

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Dissertação Apresentada à
Faculdade de Engenharia Mecânica
como Requisito Parcial à Obtenção do
Título de Mestre em Engenharia de Petróleo

DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS EM
POÇOS DIRECIONAIS DURANTE AS
MANOBRAS

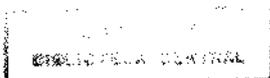
Este exemplar corresponde a redação final
da tese defendida por José Venâncio
Lima Cardoso Junior e aprovada
pela comissão julgadora em 23/11/1992.


ORIENTADOR

Autor : José Venâncio Lima Cardoso Junior

Orientador : Eric Edgar Maidla

Novembro de 1992



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

A dissertação "Diagnóstico de Problemas em Poços Direcionais durante as Manobras", elaborada por José Venâncio Lima Cardoso Junior e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora foi aceita pela Sub-Comissão de Pós-Graduação em Engenharia de Petróleo como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Petróleo.

Campinas, 23 de Novembro de 1992.

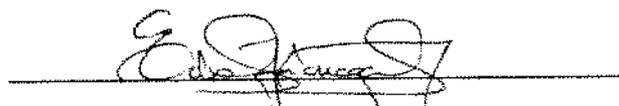
Banca Examinadora :



Eric Edgar Maidla, Ph.D.



Otto Luiz Alcântara Santos, Ph.D.



Edson Yoshihito Nakagawa, Ph.D.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Eric Edgar Maidla, pela sugestão do tema deste trabalho e pela dedicação na orientação desta tese.

À PETROBRÁS S/A, pela oportunidade e condições oferecidas para participar do curso de Mestrado e realização deste trabalho.

Aos colegas da Petrobrás, que de forma direta ou indireta contribuíram na elaboração deste trabalho, especialmente aos Engenheiros Duque, Riga e Parada, do DPSE, pela colaboração na aquisição de dados e ao Engenheiro Roberto Rezende, DEPER, pela minha indicação ao curso.

Aos colegas do curso, professores e funcionários da Unicamp, pelo apoio e agradável convívio neste período.

À minha esposa Lélia e meu filho Júlio pelo carinho e compreensão durante todo este período.

Aos meus pais.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
NOMENCLATURA	xi
RESUMO	xiii
 Capítulo	
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.2 TIPOS DE PROBLEMAS DIAGNOSTICÁVEIS EM MANOBRAS	2
1.3 DESCRIÇÃO DAS CAUSAS DE PROBLEMAS	3
1.3.1 DESMORONAMENTO	3
1.3.2 FECHAMENTO	3
1.3.3 MÁ LIMPEZA DE POÇO	3
1.3.4 CHAVETA	4
1.3.5 DIFERENCIAL	4
1.3.6 BATENTES	4
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 MODELO DE TORQUE E ARRASTE	5
2.2 RESUMO DE TESTES DE CAMPO PARA FATOR DE ATRITO	6
3 METODOLOGIA PROPOSTA	7
3.1 PRÉ-DIAGNÓSTICO	7
3.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	7
3.1.2 AQUISIÇÃO DE DADOS	8
3.1.2.1 PADRÕES QUE SERVEM A UM PRÉ-DIAGNÓSTICO	8
3.1.2.1.1 PADRÃO NORMAL	11

3.1.2.1.2	PROBLEMAS DE POÇO	13
3.1.2.1.3	PROBLEMAS DE OPERAÇÃO	14
3.1.2.2	ARMAZENAMENTO DE DADOS	17
3.1.3	O PROGRAMA DE MONITORAMENTO	18
3.2	DIAGNÓSTICO	18
3.2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	18
3.2.2	DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO	18
3.2.3	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	19
3.2.4	O PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA CÁLCULO DO FATOR DE ATRITO	20
3.2.4.1	DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS SIMULADOS DE POÇO	20
3.2.4.1.1	CHAVETA	20
3.2.4.1.2	DESMORONAMENTO E PONTE	21
3.2.4.1.3	FECHAMENTO DE POÇO	21
3.3	PROGRAMAÇÃO DE DESCIDA DE COLUNA	26
3.3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	26
3.3.2	ESTRUTURA DA PROGRAMAÇÃO	26
4	O SISTEMA COMPUTACIONAL "MANOBRA"	27
4.1	ESTRUTURA DO SISTEMA	27
4.1.1	FASE I - O PROGRAMA "ACOMP"	27
4.1.1.1	EXECUÇÃO DO PROGRAMA	29
4.1.2	FASE II - O PROGRAMA "DPD"	38
4.1.2.1	EXECUÇÃO DO PROGRAMA	38
4.1.3	FASE III - O PROGRAMA "PRODESC"	39
4.1.3.1	EXECUÇÃO DO PROGRAMA	40
5	VALIDAÇÃO DO SISTEMA COM DADOS DE CAMPO	45
5.1	AQUISIÇÃO DOS DADOS	45
5.1.1	IDA AO CAMPO	45

5.1.1.1 EQUIPAMENTOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	46
5.1.1.2 DADOS OBTIDOS NO CAMPO	46
5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS	47
5.3 AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS COM BASE NOS DADOS DE MANOBRAS	52
5.3.1 GRÁFICOS DE SEÇÕES	53
5.3.2 ANÁLISE DOS GRÁFICOS	59
5.4 USO DO SISTEMA MANOBRA COM DADOS DE CAMPO	59
6 CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXO 1: DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA COMPUTACIONAL	66
ANEXO 2: TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES	70
ANEXO 3: AMOSTRAGEM DOS ARQUIVOS DE DADOS	71
ANEXO 4: AMOSTRAGEM GRÁFICA DOS DADOS	72

LISTA DE TABELAS

	Tabela	Página
1	Fatores de atrito - testes de Campo	6
2	Sequência de armazenamento de dados	17
3	Conversão de unidades	70
4	Amostra de dados adquiridos pela Anadrill	71
5	Amostra de dados adquiridos pela Unidade DEPEX/DEPER	72

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Retirada de seção - Normal	9
2 Retirada de seção - Chaveta	10
3 Retirada de seção - 1 dado / 4s	10
4 Padrão Normal	12
5 Padrão Chaveta	12
6 Padrão Fechamento de poço	15
7 Padrão Fechamento ou Má limpeza	15
8 Padrão Desmoronamento ou Diferencial	16
9 Padrão Má operação	16
10 Padrão Chaveta - Fator de atrito	23
11 Padrão Desmoronamento - Fator de atrito	24
12 Padrão Fechamento - Fator de atrito	25
13 Tela inicial ACOMP	30
14 Tela de entrada de dados	30
15 Tela de monitoramento	33
16 Tela de interrupção de monitoramento	33
17 Tela de interrupção para Zoom	34
18 Tela de Zoom de seções anteriores	34
19 Tela final do Zoom de seções anteriores	36
20 Tela de final de monitoramento	36
21 Tela de encerramento/arquivos	37
22 Tela final ACOMP	37
23 Tela inicial PRODESC	41
24 Tela de padrões gráficos de problemas	41
25 Tela de Gráfico Atrito x Profubidade	43

26 Tela de Identificação de padrões	43
27 Tela final PRODESC	44
28 Seção 2 - 3 dados / s	48
29 Seção 2 - 1 dado / 4s	48
30 Seção 5 - 3 dados / s	49
31 Seção 5 - 1 dado / 4s	49
32 Seção 6 - 3 dados / s	50
33 Seção 6 - 1 dado / 4s	50
34 Seção 9 - 3 dados / s	51
35 Seção 9 - 1 dado / 4s	51
36 Padrão Normal esperado	53
37 Padrão Normal - Dados reais	53
38 Padrão esperado de chaveta	54
39 Chaveta - Dados reais	54
40 Padrão esperado de Desmoronamento ou Diferencial	55
41 Desmoronamento ou Diferencial - Dados reais	55
42 Padrão esperado de fechamento	56
43 Fechamento ou Má limpeza- Dados reais	56
44 Padrão esperado de má operação	57
45 Má operação - Dados reais	57
46 Padrão esperado de fechamento	58
47 Fator de atrito com profundidade-Dados de campo	61

NOMENCLATURA

D - Profundidade vertical,	m [pé]
Dh - Diâmetro do poço,	m [pol]
DLS - Taxa de variação total de ângulo(Dog-Leg Severity),	rd/m [graus/100pés]
HD - Afastamento horizontal do poço,	m [pé]
i - Vetor unitário na direção Norte,	
ID - Diâmetro interno da coluna,	m [pol]
j - Vetor unitário na direção leste,	
k - Vetor unitário na direção vertical,	
Kp - Índice de consistência do fluido,	Pa.s ⁿ [eq.CP]
MD - Profundaidade medida,	m [pé]
n - Índice de potência do fluido,	
N - Força normal de contato resultante,	N [lbf]
OD - Diâmetro externo da coluna,	m [pol]
R - Raio de curvatura do poço,	m [pé]
S - Comprimento da coluna a partir do ponto A em direção ponto B,	m [pé]
S1 - Comprimento da coluna entre 2 registros direcionais consecutivos,	m [pé]
T - Tração na coluna,	N [lbf]
TGB - Carga no gancho,	N [lbf]
U - Vetor unitário tangente à trajetória do poço no ponto B,	
V - Vetor unitário tangente à trajetória do poço no ponto A,	
Vc - Velocidade axial da coluna,	m/s [pé/s]
W - Peso unitário da coluna no ar,	N/m [lbf/pé]
Wb - Projeção do peso flutuado na direção binormal,	N [lbf]
Wf - Peso unitário flutuado da coluna,	N/m [lbf/pé]
Wp - Projeção do peso flutuado na direção principal,	N [lbf]
Wu - Projeção do peso flutuado na direção axial,	N [lbf]

α_0	- Inclinação do poço no ponto A,	rd [grau]
α_1	- Inclinação do poço no ponto B,	rd [grau]
β	- Curvatura do poço (dog-leg),	rd [rd]
Φ_0	- Azimute (direção) do poço no ponto A,	rd [rd]
Φ_1	- Azimute do poço no ponto B,	rd [rd]
γ	- Taxa de cisalhamento do fluido,	s^{-1} [s^{-1}]
μ	- Fator de atrito	
μ_a, MI	- Fator de atrito aparente do poço	
ρ_f	- Massa específica do fluido,	kg/m^3 [lbm/gal]
ρ_s	- Massa específica da coluna,	kg/m^3 [lbm/gal]
τ	- Tensão de cisalhamento,	Pa

RESUMO DA TESE

A presente Tese consiste em um sistema computacional de acompanhamento de manobras em poço aberto durante a perfuração de um poço de petróleo. É composto de 3 fases.

A FASE I realiza automaticamente um pré-diagnóstico de possíveis problemas operacionais ou de poço, em tempo real, e o armazenamento de dados coerentes, necessários ao cálculo do fator de atrito aparente entre coluna e poço. Em caso de detecção de problema de poço, o programa permite uma investigação das seções anteriores para avaliação do tipo de problema possível.

A FASE II consiste na avaliação do comportamento do fator de atrito aparente com a profundidade, utilizando programa elaborado por Idagawa (3), e construção do gráfico Fator de Atrito x Profundidade.

A FASE III inicia-se com a comparação gráfica do padrão obtido acima com padrões de problemas conhecidos. Em seguida há a elaboração de uma programação de descida de coluna composta de: Esquema gráfico da geometria do poço, relação de possíveis problemas (operacionais ou de poço) detectados na retirada da coluna, análise da tendência geral de problema de poço e finalmente sugestões de procedimentos para descida de coluna.

1 INTRODUÇÃO

A Perfuração de poços de Petróleo a nível mundial, é uma atividade que demanda grande quantidade dos recursos destinados a investimentos em todos os países que produzem petróleo. A operação em si, mesmo isenta de problemas, é muito dispendiosa devido à composição de preços de **materiais (brocas, revestimentos etc), equipamentos (Sonda de perfuração) e pessoal (Engenheiros e Técnicos).**

Imaginando-se o projeto de dois poços semelhantes em geometria a serem perfurados, pode-se tentar comparar os custos.

Em termos de **materiais e pessoal** a perspectiva de desembolso não deve ser diferente, mas com relação ao custo de **equipamentos** as previsões esbarram em uma variável "quase" incontrolável que é o **número de dias** de operação, do qual depende na razão direta o custo de equipamentos, seja **afretamento**, no caso de sondas contratadas ou **depreciação** para sondas próprias.

Considera-se o **número de dias** "quase" incontrolável devido ao fato de que qualquer evento que fuja à rotina da operação acarrete "paradas" com conseqüente aumento de desembolso. Como exemplo de paralizações de rotina temos as manutenções programadas e as trocas de broca por desgaste normal, e no caso não rotineiro pode-se destacar como exemplo simples uma quebra de equipamento (guincho, mesa rotativa etc.), e como exemplo de alta gravidade as **Prisões ou Ameaças de Prisão**. Nestes casos a quantidade de dias perdidos pode levar os custos a níveis muito elevados, pois cada dia parado continua gerando taxas de afretamento ou depreciação, com prejuízos financeiros diretos e prejuízos indiretos na qualidade do poço por ocasião da produção ou mesmo a perda total do poço. Vale ressaltar que grande parte das **Prisões ou ameaças de prisão** ocorre por ocasião de **manobras** (movimentações da coluna de perfuração).

Considerando-se este cenário para poços direcionais, quando naturalmente a execução requer maior atenção e as condições geométricas do poço favorecem ao aumento de **torques e arrastes**, torna-se imperiosa a necessidade de minimização de possibilidades de

ocorrência de paralizações. Como nossa área envolve preferencialmente técnicas de perfuração, a proposta deste trabalho enquadra-se no referido exemplo de alta gravidade, ou seja, diminuir a possibilidade de ocorrência de **Prisão ou ameaça de prisão** nas operações de manobra, em poços que disponham de sistema de acompanhamento automatizado (MUD-LOGGING).

