 2, 3, 4 e 5, mostram que o consumo específico mínimo de combustível para cada marcha ocorreu em diferentes pontos de trabalho, isto é, a

diferentes torques e rotação do motor. Observando este fato, definiu-se uma região ideal com um acréscimo de 3 % no consumo específico mínimo de combustível, passando de 213 g/kWh para 219.4 g/kWh no motor, enquadrando assim os pontos de maior rendimento nas quatro marchas como mostra a Fig. 15.

5 - CONCLUSÕES

1 A metodologia proposta para a determinação do rendimento global do trator (Almeida 1990), pode ser utilizada em ensaios de desempenho em campo.

2 O modelo simplificado $EFGc=f(FDc,VA)$ da Eq. 21 mostrou ser mais preciso, apresentando um R^2 médio de 0.977, enquanto que o modelo $EFGc=f(Tc,N)$ da Eq. 20 um R^2 médio de 0.965 para as quatro marchas.

3 Para se otimizar o consumo específico de combustível de um trator baseando-se somente na curva de desempenho do motor, é necessário a adoção de uma região de consumo específico mínimo.

4 As curvas de parâmetros múltiplos do tipo "parabolóide- elíptico" mostraram-se adequadas à análise do rendimento global do trator operando em diferentes marchas.

TABELA 1 -Características dimensionais e ponderais do trator em ensaio de campo

TRATOR	CONDICAO DE LASTRAGEM	MASSA DIANTEIRA (kg)	MASSA TRASEIRA (kg)	MASSA TOTAL (kg)	ALTURA DA LINHA DE TRACAO (mm)	DISTANCIA ENTRE EIXOS (mm)	RAIO ESTATICO DIANTEIRO (mm)	RAIO ESTATICO TRASEIRO (mm)
4 x 2	C/ LASTRO	2150	4545	6695	465	2805	380	766

TABELA 2 Posicoes da alavanca de acionamento da bomba injetora durante os ensaios de desempenho

		POSICAO DA ALAVANCA	1	2	3	4	5	6
ENSAIO DO MOTOR	ROTACAO MAXIMA LIVRE		2500	2100	1950	1700	1450	1200
	NM (min ⁻¹)							
		POSICAO DA ALAVANCA	1	2	3	4	-	-
ENSAIO DE TRACAO	ROTACAO MAXIMA LIVRE		2500	2000	1600	1200	-	-
	NM (min ⁻¹)							

TABELA 3 -Estimadores dos coeficientes da equacao de regressao- rendimento Efetivo Reduzido do Motor $Ef_c=f(T_c,N)$ (Eq.8)

TRATOR	TIPO DE CORRELACAO	0	2	3	4	6	9	6	7	2	2
		$e_0 \times 10^0$	$e_1 \times 10^2$	$e_2 \times 10^3$	$e_3 \times 10^4$	$e_4 \times 10^6$	$e_5 \times 10^9$	$e_6 \times 10^6$	$e_7 \times 10^7$	R	VR(%)
		NS	*	*	***	****	NS	*	NS		
	C	4.238	29.55	9.987	-12.40	2.721	-2.807	-3.830	12.14	0.989	
	4 x 2										0.4
	P	9.065	17.63	10.05	-3.311	-	-	-3.842	13.98	0.985	

C= completa P= paraboloides-eliptica

- * = significativo, pelo teste F, a 0.1% de probabilidade
- ** = significativo, pelo teste F, 1% de probabilidade
- *** = significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade
- **** = significativo, pelo teste F, a 10% de probabilidade
- N.S = nao significativo, pelo teste F, a 10% de probabilidade

TABELA 4 - Estimadores dos coeficientes da equação T=(N,D) (Eq. 06)

TRATOR		-2	-1	2	2	5	2
		d0x10	d1x10	d2x10	d3x10	d4x10	R
4 x 2		* -1.330	* 1.350	* -8.814	* 6.342	* -2.526	* 0.999

* = significativo, pelo teste F, a 0.1% de probabilidade

TABELA 5 -Estimadores dos coeficientes da equação de regressão- Rendimento Global Reduzido EFGc=f(Tc,N) (Eq.20)

TRATOR	MARCHA	-1 f0x10	1 f1x10	3 f2x10	4 f3x10	6 f6x10	6 f7x10	2 R
	7 a	*	*	*	*	*	****	0.970
	2.200	2.703	10.790	-4.383	-3.394	-7.333		
4 x 2	6 a	*	*	***	*	**	NS	0.960
	-1.672	2.660	7.662	-4.680	-2.660	-3.383		
	5 a	****	*	NS	*	NS	****	0.954
	-0.751	2.660	-0.306	-5.721	-1.061	9.316		
	4 a	*	*	****	*	**	NS	0.950
	-1.314	2.844	5.354	-6.351	-2.545	6.945		
	Media	-	-	-	-	-	-	0.965

* = significativo, pelo teste F, a 0.1% de probabilidade
 ** = significativo, pelo teste F, 1% de probabilidade
 *** = significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade
 **** = significativo, pelo teste F, a 10% de probabilidade
 N.S = não significativo, pelo teste F, a 10% de probabilidade

TABELA 6 -Estimadores dos coeficientes da equacao de regressao- Rendimento Global Reduzido EFGc=f(FDc,VA) (Eq.21)

TRATOR	MARCHA	θ g0x10	θ g1x10	θ g2x10	2 g3x10	1 g6x10	2 g7x10	2 R
	7 a	NS -4.314	* 2.426	** 2.652	* -5.654	* 2.130	** -4.354	0.985
4 x 2	6 a	NS -3.750	* 2.104	*** 2.914	* -4.248	* 2.570	* -4.731	0.980
	5 a	NS 1.745	* 1.698	NS 1.602	* -3.469	**** -2.324	NS -1.389	0.965
	4 a	NS -2.456	* 1.737	** 3.316	* -3.281	* -4.237	** -4.200	0.978
	Media	-	-	-	-	-	-	0.977

* = significativo, pelo teste F, a 0.1% de probabilidade
 ** = significativo, pelo teste F, 1% de probabilidade
 *** = significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade
 **** = significativo, pelo teste F, a 10% de probabilidade
 N.S = nao significativo, pelo teste F, a 10% de probabilidade

TABELA 7 - Estimadores dos coeficientes das equações de regressão - $T=f(N)$, $T=f(NM)$ (Eq. 4, Eq. 5)

TRATOR	-2 $b_0 \times 10$	1 $b_1 \times 10$	5 $b_3 \times 10$	2 R	-3 $c_0 \times 10$	0 $c_1 \times 10$	2 R
4 x 2	2.67*	1.482*	-5.321*	0.968	7.15*	-2.892*	0.996

* = significativo, pelo teste F, a 0.1% de probabilidade

TABELA 2 - Estimadores dos coeficientes da equação de regressão- FD = f(VA) (Eq. 25, 23)

TRATOR	GRAU DA CORRELAÇÃO	-1		0		-1		0		-1		0		-1		0	
		MAX10	MIN10	MAX10	MIN10	MAX10	MIN10	MAX10	MIN10	MAX10	MIN10	MAX10	MIN10	MAX10	MIN10	MAX10	MIN10
2	7 a	-52.608	133.776	-0.819	**	2.320	***	0.973	NS	0.846	NS	-1.717	NS	0.971	NS	NS	NS
4 a	2	-21.304	76.449	-6.872	***	5.271	***	5.697	NS	-9.933	NS	3.482	NS	0.974	NS	NS	NS
5 a	3	-3.677	35.898	-0.435	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 a	4 a	-2.570	34.714	-0.470	***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* = significativo, pelo teste F, a 0.1% de probabilidade

TABELA 9 - Resultados Medios da analise do solo "CAMPO A"

PARAMETROS	VALOR	UNIDADE
Densidade Aparente	1.46	g/cm ³
Densidade Real	2.69	g/cm ³
Granulometria (USDA)		
Limite		
Liquidez (NBR 6451)	31.9	%
Plasticidade (NBR 7180)	16.8	%
Indice		
Plasticidade (NBR 7180)	15.1	%
Resist. max. penetracao (6 cm de profundidade)	0.16	kN/cm ²
Teor de Umidade	18.7	%

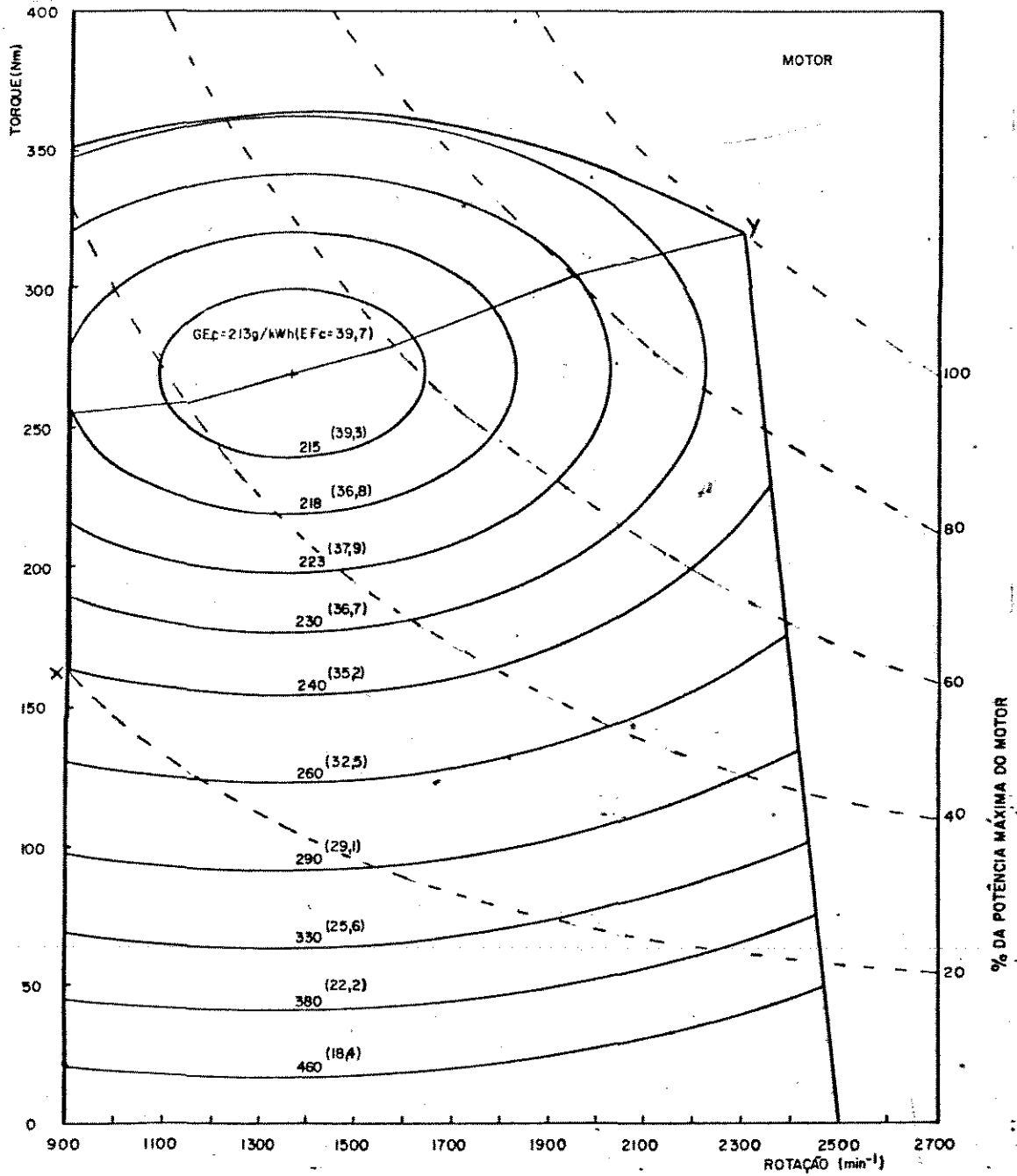


Figura 1- Rendimento Efetivo Reduzido do Motor (Efc) e Consumo Específico Reduzido (Gec).

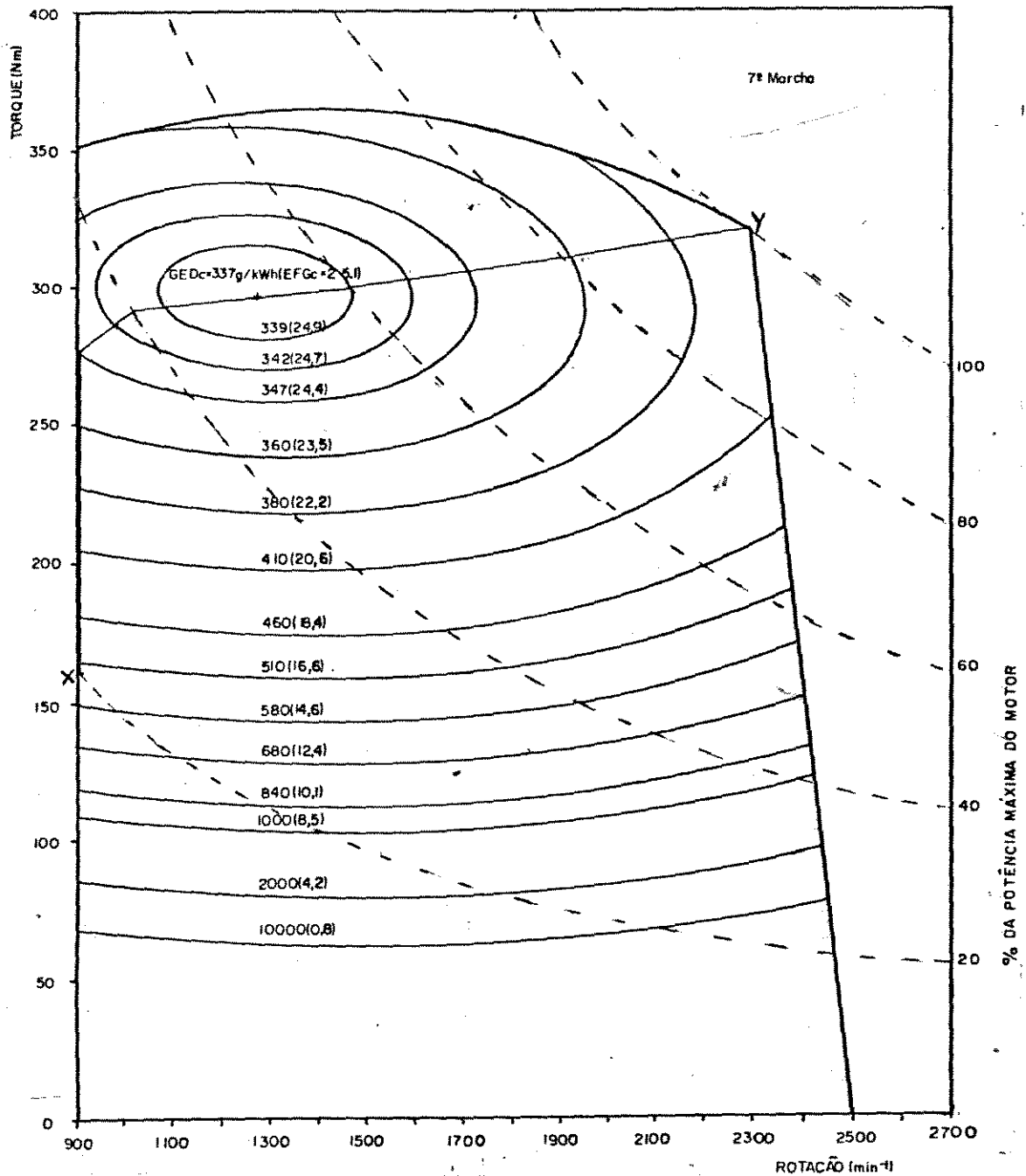


Figura 2- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque Reduzido e Rotação do Motor na 7ª marcha.

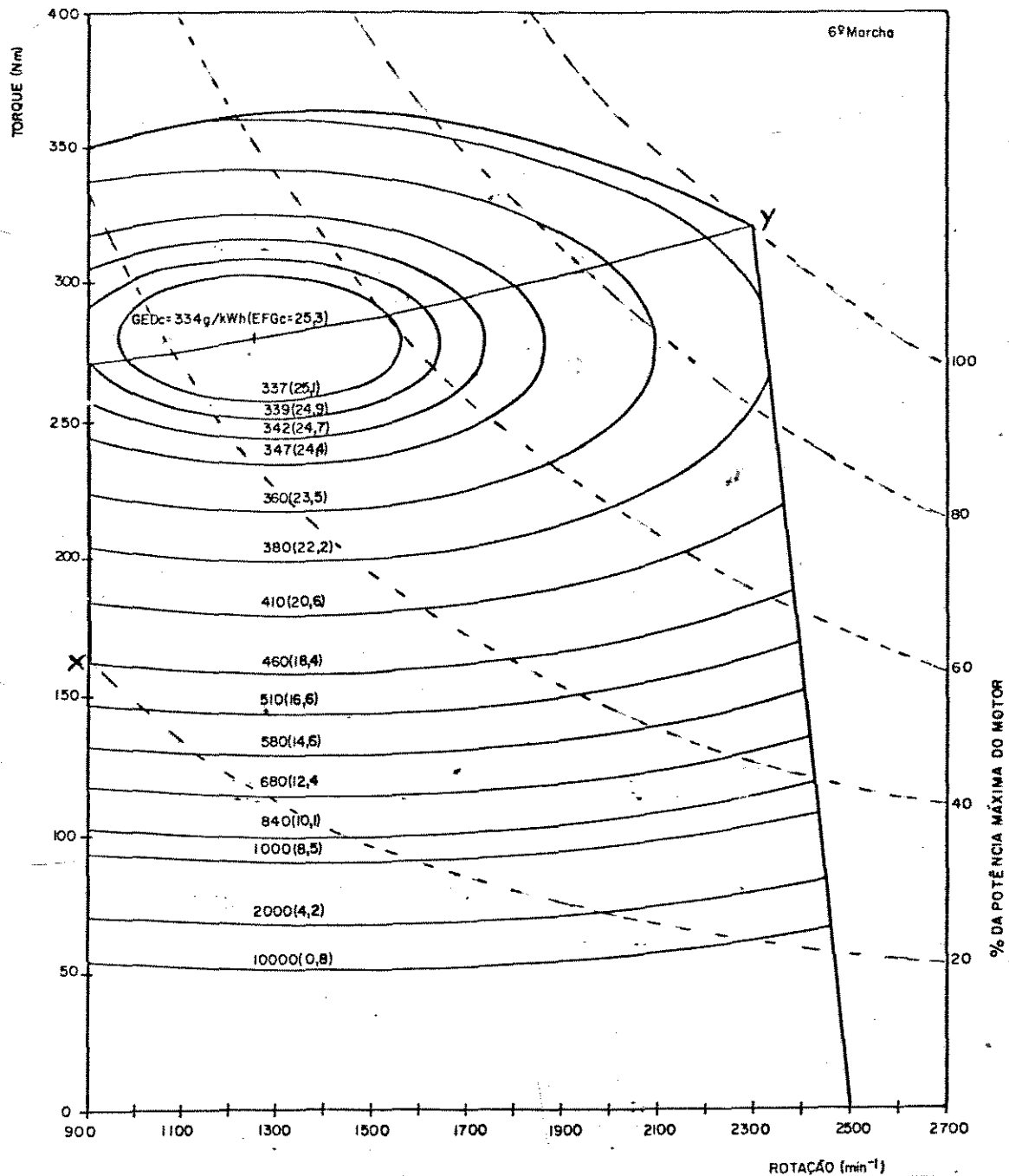


Figura 3- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque Reduzido e Rotação do Motor na 6ª marcha.

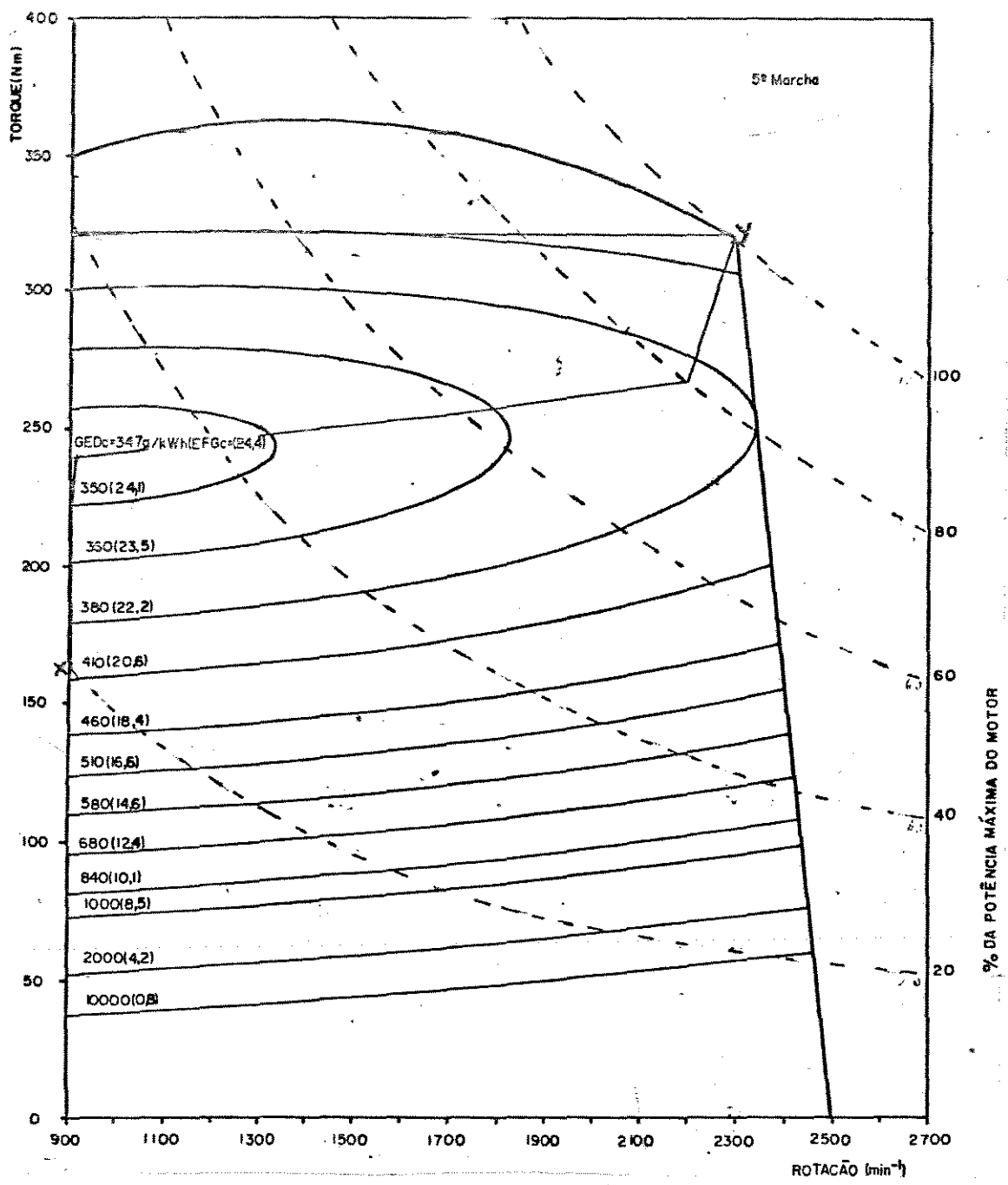


Figura 4- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque Reduzido e Rotação no Motor na 5ª marcha.