1.1 OBJETIVOS

O Diagnóstico de Problemas em Poços Direcionais proposto neste trabalho, fundamenta-se na análise dos esforços de arraste durante as movimentações de colunas de perfuração, em manobras a poço aberto, como **Pré-diagnóstico** em tempo real de operação, bem como a implementação do programa DPD (3), para, com base nos arrastes verificados na retirada da coluna, elaborar um **Diagnóstico** de possíveis problemas e esboçar um **Programa de Descida de Coluna**, com profundidades críticas e procedimentos necessários.

1.2 TIPOS DE PROBLEMAS DIAGNOSTICÁVEIS EM MANOBRAS

Muitas são as possíveis causas de **prisão ou ameaça de prisão** durante a perfuração de um poço. Basicamente as seguintes:

- 1 - Desmoronamento de poço
- 2 - Fechamento de poço
- 3 - Má limpeza de poço
- 4 - Chavetas
- 5 - Diferencial de pressão
- 6 - Batentes
- 7 - Pontes
- 8 - Alargamentos

Este trabalho visa em primeira fase o **pré-diagnóstico** das causas enumeradas acima, pois estas definem padrões específicos para gráficos de Carga no gancho com o tempo

para cada seção durante a retirada de coluna (capítulos 3, 4 e 6) e, em uma segunda fase, o diagnóstico das causas enumeradas de 1 a 5 pois estas definem padrões gráficos de fator de atrito com a profundidade (capítulo 3 e 4) e dependem do arraste e da geometria do poço, plenamente acessíveis em um poço monitorado durante as manobras em poço aberto. Finalmente há a terceira fase onde se estrutura uma programação com recomendações de descida de coluna.

1.3 DESCRIÇÃO DAS CAUSAS DE PRISÃO

1.3.1 Desmoronamento de poço

São quedas de blocos de rochas que formam as paredes do poço e podem ser provocados por ação mecânica da coluna sobre as paredes do poço, dissolução de camadas salinas formando cavernas instáveis, quedas de blocos de rochas intrusivas naturalmente fraturadas (diabásio) ou mesmo por insuficiência de pressão hidrostática no poço.

Durante a perfuração pode-se detectar o desmoronamento pelas características laminares do cascalho.

1.3.2 Fechamento de poço

É um estreitamento do diâmetro do poço, podendo em alguns casos chegar à obstrução total. Pode ocorrer devido ao inchamento de folhelhos por hidratação.

O problema pode tornar-se crítico durante a retirada da coluna pela redução de hidrostática induzida por pistoneio.

1.3.3 Má limpeza de poço

Quando em operação de perfuração utiliza-se vazão insuficiente ou propriedades inadequadas do fluido, grande parte dos cascalhos produzidos não são removidos e vão se acumulando no anular entre a coluna e o poço.

Nos poços direcionais o problema torna-se mais acentuado devido à formação de leito na parte inferior do poço, diminuindo o diâmetro efetivo do poço.

1.3.4 Chavetas

Em poços com desvio acentuado, particularmente os direcionais, o atrito constante da coluna com o lado alto do poço provoca uma cavidade denominada chaveta.

Na retirada da coluna, esta fenda provoca dificuldades à passagem dos tool-joints, início dos comandos e estabilizadores, podendo haver um acunhamento em caso de excessiva tração para transpor a chaveta.

1.3.5 Diferencial de Pressão

Quando se perfuram formações permeáveis, principalmente arenitos, é formado um reboco nas paredes do poço devido à filtração do fluido pressurizado.

Quando muito espessos, os rebocos criam condições favoráveis à Prisão por diferencial de pressão. Durante uma prisão por diferencial a circulação permanece plena mas são perdidos os movimentos axiais e de rotação.

Este problema pode ser mais dramático em poços direcionais devido ao grande contato da coluna com as paredes do poço.

1.3.6 Batentes

São variações frequentes e bruscas no diâmetro do poço. Ocorrem em formações duras, tais como calcáreos, arenitos e diabásios, ou quando há grande ocorrência de intercalações de formações duras e moles.

Podem oferecer perigo de choque com a broca nas descidas de coluna, danificando o equipamento ou mesmo quebrar um rolamento desgastado na retirada de coluna.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MODELO DE TORQUE E ARRASTE

Maidla e Wojtanowicz (4) apresentaram um modelo para previsão de torque e arraste baseado nas equações analíticas de interpolação na trajetória de poço pelo método da mínima curvatura. O modelo considera a influência do atrito hidrodinâmico e da área de contato entre a coluna e paredes do poço. Considera também, peso de coluna flutuado.

Foi concluído que o efeito da área de contato é desprezível. Quanto ao atrito hidrodinâmico, pode ter efeito significativo.

Através de simulações numéricas concluíram que, para pequenas inclinações de poços (arraste pequeno), pequenos erros nas medições de peso no gancho conduzem a grandes erros no valor absoluto do fator de atrito.

2.2 RESUMO DE TESTES DE CAMPO PARA FATORES DE ATRITO

TABELA 1

FLUIDO BASE ÁGUA		
AUTOR	POÇO ABERTO	POÇO REVESTIDO
Sheppard	0.36	-
Maidla	0.21	0.30
Child & Ward	0.25	-
Dykstra	0.25	0.30
Corbett & Dawson	0.26	-
Lesage	0.30	0.40
Brett	0.17	0.25
Falconer	0.18	0.22
Gus & McDonald	0.35	-
Placido	0.39	0.43
Belaskie	0.18	-
Bratovich	0.36	0.40
Bol	0.20	0.30
FLUIDO BASE ÓLEO		
Child & Ward	0.18	-
Lesage	0.12	0.20
Dykstra	0.20	0.25

3 METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 PRÉ-DIAGNÓSTICO (ANÁLISE DOS DADOS DE MANOBRA)

3.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Durante as operações de manobras, temos em linhas gerais, o seguinte cenário: Poço cheio de fluido com coluna até o fundo e poço aberto até a posição da última sapata de revestimento.

Normalmente, em poços não monitorados por cabines de Mud-Logging, apenas a sensibilidade do sondador pode detectar possíveis problemas, identificados pela observação de um monitor analógico que indica o peso da coluna, tendo também um registro quantitativo contínuo em carta movida por mecanismo de relógio. Os valores registrados neste equipamento são normalmente usados para checar possíveis pontos de arraste elevado. Uma carta de registros possui comprimento de 60 cm e registra de forma contínua 24 hs de operação; considerando-se o tempo médio de retirada de uma seção igual a 2 minutos, o registro gráfico completo dessa seção não atingirá 1mm, o que não oferece possibilidade de reconhecimento de padrões característicos.

Com o objetivo de conseguir-se maior nível de precisão na identificação de possíveis problemas, torna-se necessário **adquirir** dados para construção de um registro gráfico em **tempo real** que possibilite a "visualização" do comportamento da carga no gancho em relação ao tempo, em escala conveniente. Dessa forma pode-se tentar identificar **padrões de problemas de poço** possíveis de ocorrer, o que considera-se um **Pré-diagnóstico**.

Em paralelo ao Pré-diagnóstico, é necessário um tratamento dos dados de Carga no Gancho representativos de cada seção, de forma a serem **armazenados em arquivos** que possibilitem a fase de **Diagnóstico**. Este tratamento consiste na avaliação da qualidade dos dados adquiridos de forma que sejam excluídas seções que apresentem visíveis **problemas operacionais**.

Após a fase de diagnóstico chega-se à fase de **Programação de descida**, com emissão de relatório de possíveis problemas e procedimentos a seguir.

3.1.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Como já vimos ao comentarmos o registrador, é necessário uma aquisição de dados que possibilite a construção de gráficos elucidativos do comportamento da carga no gancho em relação ao tempo conforme mostrado na fig.1.

Além da necessidade de um gráfico expandido no tempo, torna-se necessário discutir a densidade ideal de dados de forma a permitir tomadas de decisões coerentes e automatizáveis.

Das figs.2 e 3 nota-se que uma mesma seção que teve cargas no gancho adquiridas em frequências diferentes, apresenta padrões diferentes, sendo com certeza mais representativo o padrão definido pela maior quantidade de dados (fig.2). É importante notar que a diferença de padrões não afeta o valor médio de carga no gancho da seção e este é um ponto importante a ser considerado no armazenamento de dados para serem usados no cálculo do fator de atrito. No capítulo 5 serão feitas mais análises deste aspecto.

Durante esta fase serão realizadas duas missões paralelas: Identificação de **padrões gráficos de pré-diagnóstico** para cada seção retirada e o **armazenamento em arquivo** de cargas no gancho representativas de cada seção para posterior fase de diagnóstico.

3.1.2.1 PADRÕES QUE SERVEM A UM PRÉ-DIAGNÓSTICO

Observando-se o gráfico de uma seção na qual não foi detectado nenhum problema, pode-se identificar uma característica padrão **Normal** que, não existindo em alguma seção pode representar um possível **Problema de poço** ou **Problema de operação**, sendo ambos, problemas que se deseja evitar.

Os padrões gráficos mostrados a seguir são o resultado da aquisição de conhecimentos, vista no capítulo 6 deste trabalho.

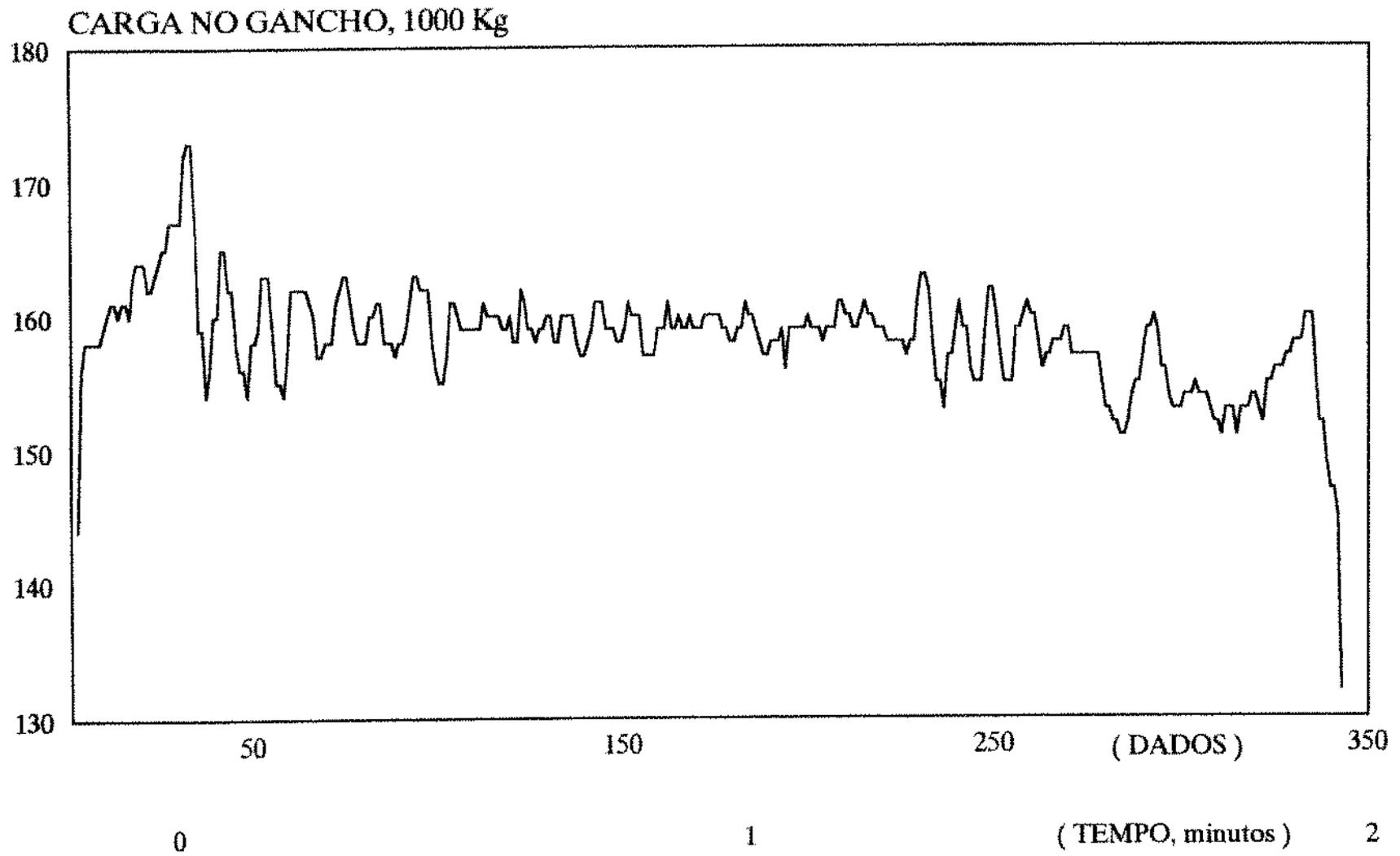


Figura 1 : Grafico de carga no gancho ao longo do tempo para uma seção de tubos.

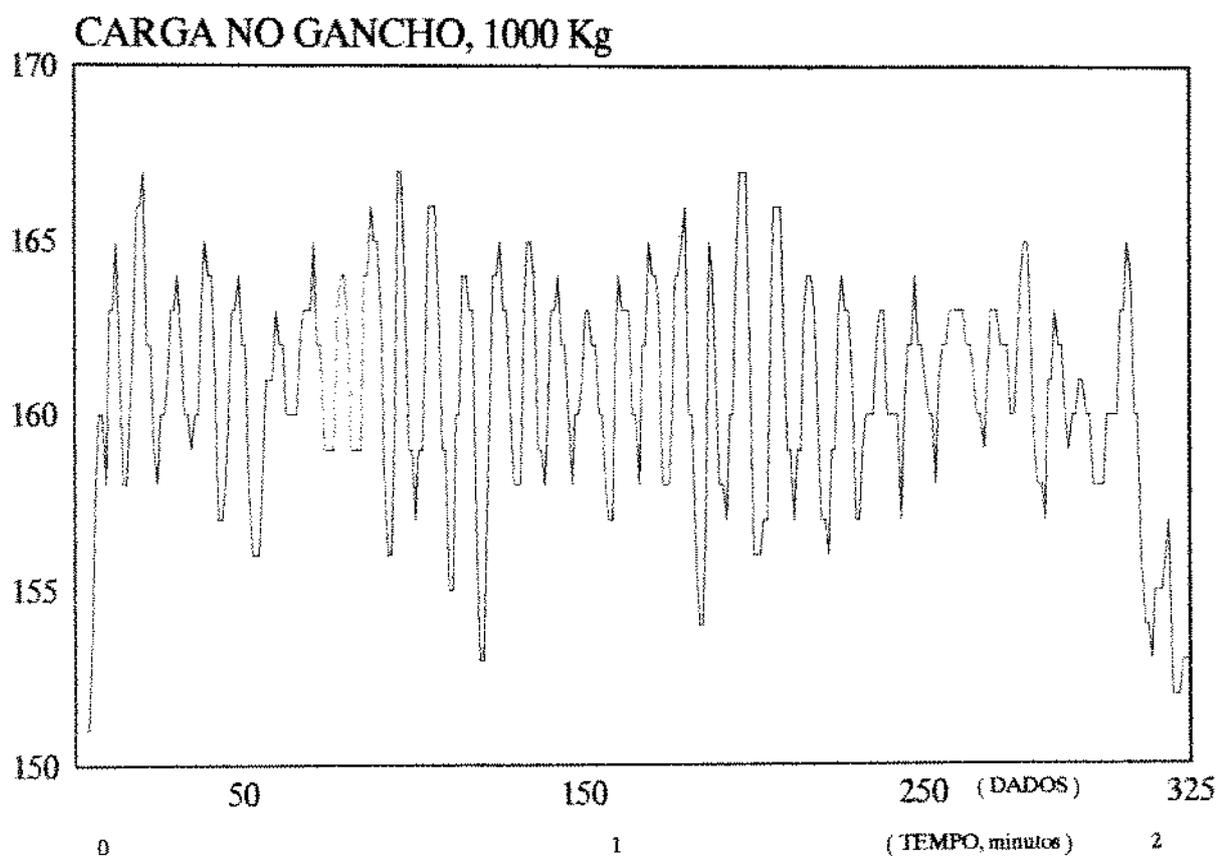


Figura 2 : Retirada de uma seção de tubos com 3 dados/s.

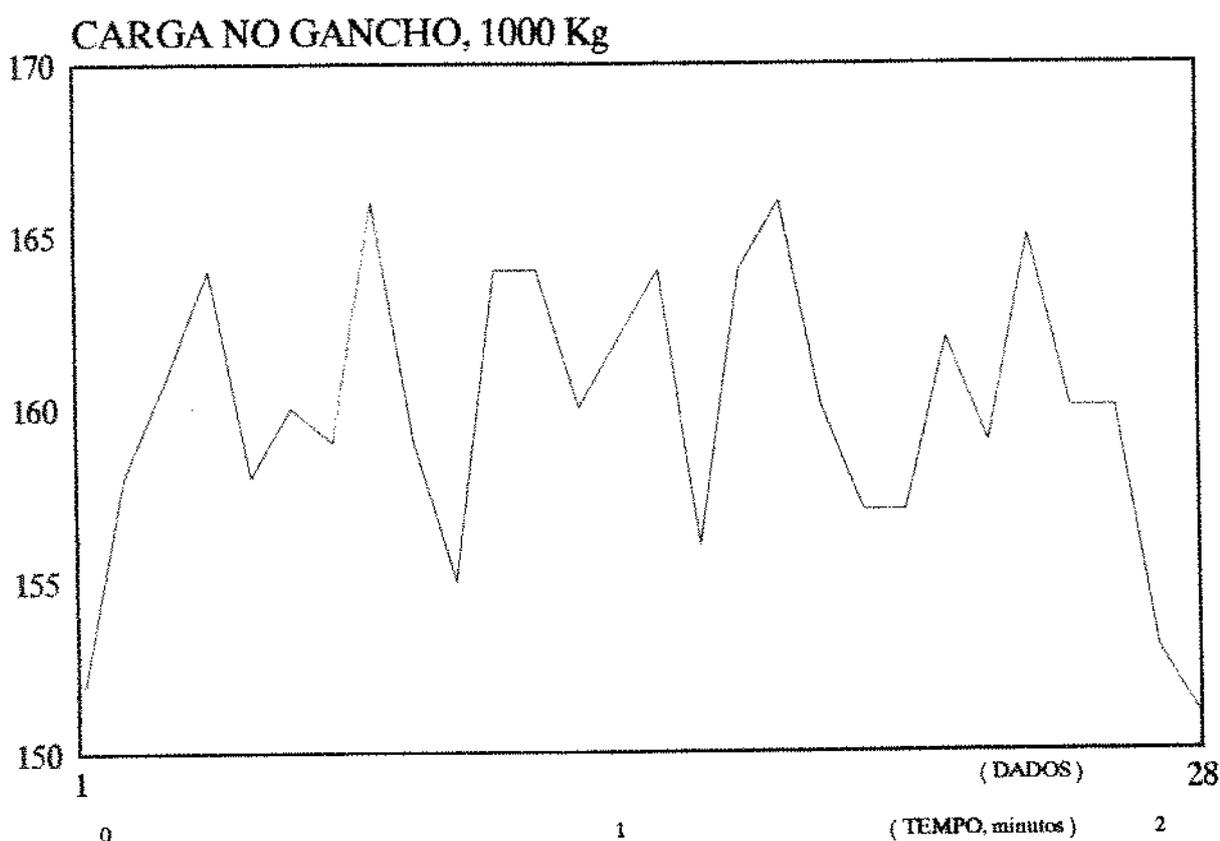


Figura 3 : Retirada de uma seção de tubos com 1 dado a cada 4s.

3.1.2.1.1 Padrão Normal

Quando, ao se retirar do poço uma seção, não houver indícios de problemas ocorrendo, esta seção definirá um padrão normal de retirada. Pela análise de diversas seções de manobras cujos dados foram adquiridos conforme exposto no capítulo 6, chegou-se ao gráfico da fig.4.

Onde:

MI=0 Representa a situação hipotética em que o fator de atrito tenderia a 0 (zero), ou seja, a carga no gancho seria igual ao peso flutuado da coluna.

MI=Normal-R Representa fator de atrito normal na retirada da seção que é influenciado apenas por fatores mecânicos e hidrodinâmicos **normais** que estão ocorrendo na retirada da coluna. Estas duas definições servem para os demais gráficos de padrões que serão analisados neste capítulo.

Características observadas no padrão normal:

a) Fase de aceleração inicial com quebra do atrito estático entre coluna e poço, onde os valores de Carga no gancho partem do peso do equipamento de superfície, tendem a ser altos, porém sem riscos às limitações da coluna ou da sonda, logo atingindo um patamar coerente com a realidade mecânica e hidrodinâmica do poço.

b) Fase de velocidade constante onde os valores de Carga no gancho assumem um patamar equilibrado em torno do peso flutuado da coluna **acrescido do arraste** devido ao atrito da coluna com as paredes do poço.

No caso deste atrito dever-se apenas a fatores mecânicos e hidrodinâmicos **normais** ($MI(\mu)=\text{Normal-R}$), seu valor numérico ficará entre 0.3 e 0.4 (3) e o gráfico de retirada da seção será semelhante ao mostrado na fig.1; valores de fator de atrito superiores ao considerado normal elevarão o patamar da seção a nível superior aos que definem $MI(\mu)=\text{Normal-R}$ e este fato indicará possível problema a ser detectado na fase II deste trabalho. Este comentário vale para todos os casos que serão vistos neste capítulo.

Para fins de aquisição de Carga no gancho, esta fase fica bem representada pelo terço médio da seção (tubo central para seções de 3 tubos).

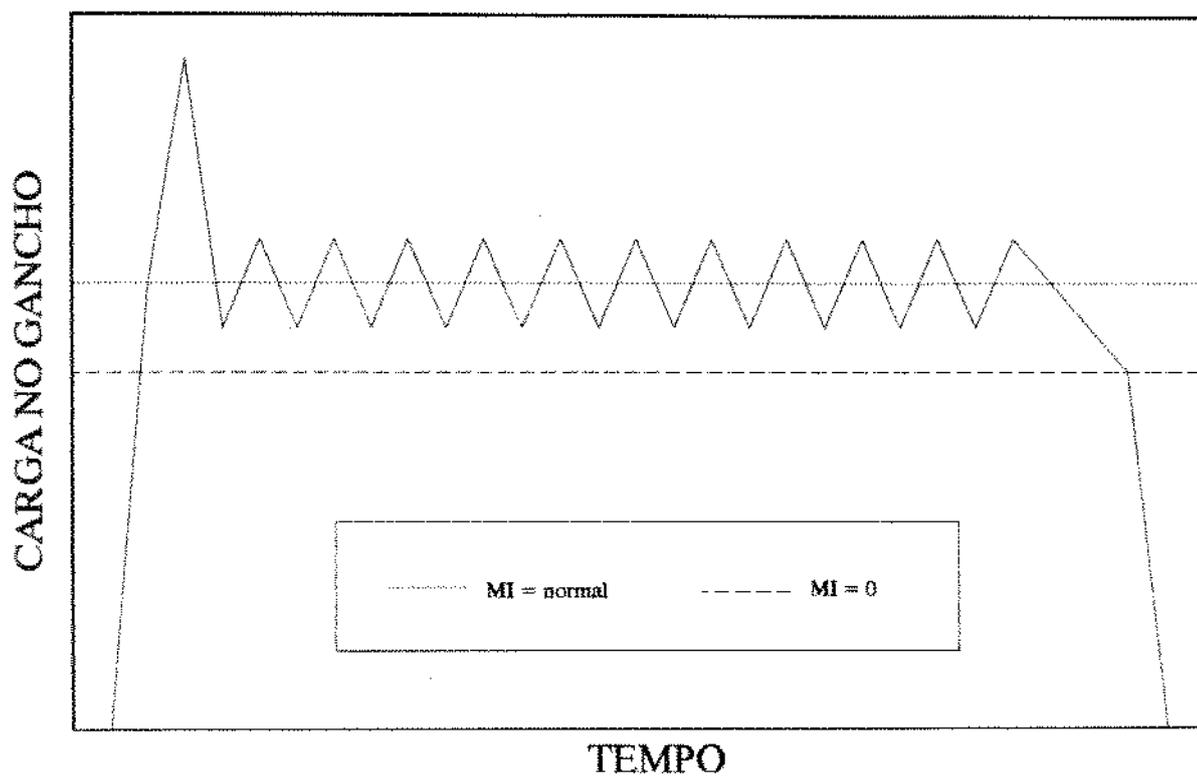


Figura 4 : Padrão retirada de seção normal.

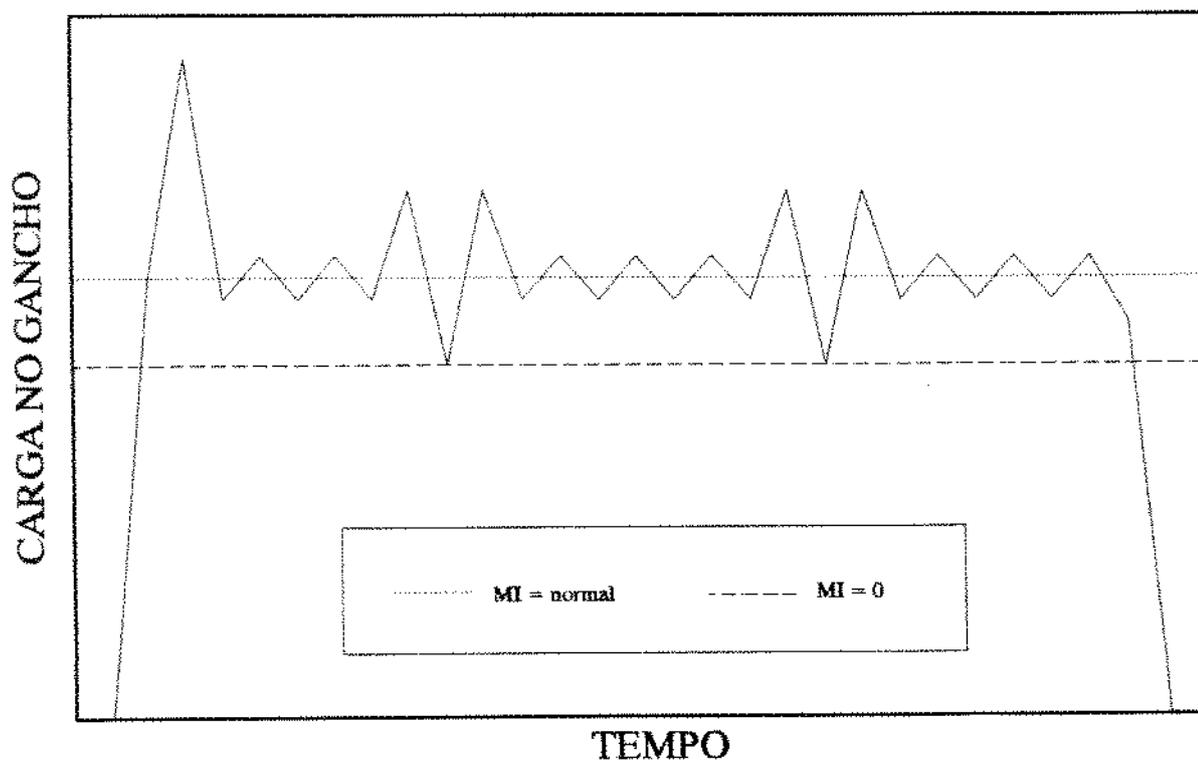


Figura 5 : Padrão retirada de seção com batente.

c) **Fase de desaceleração final**, onde os valores da Carga no gancho tendem a diminuir, atingindo valores próximos ao peso flutuado da coluna, caindo instantaneamente ao valor do peso do equipamento de superfície ao ser lançada a cunha.