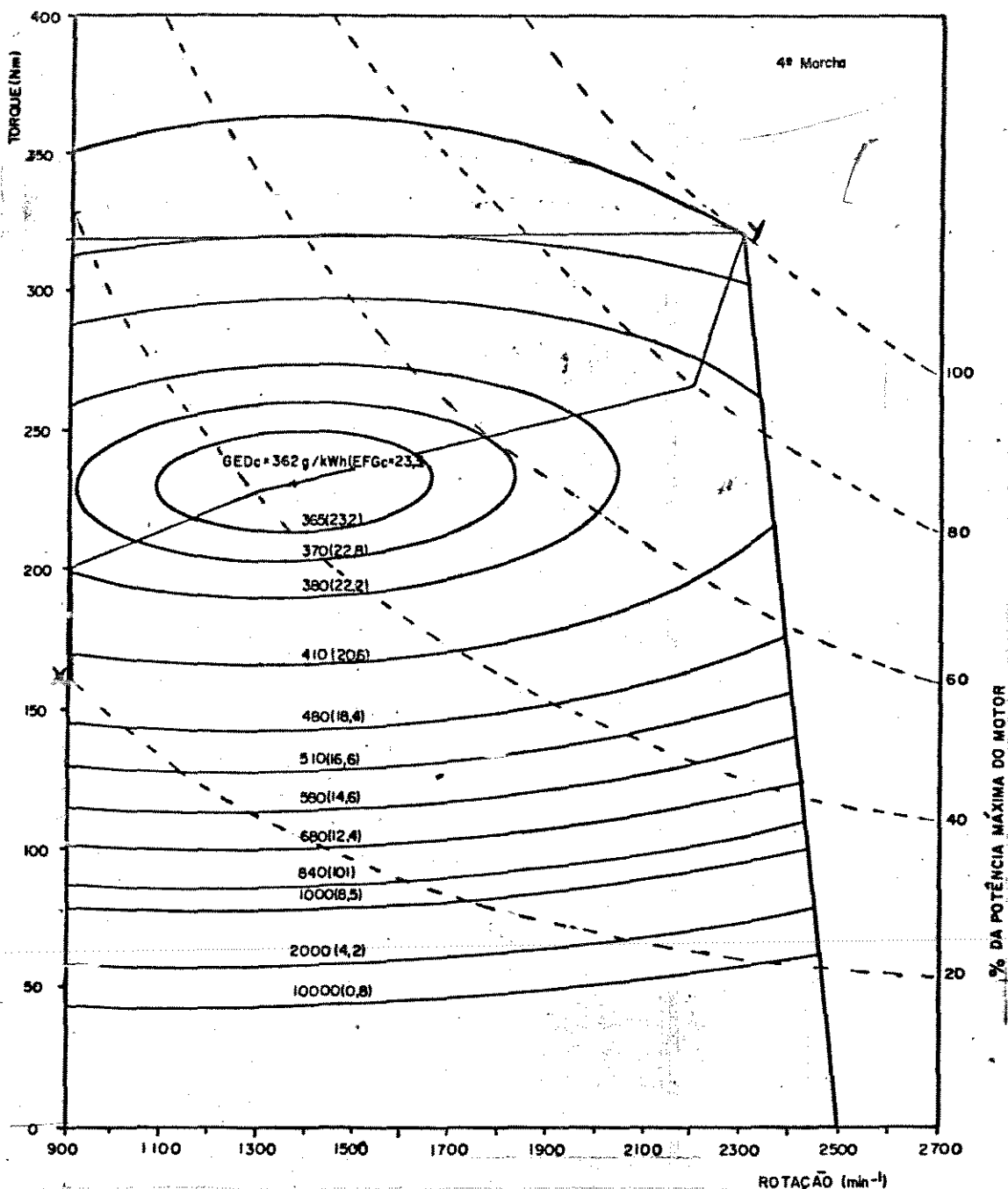


Figura 5- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função do Torque Reduzido e Rotação do Motor na 4a marcha.

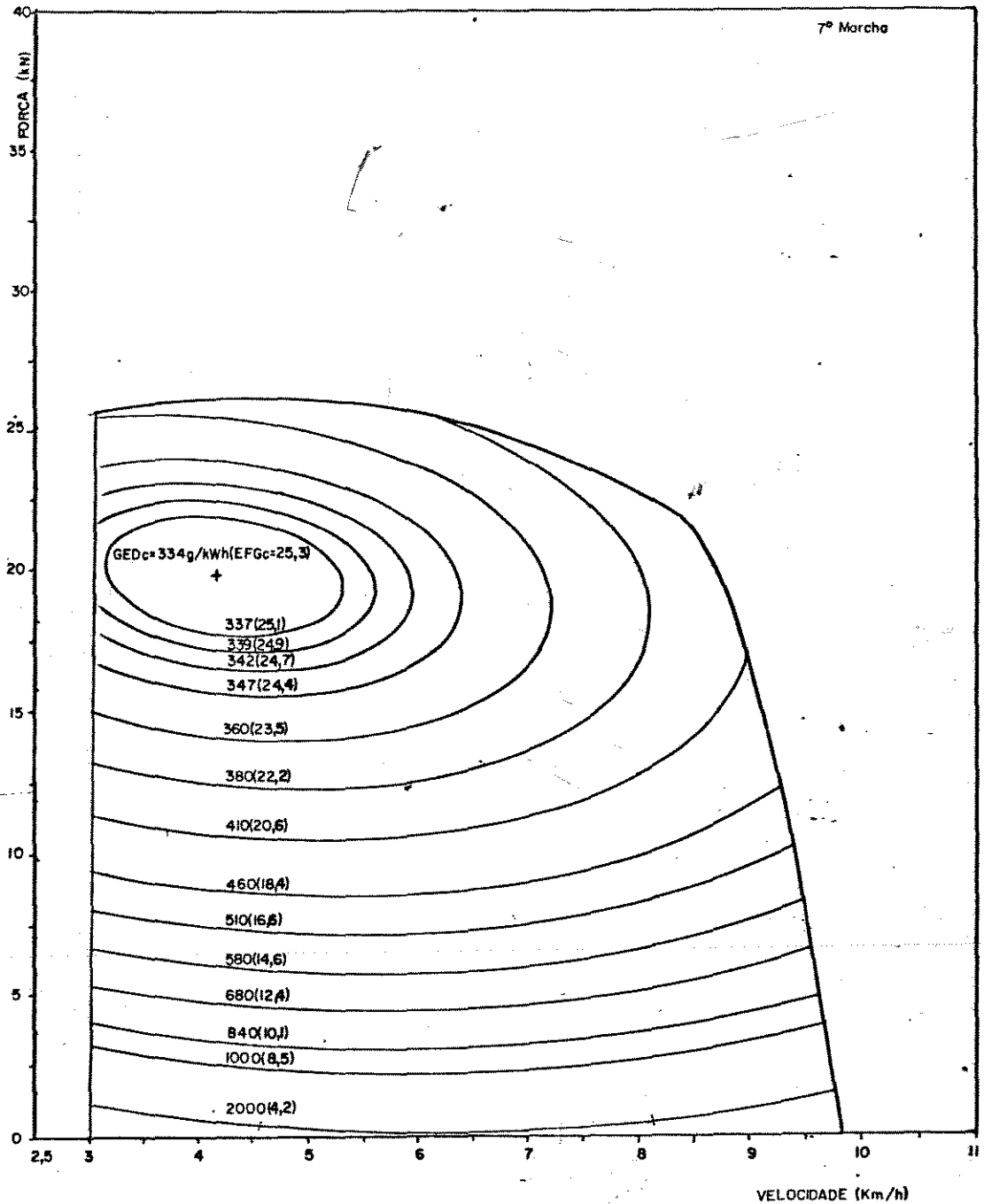


Figura 6- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 7ª marcha.

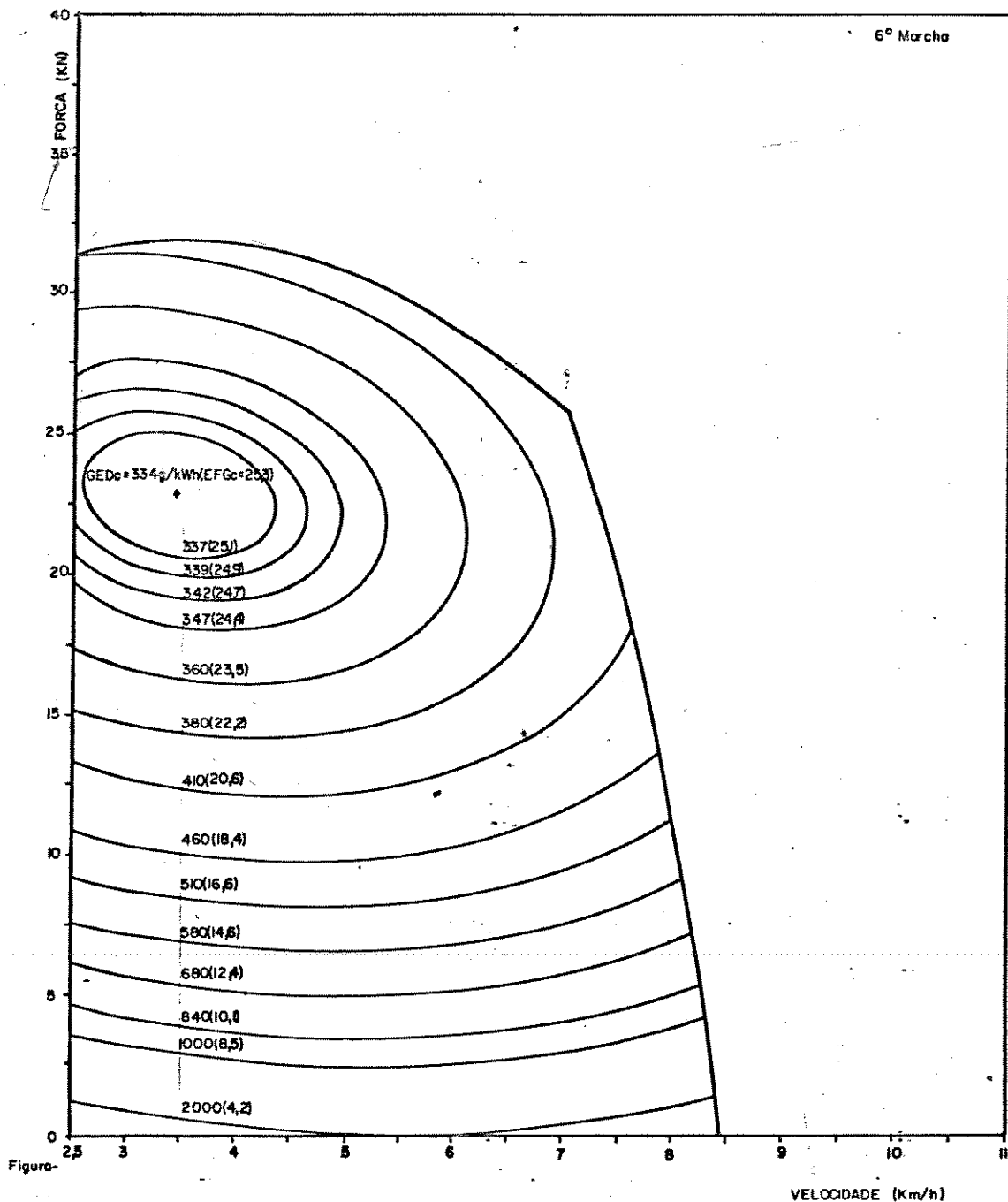


Figura-

Figura 7- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 6ª marcha.

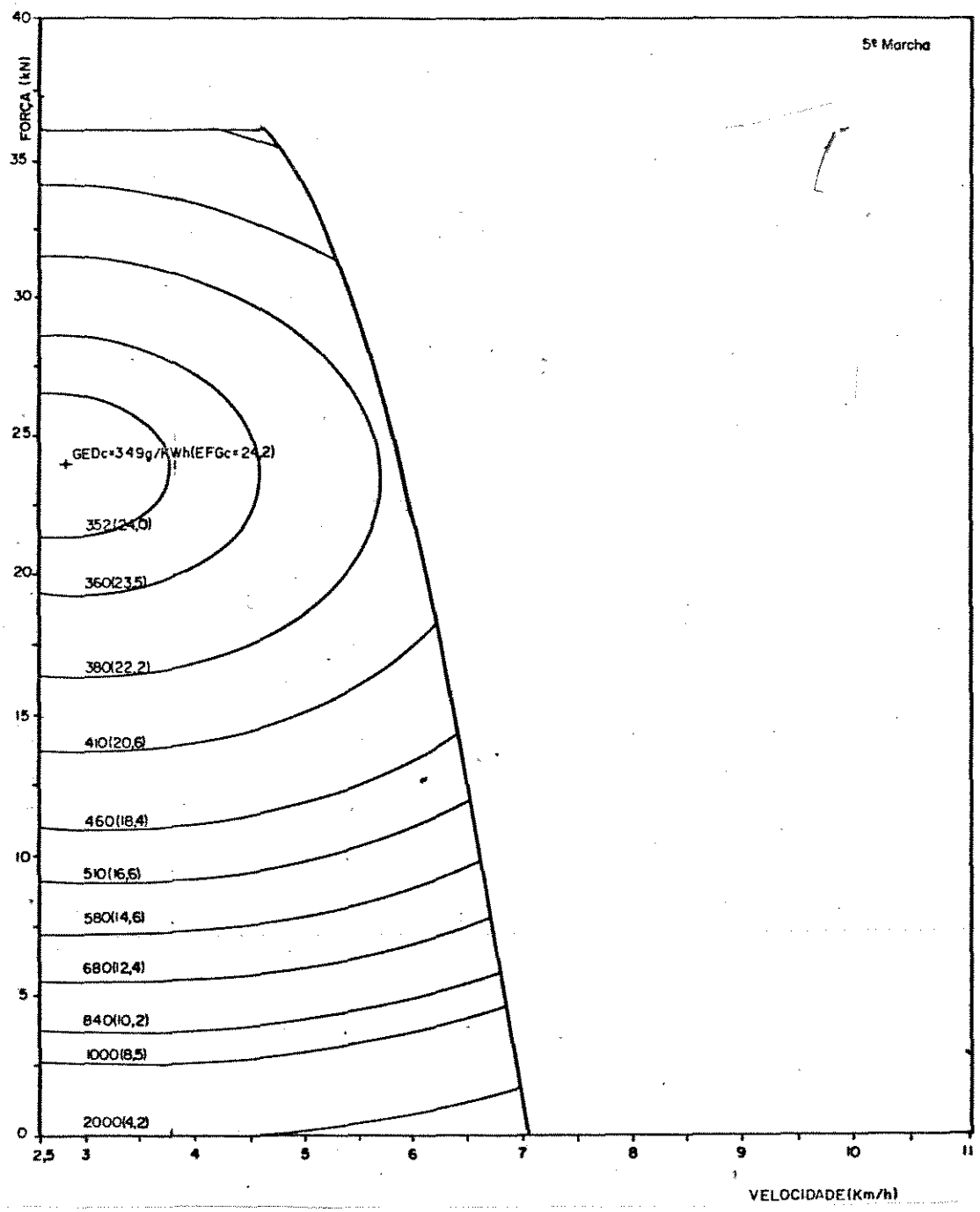


Figura 8- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 5ª marcha.

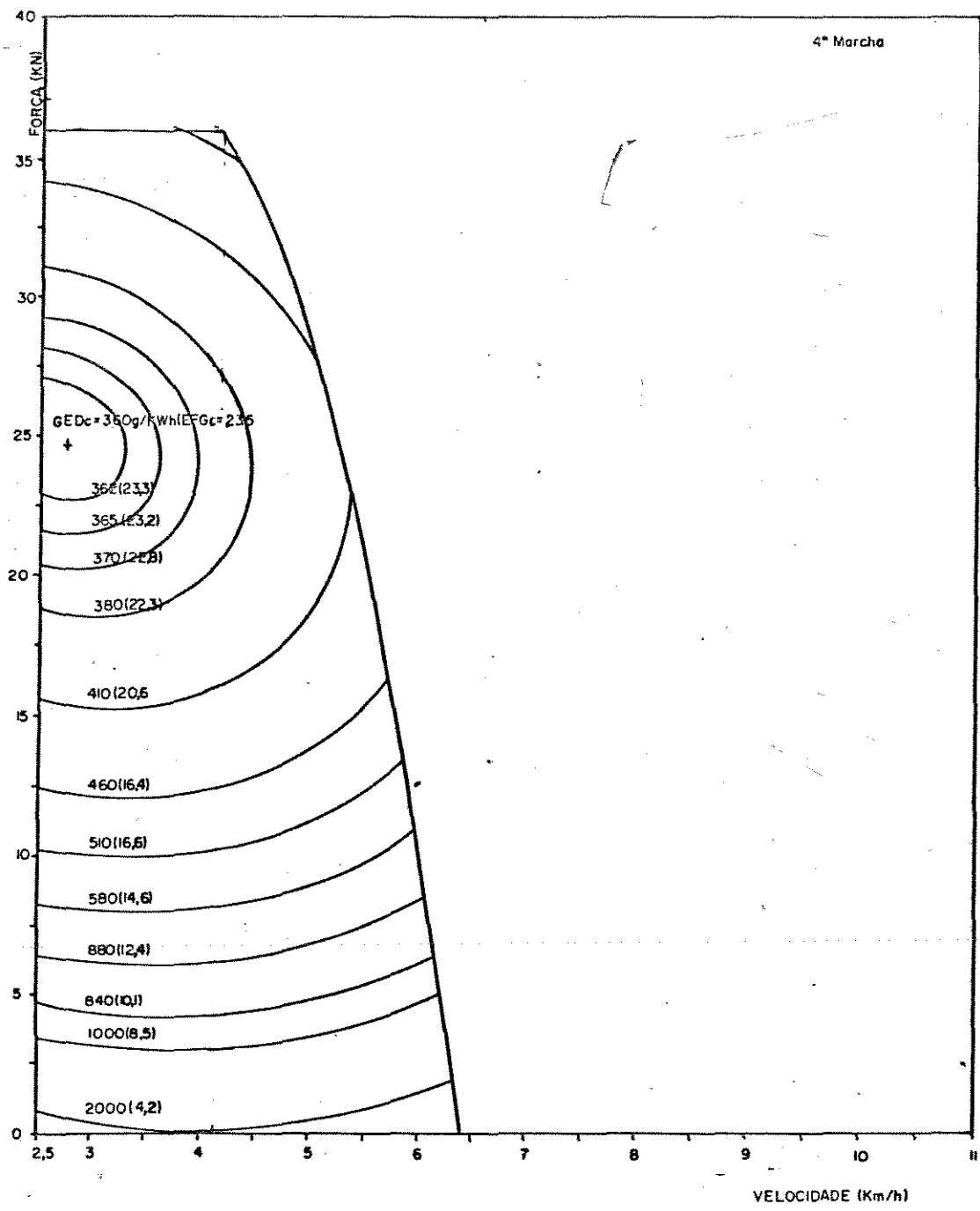


Figura 9- Rendimento Global Reduzido do Trator (EFGc) e Consumo Específico Reduzido de Combustível na Barra de Tração (GEDc), em função da Força de Tração e Velocidade na 4ª marcha.

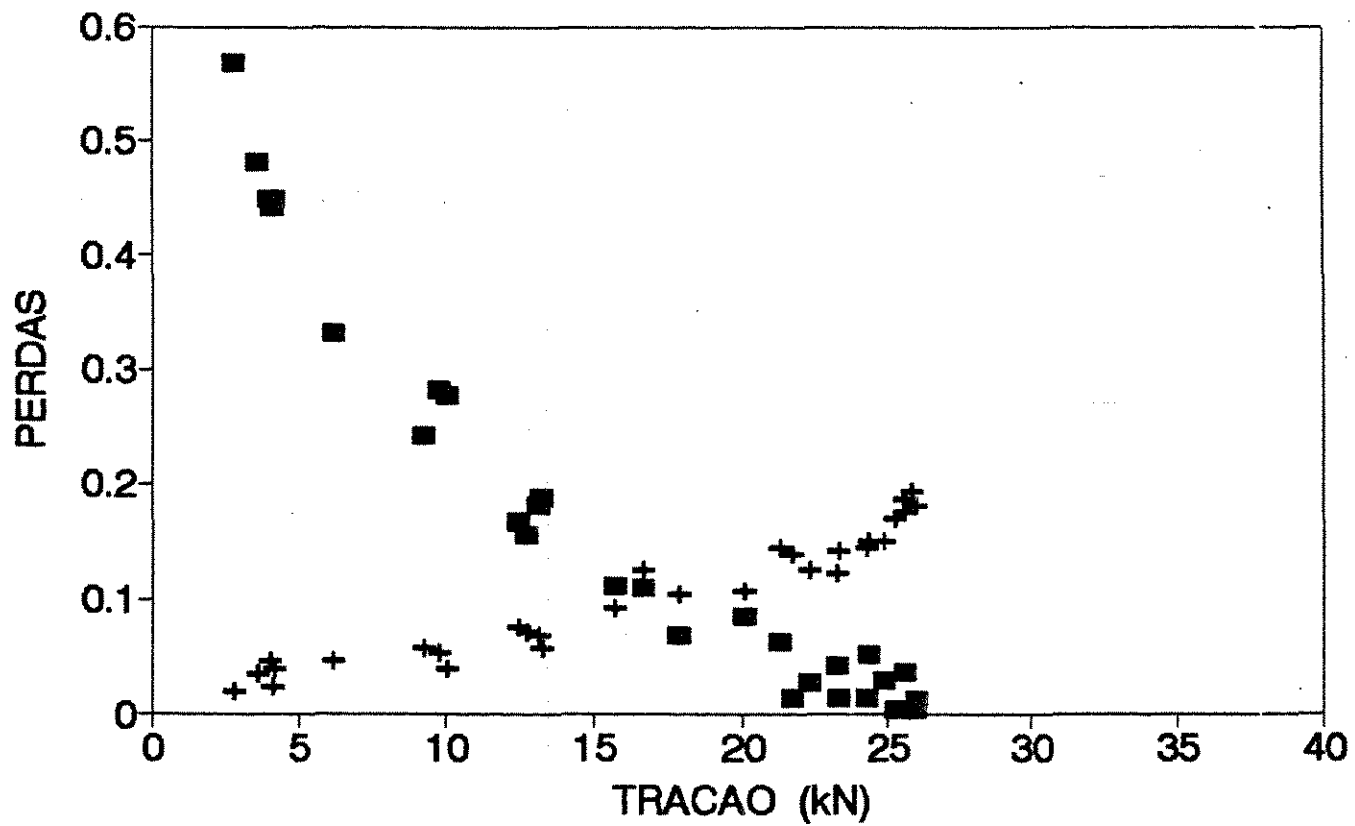
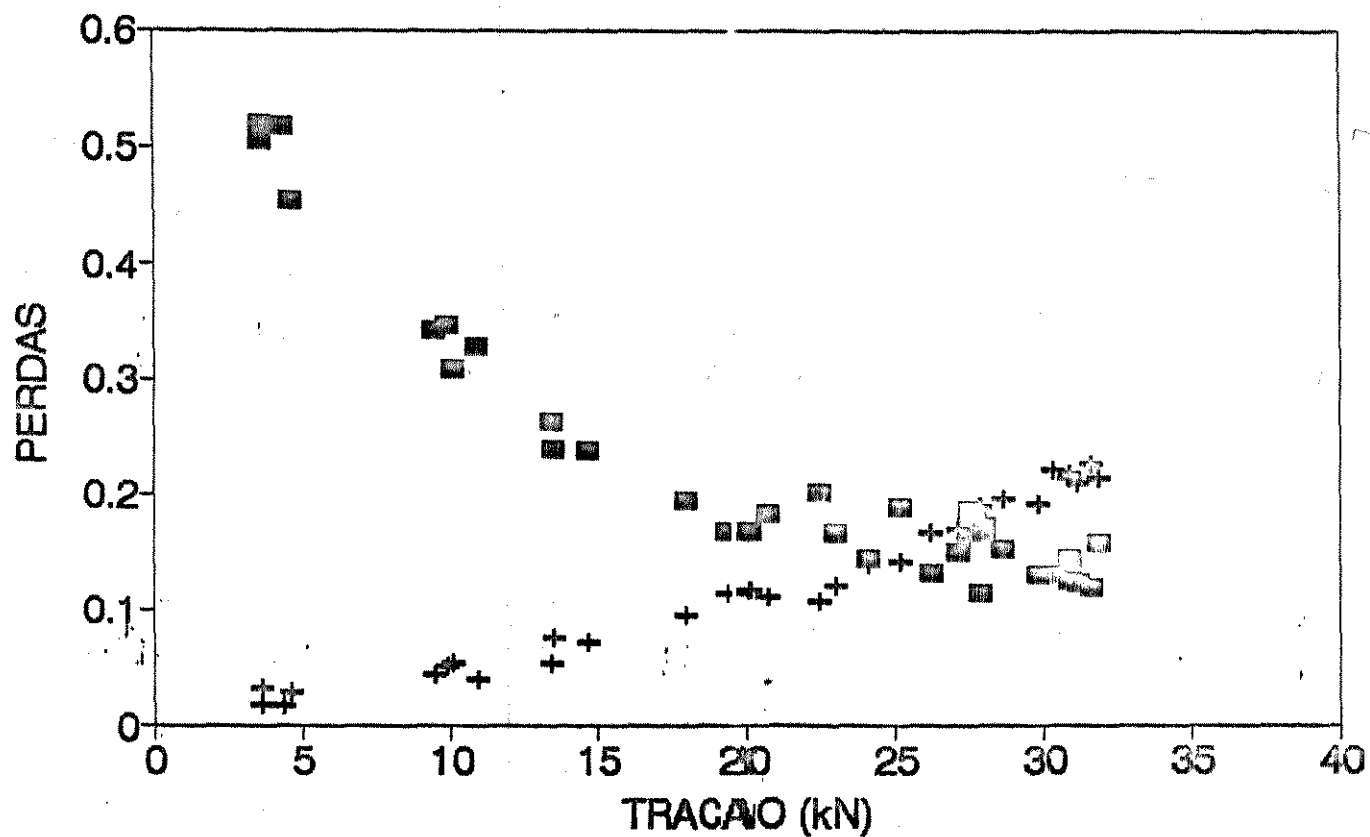


Figura 10- Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 7a marcha.