Expurgando-se os efeitos mencionados em a e c, conclui-se que o valor médio da fase b é representativo da seção.

3.1.2.1.2 Padrões de Problemas de poço

Na possibilidade de ocorrência de um problema de poço, a variação da Carga no gancho com o tempo vai sofrer alterações que podem assumir características específicas dependendo do problema.

a) Batente

Observa-se na fig.5 um comportamento global da seção muito semelhante ao padrão normal, sendo que fica bastante visível ao final do primeiro e segundo terços da seção, oscilações na Carga no gancho, de muito fácil associação com os Tool-Joints dos Drill-Pipes topando um batente produzido por mudança de formação.

b) Fechamento

Nesta situação, mostrada na fig.6, observa-se uma tendência de picos nos valores de carga no gancho, com valores que levam risco às limitações de materiais (resistência à tração dos Tubos de perfuração). Neste caso há a necessidade de diminuição da velocidade de retirada da coluna para redução dos valores de Carga no gancho e, na persistência dos valores elevados, pode-se até mesmo tentar retornar a seção; nesse retorno a diminuição da carga no gancho é tal que pode levar a valores inferiores aos que definem $MI(\mu)=Normal-D$ (fator de atrito normal para descida de coluna, cerca de 0.3/0.4 (3), indicando assim uma obstrução à descida. Caso esta situação persista até o fim da seção, caracterizará um problema sério nesta profundidade. Não devem ser descartadas as possibilidades de Má limpeza de poço, Desmoronamento de um bloco ou mesmo um início de prisão por diferencial de pressão.

Pode ser necessário a interrupção imediata da retirada para providências.

c) Má Limpeza de Poço

Há um início semelhante ao padrão normal, sendo que os valores altos da Carga no gancho persistem ao longo da seção, conforme fig.7, sem no entanto ameaçar as limitações do equipamento. Não deve ser descartada a possibilidade de início de fechamento de poço.

d) Desmoronamento ou Diferencial

Há uma tendência inicial de a Carga no gancho manter-se alta, podendo mesmo oferecer riscos à limitação dos equipamentos conforme fig.8. Esta tendência no entanto é quebrada abruptamente no decorrer da seção, atingindo-se o patamar do padrão normal que permanecerá até o final da seção. A mudança de comportamento pode ser atribuída ao esmagamento de um bloco desmoronado. Deve-se investigar através da litologia, a possibilidade de diferencial de pressão onde a quebra da tendência seria consequência do rompimento do contato entre a coluna e o reboco.

3.1.2.1.3 Padrão de Problema de operação

Além das possibilidades vistas acima, não se deve desprezar o que considerariamos como um "ruído" indesejável na aquisição dos dados. Estes ruídos seriam as seções retiradas de maneira irregular, com acelerações e desacelerações desnecessárias, as quais provocariam picos que elevariam **artificialmente** a média dos dados, levando a um diagnóstico com alta possibilidade de erros.

A característica básica para identificação deste padrão é a grande incidência de picos, sem riscos à limitação dos materiais, sendo que nas desacelerações, os valores de carga no gancho fiquem em torno do valor que define $MI(\mu)=\text{Normal-R}$ esperado da coluna.

Outro fator que pode acarretar problema operacional seria a ocorrência de um problema mecânico na sonda, o que levaria a uma interrupção da elevação da coluna com consequente descaracterização do padrão gráfico.

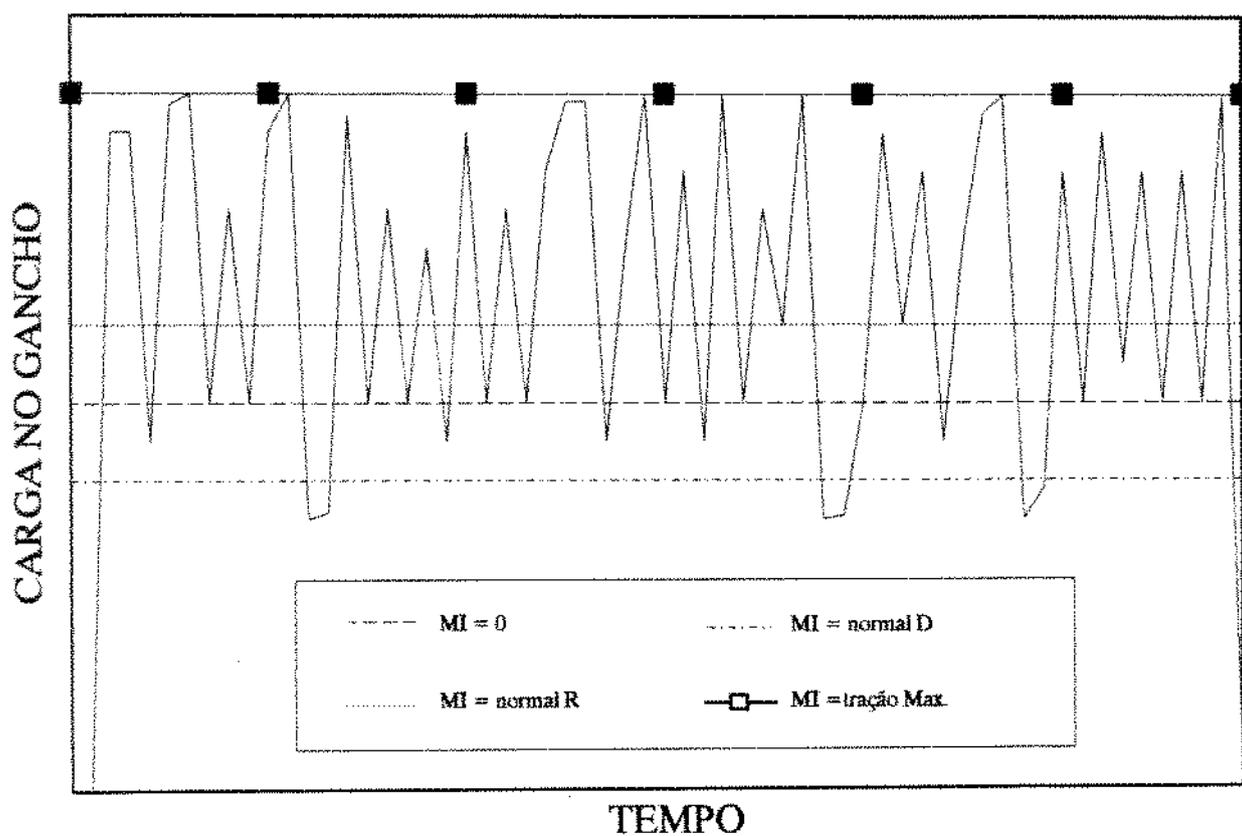


Figura 6 : Padrão esperado para seção com fechamento.

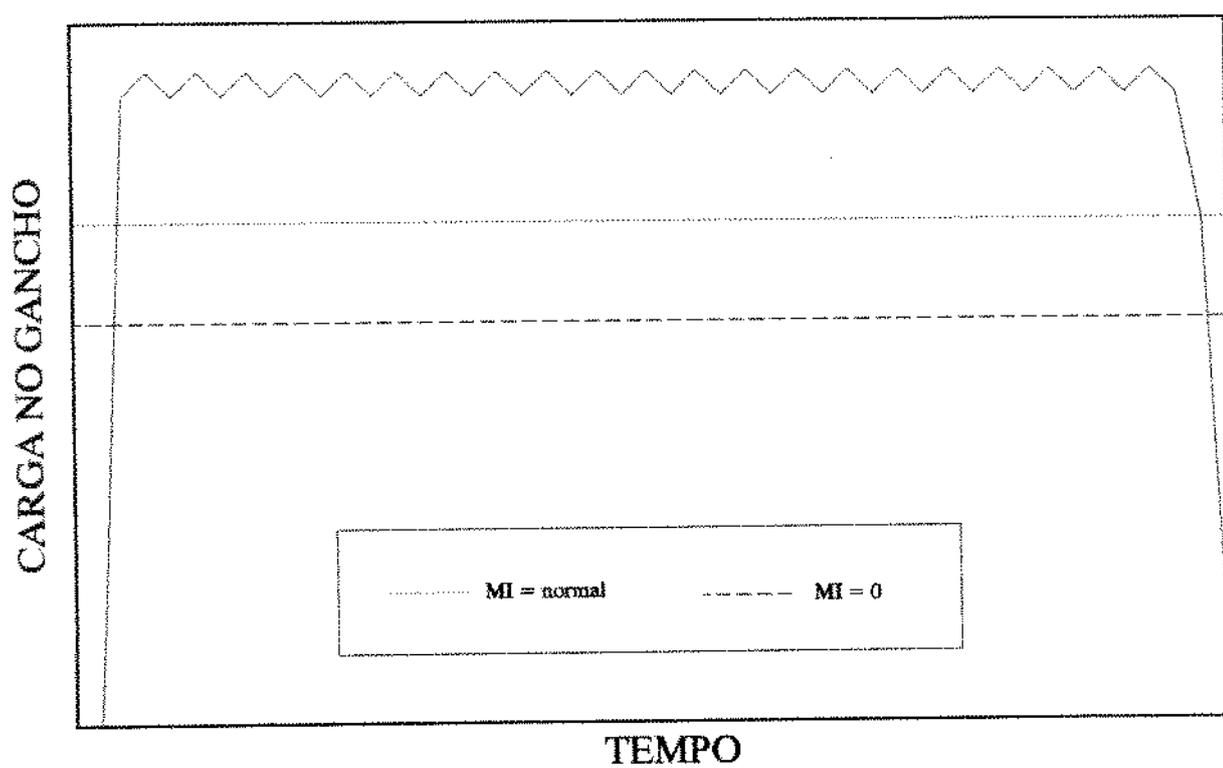


Figura 7 : Padrão esperado para má limpeza de poço.

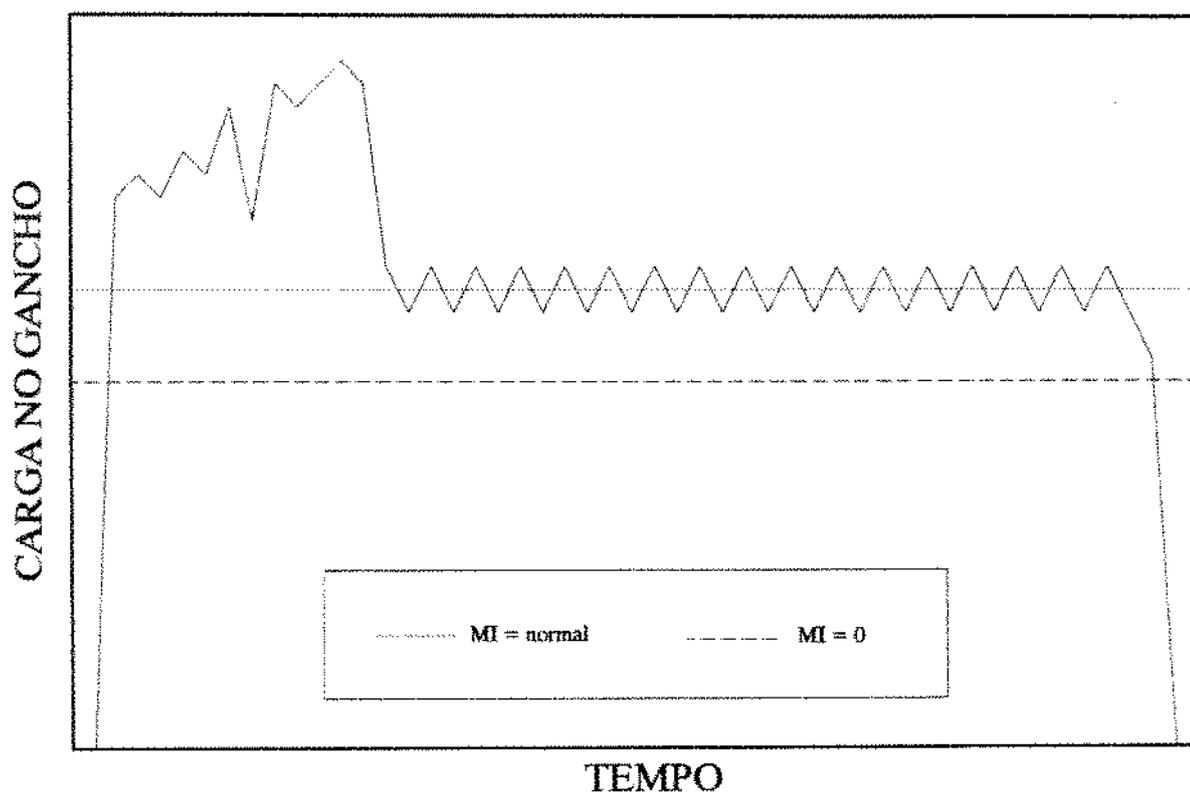


Figura 8 : Padrão para diferencial ou desmoronamento.