■ ROLAMENTO + DESLIZAMENTO

Figura 11-2 Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 6a marcha.

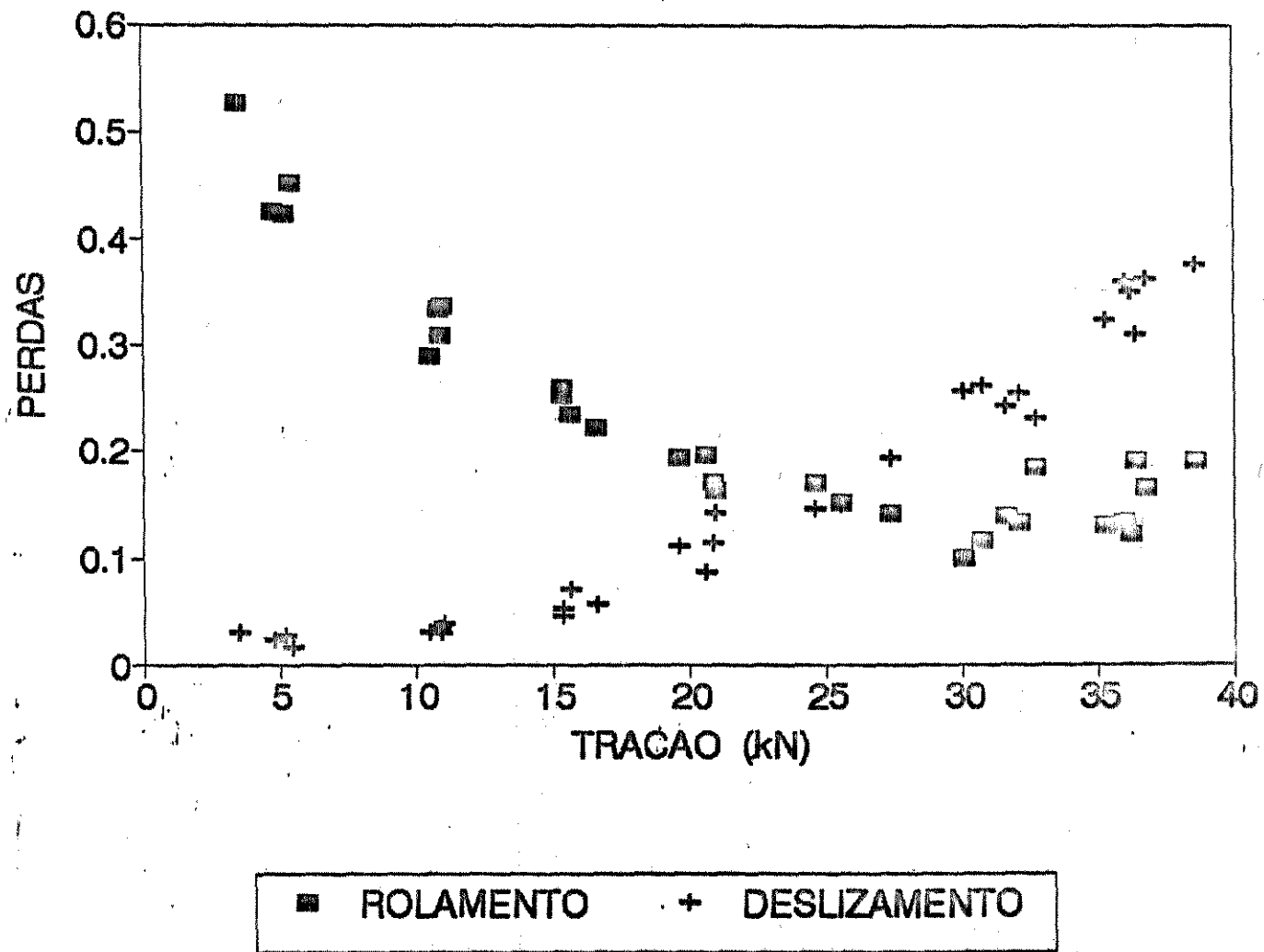
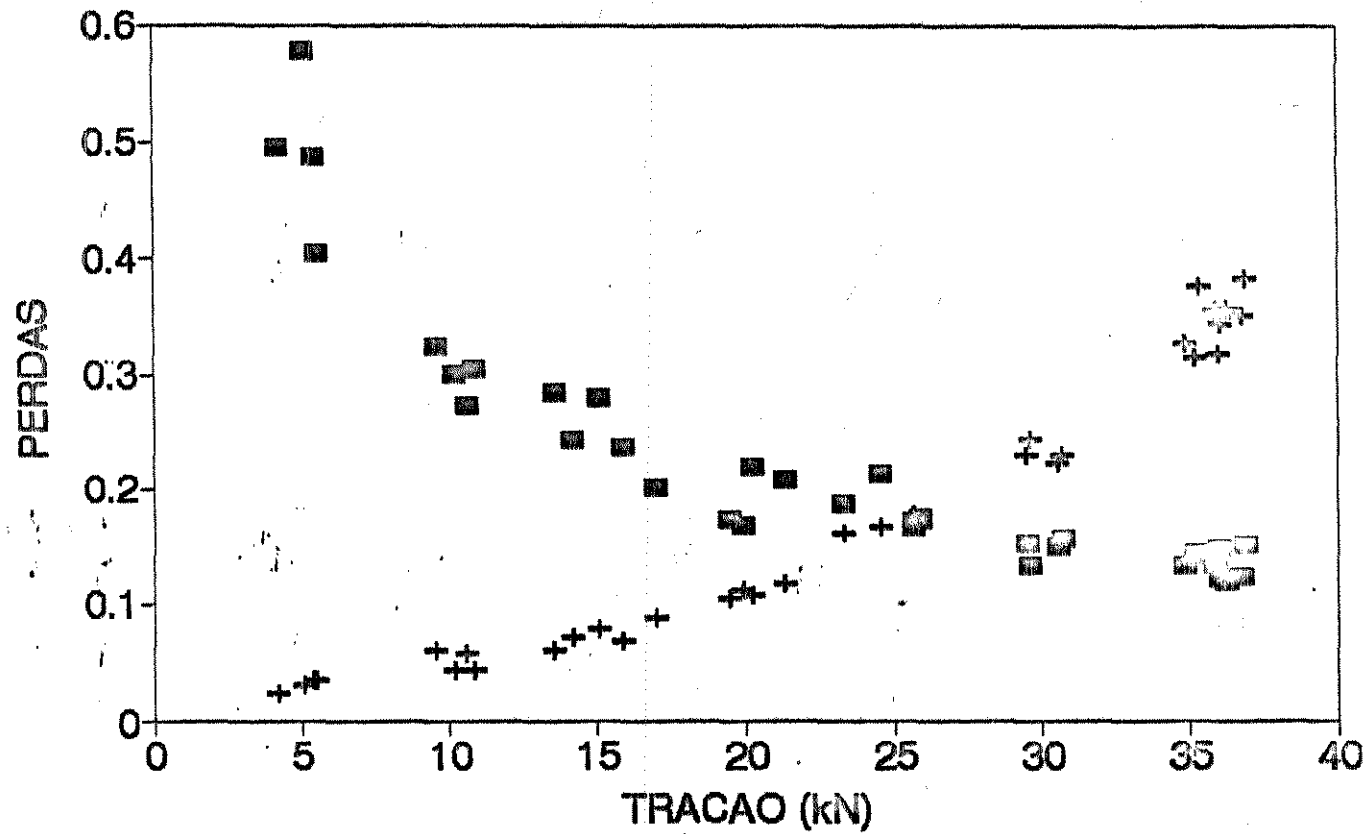


Figura 12- Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 5a marcha.



■ ROLAMENTO + DESLIZAMENTO

Figura 13- Perdas de Rendimento por Deslizamento e Resistência ao Rolamento na 4a marcha.

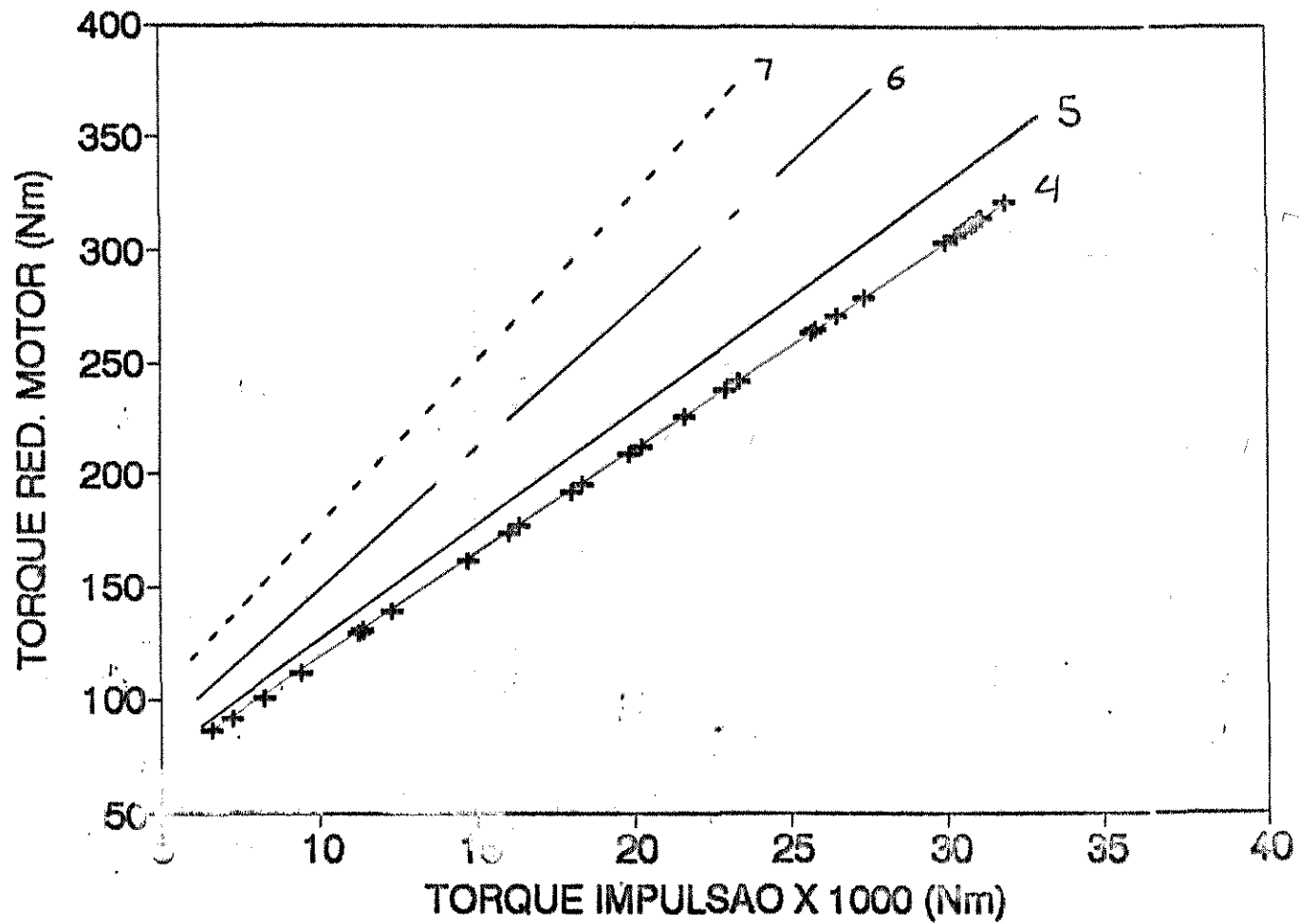


Figura 14- Comportamento das Quatro marchas em função do Torque Reduzido no Motor (Eq.4) e Torque de Impulsaó na roda (Eq.13).

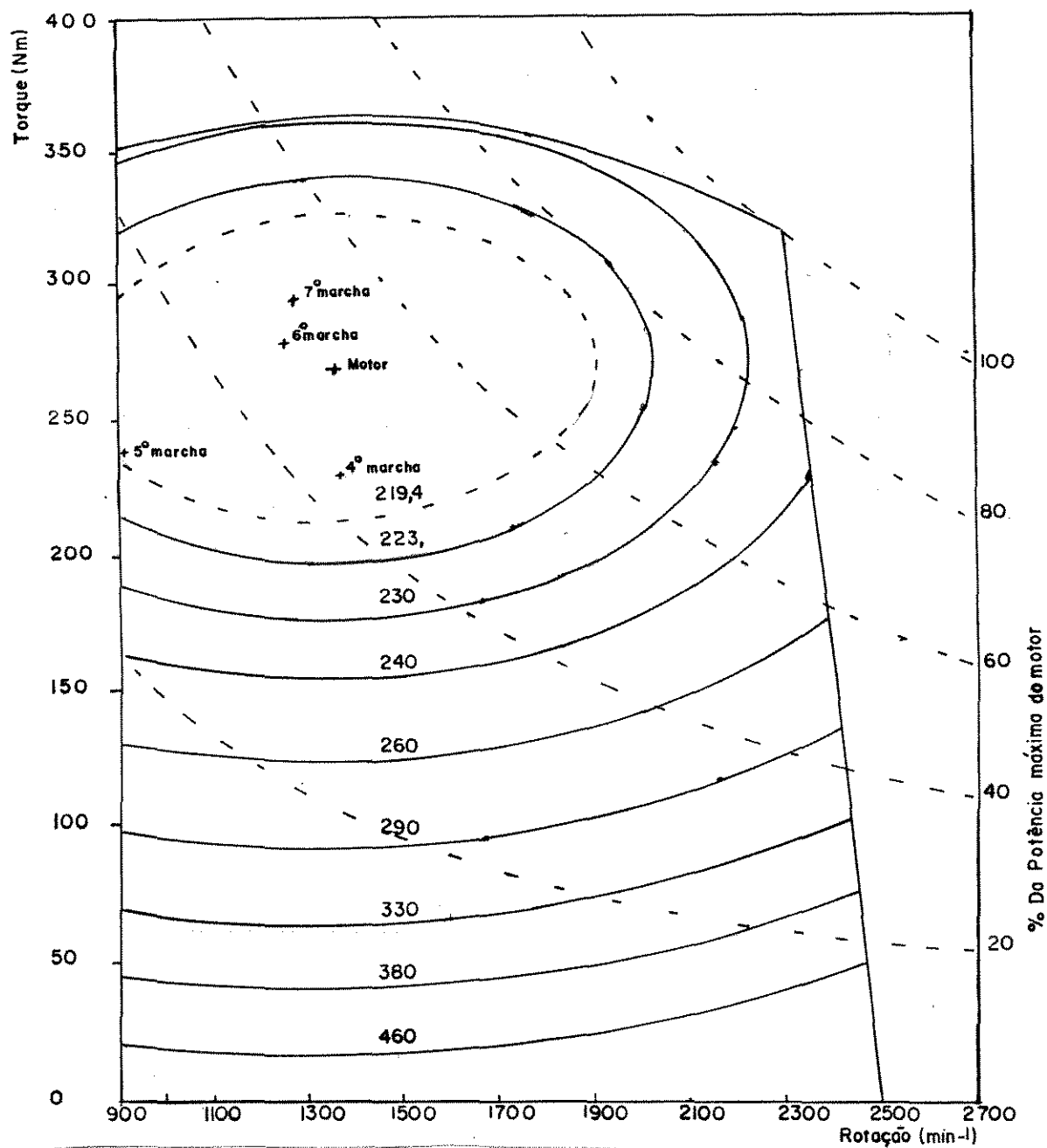


Figura 15- Região de Consumo Específico Reduzido Mínimo de Combustível com um acréscimo de 3% no menor Consumo Específico Reduzido do motor.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALMEIDA, E. M., Rendimento Global de Tratores em Pista de Concreto. Campinas, SP, FEAGRI/UNICAMP. 1990. 111p. Tese de Mestrado.
- 2 ARROYO, J. P., Principios Fundamentales de los Motores de Combustão Interna. Madrid, Editorial Dossat S.A., 128p. 1963.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Métodos de Ensaio de tratores Agrícolas- NBR 10400. RJ , ABNT, 16p.
- 4 CAPELLI, N. L., Sistema de Informação ao Operador do Trator Agrícola, Campinas SP, FEAGRI/UNICAMP. 1990. 225p. Tese de Mestrado.
- 5 CHUDAKOV, D. A., Fundamentos de la teoria y el cálculo de tractores y automóviles. Moscow, Mir Publishers, 1977. 435p.
- 6 DWYER, M. J. & COMELY, P. R., The Field Performance of Some Tractor Tires Related to Soil Mechanical Properties, Journal of Agricultural Engineering Research, vol. 19, p. 35-50. 1974.
- 7 LOBER, M., Leistung und Kraffstoffverbrauch bei Schleppermotoren. Palestra apresentada no Referentetagung, Hohenheim, em 11/06/1981.
- 8 MIALHE, L. G., Máquinas Motoras na Agricultura, vol.2. EDUSP, Piracicaba, 1980. 367 p.

- 9 SCHIMMEL, V. J. & HULLA, H., Einsatzoptimierung von Ackerschleppern durch elektronische Fahrerinformation. Sep. Grundlagen Landtechnik, Duesseldorf, 33(1):p. 5-10, Jan-feb, 1983.
- 10 SCHUNKE, U., Schlepper und Motorfahrzeuge. Agrartechnik internacional, April: 1-4, 1982.
- 11 SOUZA, E. G., & MILANEZ, L. F., Indirect Evaluation of the Torque of Diesel Engines. Transactions of the ASAE, vol. 31(5), p.1350-54, 1988.
- 12 SOUZA, E. G. & MILANEZ, L. F., Efficiency Analysis of Diesel Engines. Transactions of the ASAE, vol 33(1), p.8-14, 1990.
- 13 SOUZA, E. G. & MILANEZ, L. F., Prediction of Tractor Performance on Concrete, Transactions of the ASAE, vol 34(3), p.727-732, 1991.
- 14 STEINKAMPF, H., Possibilities of saving energy during tractor use. Federal Research Center of Agriculture, Braunschweig, 1981. 9p.
- 15 WISMER, R. D. & LUTH, H. J., Off-Road Traction Prediction for Wheeled Vehicles, ASAE Paper 72-619. 1972.
- 16 ZOZ, F. M., Predicting Tractor Field Performance. ASAE Paper 70-118. 1970.

ABSTRACT

The objective of this work is to verify the application in field tests of a correlation to represent the total tractive efficiency in concrete track. Two correlations were studied. One as a function of the engine speed and torque resulting in a multiple determination coefficient between 0.954 and 0.978. Other, as a function of the travel speed and drawbar pull exhibiting a multiple determination parameter between 0.965 and 0.985.

The tests were conducted with the tractor operating in four different gears in one specific agricultural soil. Multiple parameters curves were plotted for the simplified elliptical paraboloid form due to its parametric behavior. For each correlation, the complete version was not significantly more precise.

The minimum specific consumption for each gear was observed to occur in different working points of the engine corresponding to different engine torques and speeds.

A N E X O A

D E S E M P E N H O D O M O T O R

TABELA A.1 ANALISE DO DESEMPENHO DO MOTOR DO TRATOR 4x2

MAQUINA TRATOR 4x2				MOTOR : MMH D 229 6				COMBUSTIVEL : DIESEL									
DENS. COMB. [g/l]	NUMERO CILINDROS	CILIND. [l]	RELAÇÃO DE TRANSMISSAO	TEMPOS DE EXPLOSAO	PRESSAO BAROMETRICA [mmHg] [kPa]	PRESSAO REFERENCIA [mmHg] [kPa]											
-0.750	6.00	5.883	1.0000	4	711.00 94.80	711.40 94.85											
Nº	TEMPO [s]	ROTACAO MOTOR [rpm]	TORQUE MOTOR [Nm]	VOLUME CONSUM. [ml]	TEMP. COMB. [C]	TEMP. R. SECO [C]	TEMP. R. UMIDO [C]	TEMP. ADM. [C]	POT. [kW]	C. HOR. [l/h]	C. ESP. [g/kWh]	REDUCAO NBR54B4	DEBITO [mg/inj]	POT REDUZIDA [kW]	C. ESP REDUZIDO [g/kWh]	Efc %	TORQUE REDUZIDO Nm
1	15.02	2300	312	100	28.9	23.6	21.0	29.9	75.15	23.97	265.79	1.023	48.24	76.91	259.69	32.54	319.33
2	14.90	2320	311	100	28.9	23.9	21.1	31.6	75.56	24.16	266.47	1.026	48.21	77.52	259.72	32.54	319.08
3	14.74	2340	309	100	29.1	24.1	21.2	30.2	75.72	24.42	268.74	1.024	48.31	77.54	262.42	32.20	316.45
4	15.18	2280	314	100	29.2	24.1	21.2	33.2	74.97	23.72	263.53	1.028	48.14	77.09	256.28	32.97	322.89
5	15.27	2260	316	100	29.4	24.3	21.3	32.2	74.79	23.58	262.58	1.027	48.27	76.81	255.65	33.06	324.57
6	16.50	2100	327	100	29.6	24.4	21.5	31.0	71.91	21.82	252.68	1.025	48.07	73.73	246.45	34.29	335.27
7	18.16	1900	335	100	29.8	24.6	21.6	32.5	66.65	19.82	247.64	1.028	48.26	68.51	240.93	35.00	344.34
8	19.33	1700	350	100	29.8	24.6	21.7	33.2	62.31	18.62	248.88	1.033	50.68	64.38	240.80	35.00	361.62
9	21.43	1500	357	100	29.8	24.8	21.8	32.3	56.08	16.80	249.43	1.034	51.81	57.96	241.32	35.02	369.00
10	22.25	1450	356	100	29.7	24.9	21.9	32.2	54.06	16.18	249.25	1.033	51.62	55.85	241.22	35.03	367.84
11	24.42	1350	348	100	29.8	24.9	22.0	32.1	49.20	14.74	249.50	1.031	50.51	50.75	241.89	34.94	358.95
12	31.29	1100	345	100	29.8	25.0	22.1	31.3	39.74	11.51	241.06	1.027	48.38	40.81	234.75	36.00	354.27
13	37.83	900	344	100	29.8	25.0	22.1	31.2	32.42	9.52	244.40	1.028	48.91	33.31	237.84	35.53	353.48

TABELA A.1- CONTINUACAO

TEMPO	ROTACAO	TORQUE	VOLUME	TEMP.	TEMP.	TEMP.	TEMP.	POT.	C.HOR.	C.ESP.	REDUCAO	DEBITO	POT.	C.ESP.	Efc	TORQUE	
[s]	[rpm]	[Nm]	[ml]	[C]	B.SECD	B.UMIDO	ADM.	[kW]	[l/h]	[g/kWh]	NBR5484	[mg/inj]	REDUZIDA	REDUZIDO	%	REDUZIO	
					[C]	[C]	[C]						[kW]	[g/kWh]		Nm	
14	18.06	2382	265	100	30.3	25.2	22.4	29.0	66.10	19.93	250.98	1.011	38.69	66.84	248.21	34.05	267.96
15	64.99	2500	0	100	30.2	25.2	22.4	29.9	0.00	5.54	*****	1.012	10.25	0.00	*****	0.00	0.00
16	29.93	2423	133	100	30.4	25.2	22.4	30.5	33.75	12.03	296.61	1.012	22.95	34.16	293.04	28.04	134.62
17	15.00	2360	313	100	30.5	25.3	22.4	30.7	77.35	24.00	258.18	1.024	47.01	79.23	252.07	33.53	320.58
18	43.15	2450	66	100	30.7	25.3	22.4	32.3	16.93	8.34	409.91	1.013	15.74	17.16	404.48	20.89	66.89
19	22.89	2405	199	100	31.0	25.4	22.3	31.1	50.12	15.73	261.01	1.013	30.22	50.75	257.78	32.78	201.49
20	23.29	1905	265	100	31.2	25.6	22.4	30.1	55.09	15.46	233.35	1.012	35.98	55.74	230.62	36.64	260.14
21	89.62	2100	0	100	31.3	25.6	22.6	31.9	0.00	4.02	*****	1.013	8.84	0.00	*****	0.00	0.00
22	39.37	2022	132	100	31.3	25.8	22.7	30.4	27.95	9.14	272.04	1.012	20.89	28.27	268.75	31.44	133.62
23	19.74	1970	312	100	31.4	25.9	22.8	30.0	64.36	18.24	235.58	1.017	42.76	65.48	231.58	36.49	317.39
24	56.65	2049	66	100	31.6	25.9	22.8	31.2	14.16	6.35	373.03	1.013	14.32	14.34	368.30	22.95	66.05
25	29.54	2011	199	100	31.7	25.9	22.8	31.7	41.91	12.19	241.72	1.013	27.99	42.46	238.57	35.42	201.63
26	25.56	1840	265	100	31.9	26.0	22.8	31.3	51.06	14.08	229.24	1.013	35.34	51.72	226.32	37.34	268.42
27	101.36	1950	0	100	31.9	26.0	22.9	31.1	0.00	3.55	*****	1.013	8.41	0.00	*****	0.00	0.00
28	42.78	1869	133	100	32.1	31.4	23.0	31.5	26.03	8.42	268.62	1.012	20.78	26.35	265.41	31.84	134.61
29	21.63	1826	312	100	32.2	30.8	23.0	31.2	59.66	16.64	231.78	1.016	42.07	60.63	228.08	37.05	317.07
30	63.47	1904	66	100	32.1	26.2	23.0	30.8	13.16	5.67	358.14	1.013	13.75	13.33	353.66	23.89	66.84
31	32.40	1859	199	100	32.4	26.2	23.0	31.0	38.74	11.11	238.25	1.013	27.58	39.24	235.24	35.92	201.55
32	30.83	1557	265	100	32.4	26.4	23.1	31.6	43.21	11.60	224.50	1.013	34.61	43.78	221.56	38.14	268.51
33	124.70	1700	0	100	32.4	26.4	23.1	30.9	0.00	2.89	*****	1.013	7.84	0.00	*****	0.00	0.00
34	52.23	1590	132	100	32.5	26.4	23.2	30.8	21.98	6.89	260.49	1.013	20.00	22.26	257.20	32.86	133.69
35	26.06	1550	312	100	32.4	26.5	23.3	31.2	50.64	13.81	226.60	1.016	41.13	51.46	222.98	37.90	317.06
36	75.06	1650	66	100	32.2	26.5	23.3	31.6	11.40	4.80	349.43	1.013	13.42	11.56	344.81	24.51	66.89
37	38.78	1577	199	100	32.4	26.5	23.3	30.8	32.86	9.28	234.65	1.013	27.17	33.29	231.68	36.48	201.55
38	38.51	1245	265	100	32.5	26.6	23.2	31.3	34.55	9.35	224.75	1.013	34.65	35.00	221.84	38.09	268.47
39	156.37	1450	0	100	32.4	26.6	23.2	31.8	0.00	2.30	*****	1.013	7.33	0.00	*****	0.00	0.00
40	66.65	1270	133	100	32.9	26.8	23.3	31.5	17.69	5.40	253.55	1.013	19.62	17.92	250.23	33.77	134.76

TABELA A.1- CONTINUACAO

TEMPO	ROTACAO	TORQUE	VOLUME	TEMP.	TEMP.	TEMP.	TEMP.	POT.	C.HOR.	C.ESP.	REDUCAO	DEBITO	POT	C.ESP	EFc	TORQUE	
[s]	[rpm]	[Nm]	[ml]	[C]	B. SECO	B. UMIDO	ADM.	[kW]	[l/h]	[g/kWh]	NR5484	[mg/inj]	REDUZIDA	REDUZIDO	%	REDUZIDO	
			CONSUM.	COMB.	[C]	[C]	[C]						(kW)	(g/kWh)		Nm	
41	32.54	1230	312	100	32.8	26.7	23.3	31.3	40.19	11.06	228.60	1.017	41.49	40.06	224.82	37.59	317.25
42	98.59	1320	66	100	32.6	26.8	23.3	31.9	9.12	3.65	332.42	1.014	12.76	9.25	327.98	25.77	66.89
43	48.39	1263	200	100	32.8	26.8	23.3	31.7	26.45	7.44	233.55	1.013	27.17	26.81	230.46	36.67	202.68
44	45.79	1040	265	100	33.2	26.9	23.4	31.5	28.86	7.86	226.13	1.013	34.86	29.25	223.16	37.87	268.53
45	197.14	1200	0	100	32.9	27.0	23.4	31.8	0.00	1.83	*****	1.014	7.02	0.00	*****	0.00	0.00
46	78.84	1075	133	100	33.4	27.2	23.5	30.5	14.97	4.57	253.12	1.013	19.59	15.16	249.96	33.81	134.68
47	38.68	1030	312	100	33.5	27.2	23.5	30.8	33.65	9.31	229.51	1.017	41.66	34.22	225.74	37.44	317.22
48	120.46	1100	66	100	33.3	27.2	23.5	31.5	7.60	2.99	326.28	1.013	12.53	7.70	321.98	26.25	66.88
49	58.22	1058	199	100	33.3	27.2	23.6	31.6	22.05	6.18	232.78	1.013	26.95	22.35	229.69	36.79	201.68

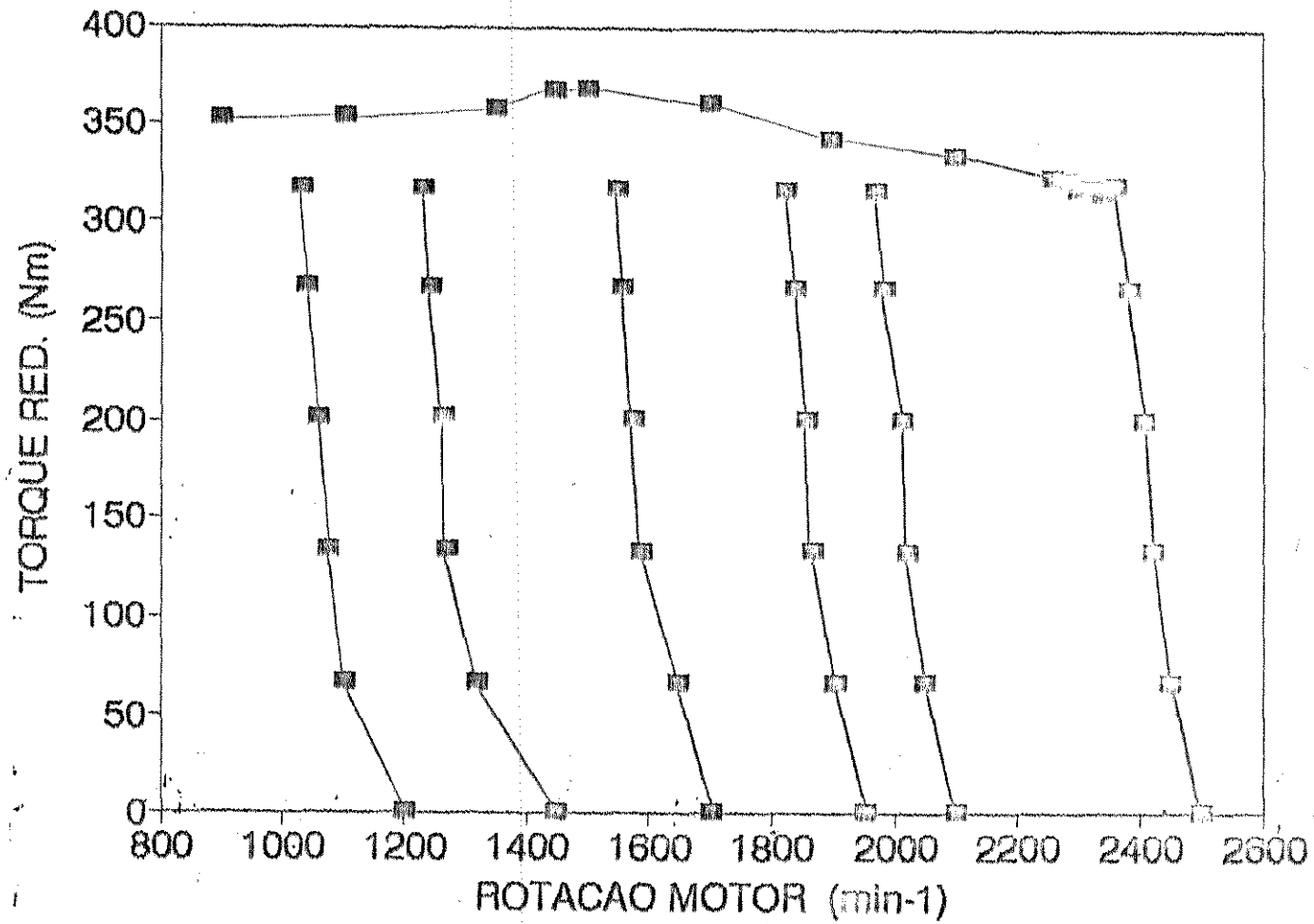


Figura A1- Desempenho do Motor em função do Torque Reduzido e Rotação.

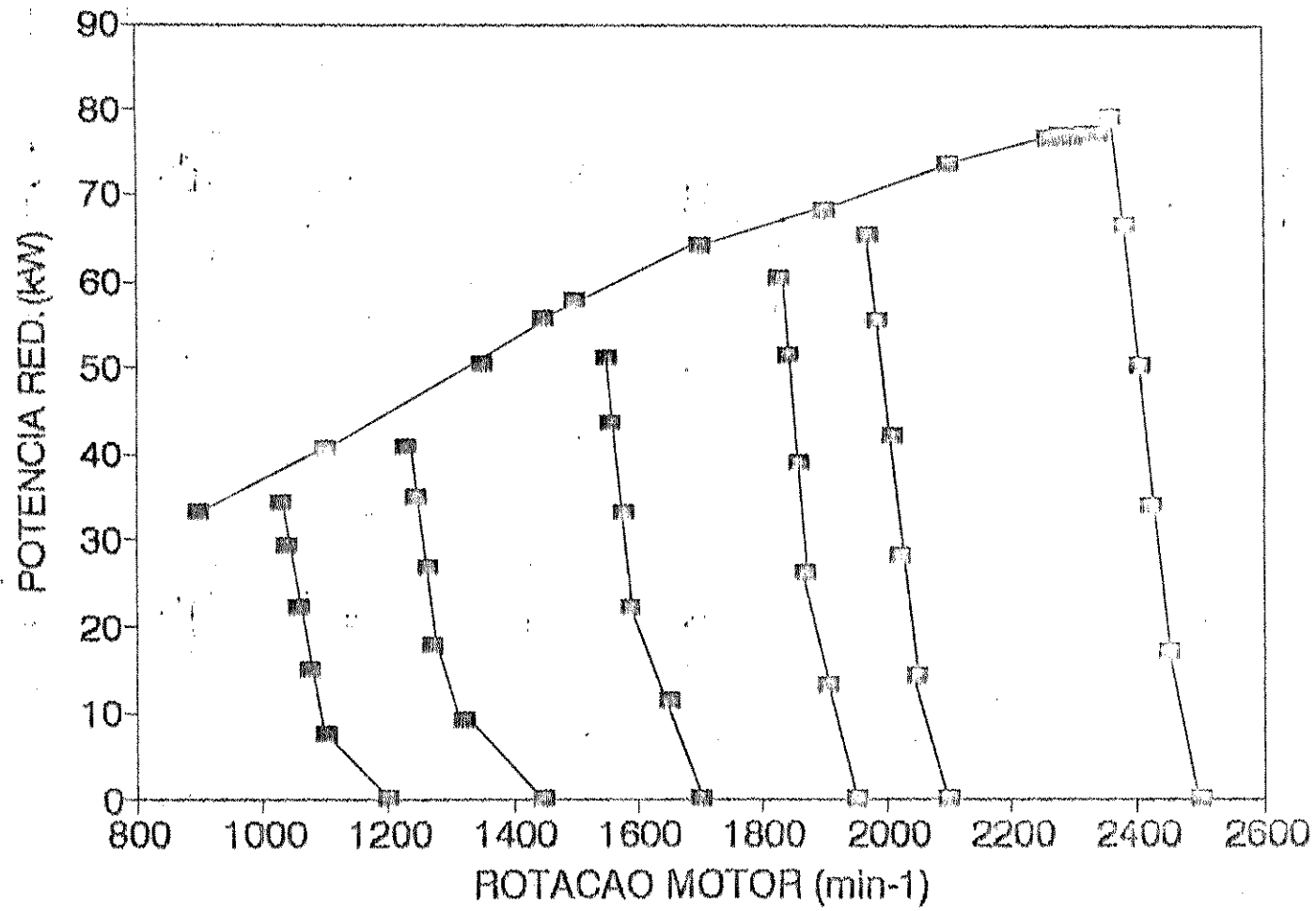


Figura A2- Desempenho do Motor em função da Potência Reduzida e Rotação.

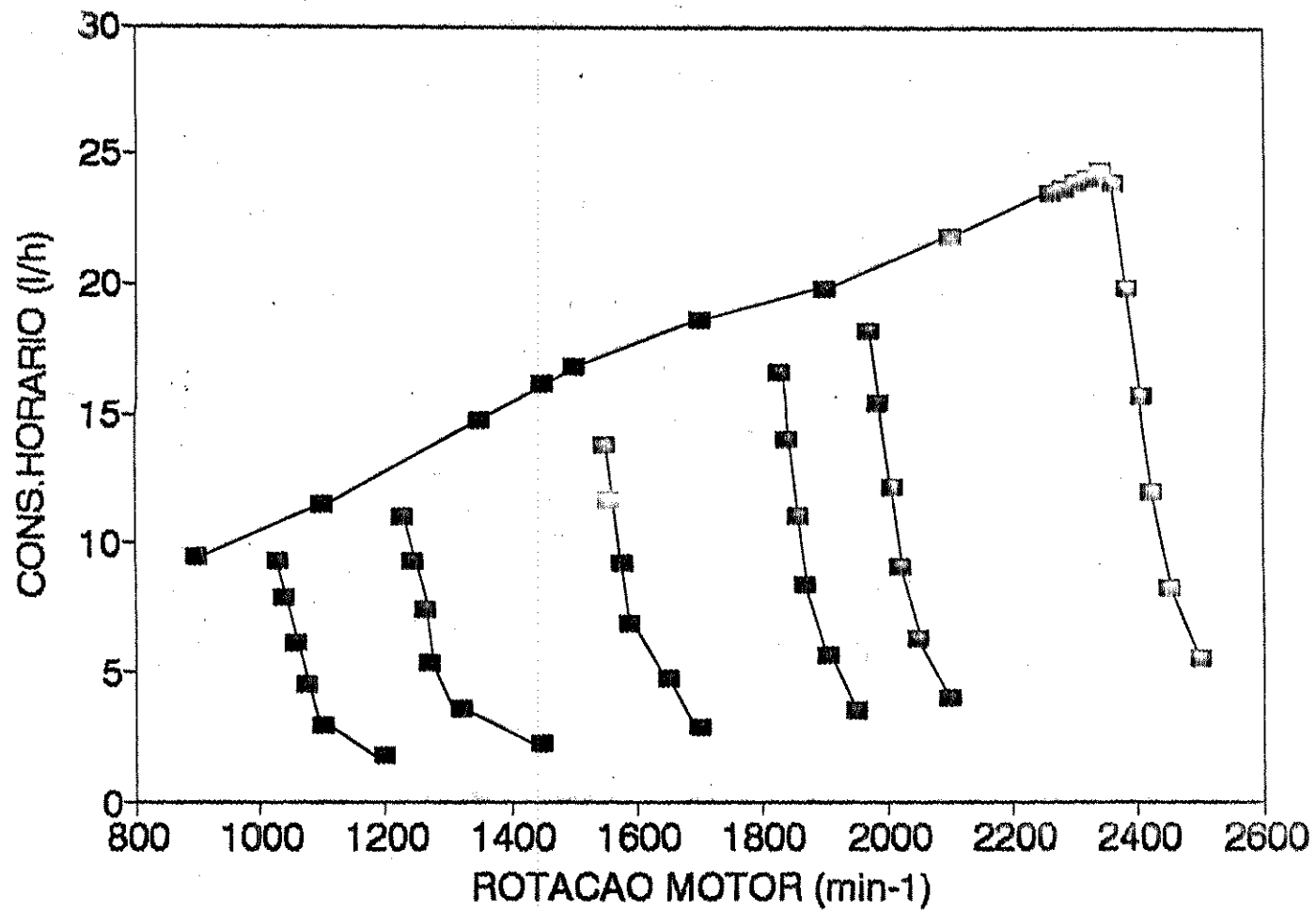


Figura A3- Desempenho do Motor em função do Consumo Horário e Rotação.

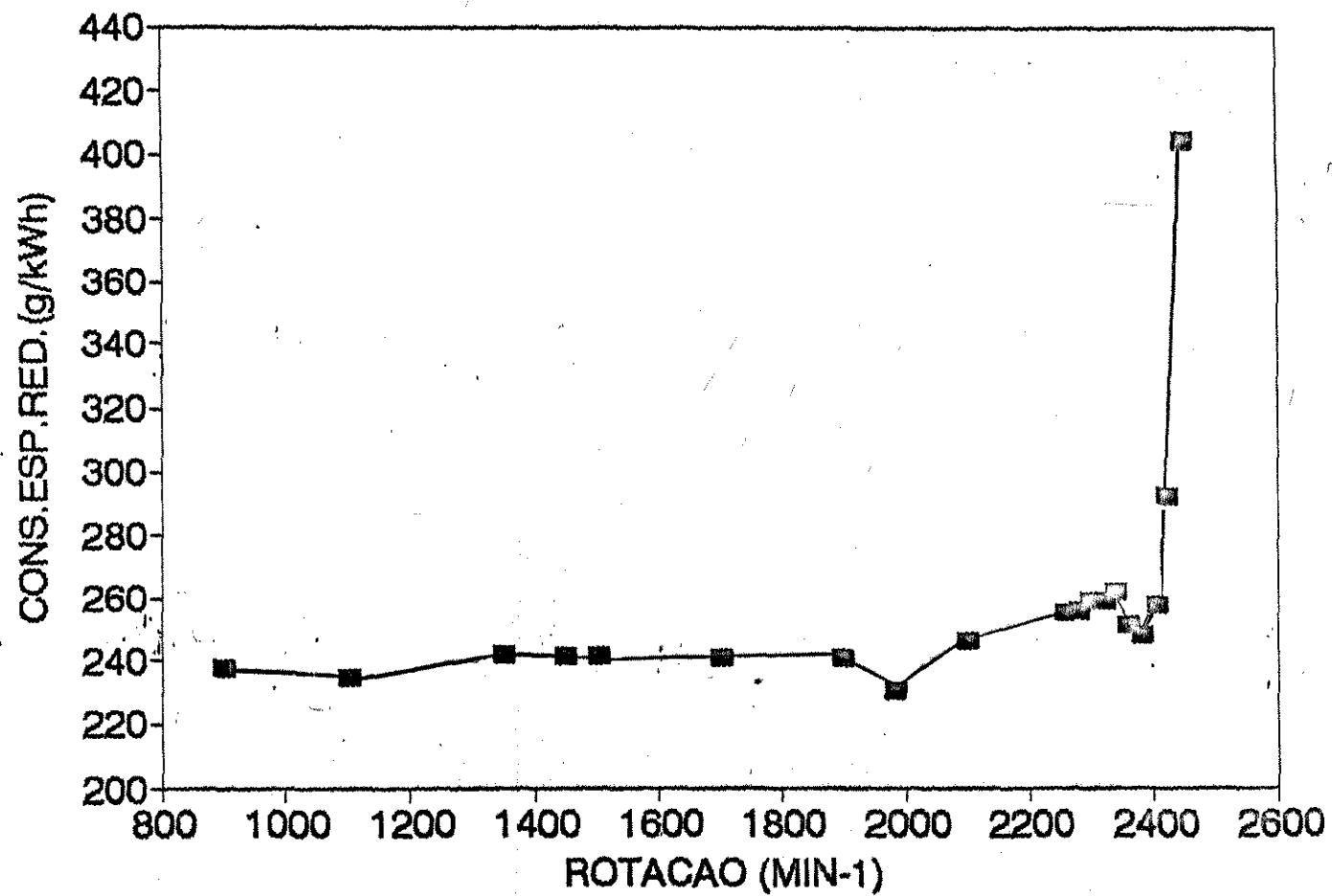


Figura A4- Desempenho do Motor em função do Consumo Específico Reduzido e Rotação.