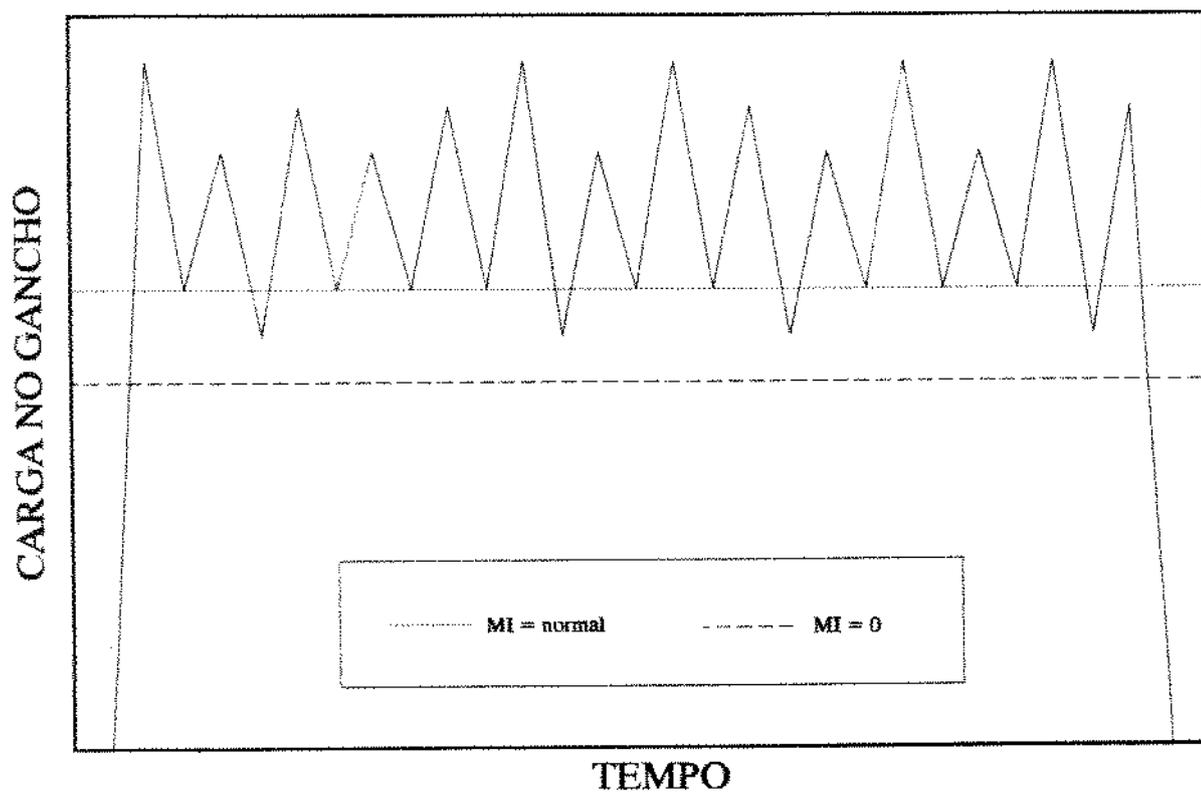


Figura 9 : Padrão para operação incorreta.

Nesta situação, a média pode ser maior ou menor que o valor representativo para arquivamento da seção e certamente levará a falsos diagnósticos.

3.1.2.2 ARMAZENAMENTO DE DADOS

Ao monitorar-se toda a retirada da coluna em poço aberto, além de procurar-se pré-diagnosticar possibilidades de problemas imediatos, deve-se estar atento ao arquivamento de dados representativos para cada seção como já mencionado em 3.1.2.1.1.

Da observação de várias seções que compõem nosso banco de dados, notou-se que mesmo em seções com grande possibilidades de problemas de poço, a média do tubo central da seção caracteriza perfeitamente o valor de carga no gancho para a seção.

Quando a seção indicar **problema operacional**, será considerado como valor representativo de carga no gancho a projeção linear dos últimos 2 dados ou a simples repetição do dado anterior no caso de tratar-se da segunda seção. Vale ressaltar que só será considerada como primeira seção monitorada da manobra aquela que não apresentar problema operacional, ou seja, é necessário um dado inicial confiável para as primeiras análises.

No caso de a primeira seção apresentar problema, esta profundidade será considerada problemática e as providências independem de qualquer recomendação. Contornadas as dificuldades iniciais, segue-se o monitoramento das seções até a sapata do último revestimento.

A sequência de armazenamento de dados segue o formato mostrado na TABELA

II:

TABELA II

NÚMERO DA SEÇÃO	PROFUNDIDADE E (m)	CARGA NO GANCHO (x 1000 Kg)	OBSERVAÇÕES
1	2000	150	Normal
2	1970	148	Não Normal
3	1940	146	Prob Operacional
...

O julgamento quanto aos padrões de Problema operacional ou Normal é plenamente automatizável, porém os padrões de problemas de poço são de **automação complicada e demorada** e deve-se questionar sobre sua necessidade. Em caso de problema de prisão imediata a reação do Sondador, certa ou não, será mais rápida que qualquer recomendação que dependa de processamento. Em caso de **tendência** de problema, esta será de extrema importância na escolha dos procedimentos de **descida da coluna**, havendo neste caso tempo hábil para investigação, sendo no entanto necessário a indicação **não normal** da seção com possível problema. Os procedimentos de investigação serão vistos no item 3.3.

3.1.3 O PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MANOBRAS

Foi desenvolvido um programa em linguagem Turbo C (12)(14), chamado **ACOMP**, para monitoramento em tempo real de retiradas de colunas. Os procedimentos de execução e lógica de processamento serão vistos no capítulo 4.

3.2 DIAGNÓSTICO

3.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Idagawa (3), elaborou um programa de computador que calcula o fator de atrito entre a coluna e as paredes do poço com base nas cargas no gancho. Foi utilizado modelo matemático proposto por Maidla (4).

Alguns procedimentos para diagnósticos de problemas em poços foram então sugeridos e serão mostrados a seguir.

3.2.2 DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO

O modelo proposto por Maidla (4), baseado em resultados obtidos em testes de laboratório e de campo, considera que o fator de atrito entre coluna e poço depende de vários fatores, tais como: características das superfícies de contato, lubricidade e tipo de fluido, peso do

fluido, litologia, reboco e condições mecânicas do poço.

Como simplificação, Maidla considera estas influências aproximadamente constantes ao longo da perfuração de um poço, sendo que alterações nas **condições mecânicas do poço** irão refletir no fator de atrito aparente, que poderá ser monitorado e usado no diagnóstico de problemas.

O modelo considera as seguintes influências:

- a) Mudança na inclinação e Direção do poço;
- b) Geometria do poço e da coluna;
- c) Flutuação da coluna no Fluido de perfuração;
- d) Atrito mecânico que inclui:
 - Fator de atrito;
 - Rigidez da coluna;
 - Diâmetro do poço x coluna; e
- e) Atrito Hidrodinâmico

3.2.3 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Os principais esforços que atuam em uma coluna com movimento axial são:

- a) Componente axial do peso da coluna flutuado
- b) Atrito mecânico
- c) Atrito hidrodinâmico

Foi adotado modelo reológico da Potência (POWER-LAW)

São assumidas as seguintes hipóteses:

- a) Poço inexpandível
- b) Anular concêntrico

- c) Fluido incompressível
- d) Viscosidade do fluido constante
- e) Anular e interior da coluna cheios de lama
- f) Cálculo das perdas de pressão por aproximação SLOT

Como resultado do desenvolvimento de Idagawa (3), tem-se finalmente à elaboração de um programa de computador que calcula valores de fator de atrito aparente, conforme veremos em seguida.

Para valores de arraste inferiores a 25% do peso da coluna, Maidla(4) considera que os valores absolutos calculados não são representativos da realidade do fator de atrito, porém pode-se analisar se a tendência de variação (valores relativos) é mantida. No capítulo 5 esta análise é feita.

3.2.4 O PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA CÁLCULO DO FATOR DE ATRITO

O programa "DPD" (3), tem por objetivo calcular os fatores de atrito entre a coluna e o poço em situações diversas, particularmente nas retiradas de coluna, que é nossa área de interesse, a partir de dados de cargas no gancho.

A descrição da sequência de execução do programa será feita no capítulo 4.

3.2.4.1 DIAGNÓSTICOS DE PROBLEMAS SIMULADOS DE POÇO

3.2.4.1.1 SIMULAÇÃO DE CHAVETA

Idagawa (3) considerou uma solicitação de tração adicional na profundidade da chaveta durante a manobra. A tração adicional é proporcional ao peso da coluna abaixo da chaveta, da curvatura do poço e da severidade da chaveta

$$T = T_0 \cdot \exp\left(\frac{MDe - MDc}{R} \cdot Kc\right) \quad (1)$$

Onde :

To = Tração da coluna sem considerar chaveta

T = Tração considerando a chaveta

MDe= Profundidade medida da extremidade da coluna

MDc= Profundidade medida da chaveta

R = Raio de curvatura do poço na profundidade da chaveta

Kc = Constante adimensional = 0.05 (3)

O padrão gráfico encontrado é o mostrado na fig. 10:

3.2.4.1.2 SIMULAÇÃO DE DESMORONAMENTO E PONTE

Em função da maior severidade destes problemas em maiores profundidades, Idagawa (3) propos o seguinte :

$$T = T_0 + \frac{Dd}{D} \cdot Kd \quad (2)$$

Onde :

T, To= Definidos anteriormente

Dd = Prof medida do desmoronamento

D = Prof medida da extremidade da coluna

Kd = Constante = 266892 N (60000 lbf) (3)

O padrão gráfico encontrado é o mostrado na fig. 11:

3.2.4.1.3 SIMULAÇÃO DE FECHAMENTO DE POÇO

Também considerando a influência severa da profundidade bem como a extensão

de coluna sujeita ao fechamento, Idagawa (3) adotou o seguinte :

$$\Delta T = \Delta T_0 + \frac{D_f(S)}{D} \cdot K_f \cdot \Delta S \quad (3)$$

Onde :

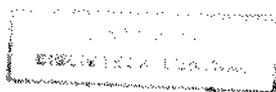
T, T₀, D = Definidos anteriormente

S = Comprimento do fechamento entre A e B

D_f = Profundidade do fechamento

K_f = Constante de severidade = 292 N/m (20 lbf/ft) (3)

O padrão gráfico encontrado está representado na figura 12, que também pode indicar indício de diferencial ou má limpeza de poço:



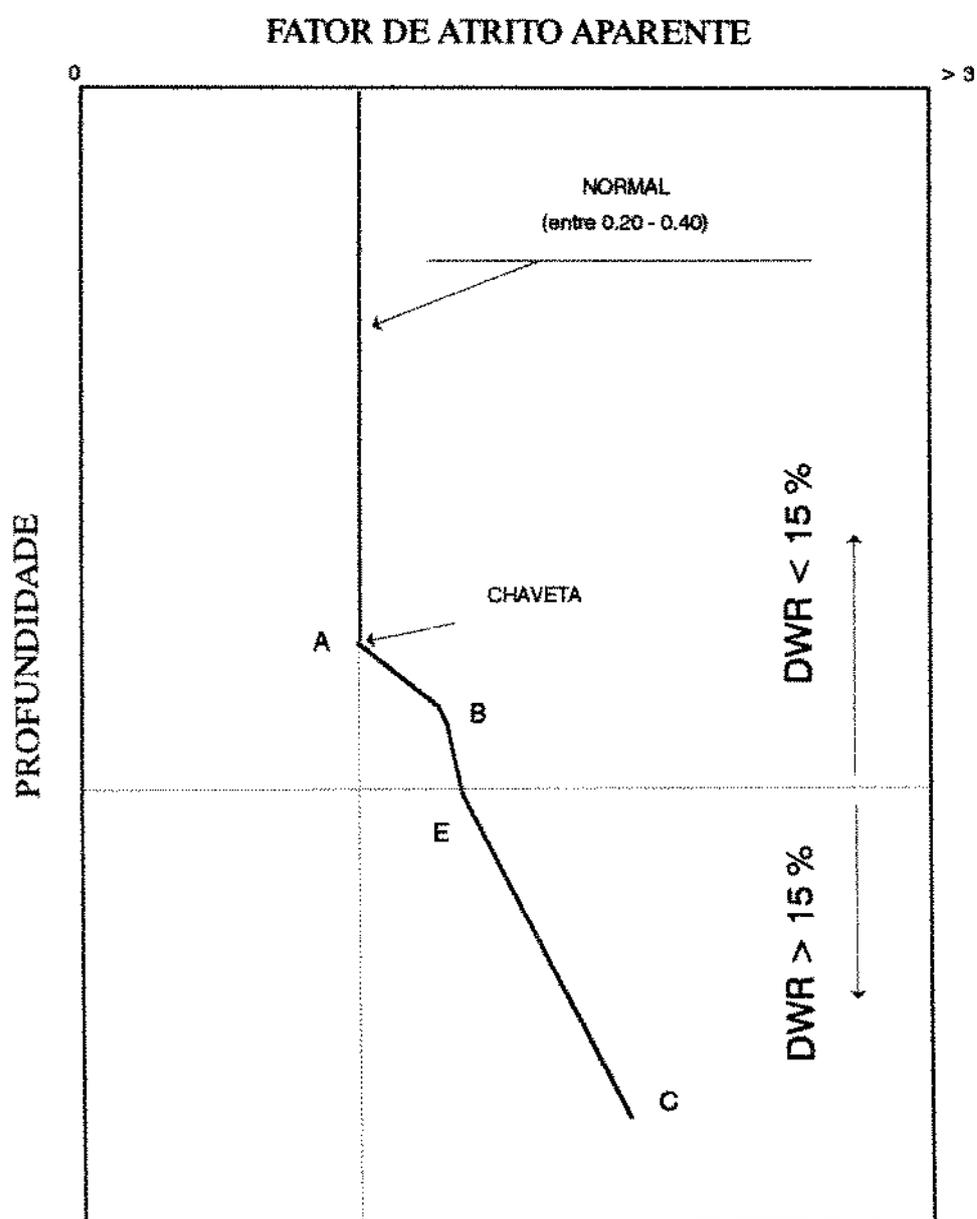


Figura 10 : Padrao chaveta (key seat).