ANEXO B

DESEMPENHO DO TRATOR NA 7a MARCHA

TABELA B.1 Análise do desempenho na 7a marcha em campo

TRACAO	DENS. COMB. [g/l]	FURROS NO SENSOR		CILIND [l]	BATIDAS LIVRES	
2	A = -0.75 B = 055.00	TRAS.	15	5.883	RT =	124

P.C.I. [MJ/kg]	MASSA [kg]	TEMPERATURA [C]		PRES. BAROM [mmHg] [bar]	PRES. DE REFER [mmHg] [bar]	
42.60	DIANT 2150	TRASEIRA 4545	BULB. UNIDO 18.00	BULB. SECO 23.60	711.00 94.80	711.40 94.85

No	TEMPERATURAS DIES. ADM.	RTM	DIES.	TEMPO s	RPM INTB	RPM	TRACAO [kN]	VELOC. [km/h]	POTENC. [kW]	DESL. [%]	C. HOR. [l/h]	C. ESP. [g/kWh]	DEBITO [mg]	REDUCAO 5484	Tc Nm	
1	39.00	24.00	133.5	76.00	15.61	38282	2452	12.81	9.22	32.84	7.12	18.38	462.89	34.37	1.0054	230.53
2	39.00	24.00	138.5	95.00	16.20	39040	2410	17.89	8.89	44.18	10.47	21.96	410.43	41.80	1.0054	283.47
3	40.00	24.00	144.5	119.00	19.34	40698	2104	23.31	7.45	48.22	14.19	23.00	393.46	50.89	1.0054	343.72
4	40.00	24.00	142.0	116.00	17.68	39992	2262	22.35	8.14	50.56	12.68	24.47	399.26	49.57	1.0054	333.90
5	41.00	24.00	144.0	116.00	17.87	40326	2257	21.74	8.06	48.65	13.89	24.22	410.23	49.14	1.0054	332.07
6	41.00	24.00	154.0	132.00	27.70	43278	1562	25.91	5.20	37.41	19.40	18.01	396.63	52.76	1.0054	371.41
7	42.00	24.00	151.5	114.00	38.43	42574	1108	26.05	3.75	27.11	18.15	11.53	350.13	47.60	1.0054	349.23
8	43.00	25.00	150.5	118.00	46.74	42217	903	25.67	3.08	21.96	17.61	9.94	372.22	50.29	1.0062	359.72
9	43.00	27.00	129.0	47.00	14.92	36797	2466	4.18	9.65	11.20	3.88	12.19	895.19	22.59	1.0076	129.75
10	43.00	27.00	151.5	129.00	25.00	42465	1693	25.99	5.74	41.46	18.15	19.37	384.29	52.27	1.0076	366.87
11	43.00	27.00	152.5	123.00	32.44	42895	1322	25.66	4.44	31.65	18.69	14.50	376.92	50.11	1.0076	361.94

TABELA B.1 Continuação

Nº	TEMPERATURAS DIES.	ADM.	RTM.	DIES.	TEMPO s	RPM INT6	RPM	TRACAO [kN]	VELOC.-POTENC. [km/h] [kW]	DESL. [%]	C.HOR. [l/h]	C.ESP. [g/kWh]	DEBITO [mg]	REDUCAO' 5484	Tc Nm
12	41.00	26.00	145.0	117.00	20.52	40834	1990	24.31	7.02 47.39	14.48	21.38	371.74	49.18	1.0069	343.99
13	41.00	25.00	130.0	46.00	18.00	36886	1954	6.20	7.63 13.14	4.62	9.62	603.30	22.55	1.0062	154.08
14	41.00	25.00	134.0	64.00	19.47	37420	1922	12.55	7.40 25.79	7.46	12.68	405.33	30.22	1.0062	223.04
15	41.00	25.00	141.5	106.00	21.02	39692	1888	23.28	6.05 44.31	12.37	19.00	353.40	46.00	1.0062	331.65
16	44.00	27.00	126.5	33.00	18.27	35604	1953	2.02	7.80 6.10	1.98	7.35	977.23	17.19	1.0076	100.51
17	44.00	27.00	131.5	54.00	19.28	37103	1924	9.33	7.47 19.35	5.70	10.93	464.29	25.94	1.0076	186.39
18	44.00	27.00	136.5	76.00	20.16	38289	1899	15.77	7.14 31.28	9.16	14.42	378.88	34.67	1.0076	258.46
19	44.00	27.00	149.5	125.00	23.40	42009	1795	25.33	6.15 43.30	17.06	20.08	381.19	51.07	1.0076	359.07
20	41.00	24.00	127.0	35.00	23.79	35696	1500	4.14	6.05 6.96	2.36	6.15	728.18	18.75	1.0054	127.48
21	41.00	24.00	131.5	61.00	25.25	36943	1463	13.33	5.70 21.11	5.70	9.55	372.68	29.88	1.0054	230.39
22	41.00	25.00	133.0	60.00	25.08	36709	1464	13.25	5.74 21.13	6.77	9.46	369.13	29.60	1.0062	228.10
23	41.00	25.00	139.0	88.00	27.74	39055	1437	20.08	5.19 28.95	10.79	12.27	349.27	39.10	1.0062	299.13
24	42.00	27.00	146.0	114.00	29.42	41863	1423	24.90	4.89 33.86	15.07	14.80	359.88	47.58	1.0076	348.92
25	42.00	27.00	128.5	33.00	23.78	36014	1514	3.62	6.06 6.10	3.50	5.85	789.67	17.66	1.0076	116.00
26	42.00	27.00	129.0	48.00	24.37	36188	1485	10.09	5.91 16.56	3.88	7.94	394.75	24.46	1.0076	182.98
27	43.00	29.00	130.0	34.00	32.48	36287	1117	4.04	4.43 4.97	4.62	4.62	764.02	18.89	1.0090	129.92
28	43.00	29.00	142.0	69.00	34.61	37385	1080	16.71	4.16 19.32	12.68	8.03	341.86	33.96	1.0090	262.89
29	43.00	29.00	145.0	89.00	37.23	39719	1067	21.30	3.87 22.89	14.48	9.46	339.90	40.51	1.0090	308.17
30	43.00	29.00	131.0	48.00	33.79	37060	1097	9.81	4.26 11.61	5.34	5.96	422.45	24.85	1.0090	187.24
31	43.00	29.00	146.0	107.00	39.26	40659	1036	24.34	3.67 24.00	15.07	10.66	353.67	47.05	1.0090	345.69

TABELA B.2 Análise das perdas de rendimento na 7ª marcha

	EF6c	EFc	EFT	EF5	EFF	EFNs	EFNf	EPD
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	23.04	34.44	85.36	92.88	84.38	7.12	15.62	66.91
2	25.66	35.29	87.18	89.53	93.13	10.47	6.87	72.69
3	26.75	35.69	88.57	85.81	98.60	14.19	1.40	74.94
4	26.38	35.15	88.38	87.32	97.26	12.68	2.74	75.06
5	26.44	35.26	88.34	86.11	98.58	13.89	1.42	74.99
6	26.43	36.00	89.06	88.52	99.56	19.48	0.44	71.39
7	26.66	37.21	88.67	81.85	98.73	18.15	1.27	71.66
8	25.43	36.03	88.86	82.39	96.38	17.61	3.62	70.57
9	11.65	28.23	77.80	96.12	55.18	3.88	44.82	41.26
10	26.64	36.05	88.98	81.85	98.90	18.15	1.10	72.03
11	26.68	36.74	88.90	81.31	98.90	18.69	1.10	71.49
12	27.09	36.27	88.58	85.52	98.61	14.48	1.39	74.70
13	17.35	33.76	80.53	95.38	66.92	4.62	33.08	51.40
14	24.66	37.64	85.04	92.54	83.26	7.46	16.74	65.52
15	27.66	37.27	88.33	87.63	95.88	12.37	4.12	74.22
16	8.86	28.69	72.77	98.02	43.29	1.98	56.71	30.88
17	21.33	36.03	83.06	94.30	75.58	5.70	24.42	59.20
18	26.80	38.43	86.42	90.84	88.85	9.16	11.15	69.75
19	26.91	36.24	88.85	82.94	98.70	17.06	1.30	71.71
20	13.87	32.86	77.49	97.64	55.81	2.36	44.19	42.23
21	25.51	39.06	85.36	94.30	81.14	5.70	18.86	65.31
22	25.35	39.00	85.26	93.23	81.77	6.77	18.23	65.00
23	28.09	39.28	87.60	89.21	91.52	10.79	8.48	71.52
24	27.38	37.48	88.67	84.93	96.99	15.07	3.01	73.04
25	12.00	31.71	75.75	96.50	51.78	3.50	48.22	37.85
26	21.31	37.07	82.83	96.12	72.19	3.88	27.81	57.48
27	13.53	33.02	77.83	95.38	55.19	4.62	44.81	40.97
28	26.42	39.30	86.56	87.32	88.95	12.68	11.05	67.24
29	27.27	38.76	87.82	85.52	93.70	14.48	6.30	70.37
30	20.98	37.15	83.11	94.66	71.77	5.34	28.23	56.46
31	26.54	37.23	88.61	84.93	94.73	15.07	5.27	71.29

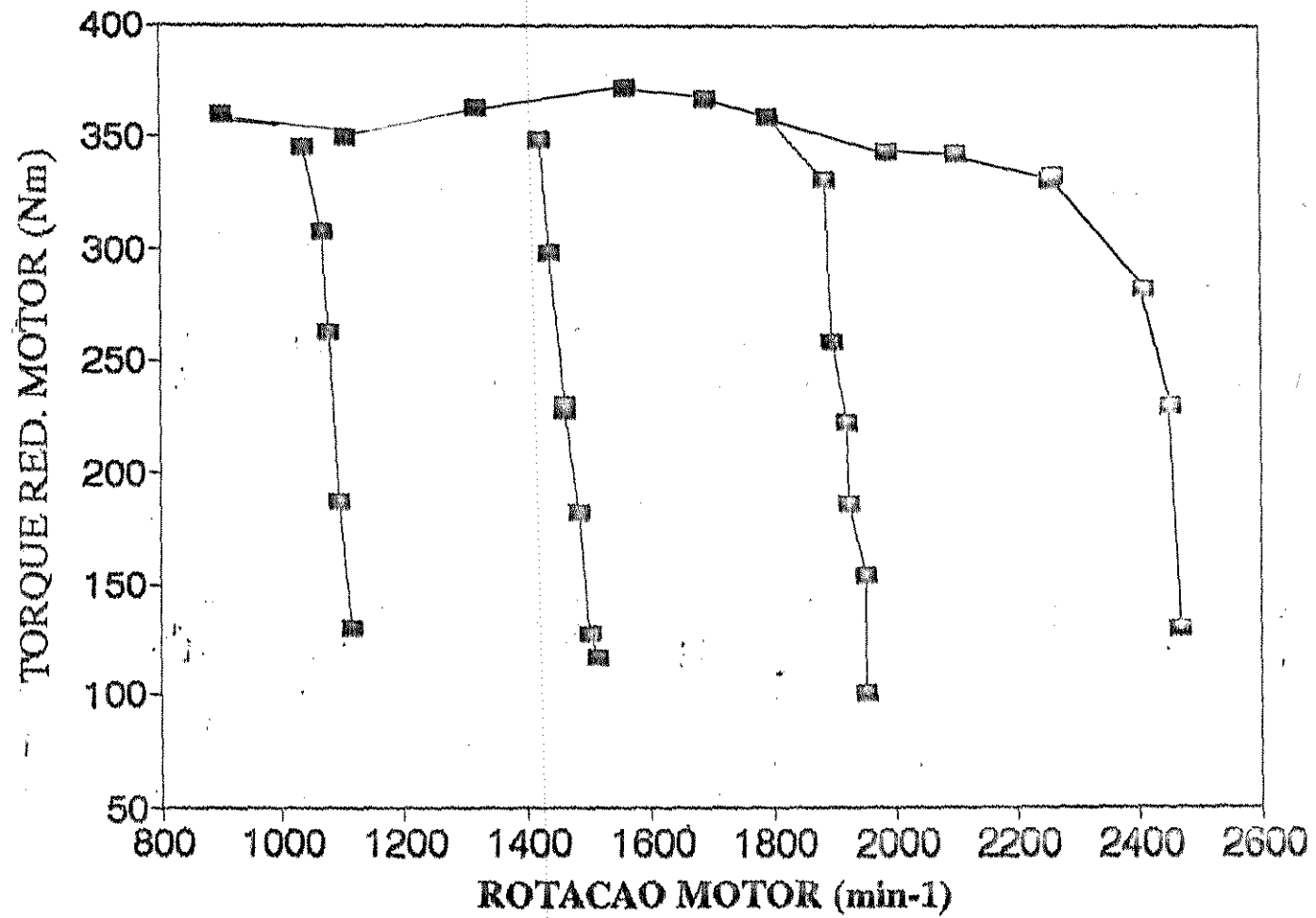


Figura B1- Desempenho do Motor na 7a marcha em Tração em função do Torque Reduzido e Rotação.

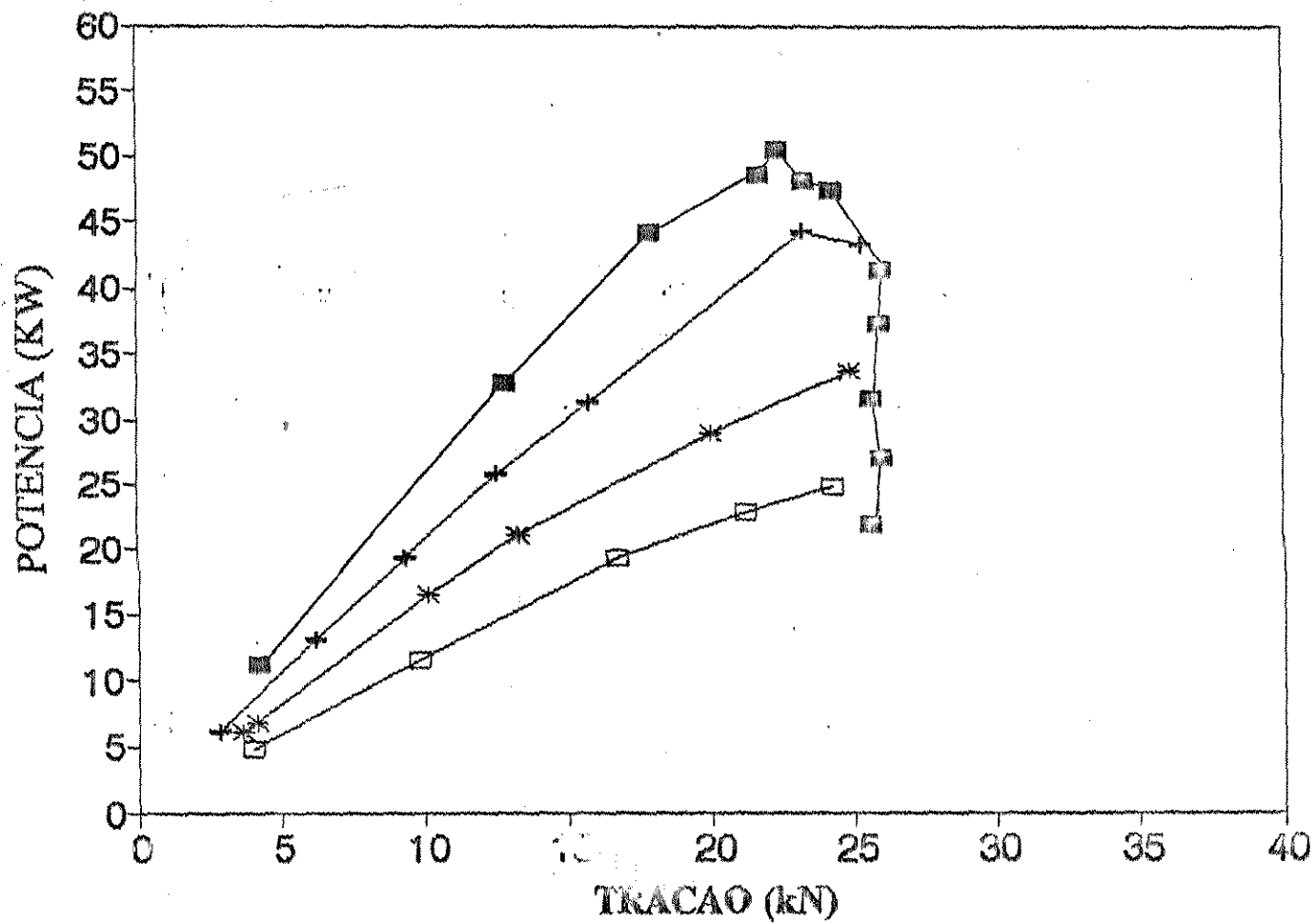


Figura B2- Desempenho de Tração na 7a marcha em função da Potência e Força de Tração.

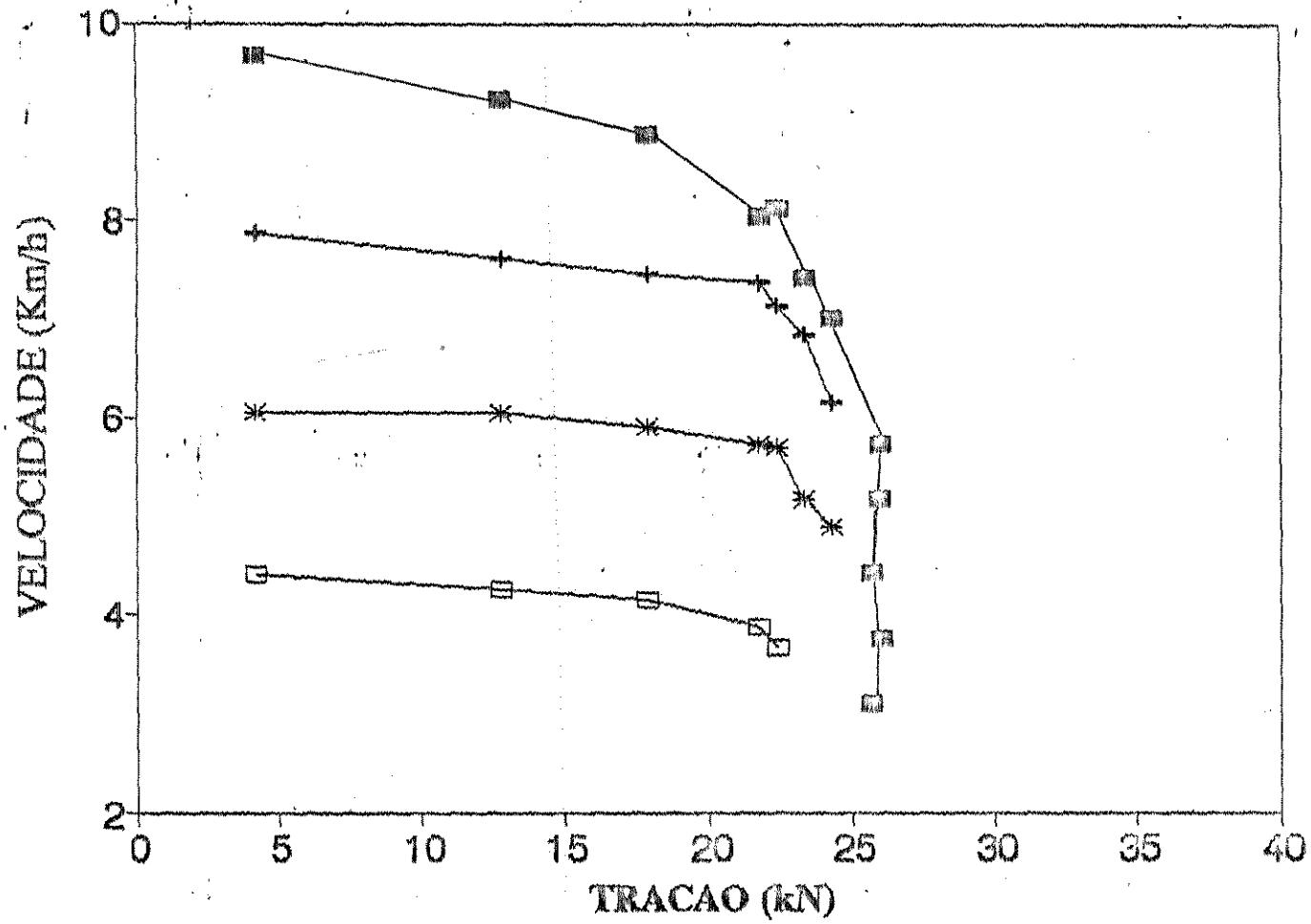


Figura B3- Desempenho de tração na 7a marcha em função da Velocidade e Força de Tração.

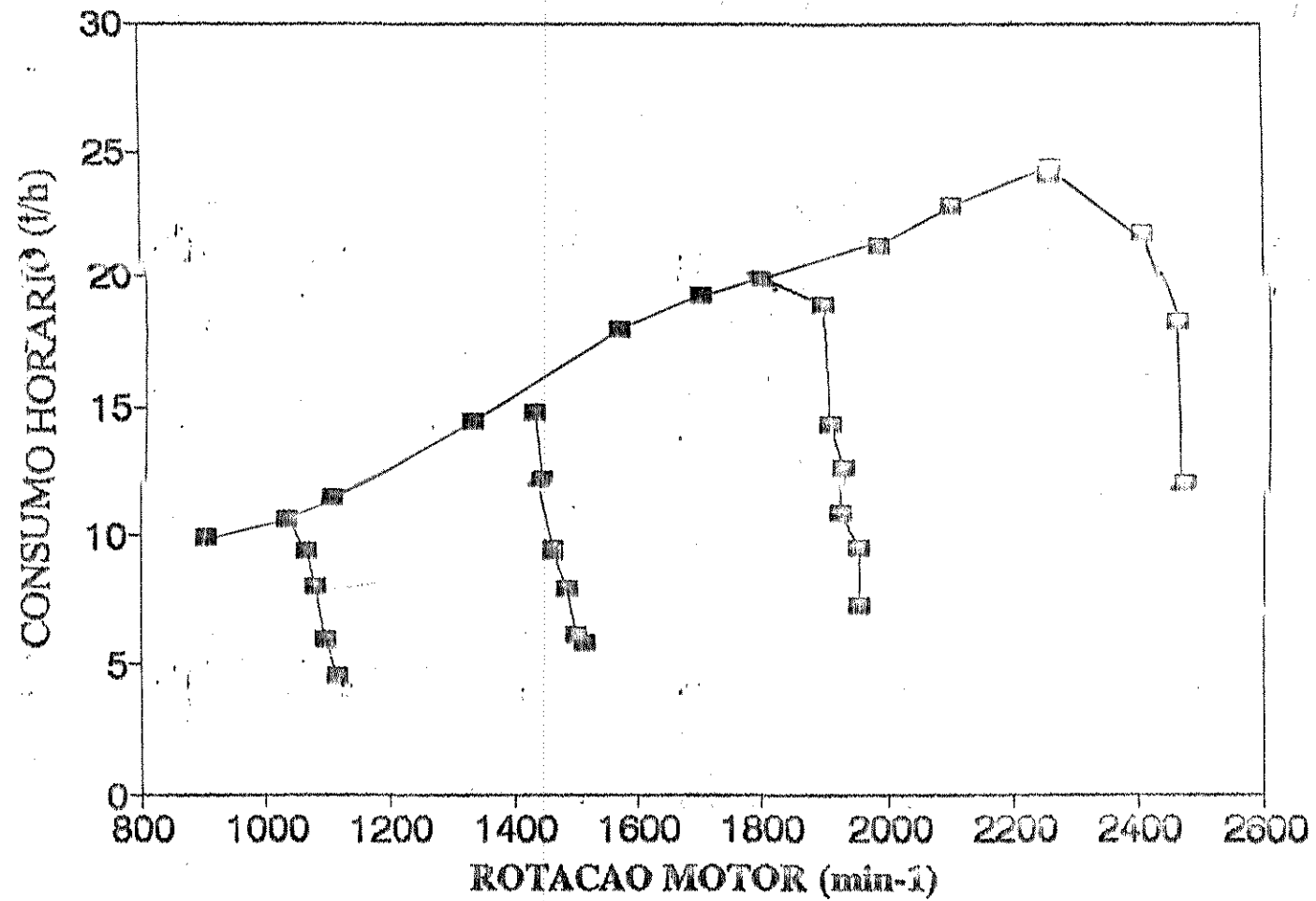


Figura B4- Desempenho de tração na 7a marcha em função do Consumo Horário e Rotação do Motor.

ANEXO C

DESEMPENHO DO TRATOR NA 6ª MARCHA

TABELA C.1. Análise do desempenho na 6ª marcha em campo

TRACAO	DENS. COMB. [g/l]	FURROS NO SENSOR		CILIND [l]	BATIDAS LIVRES											
2	A = -0.75 B = 335.00	TRAS.	15	5.883	RT =	124										
P.C.I. [MJ/kg]	MASSA [kg]	TEMPERATURA [C]		PRES. BAROM [mmHg] [bar]	PRES. DE REFER [mmHg] [bar]											
42.60	DIANT 2150	TRASEIRA 4545	BULB. UMIDO 20.40	BULB. SECO 25.40	710.60	711.40										
					94.75	94.85										
No	TEMPERATURAS DIES. ADM.	RTH	DIES.	TEMPO s	RPM INT6	RPM	TRACAO [kN]	VELOC. [km/h]	POTENC. [kW]	DESL [%]	C.HGR. [l/h]	C.ESP. [g/kWh]	DEBITO [mg]	REDUCAO 5464	Tc Nm	
1	41.00	29.00	126.0	50.00	17.30	42306	2445	4.39	8.32	10.15	1.59	11.25	914.24	21.07	1.0089	116.37
2	41.00	28.00	144.5	131.00	20.37	48326	2372	25.22	7.07	49.52	14.19	24.00	399.45	46.32	1.0091	311.55
3	41.00	28.00	148.0	142.00	22.67	49593	2188	27.53	6.35	48.57	16.22	23.40	397.01	48.97	1.0091	334.65
4	42.00	27.00	151.0	146.00	22.59	50616	2241	28.05	6.37	49.67	17.88	24.12	399.82	49.24	1.0084	333.35
5	42.00	27.00	154.5	149.00	25.80	51929	2013	28.69	5.50	44.49	19.74	21.64	400.54	49.18	1.0084	343.12
6	46.00	27.00	158.0	160.00	35.51	52830	1488	31.95	4.06	35.99	21.52	17.07	389.12	52.29	1.0084	370.44
7	46.00	27.00	157.0	145.00	40.84	52600	1077	31.23	2.95	25.57	21.02	11.54	370.10	48.83	1.0084	355.09
8	47.00	28.00	158.0	150.00	60.45	52705	872	30.93	2.38	20.47	21.52	9.78	391.74	51.09	1.0091	362.01
9	46.00	28.00	130.5	65.00	18.06	43789	2425	9.94	7.97	22.02	4.90	13.81	514.40	25.95	1.0091	163.28
10	46.00	28.00	139.0	111.00	19.69	46951	2385	22.50	7.31	45.70	10.79	21.14	379.53	40.41	1.0091	276.27
11	46.00	28.00	159.0	159.00	30.86	53469	1733	30.94	4.67	40.10	22.01	19.40	396.84	51.03	1.0091	360.47

TABELA C.1 Continuação

NO	TEMPERATURAS DIES.	ADM.	RTH	DIES.	TEMPO	RPM	RPM	TRACAO	VELOC.	POTENC.	DESL	C.HOR.	C.ESP.	DEBITO	REDUCAO	Tc
					=	INTG		[KW]	[km/h]	[KW]	[%]	[1/h]	[g/kWh]	[mg]	S&S4	Nm
12	46.00	28.00	160.5	153.00	41.10	53657	1306	31.65	3.50	30.80	22.74	14.25	379.56	49.75	1.0091	360.20
13	43.00	31.00	127.5	44.00	22.02	42683	1930	4.67	6.54	8.49	2.75	8.04	779.35	10.96	1.0113	119.34
14	43.00	31.00	133.5	74.00	23.16	44595	1924	14.70	6.21	25.37	7.12	12.34	400.23	29.32	1.0113	215.59
15	45.00	30.00	149.5	129.00	26.60	50201	1887	27.18	5.41	40.07	17.06	10.31	367.62	44.25	1.0106	321.58
16	48.00	29.00	159.5	155.00	29.40	53387	1816	30.40	4.00	41.36	22.26	19.83	392.61	49.60	1.0099	352.05
17	48.00	29.00	129.5	55.00	22.25	43340	1948	9.52	6.47	17.11	4.25	9.75	466.44	22.77	1.0099	156.38
18	47.00	29.00	139.5	95.00	24.42	46779	1916	20.80	5.00	34.08	11.11	14.85	357.29	35.31	1.0099	252.62
19	45.00	28.00	128.0	36.00	28.00	42668	1524	3.71	5.14	5.30	3.13	5.48	849.36	16.40	1.0091	102.69
20	45.00	28.00	131.0	63.00	29.71	40789	1471	13.49	4.04	18.13	5.34	8.35	378.11	25.89	1.0091	196.07
21	45.00	28.00	141.0	97.00	32.48	47086	1450	23.07	4.43	28.41	12.06	11.60	335.25	36.51	1.0091	281.25
22	42.00	30.00	149.0	116.00	34.87	49779	1428	26.25	4.13	30.11	16.78	12.83	350.75	41.10	1.0106	312.05
23	46.00	29.00	129.0	51.00	29.14	43028	1877	10.95	4.94	15.04	3.88	7.15	350.09	22.07	1.0099	160.60
24	46.00	29.00	137.0	80.00	31.71	46057	1452	18.11	4.54	22.85	9.49	9.93	356.65	31.17	1.0099	240.96
25	45.00	31.00	140.5	88.00	32.35	46857	1448	20.18	4.45	24.95	11.74	10.64	350.28	33.52	1.0113	259.37
26	45.00	31.00	153.0	120.00	35.80	51094	1427	27.89	4.02	31.16	18.95	13.22	346.31	42.25	1.0113	319.16
27	47.00	33.00	126.0	70.00	37.56	42202	1124	3.68	3.83	3.92	1.59	4.01	839.83	16.25	1.0126	102.52
28	47.00	33.00	134.0	62.00	40.76	44622	1095	13.53	3.53	13.28	7.46	6.33	390.42	26.31	1.0126	200.35
29	46.00	32.00	144.0	103.00	45.22	48353	1069	24.15	3.18	21.36	13.89	9.05	347.53	38.57	1.0120	295.57
30	45.00	31.00	131.0	51.00	40.12	43953	1096	10.14	3.59	10.11	5.34	5.43	440.57	22.59	1.0113	166.21
31	45.00	31.00	140.0	64.00	43.46	46899	1079	19.64	3.31	18.08	11.43	7.81	354.66	33.01	1.0113	255.62
32	45.00	29.00	153.5	136.00	48.53	51336	1056	20.80	2.97	24.63	19.22	10.94	344.35	47.22	1.0099	346.79

TABELA C.2 Análise das perdas de rendimento na 6a marcha

	EFBc	EFc	EFT	EFS	EFF	EFNs	EFNf	EFD
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	9.77	27.09	75.81	98.41	48.33	1.59	51.67	36.06
2	21.44	35.10	87.90	85.81	80.98	14.19	19.02	61.08
3	21.45	35.60	88.39	83.78	81.35	16.22	18.65	60.25
4	21.24	35.31	88.37	82.12	82.90	17.88	17.10	60.16
5	21.77	36.20	88.56	80.26	84.61	19.74	15.39	60.14
6	21.25	36.15	89.04	78.48	84.12	21.52	15.88	58.79
7	22.61	36.82	88.78	78.98	87.57	21.02	12.43	61.40
8	21.78	35.73	88.91	78.48	87.38	21.52	12.62	60.97
9	15.84	31.36	81.35	95.02	65.36	4.98	34.64	50.52
10	21.97	35.54	86.98	89.21	79.69	10.79	20.31	61.83
11	21.54	36.34	88.87	77.99	85.52	22.01	14.48	59.27
12	22.26	36.83	88.87	77.26	88.01	22.74	11.99	60.43
13	12.44	30.76	76.29	97.25	54.51	2.75	45.49	40.45
14	22.37	37.38	84.69	92.88	76.10	7.12	23.90	59.86
15	23.37	37.65	88.12	82.94	84.91	17.06	15.09	62.06
16	21.91	36.57	88.72	77.74	86.87	22.26	13.13	59.92
17	17.24	33.96	80.75	95.75	65.66	4.25	34.34	50.77
18	24.08	38.38	86.55	88.89	81.55	11.11	18.45	62.74
19	18.63	30.29	73.24	96.88	49.48	3.13	50.52	35.11
20	21.99	37.78	83.65	94.66	73.52	5.34	26.48	58.21
21	25.22	39.52	87.12	87.94	83.29	12.06	16.71	63.81
22	24.73	38.98	87.91	83.22	86.74	16.78	13.26	63.46
23	18.65	35.63	81.13	96.12	67.11	3.88	32.89	52.33
24	24.54	39.30	85.79	90.51	80.43	9.49	19.57	62.45
25	25.04	39.54	86.45	88.26	83.02	11.74	16.98	63.34
26	24.49	38.76	88.07	81.05	88.53	18.95	11.47	63.19
27	10.50	30.26	73.21	98.41	48.16	1.59	51.84	34.70
28	22.25	37.80	83.90	92.54	75.83	7.46	24.17	58.87
29	25.11	39.04	87.51	86.11	85.35	13.89	14.65	64.31
30	19.15	35.87	81.60	94.66	69.13	5.34	30.87	53.40
31	24.94	39.25	86.32	88.57	83.11	11.43	16.89	63.54
32	23.14	37.22	88.63	80.70	86.83	19.22	13.17	62.16

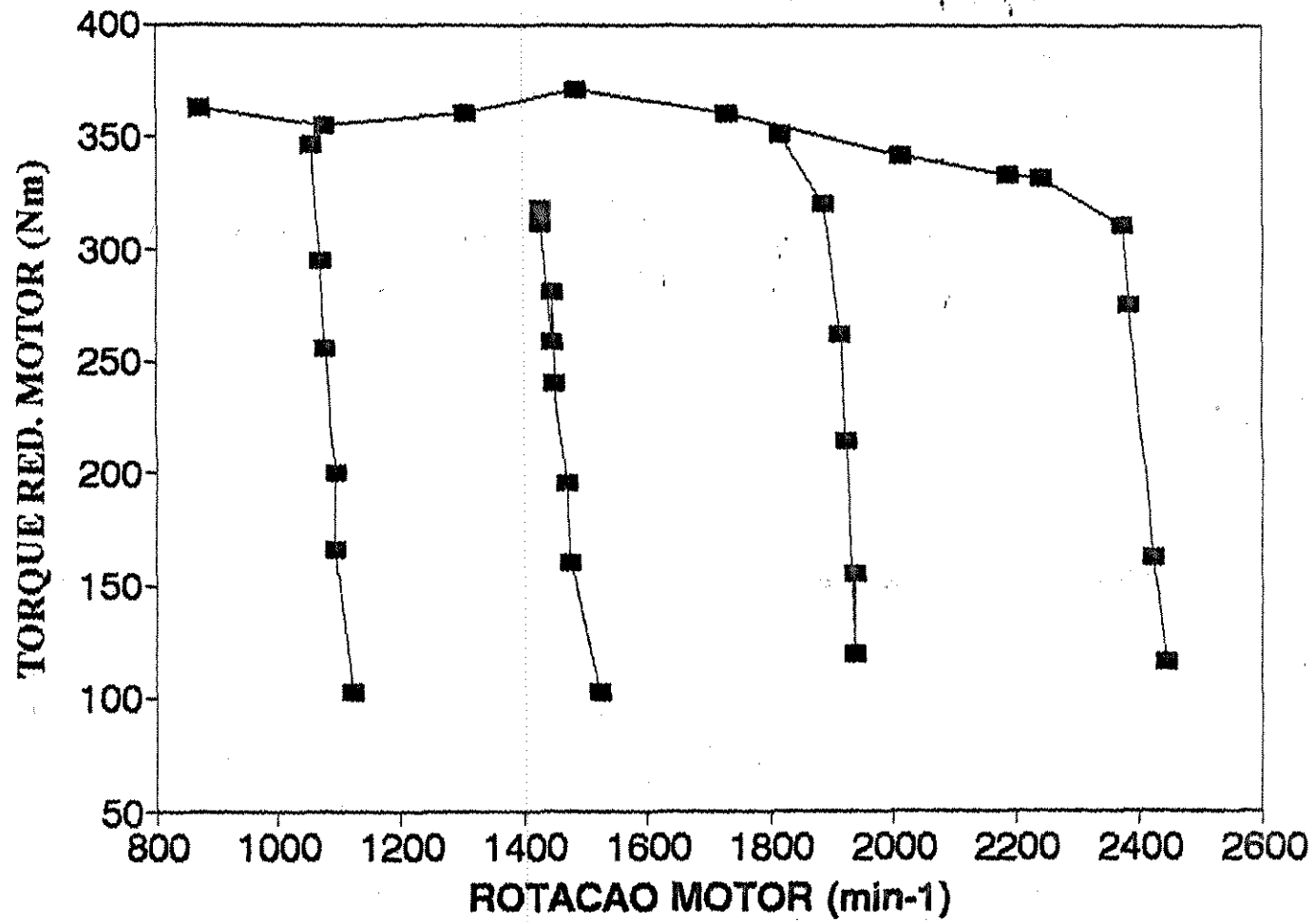


Figura C1- Desempenho do Motor na 6a marcha em Tração em função do Torque Reduzido e Rotação.

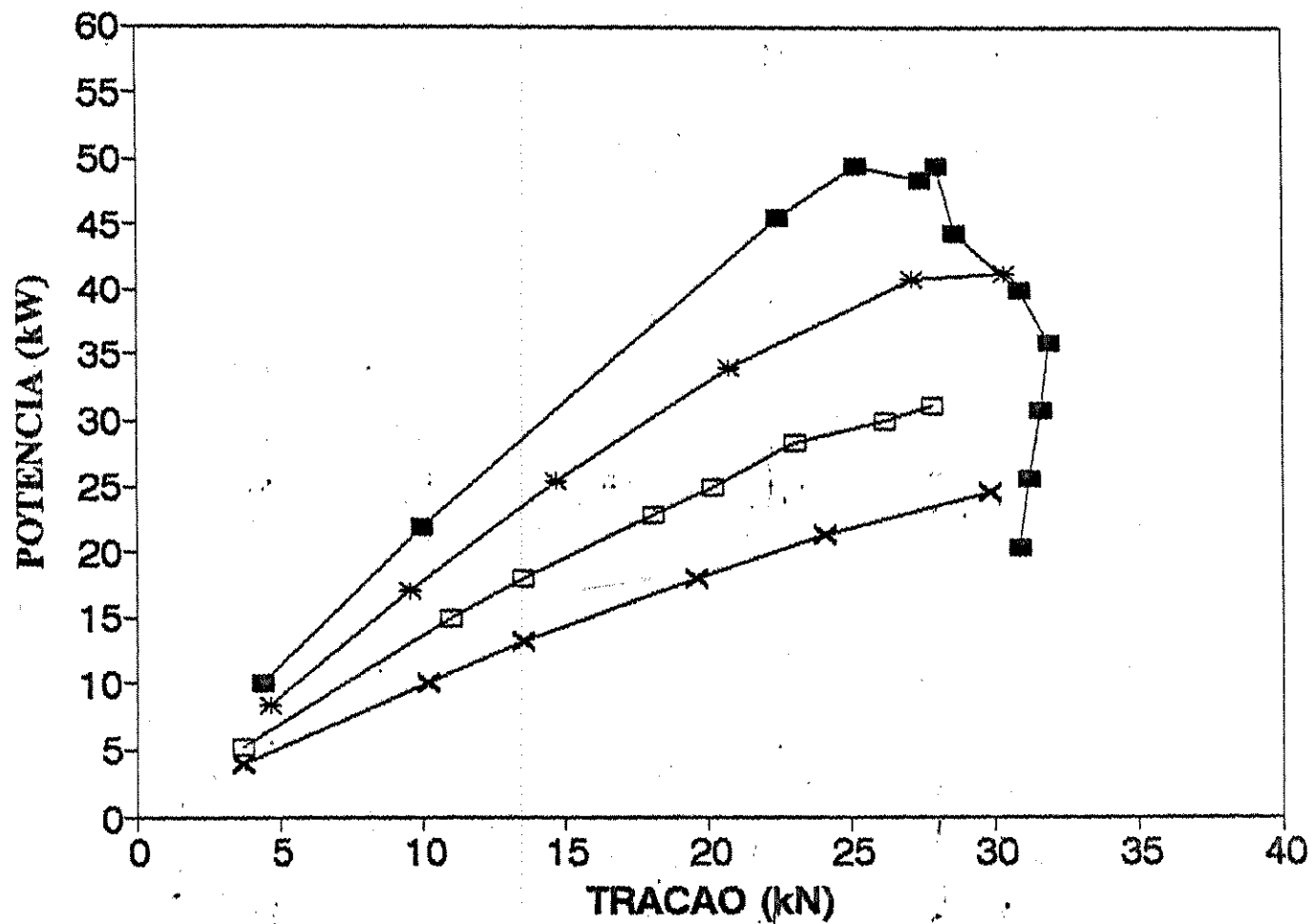


Figura C2- Desempenho de Tração na 6a marcha em função da Potência Reduzida e Força de Tração.

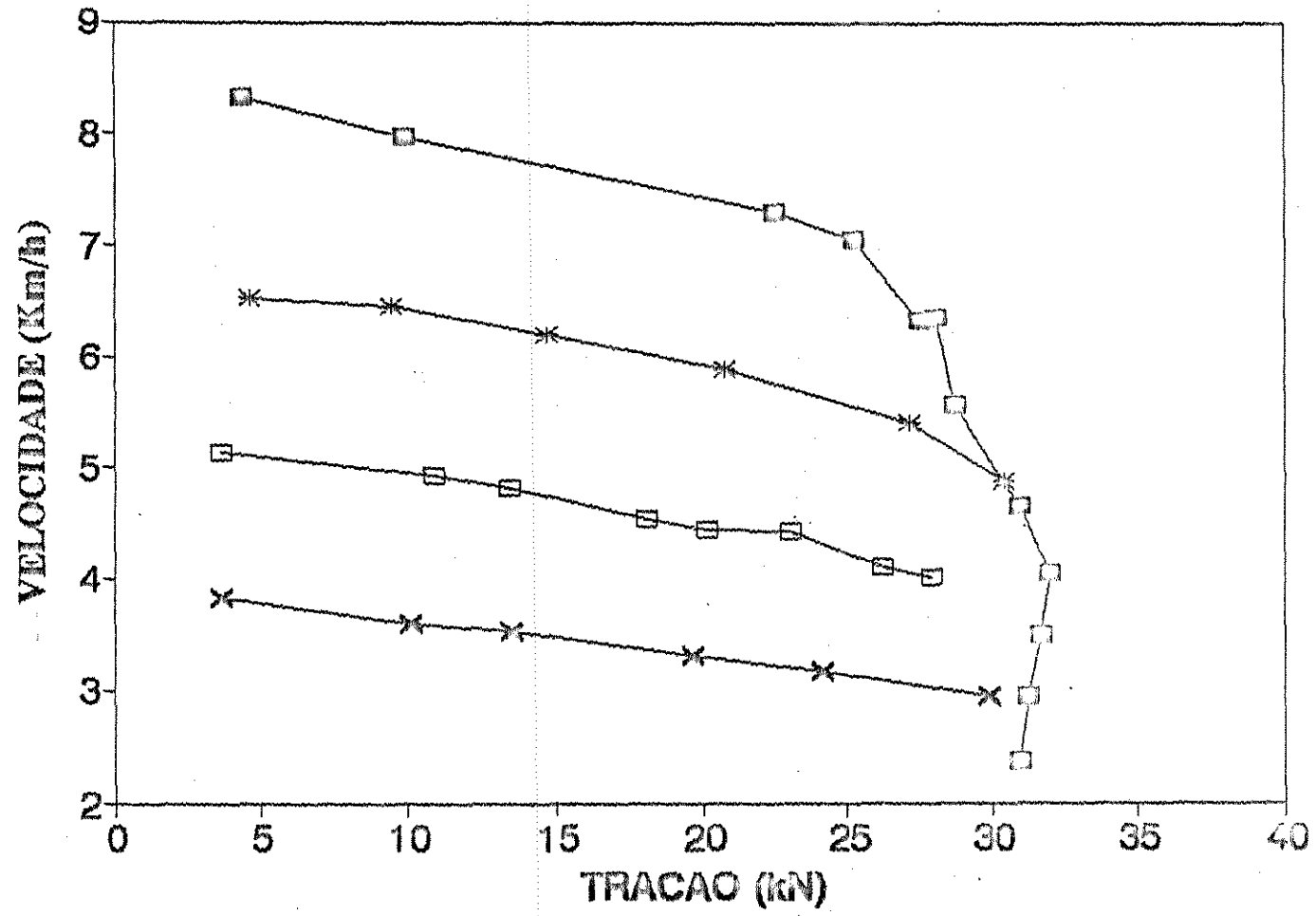


Figura C3- Desempenho de Tração na 6a marcha em função da Velocidade e Força de Tração.

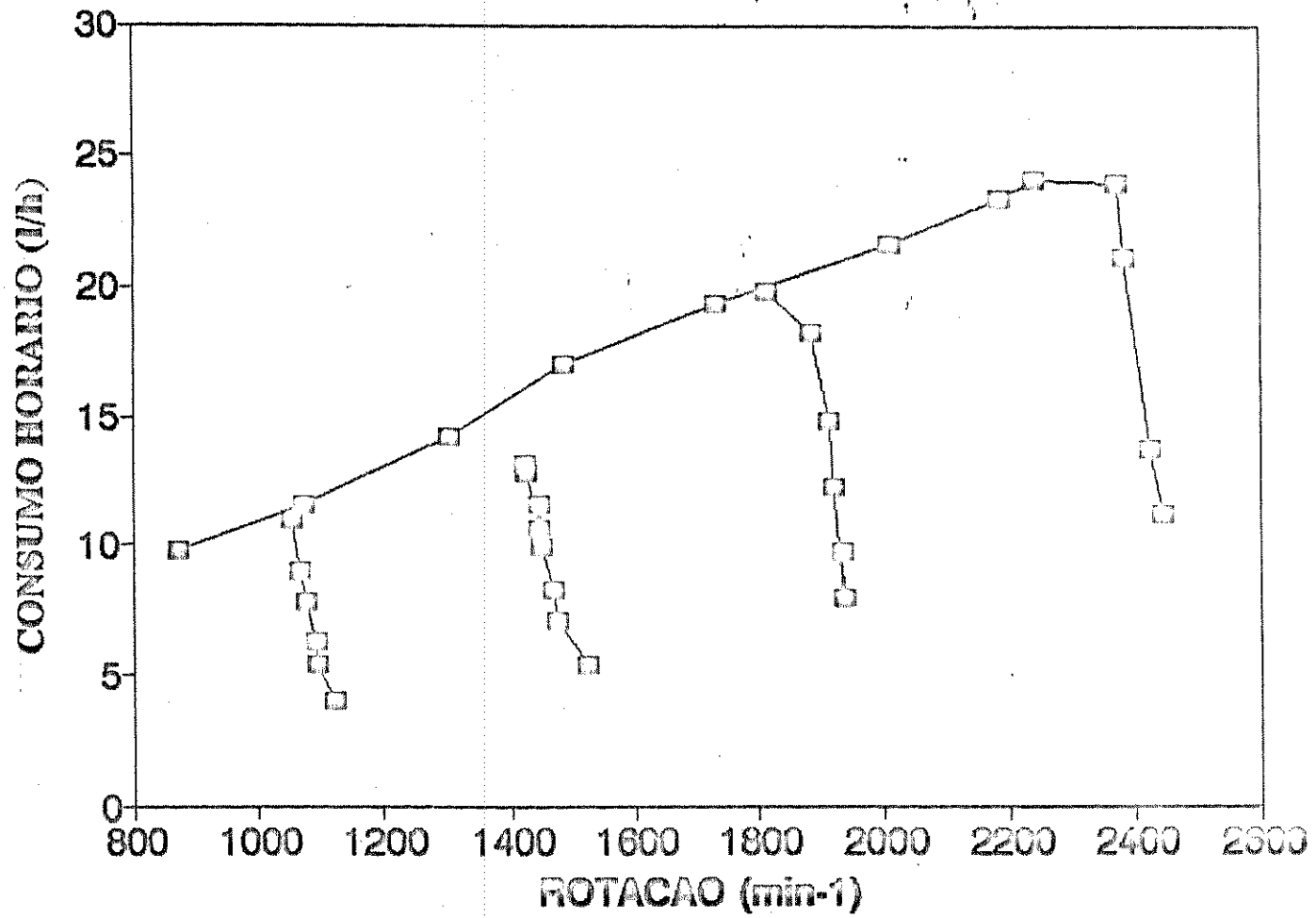


Figura C4- Desempenho de Tração na 6a marcha em função do Consumo Horário e rotação do Motor.

ANEXO D.