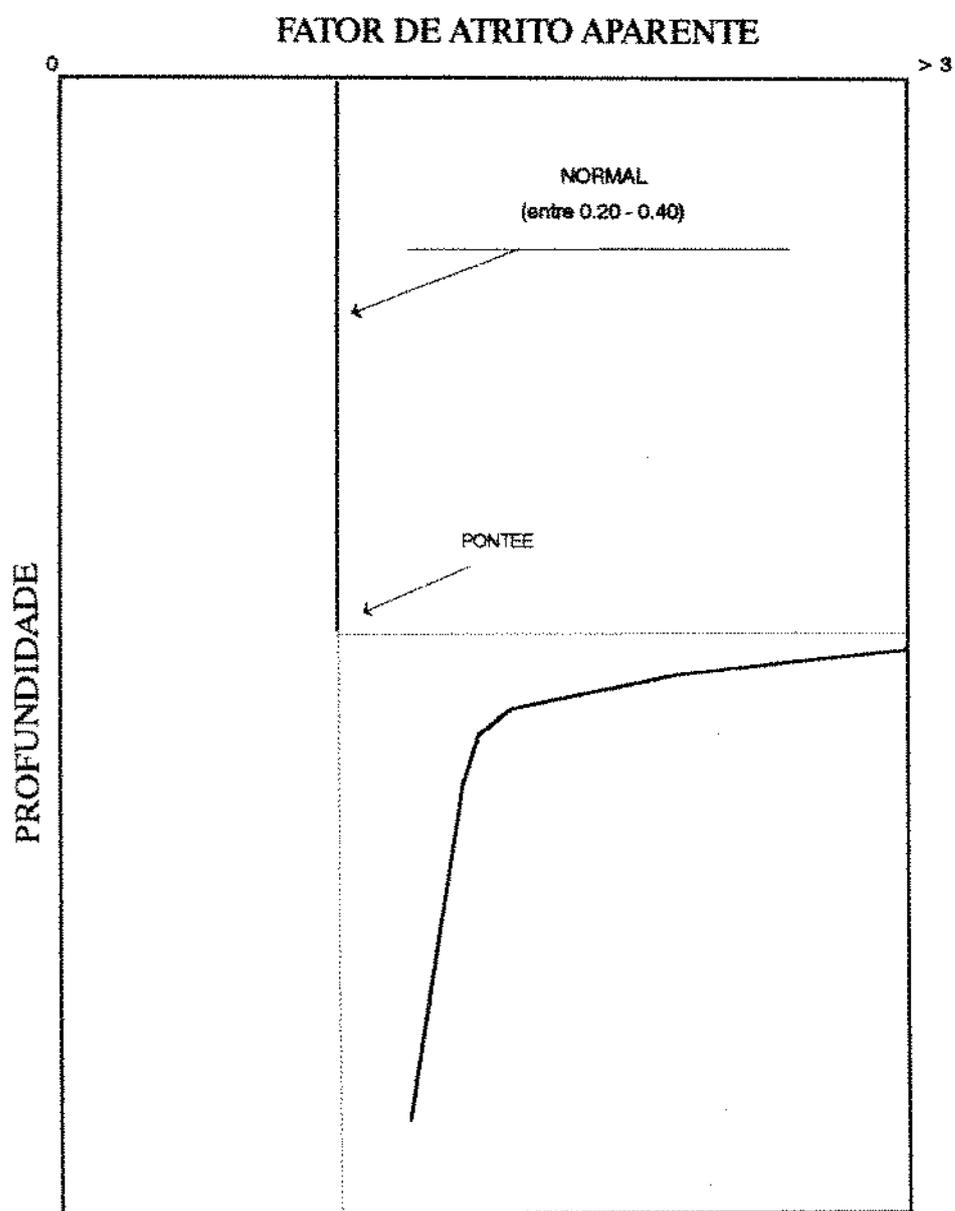


Figura 11 : Padrão desmoronamento ou ponte (bridge).

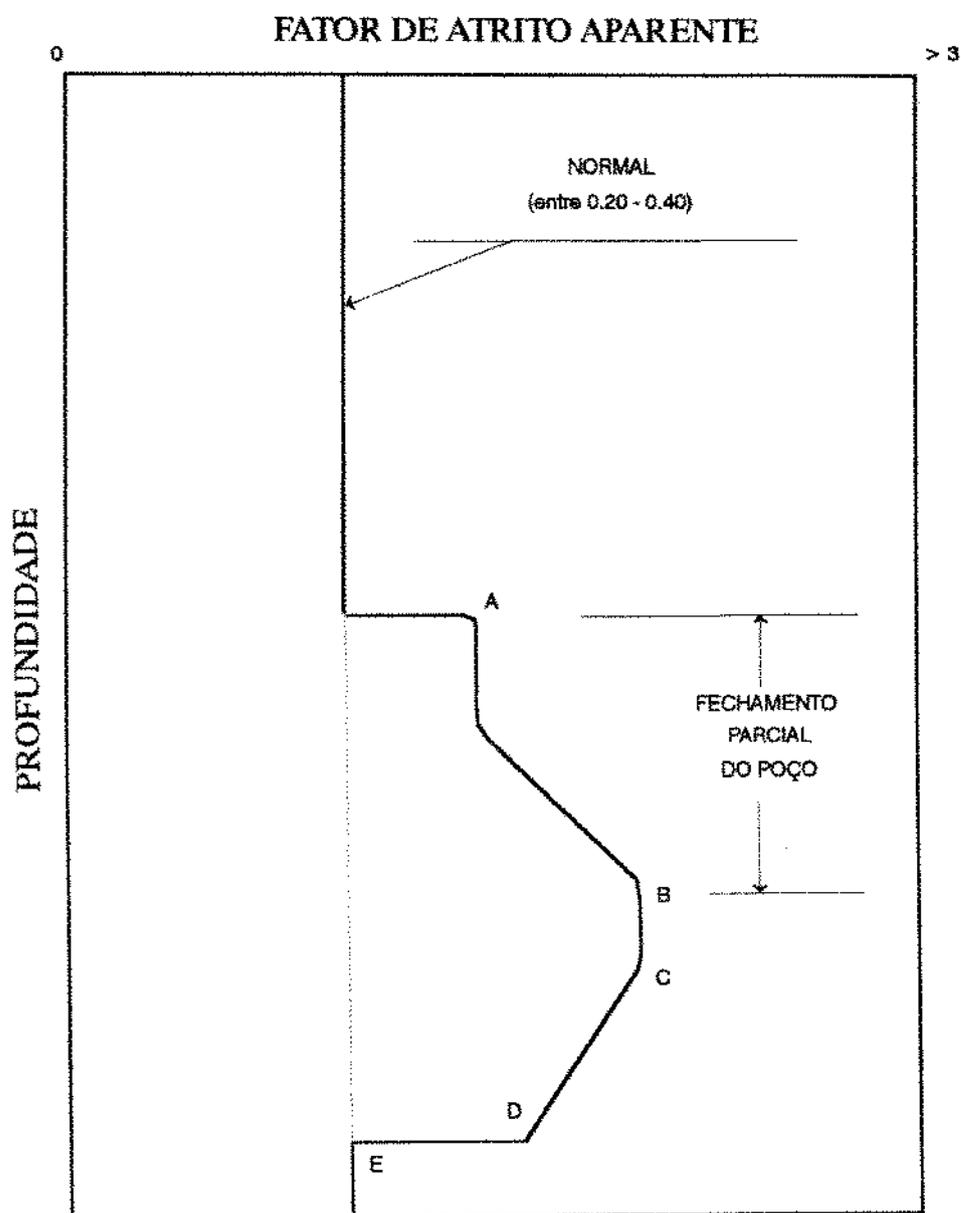


Figura 12 : Padrão fechamento de poço

3.3 PROGRAMAÇÃO DE DESCIDA DE COLUNA

3.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Após as retiradas de colunas, são feitas as substituições de broca e/ou BHA em função das necessidades técnicas do projeto em execução. Em seguida a coluna é retornada ao fundo para perfurar avante.

De posse dos dados obtidos na fase de **Pré-diagnóstico** (retirada), como visto neste capítulo e no capítulo 5, e com base nos resultados possíveis da fase de **Diagnóstico** visto no item anterior, pode-se elaborar uma programação particular para cada descida de coluna com indicações de possibilidades de problemas associados a profundidades e sugestões.

3.3.2 ESTRUTURA DA PROGRAMAÇÃO

A programação de descida será um relatório contendo:

- a) Esquema gráfico do poço baseado nos registros direcionais.
- b) Resumo dos problemas ou tendências de problemas detectados na fase de **Pré-diagnóstico** durante a retirada da coluna.
- c) Análise da tendência geral de problemas, se houver, detectada na fase de **Diagnóstico**.
- d) Sugestões.

4 O SISTEMA COMPUTACIONAL "MANOBRA"

4.1 ESTRUTURA DO SISTEMA

O Sistema computacional "MANOBRA" é o resultado da implementação de toda a Metodologia proposta no capítulo anterior.

O diagrama de blocos completo do sistema encontra-se no Anexo 1.

O sistema, da mesma forma que a metodologia proposta, é composto por 3 fases :

- a) Fase I - Acompanhamento automatizado de retirada de coluna em poço aberto utilizando o programa "ACOMP.EXE".
- b) Fase II - Análise do fator de atrito utilizando o programa "DPD.EXE".
- c) Fase III - Elaboração de programação de descida utilizando o programa "PRODESC.EXE".

4.1.1 Fase I - O programa "ACOMP"

É um programa elaborado em TURBO C (12)(13)(14), cujo diagrama de blocos encontra-se no Anexo 1. Apresenta interface amigável com o usuário, possibilitando fácil assimilação de procedimentos de uso.

A execução do programa inicia-se por ocasião da retirada de coluna, conectado a um sistema de aquisição de dados que utilize como sistema operacional o IBM/DOS. Para facilitar a elaboração do programa, esta aquisição de dados está sendo feita a partir de arquivos ascii gerados por unidades de monitoração, conforme descrito no capítulo 5.

A partir do início da aquisição dos dados (tempo real), o programa determina a primeira seção. Há uma rotina interna que estima o **tempo esperado** para retirada de seção com base na profundidade medida do poço; caso o tempo adquirido exceda em 50% ao estimado, será considerado **"problema ocorrendo"** e este deverá ser resolvido independente de previsões deste

programa (pode ter havido queda de um bloco de rocha ou mesmo um cone solto da broca que provoque um início de prisão). Neste caso os procedimentos da equipe devem ser imediatos e o programa interrompido até o novo início da manobra.

Uma vez definido o início da manobra e sendo o tempo da primeira seção considerado coerente, passa-se a estimar os próximos tempos das seções com base nos observados anteriormente. Ao mesmo tempo em que os dados são adquiridos, é feita uma filtragem nas cargas no gancho baseada nas limitações de tração da coluna e da sonda.

Com base na expectativa de tempo, é feita uma investigação no terço médio da seção, que como já visto no capítulo 3, é a região mais representativa para análise de carga no gancho. Nesta análise busca-se a eliminação automática de dados não representativos ou a identificação de problemas de poço. Como mostrado nos capítulos 3 e 5, em caso de problema de poço a seção será "marcada" através de uma observação no arquivo de monitoramento para posterior análise das seções anteriores e confecção da programação de descida. Vale ressaltar que nestes casos é acionado sinal sonoro de advertência para o caso de haver acompanhamento de operador de cabine. O sinal sonoro será ativado sempre que a seção corrente fuja da normalidade (tempos longos ou muito curtos e carga no gancho muito alterada, principalmente no terço médio da seção), sem no entanto significar necessariamente problema grave.

Para cada seção acompanhada, após as análises mencionadas, serão armazenados dados no formato descrito em 3.1.2.2, em um arquivo chamado "MANO*.DAT", que será utilizado nas fases II e III deste trabalho.

Todos estes procedimentos serão repetidos para cada seção até a extremidade da coluna atingir a sapata do último revestimento, quando o programa exibirá uma mensagem de "POÇO REVESTIDO".

Admitindo-se uma parada entre duas seções por motivo de problemas mecânicos (reparos), o programa pode ser mantido em espera até que a manobra recomece e neste momento o programa volta a ser acionado sem prejuízo do arquivo gerado.

Aproveitando-se o intervalo entre duas seções, pode-se também interromper o programa para investigação de seções anteriores e retornar ao acompanhamento em seguida sem

prejuízo da sequência. Considerando a hipótese de uma prisão de coluna ocorrida de maneira imprevisível (queda de bloco com acunhamento instantâneo), o programa pode ser usado nas manobras de pescaria e continuado posteriormente a partir da quele ponto após a pescaria.

4.1.1.1 EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O programa **ACOMP** pode ser executado sob DOS, em micro-computadores do tipo PC, com processador 80286 ou mais, preferencialmente com co-processador matemático para maior velocidade na exibição dos gráficos.

Segue a sequência de execução:

a) Menu principal

Como pode-se observar na fig. 13 que representa a tela inicial, o programa oferece varias opções:

a.1 Info :

Opção que mostra na tela informações gerais e objetivos do programa.

a.2 Acompanha :

Faz o monitoramento da retirada da coluna. Dentro desta opção, pode-se interromper o monitoramento durante os intervalos (estaleiramento) entre as seções para investigação de seções anteriores (**ZOOM**) com posterior continuação (**CONTINUA**).

a.3 Sair :

Possibilita o fim da execução.

b) Monitoramento

A partir da opção **ACOMPANHIA**, abre-se a tela da fig. 14.

Os campos numerados são descritos a seguir:

Campo (1) representa o arquivo de dados que simula, para fins de testes, uma manobra em tempo real (na prática será feita conexão com os sensores).

MENU PRINCIPAL				
INFO	ACOMPANHA	ZOOM	LIMPA-TELA	RETORNA
....	....	....	....	CONTINUA

Figura 13

ARQUIVO:		1
ESCALA HORIZONTAL:		2

Figura 14

Campo (2) é a escala horizontal de representação do gráfico **Carga no gancho X tempo** na tela, e deve ser ajustado de forma a permitir a apresentação de cada seção em uma tela. Em nossos testes, o número 2 mostrou-se satisfatório.

Alimentados os campos numerados da fig.14, passa-se à tela representada na fig.15.

Os campos numerados da fig.15 são descritos a seguir :

- Campo (1)** mostra o peso da coluna, que é subtraído do valor de cada seção retirada (é considerada a flutuação).
- Campo (2)** mostra a profundidade medida da coluna para cada seção retirada, considerando-se o comprimento médio das seções utilizadas na operação.
- Campo (3)** mostra a profundidade medida da última sapata de revestimento.
- Campo (4)** mostra o número sequencial da seção retirada, a partir da primeira seção considerada, conforme visto no capítulo 3.
- Campo (5)** mostra o Tempo esperado de retirada da seção, calculado conforme visto no capítulo 3.
- Campo (6)** mostra o tempo real da seção anterior, o que já pode indicar alguma anormalidade caso seja muito diferente do valor esperado.
- Campo (7)** mostra o número da seção junto ao gráfico.
- Campo (8)** mostra na tela os valores das maiores cargas no gancho para uma avaliação quantitativa.
- Campo (9)** mostra na tela os valores das menores cargas no gancho para avaliação quantitativa.
- Campo (10)** mostra na tela progressivamente o tempo de retirada da seção.
- Campo (11)** indica na tela por meio de uma linha horizontal a posição do peso flutuado da coluna para comparação visual do comportamento do arraste.

Durante os intervalos entre as seções, pode-se interromper o monitoramento

através do comando <ESC> conforme mensagem na parte inferior direita da fig.15. Neste caso há o retorno do menu principal (fig.16).

Nesta situação pode-se fazer uma investigação da(s) seção(ões) anterior(es) através da opção **ZOOM**. A tela apresentará o formato mostrado na fig.17.

Os campos numerados são detalhados a seguir :

- Campo (1) é a entrada do nome do arquivo da seção que se deseja investigar, no formato especificado.
- Campo (2) é a entrada do valor de escala horizontal, que pode ser a mesma adotada no monitoramento ou outro valor que permita uma melhor visualização do gráfico. Nos testes optou-se pelo numero 1.
- Campo (3) serve para a escolha da cor que representará o gráfico e que deve ser diferente da cor do monitoramento para não haver confusão quando mais de uma seção estiverem representadas na mesma tela.

Preenchidos os campos vistos acima, a tela assumirá o formato mostrado na fig.18.

Onde os campos numerados são :

- Campo (1) Peso flutuado da coluna.
- Campo (2) Profundidade medida da broca.
- Campo (3) Profundidade da ultima sapata de revestimento.
- Campo (4) Número sequencial da seção.
- Campo (5) Número da seção na tela (caso se utilize a mesma tela para duas ou mais seções)

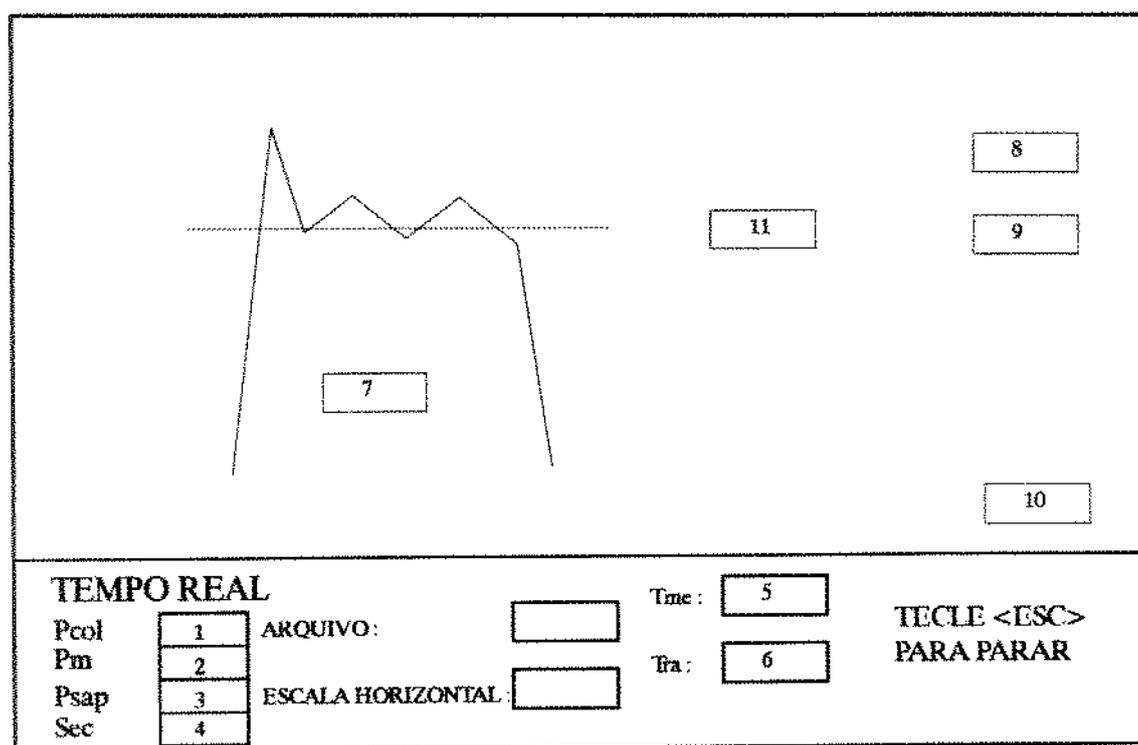


Figura 15

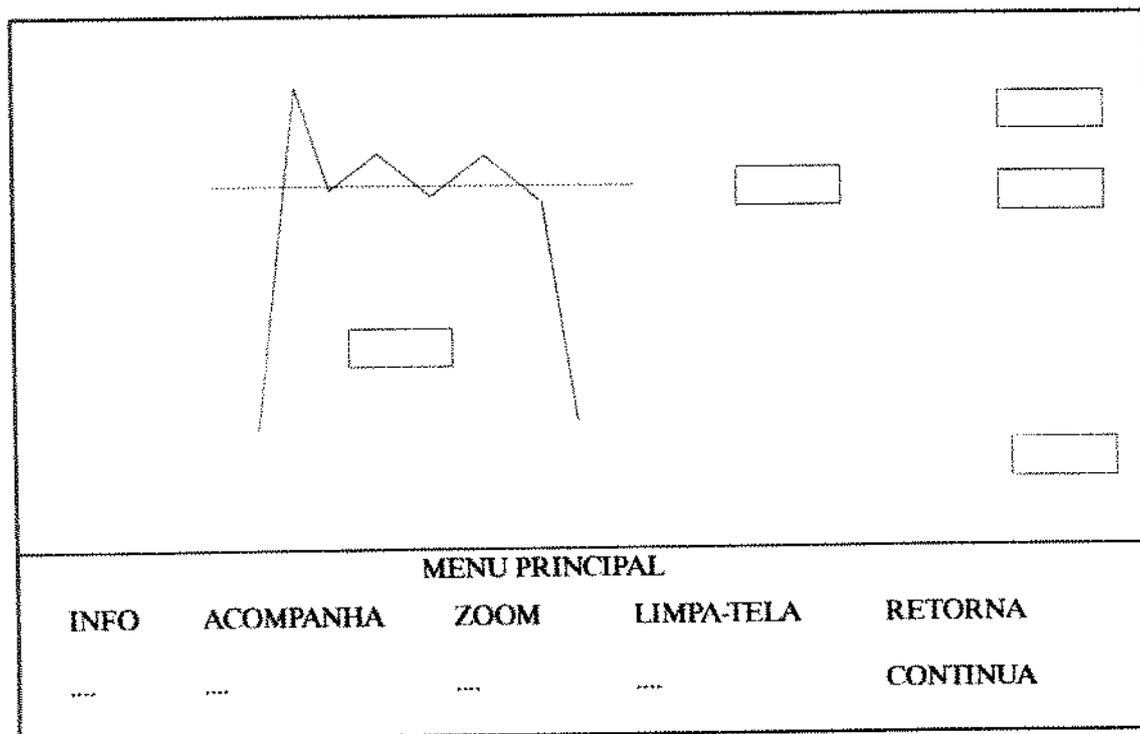


Figura 16

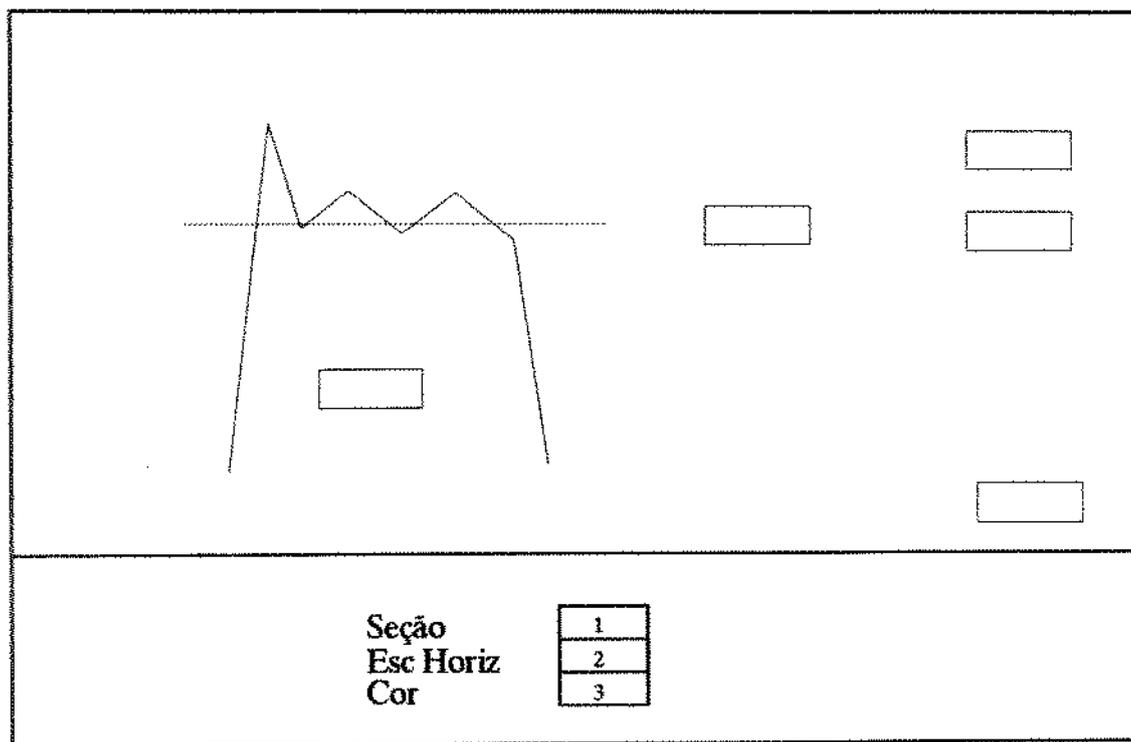


Figura 17

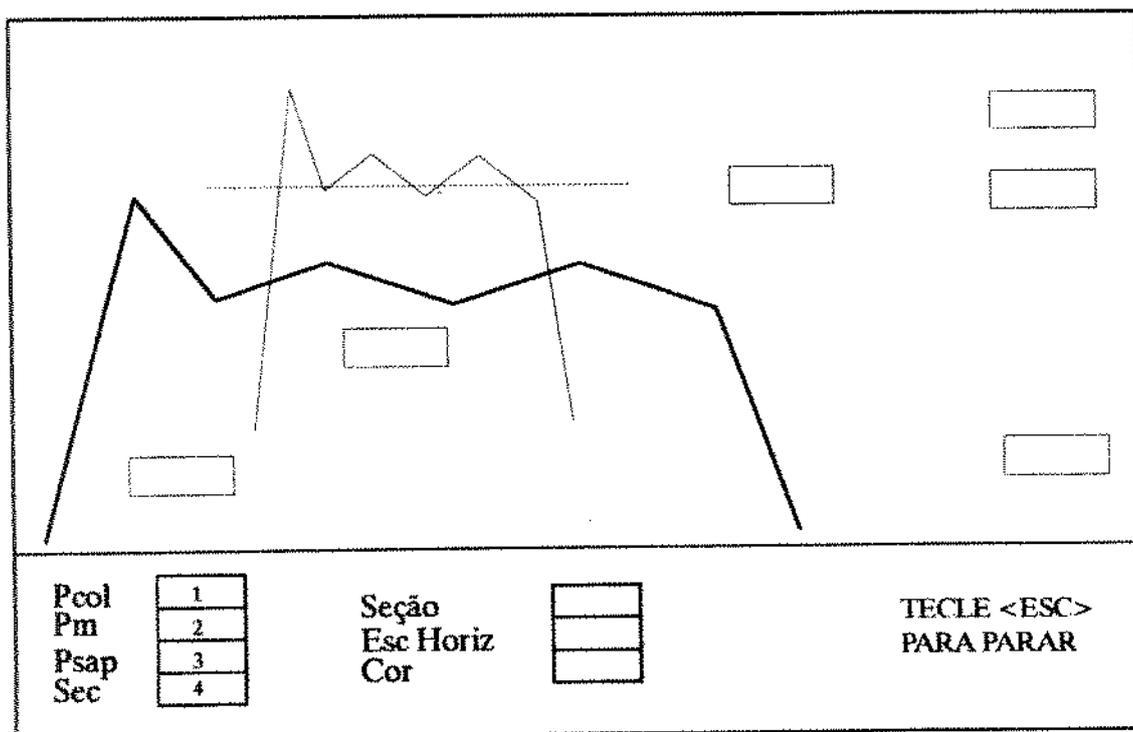


Figura 18

Após a análise visual da seção, tecla-se algo e há o retorno do menu principal conforme fig.19, onde poderá ser acionada a opção **ZOOM** novamente para outra seção ou a opção **CONTINUA** para continuar o monitoramento da retirada na próxima seção. Vale ressaltar que em qualquer momento pode-se limpar a tela com o uso da opção **LIMPA_TELA**.