DESEMPENHO DO TRATOR NA 5ª MARCHA

TABELA D.1 Análise do desempenho na 5a marcha em campo

TRACAO		DENS. COMB. [g/l]	FURROS NO SENSOR				CILIND [l]	BATIDAS LIVRES								
2		A -0.75 B 855.00	TRAS.	15			5.883	RT = 124								
P.C.I. [MJ/kg]		MASSA [kg]		TEMPERATURA [C]		PRES. BARDM [mmHg] [bar]		PRESS. DE REFER [mmHg] [bar]								
42.60		DIANT 2150	TRASEIRA 4545	BULB. UM100 24.00	BULB. SECO 30.00	710.20 94.69		711.4 94.85								
No	TEMPERATURAS DIES.	ADM.	RTH	DIES.	TEMPO s	RPM INTG	RPM	TRACAO [kN]	VELOC. [km/h]	POTENC. [kW]	DESL [%]	C.HOR. [l/h]	C.ESP. [g/kWh]	DEBITO [mg]	REDUCAD 5484	TC Nm
1	44.00	34.00	126.0	62.00	21.66	52975	2446	5.47	6.65	10.11	1.59	11.15	907.06	20.82	1.0151	113.92
2	44.00	34.00	130.0	88.00	22.29	53960	2421	15.39	6.46	27.62	4.62	15.06	448.23	28.41	1.0151	164.91
3	47.00	33.00	161.5	190.00	28.76	66952	2328	32.78	5.01	45.59	23.22	24.63	442.09	48.18	1.0144	323.63
4	47.00	33.00	180.0	212.00	38.17	74108	1942	36.49	3.77	38.24	31.11	20.84	446.76	48.89	1.0144	344.29
5	51.00	32.00	129.0	72.00	21.94	53293	2429	11.08	6.56	20.19	3.88	12.56	512.13	23.65	1.0137	142.02
6	51.00	32.00	136.0	105.00	23.41	56230	2402	20.63	6.15	35.24	8.82	17.00	393.82	32.10	1.0137	216.17
7	50.00	33.00	166.5	180.00	29.30	68565	2340	32.14	4.91	43.88	25.53	23.95	446.09	46.47	1.0144	310.15
8	50.00	33.00	146.0	133.00	25.25	60222	2385	25.63	5.70	40.61	15.07	19.81	398.80	37.72	1.0144	258.42
9	49.00	34.00	199.0	243.00	48.07	81966	1705	38.63	3.00	32.14	37.69	19.05	484.81	50.77	1.0131	359.97
10	50.00	34.00	128.0	46.00	26.81	52637	1963	3.54	5.37	5.29	3.13	7.03	1086.14	16.25	1.0151	90.26
11	50.00	34.00	131.0	78.00	28.03	54158	1932	15.37	5.14	21.94	5.34	10.87	404.87	25.54	1.0151	182.56

TABELA D.1 Continuação

No	TEMPERATURAS DIES.	ADM.	RTM	DIES.	TEMPO s	RPM INTG	RPM	TRACAO [kN]	VELOC. [km/h]	POTENC. [kW]	DESL [%]	C.HOR. [l/h]	C.ESP. [g/kWh]	DEBITO [mg]	REDUCAO 5484	TC Nm
12	48.00	34.00	145.5	116.00	31.37	59928	1910	24.68	4.59	31.47	14.78	14.16	368.45	33.72	1.0151	251.03
13	48.00	34.00	183.5	204.00	40.38	75838	1878	35.36	3.57	35.02	32.43	19.04	445.10	46.11	1.0151	332.16
14	51.00	33.00	139.5	94.00	30.07	57629	1916	19.67	4.79	26.16	11.11	12.10	377.78	28.65	1.0144	210.23
15	51.00	33.00	128.5	62.00	27.22	52658	1935	10.89	5.29	16.00	3.50	9.05	461.96	21.22	1.0144	141.97
16	51.00	33.00	168.0	164.00	36.81	69350	1885	30.00	3.91	33.47	26.19	16.89	412.04	40.65	1.0144	299.99
17	51.00	34.00	127.5	45.00	34.82	52700	1513	5.25	4.14	6.03	2.75	5.50	744.62	16.49	1.0151	103.81
18	51.00	34.00	133.5	74.00	37.48	55143	1471	15.68	3.84	16.73	7.12	7.96	388.31	24.54	1.0151	183.84
19	51.00	32.00	191.0	228.00	61.77	87396	1415	36.24	2.33	23.47	35.08	14.14	491.99	45.33	1.0137	337.07
20	48.00	35.00	128.0	58.00	35.43	52641	1486	10.96	4.06	12.37	3.13	6.74	446.32	20.65	1.0158	146.63
21	48.00	35.00	144.5	97.00	40.60	59390	1463	21.01	3.55	20.70	14.19	9.45	373.84	29.39	1.0158	226.39
22	49.00	37.00	167.0	146.00	47.77	68945	1443	30.09	3.01	35.19	25.75	11.85	384.90	37.33	1.0172	287.01
23	47.00	31.00	127.0	38.00	46.35	52135	1125	4.83	3.11	4.16	2.36	3.80	748.19	15.39	1.0130	93.25
24	47.00	31.00	131.5	71.00	49.26	54085	1098	16.63	2.92	13.50	5.70	6.04	366.60	25.04	1.0130	189.01
25	48.00	32.00	154.0	125.00	59.44	63397	1067	27.47	2.42	18.49	19.48	8.42	372.98	35.92	1.0137	277.11
26	48.00	32.00	194.0	210.00	77.14	80094	1038	36.07	1.87	18.70	36.08	10.65	466.30	46.66	1.0137	343.70
27	50.00	36.00	195.0	219.00	79.01	80583	1020	36.81	1.82	18.64	36.41	10.83	474.94	48.21	1.0165	351.44
28	50.00	32.00	128.0	53.00	48.59	52795	1087	10.56	2.96	8.69	3.13	4.78	449.20	19.96	1.0137	148.47
29	50.00	32.00	140.0	90.00	54.44	57849	1063	20.91	2.65	15.36	11.43	6.80	361.91	29.06	1.0137	223.81
30	51.00	32.00	164.0	149.00	64.95	67559	1040	31.62	2.22	19.48	24.39	9.11	381.90	39.73	1.0137	302.89

TABELA D.2 Análise das perdas de rendimento na 5a marcha

	EFGc	EFC	EFT	EFS	EFF	EFNF	EFNe	EFD
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	18.91	26.84	75.40	98.41	54.76	45.24	1.59	40.63
2	19.39	32.78	82.96	95.38	74.73	25.27	4.62	59.13
3	19.32	35.07	88.17	76.78	81.37	18.63	23.22	55.89
4	18.00	36.48	88.58	68.89	88.88	19.12	31.11	49.35
5	14.98	29.65	79.30	96.12	66.30	33.70	3.88	50.53
6	21.31	34.40	84.72	91.18	80.18	19.82	8.82	61.93
7	20.02	35.28	87.96	74.47	86.62	13.38	25.53	56.74
8	22.08	35.49	86.42	84.93	84.79	15.21	15.07	62.23
9	16.34	36.45	88.87	62.31	80.97	19.03	37.69	44.83
10	8.83	27.45	78.24	96.88	47.27	52.73	3.13	32.16
11	20.78	35.78	82.81	94.66	74.08	25.92	5.34	58.06
12	23.30	26.84	86.16	85.22	82.86	17.14	14.78	60.84
13	19.33	32.78	88.34	67.57	86.83	13.17	32.43	51.83
14	22.46	35.07	84.42	88.89	80.45	19.55	11.11	60.37
15	16.76	36.48	79.29	96.50	66.66	33.34	3.50	51.00
16	21.82	29.65	87.62	73.81	88.24	11.76	26.19	57.07
17	12.54	34.40	73.48	97.25	57.68	42.32	2.75	41.22
18	21.89	35.28	82.89	92.88	76.56	23.44	7.12	58.94
19	19.15	35.49	88.44	64.92	87.61	12.39	35.08	50.30
20	18.47	36.45	79.79	96.88	69.17	30.83	3.13	53.47
21	23.83	27.45	85.19	85.81	83.69	16.31	14.19	61.18
22	23.01	35.78	87.28	74.25	89.94	10.06	25.75	58.29
23	11.64	38.31	71.03	97.64	57.45	42.55	2.36	39.85
24	22.71	37.29	83.23	94.30	77.67	22.33	5.70	60.96
25	23.58	37.21	87.00	80.52	85.75	14.25	19.48	60.07
26	18.31	32.87	88.57	63.92	86.62	13.38	36.88	49.04
27	17.35	38.24	88.71	63.59	83.40	16.60	36.41	47.05
28	18.45	36.43	79.12	96.88	71.01	28.99	3.13	54.43
29	24.13	37.13	85.07	88.57	82.94	17.06	11.43	62.50
30	22.14	38.07	87.69	75.61	86.01	13.99	24.39	57.03

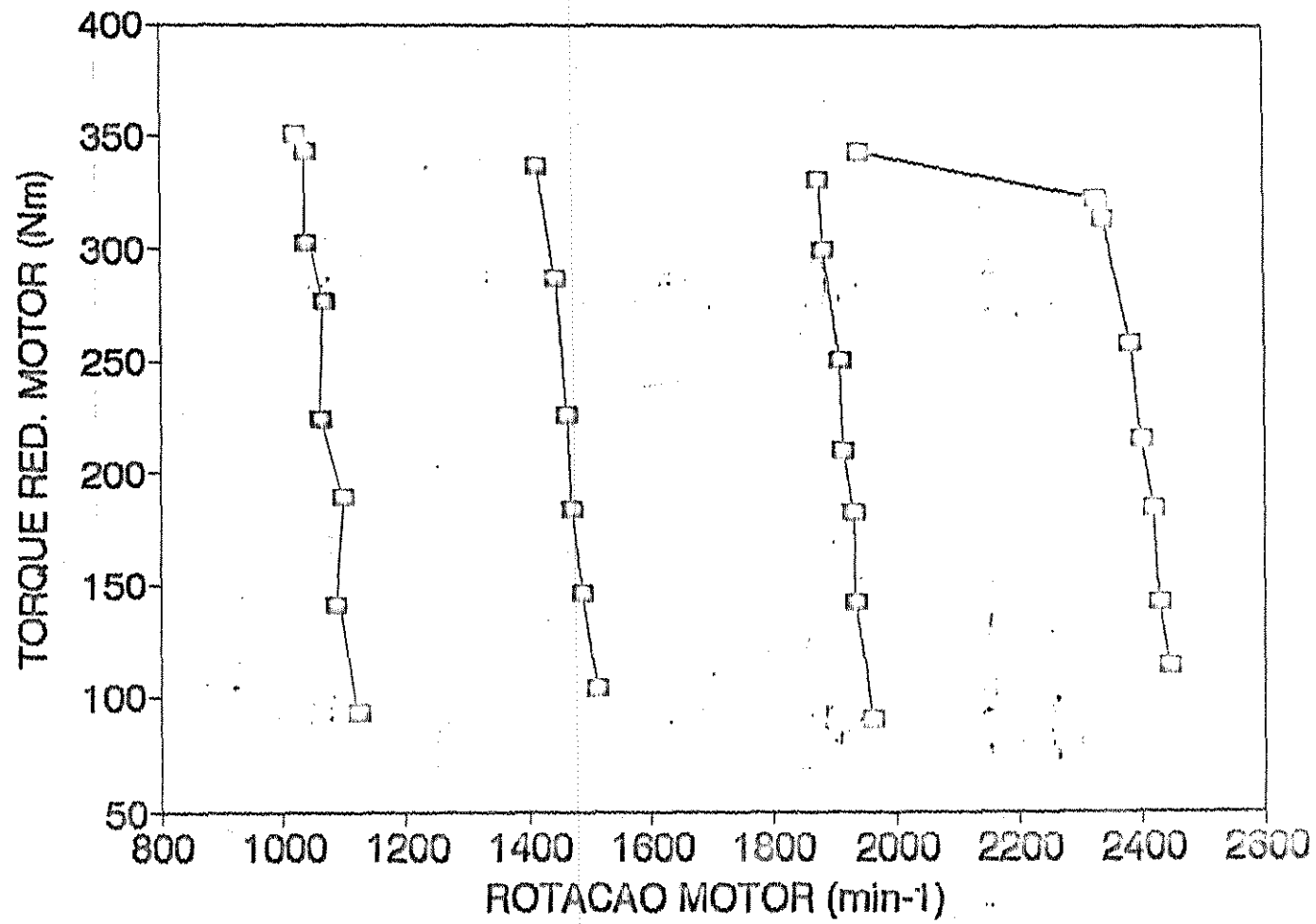


Figura D1- Desempenho do Motor na 5ª marcha em tração em função do Torque Reduzido e rotação.

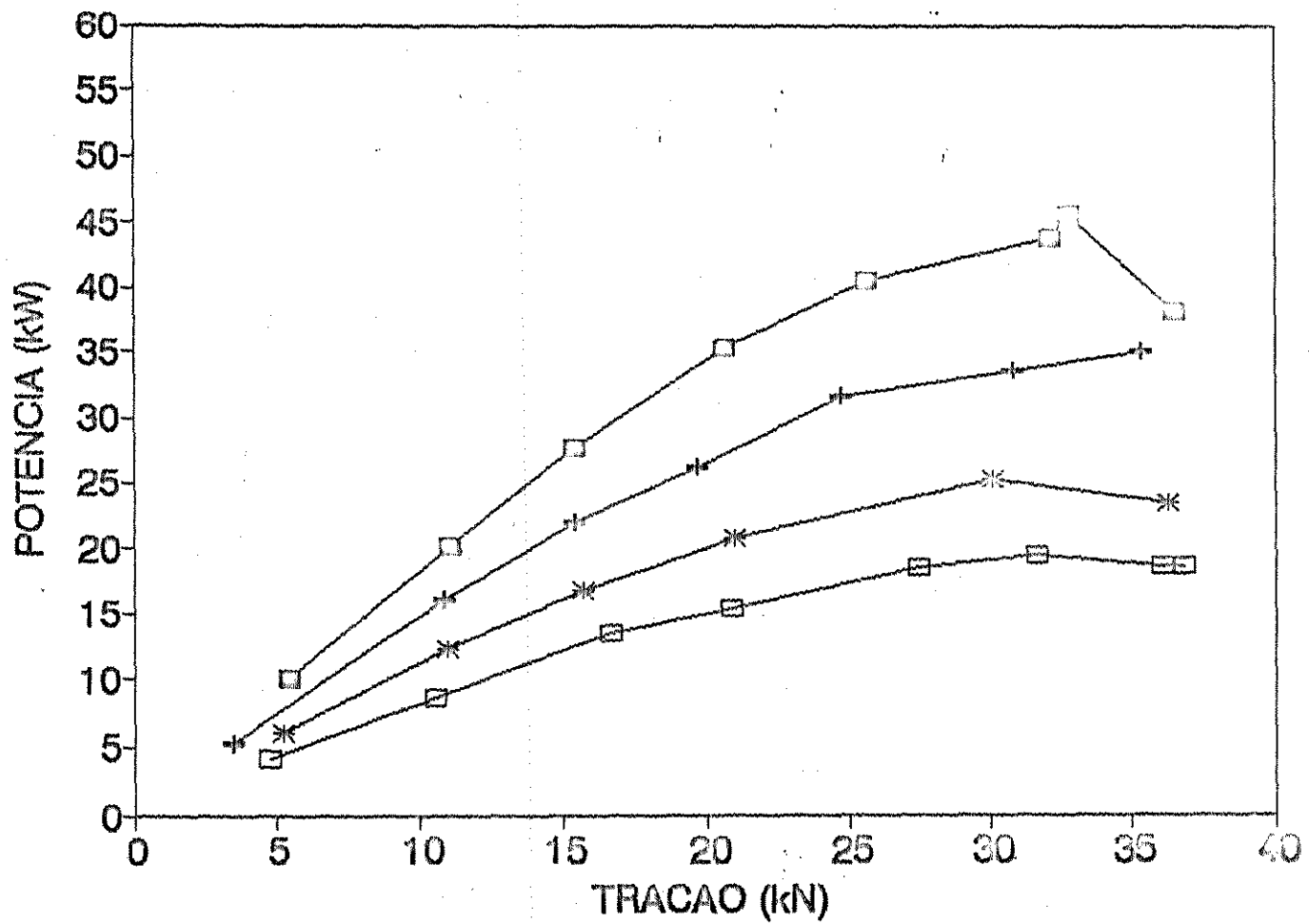


Figura D2- Desempenho de Tração na 5ª marcha em função da Potência reduzida e Força de Tração.

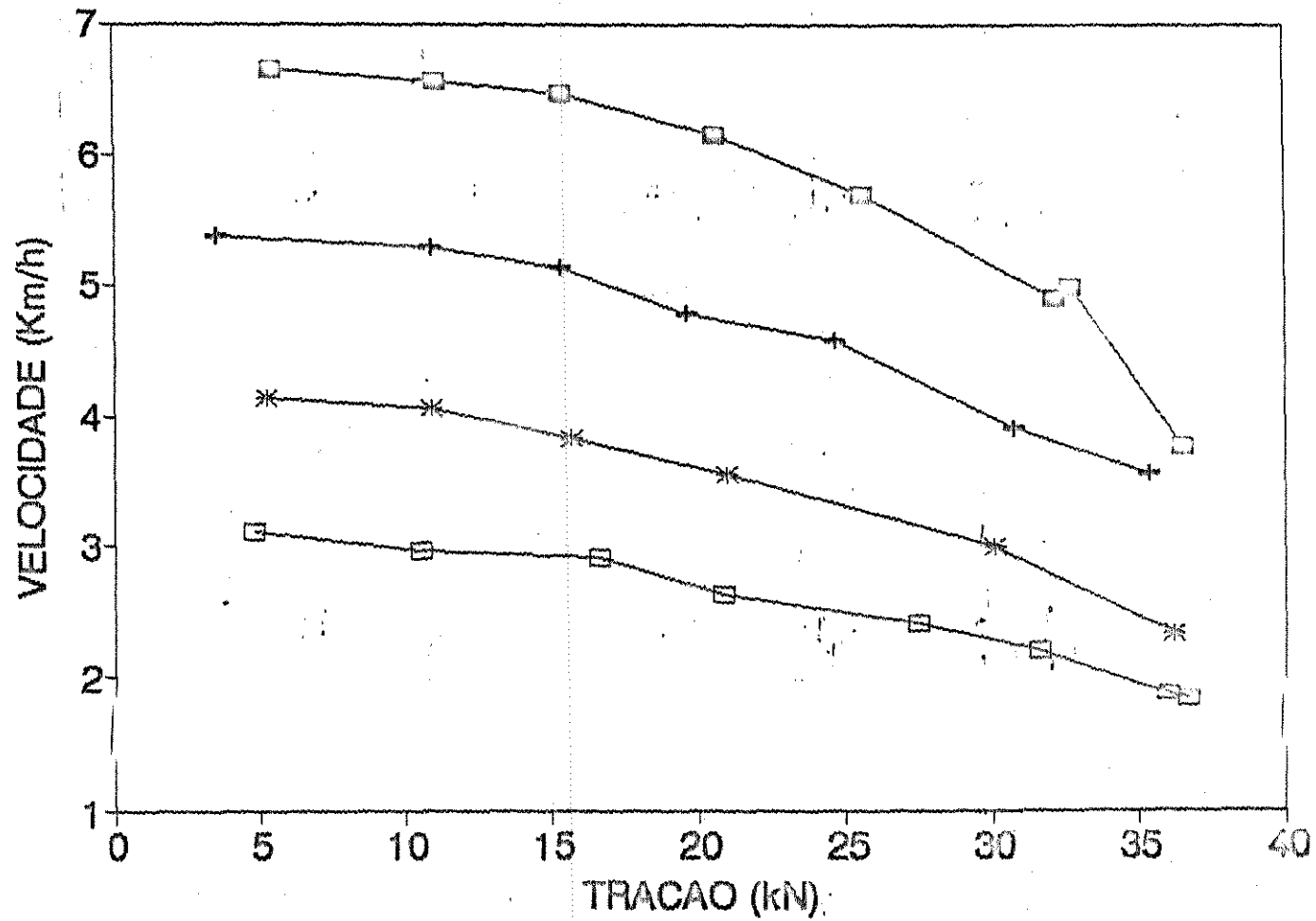


Figura D3- Desempenho de Tração na 5a marcha em função da Velocidade e Força de Tração

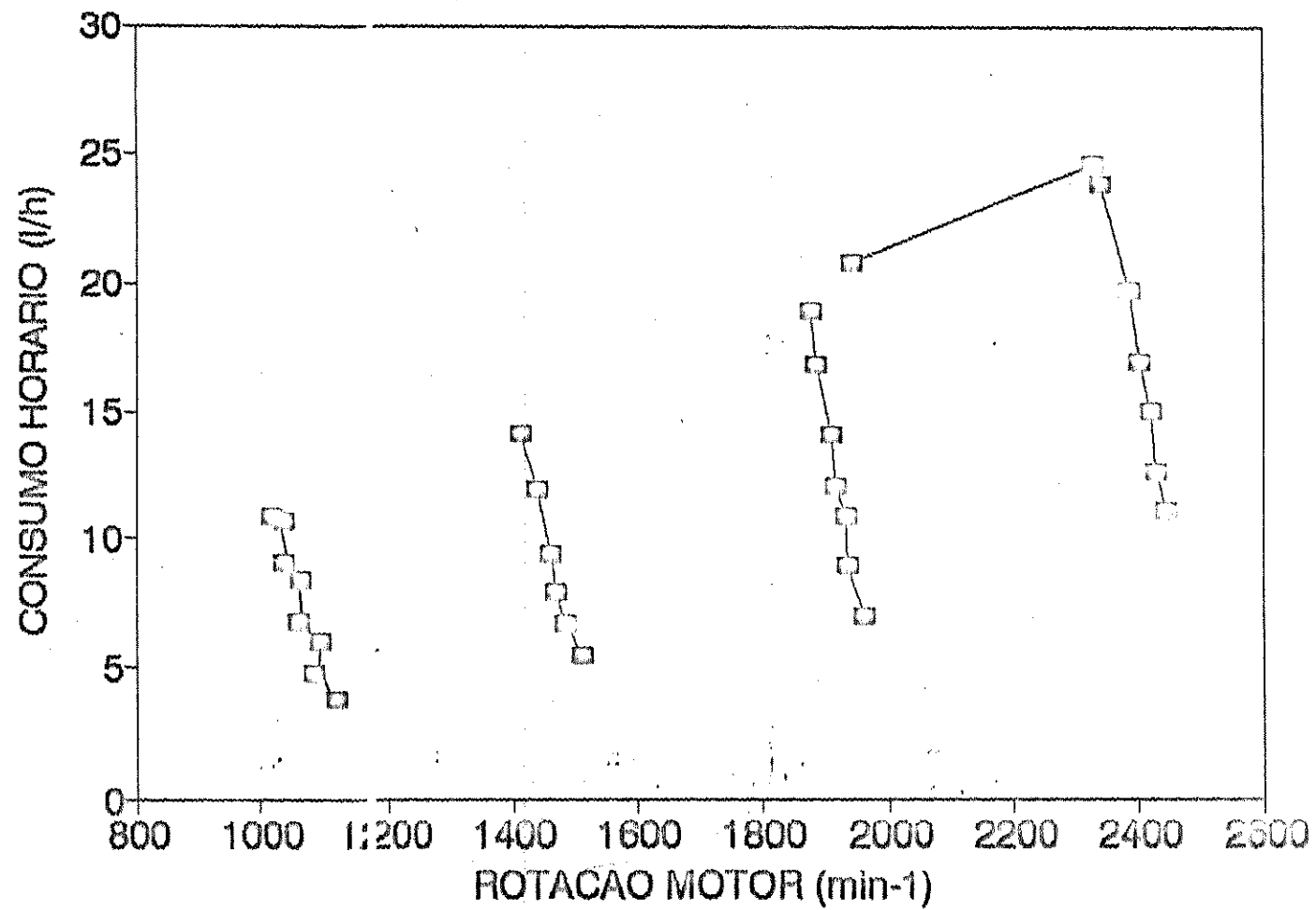


Figura D4- Desempenho de Tração na 5a marcha em função do Consumo Horário e Rotação do Motor.

ANEXO E

DESEMPENHO DO TRATOR NA 4ª MARCHA

TABELA E.1 Análise do desempenho na 4a marcha em campo

TRACAO	DENS. COMB. [g/l]	FURAS NO SENSOR		C/LASTRO		CILIN [l]	BATIDAS LIVRES	
2	A = -0.75 B = 855.00	TRAS.	15			5.883	RT =	124

P.C.I. [MJ/kg]	MASSE [kg]	TEMPERATURA [C]		PRES. BAROM [mmHg] [bar]	PRES. DE REFER [mmHg] [bar]	
42.60	DIANT 2150	TRASEIRA 4545	BULB. UMIDO 20.40	BULB. SECO 25.50	712.00 94.93	711.40 94.85

No	TEMPERATURAS DIES. ADM.	RTM	DIES.	TEMPO	RPM INTG.	RPM	TRACAO [KN]	VELOC. [km/h]	POTENC. [kW]	DESLC. [X]	HOR. [l/h]	C.ESP. [g/kWh]	DEBITO [g]	REDUCAO 5495	Tc Nm
1	35.00	25.00	120.0	66.00	23.47	57545	2452	5.13	6.14	8.74	3.15	10.97	1040.83	20.60	1.0064 111.01
2	35.00	25.00	120.0	93.00	24.73	60238	2436	15.11	5.82	24.43	7.81	14.39	427.98	27.19	1.0064 173.97
3	35.00	27.00	120.0	137.00	26.07	67713	2420	24.54	5.13	34.97	16.78	18.42	434.87	35.03	1.0078 232.21
4	45.00	27.00	120.0	75.00	24.24	59131	2407	10.65	5.94	17.57	5.70	11.99	560.30	22.42	1.0078 130.18
5	45.00	27.00	138.5	104.00	25.53	61798	2421	19.53	5.64	30.60	10.47	15.52	416.31	29.24	1.0078 192.32
6	47.00	31.00	161.5	218.00	34.52	81622	2364	35.27	4.17	40.87	31.68	23.58	472.94	45.42	1.0106 307.51
7	47.00	31.00	182.0	225.00	34.87	82131	2355	36.00	4.13	41.39	31.87	24.08	476.02	46.55	1.0106 314.12
8	47.00	31.00	201.5	255.00	39.27	90916	2315	36.94	3.67	37.63	38.46	24.23	527.66	47.65	1.0106 322.01
9	47.00	28.00	161.5	164.00	30.28	72430	2392	29.56	4.76	39.04	23.22	20.35	427.14	38.73	1.0085 265.29
10	48.00	27.00	128.5	54.00	29.42	57851	1966	5.45	4.89	7.41	3.50	7.46	823.76	17.25	1.0078 101.01
11	48.00	27.00	132.0	77.00	30.48	59281	1945	13.66	4.72	17.93	6.06	9.94	454.28	23.26	1.0078 161.41

TABELA E.1 Continuação

No	TEMPERATURAS DIES. ADM.	RTM	DIES.	TEMPO	RPM INTG.	RPM	TRACA [km/h]	VELOC. [km/h]	POTENC. [kW]	DESLC. [%]	HOR. [1/h]	C.ESP. [g/kWh]	DEBITO [g]	REDUCAO 5425	Tc No	
12	46.00	27.00	140.5	104.00	32.91	63225	1921	21.34	4.38	25.94	11.74	12.23	386.62	29.01	1.0076	213.32
13	46.00	27.00	179.0	217.00	47.36	89493	1890	35.41	3.04	29.90	37.69	17.34	475.91	41.83	1.0076	307.46
14	44.00	27.00	192.5	212.00	45.45	86548	1904	35.93	3.17	31.62	35.58	17.64	458.52	42.50	1.0078	309.83
15	46.00	28.00	179.5	64.00	30.20	58407	1934	10.22	4.77	13.54	4.25	8.48	513.81	19.98	1.0085	130.01
16	46.00	28.00	136.0	85.00	31.79	61139	1923	17.03	4.57	21.42	8.82	10.48	401.16	24.82	1.0083	176.64
17	49.00	30.00	149.0	125.00	35.41	67221	1898	25.08	4.07	29.24	16.78	13.56	379.39	32.46	1.0099	242.01
18	49.00	30.00	160.0	152.00	38.32	72368	1869	30.57	3.70	31.91	22.50	15.13	387.85	36.41	1.0099	271.68
19	49.00	30.00	191.5	215.00	45.90	85947	1872	36.85	3.14	31.11	25.25	17.71	451.25	42.99	1.0099	314.98
20	43.00	27.00	128.5	45.00	37.78	57745	1528	5.53	3.81	5.85	3.50	5.14	722.19	15.36	1.0078	91.70
21	43.00	27.00	133.5	71.00	40.86	59914	1466	14.26	3.52	13.96	7.12	7.11	418.85	22.15	1.0078	161.60
22	43.00	27.00	148.0	108.00	45.96	66630	1450	23.32	3.13	20.30	16.22	9.31	377.30	29.35	1.0078	226.32
23	43.00	26.00	184.5	187.00	58.16	82931	1426	34.93	2.48	24.03	32.79	12.42	425.41	39.82	1.0071	304.10
24	48.00	29.00	132.0	59.00	39.62	59285	1496	9.61	3.63	9.70	6.06	6.21	524.42	18.88	1.0092	129.01
25	48.00	29.00	139.5	89.00	42.39	62768	1481	19.96	3.40	18.83	11.11	8.41	365.59	25.83	1.0092	195.64
26	44.00	30.00	164.5	141.00	50.59	73681	1456	29.66	2.85	23.45	24.62	10.88	381.48	34.12	1.0099	264.00
27	44.00	30.00	189.5	198.00	59.20	85319	1441	36.13	2.43	24.41	34.56	12.89	433.95	40.84	1.0099	310.47
28	43.00	27.00	127.0	39.00	50.92	57141	1122	4.27	2.83	3.35	2.36	3.61	885.34	14.69	1.0078	85.77
29	43.00	27.00	129.5	58.00	53.03	58654	1106	10.88	2.72	8.21	4.25	4.79	479.77	19.78	1.0078	138.91
30	43.00	27.00	151.0	114.00	62.59	67741	1082	25.69	2.30	16.42	17.88	7.41	371.12	31.28	1.0078	242.19
31	43.00	27.00	193.0	198.00	81.66	87059	1066	36.31	1.76	17.78	35.75	9.58	443.06	41.06	1.0078	311.77
32	44.00	31.00	133.0	73.00	54.12	59504	1111	25.90	2.66	11.75	6.77	5.71	398.97	23.70	1.0106	176.71
33	44.00	32.00	139.3	91.00	57.76	62944	1093	30.27	2.49	14.04	10.79	6.52	381.79	27.33	1.0113	209.32
34	46.00	32.00	161.5	145.00	68.21	72903	1069	30.76	2.11	18.04	23.22	8.50	386.74	36.26	1.0113	279.67

TABELA E.2-Análise das perdas de rendimento na 4a marcha

	EPGc	EPc	EFT	EFS	EFF	EFNf	EFNs	EFD
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	8.17	26.56	75.03	96.00	42.2	57.00	3.13	31.30
2	17.43	31.99	82.20	92.19	71.89	28.11	7.81	54.48
3	19.58	34.96	85.68	83.22	78.56	21.44	16.78	56.00
4	15.20	28.50	77.86	94.30	72.54	27.36	5.70	53.33
5	20.46	33.19	83.43	89.53	82.52	17.48	10.47	61.64
6	18.06	35.27	87.80	68.32	85.36	14.64	31.60	51.20
7	17.91	35.16	87.96	68.13	85.00	15.00	31.87	87.96
8	16.19	35.22	88.13	61.54	84.74	15.26	38.46	45.96
9	19.95	35.48	66.64	71.78	84.55	15.45	23.22	56.24
10	18.34	28.68	72.88	96.10	51.26	48.74	3.50	36.05
11	18.75	34.35	81.20	93.94	71.56	28.44	6.06	54.58
12	22.03	37.31	84.58	88.26	79.11	20.89	11.74	66.91
13	17.90	38.05	87.80	62.31	85.98	14.02	37.69	47.04
14	18.57	37.93	87.86	64.42	86.52	13.48	35.58	48.97
15	16.59	31.81	77.84	95.75	69.97	30.03	4.25	52.15
16	21.25	35.47	82.39	91.18	79.74	20.26	8.82	59.91
17	22.50	38.21	85.83	83.22	82.42	17.58	16.78	58.87
18	22.00	38.52	86.84	77.50	84.89	15.11	22.50	57.13
19	18.91	37.92	87.97	64.75	87.56	12.44	35.25	49.88
20	11.79	29.03	78.62	96.50	59.61	40.39	3.50	40.63
21	20.33	35.71	81.21	92.88	75.48	24.52	7.12	56.93
22	22.57	38.96	85.18	83.78	81.19	18.81	16.22	57.94
23	20.01	39.18	87.72	67.21	86.61	13.39	32.79	51.06
24	16.26	33.00	77.70	93.94	67.51	32.49	6.06	49.28
25	23.33	37.74	83.63	88.89	83.15	16.85	11.11	61.81
26	22.37	39.55	86.60	75.38	86.64	13.36	24.62	56.56
27	19.67	39.01	87.87	65.44	87.67	12.33	34.56	50.41
28	9.62	28.32	68.93	97.64	50.46	49.54	2.36	33.96
29	17.75	33.80	78.94	95.75	69.49	30.51	4.25	52.53
30	22.95	39.08	85.83	82.12	83.30	16.70	17.88	58.72
31	19.22	38.66	87.90	64.25	88.05	11.95	35.75	49.73
32	21.41	36.56	82.40	93.23	76.22	23.78	6.77	58.55
33	22.39	38.17	84.38	89.21	77.92	22.08	10.79	58.65
34	22.10	39.24	87.08	76.78	84.23	15.77	23.22	56.31

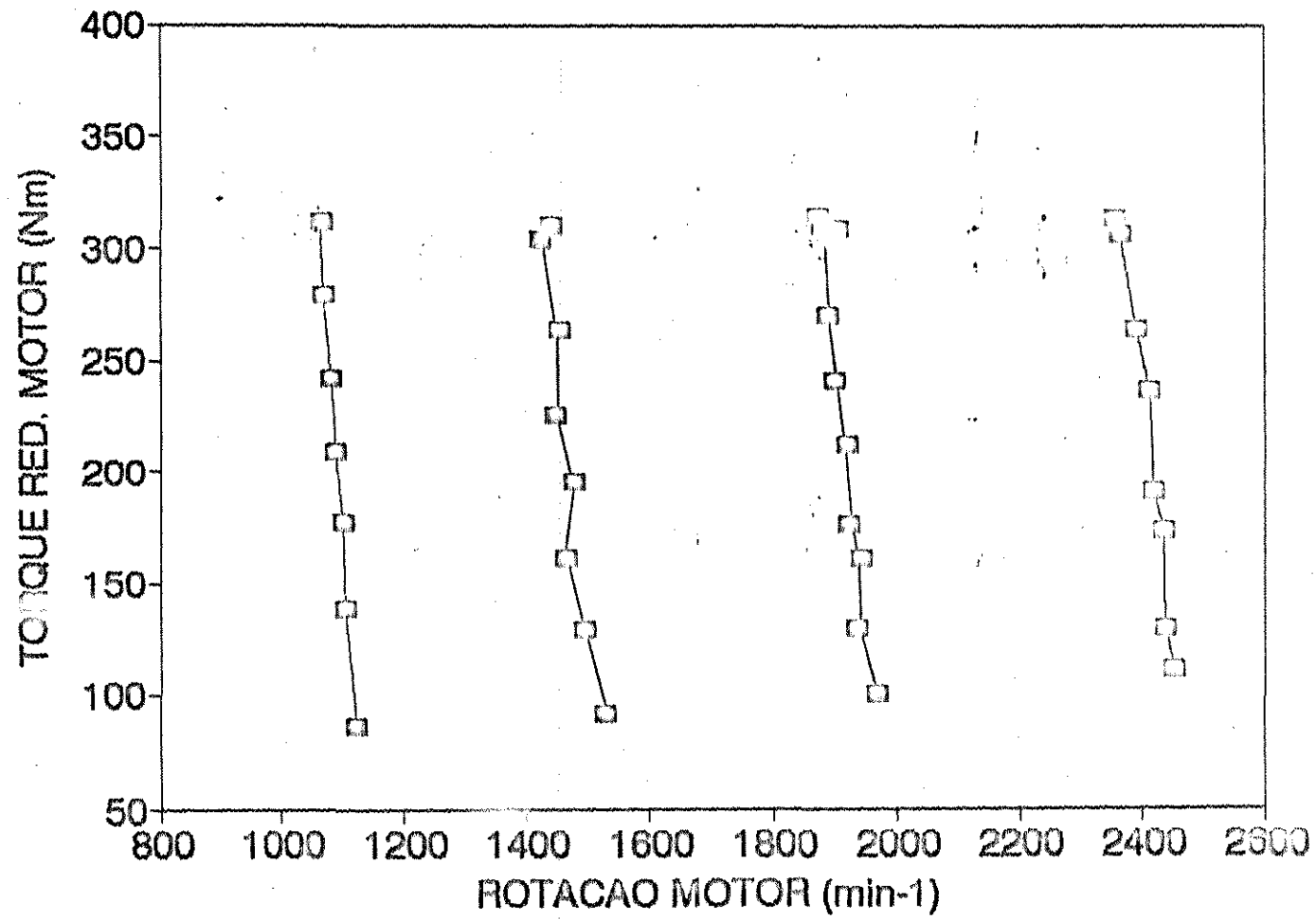


Figura E1- Desempenho do Motor na 4a marcha em tração em função do Torque Reduzido e Rotação.

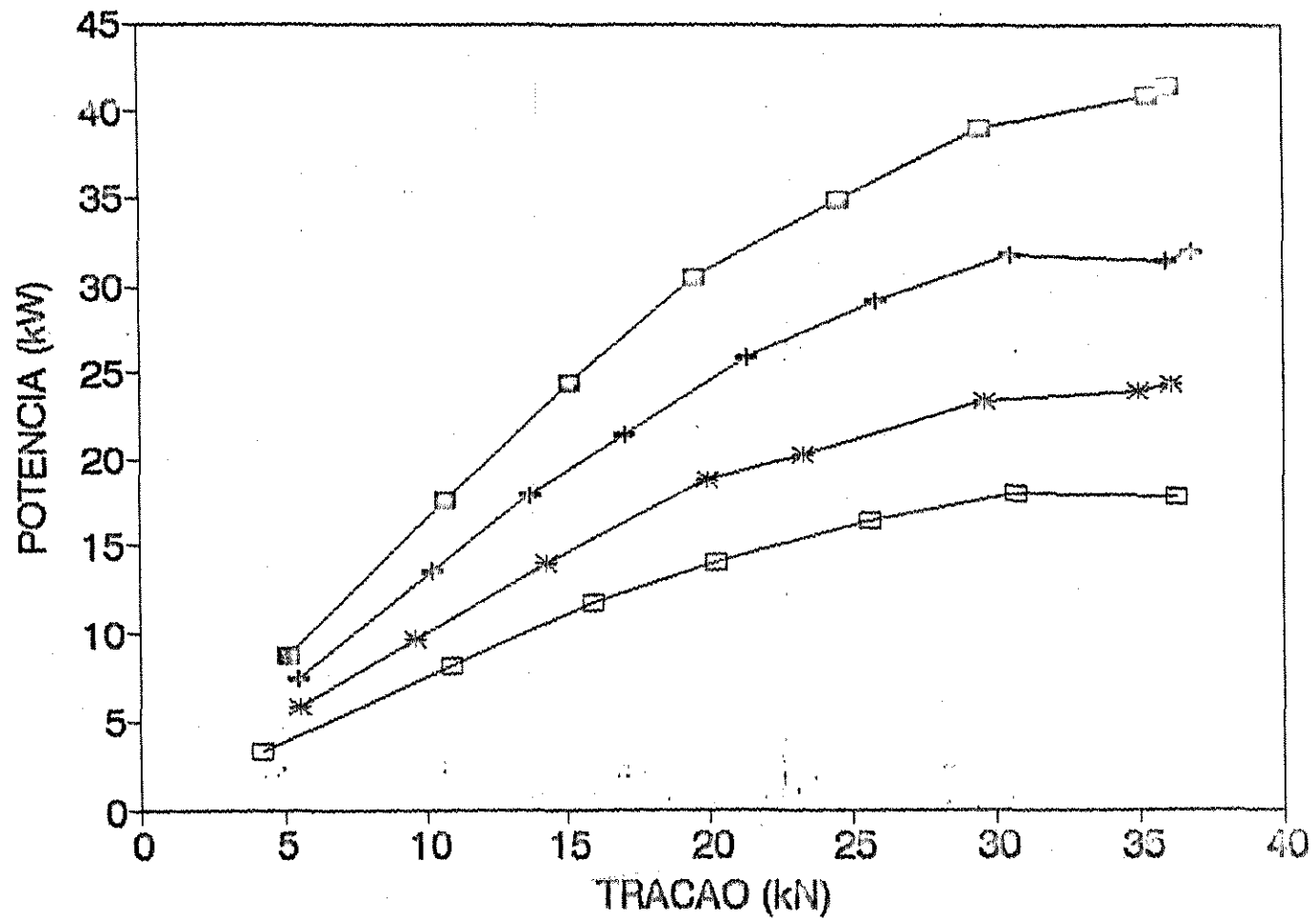


Figura E2- Desempenho de Tração na 4a marcha em função da Potência Reduzida e Força de Tração.

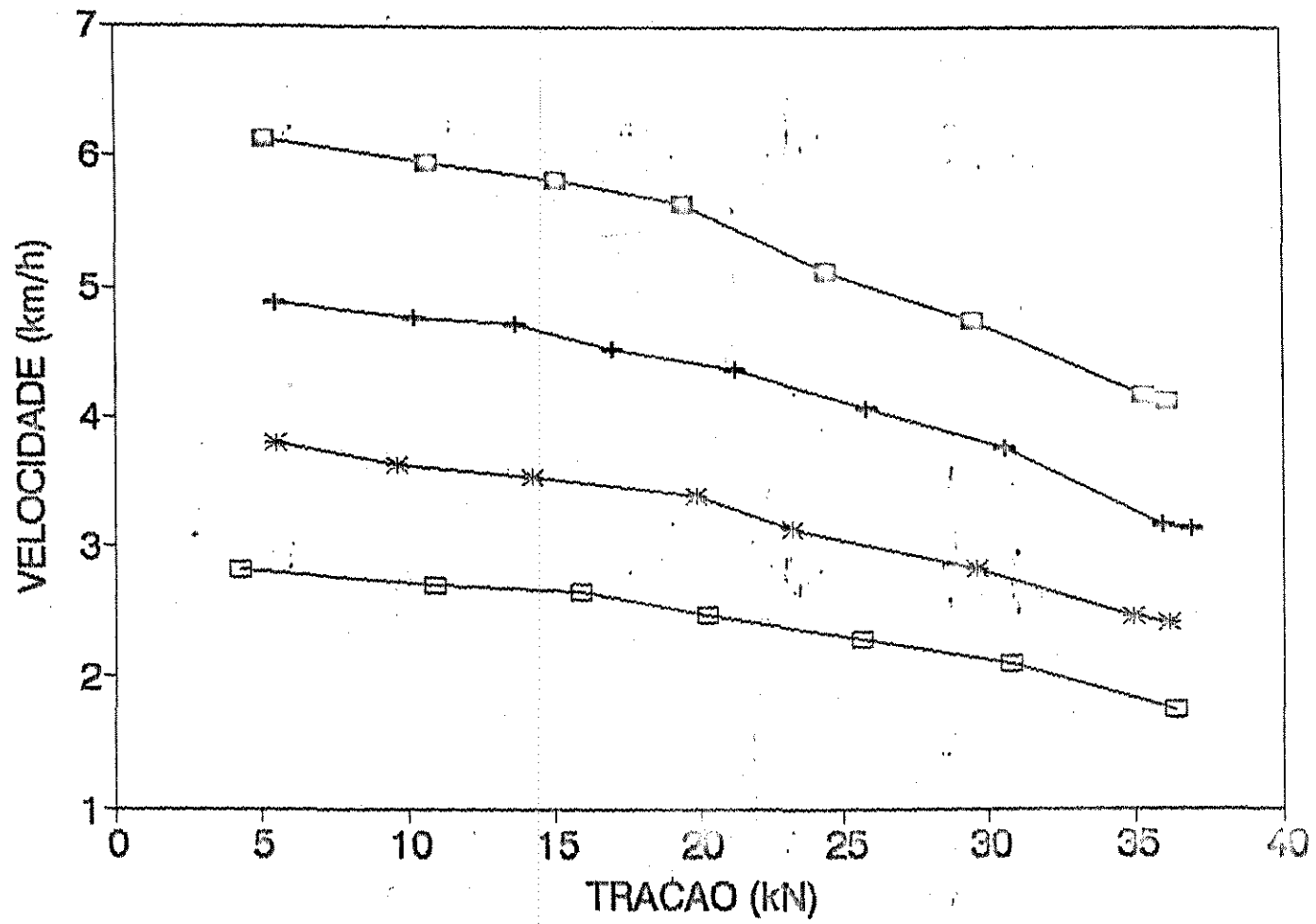


Figura E3- Desempenho de Tração na 4a marcha em função da Velocidade e Força de tração.

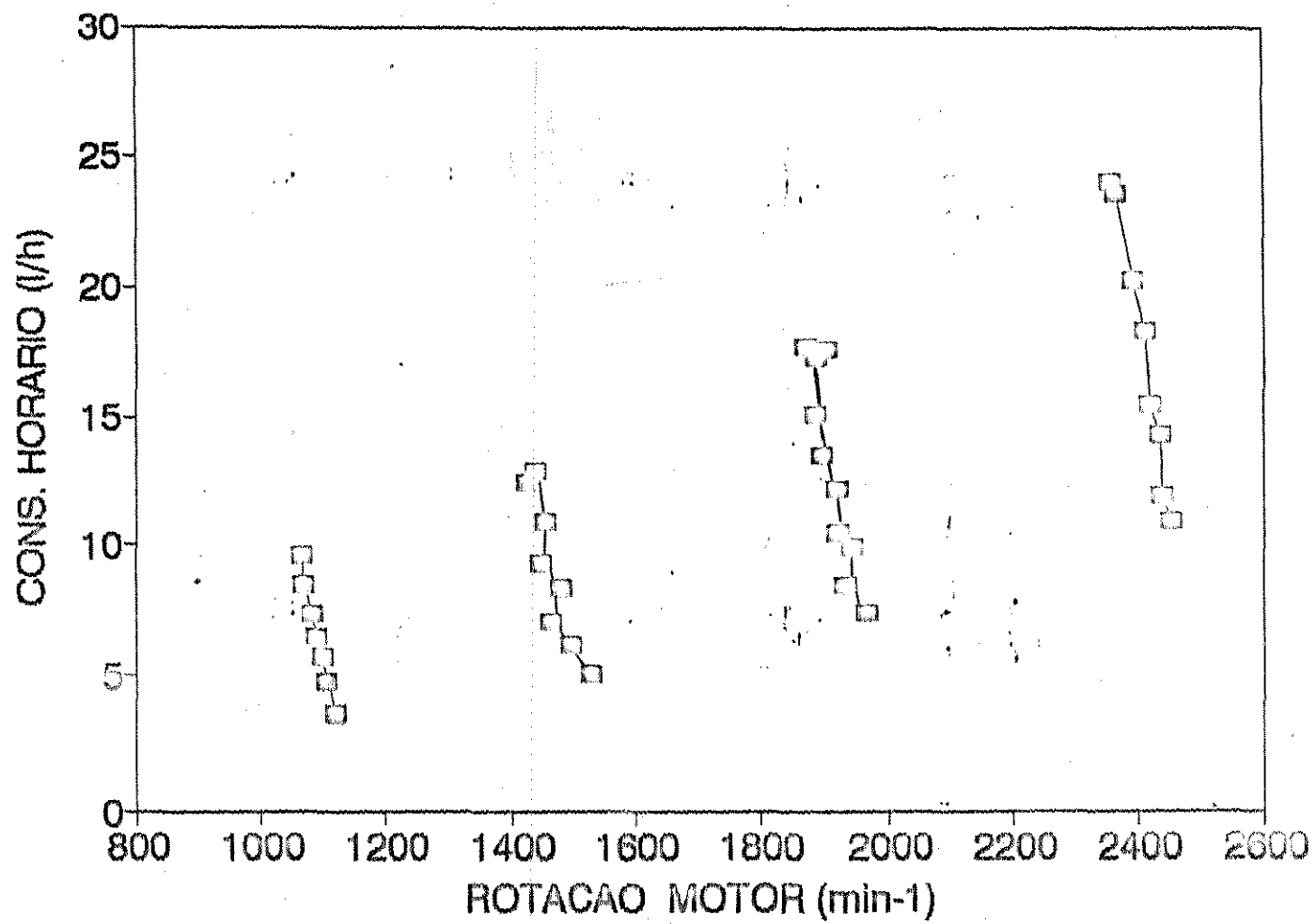


Figura E4- Desempenho de tração na 4ª marcha em função do Consumo Horário e Rotação do Motor.