No caso de optar-se por **CONTINUA**, pode-se interromper novamente a execução para cada seção para investigações conforme visto na opção **ZOOM**.

Quando a profundidade medida da broca estiver acima da profundidade medida da sapata o monitoramento será interrompido automaticamente e a tela assumirá o aspecto da fig.20.

Nesta situação, aciona-se qualquer tecla para o retorno do menu principal, podendo-se investigar todas as seções que foram registradas como problemáticas conforme exposto no capítulo 3.

c) Encerramento / Arquivos

A partir da tela anterior, que apresenta o menu principal, pode-se encerrar a execução do programa através da opção **RETORNA**, a qual levará à tela representada pela fig.21.

Nesta situação pode-se iniciar outro monitoramento pela opção **NOVO ACOMP** ou partir para relatórios impressos e encerrar pela opção **SAIR**.

No caso de novo monitoramento retorna-se ao início da execução e repetem-se todos os passos já vistos. Pela opção **SAIR** abre-se a tela representada pela fig.22.

Onde:

- **IMPRESSORA** e **ARQUIVOS** são rotinas ainda em fase de implementação.
- **PRINCIPAL** oferece a opção de retorno.
- **SAIR** encerra definitivamente a execução.

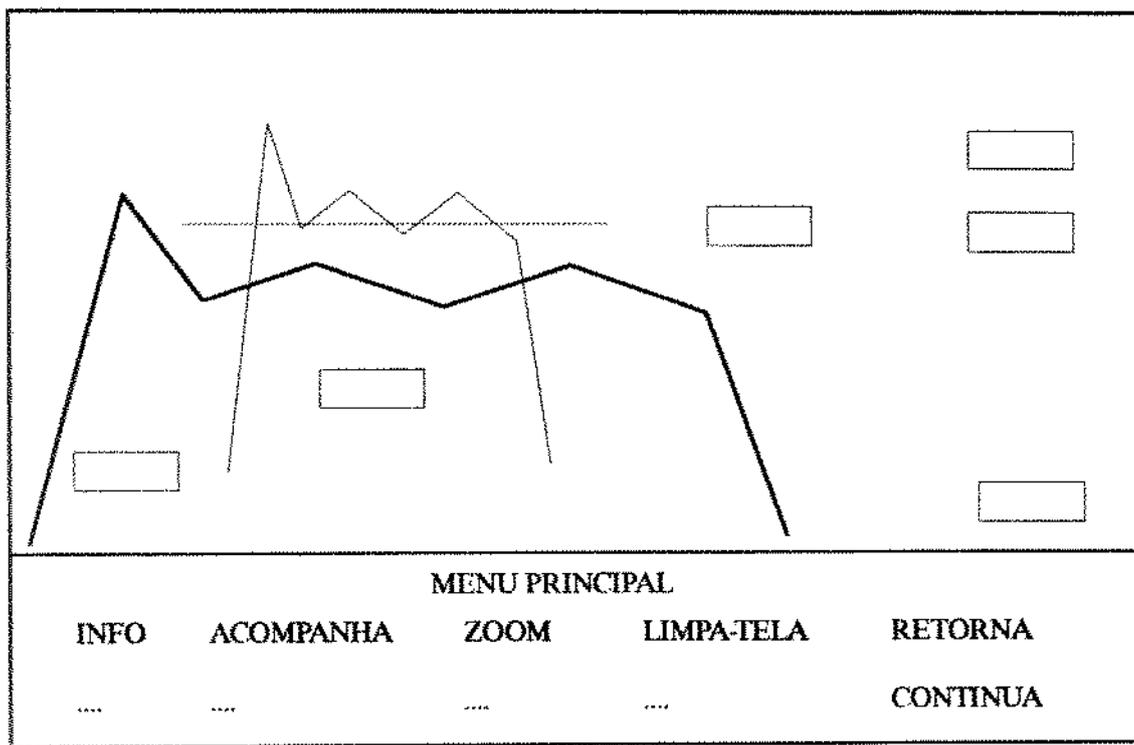


Figura 19

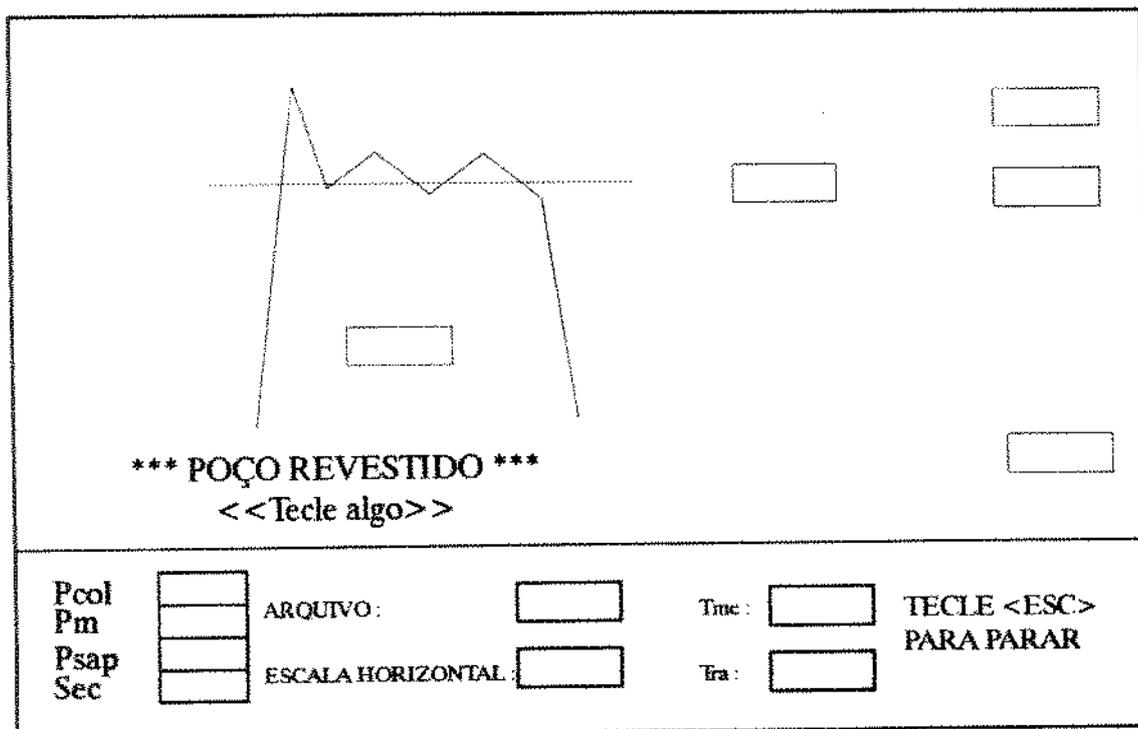


Figura 20

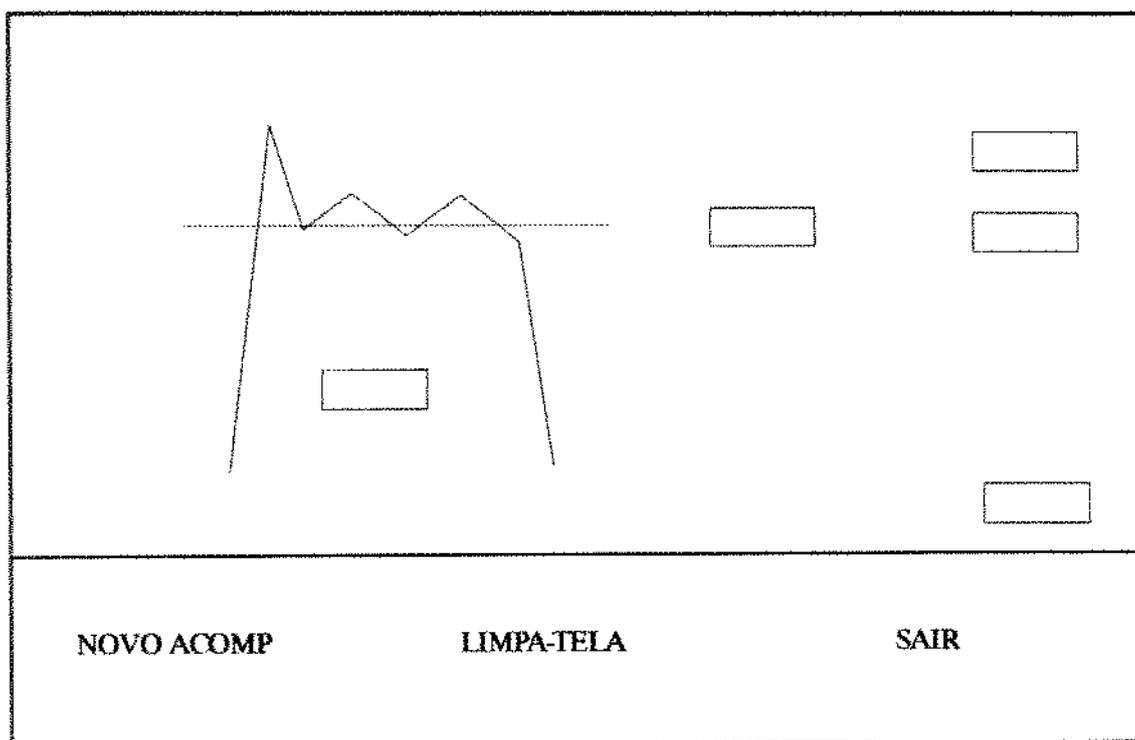


Figura 21

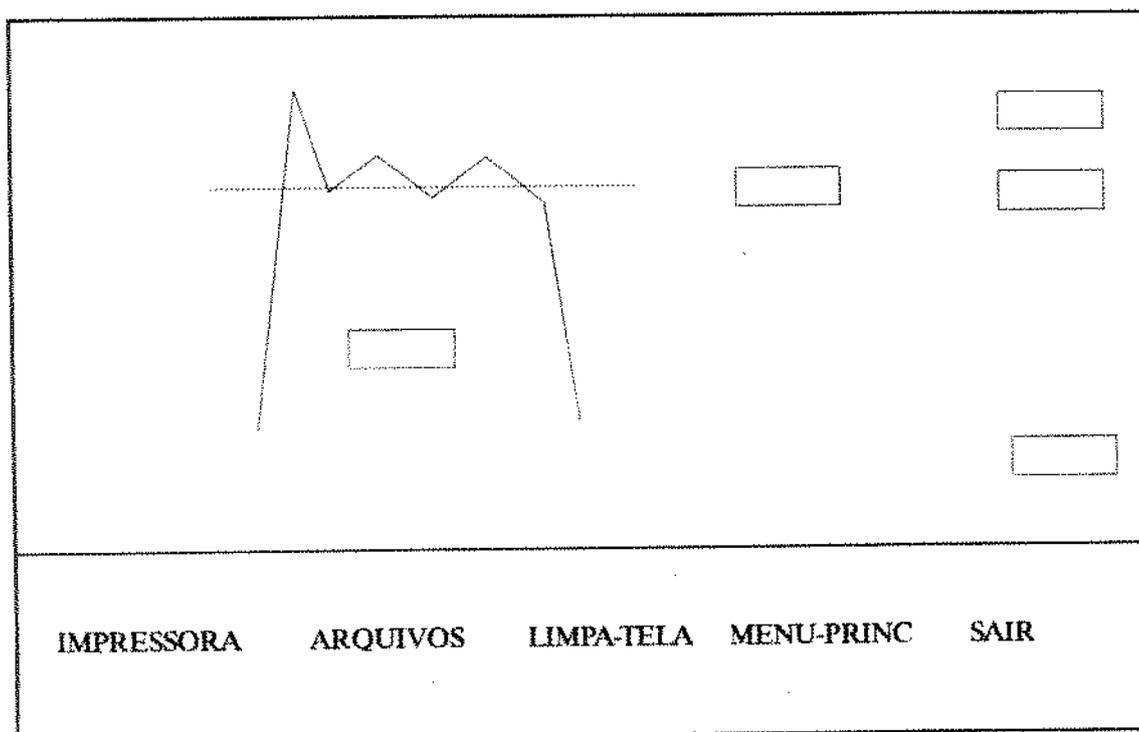


Figura 22

4.1.2 Fase II - O programa "DPD"

Foi elaborado em FORTRAN 77 por Idagawa (3) e é referenciado em linhas gerais no capítulo 3.

São necessários os seguintes dados para execução do programa :

- a) Registros direcionais
- b) Características de revestimentos
- c) Geometria do poço (Diâmetros e profundidades)
- d) Características e composição da coluna, tais como diâmetros, pesos, comprimentos, quantidades, módulos de elasticidades e massa específica para cada tipo de coluna.
- e) Peso e propriedades do fluido de perfuração
- f) Quantidades e diâmetros dos jatos da broca
- g) Velocidade de manobra
- h) Medições de campo que devem incluir: profundidade medida, cargas no gancho e tempo.

4.1.2.1 EXECUÇÃO DO PROGRAMA

A execução do programa inicia-se com a leitura da geometria do poço, características e composição da coluna. O programa permite a consulta de um arquivo contendo as características de revestimentos, comandos e tubos de perfuração de uso mais frequente nas operações de perfuração. São diâmetros, pesos e tipos de conexões.

Em seguida, o programa deve ser alimentado com as seguintes definições:

- Descida ou retirada de coluna com broca.
- Peso e parâmetros do fluido de perfuração.
- Quantidade e diâmetros dos jatos da broca.
- 2 ou mais leituras de reômetro.
- Dados cargas no gancho, calcular fator de atrito aparente.
- Efeitos da rigidez de coluna e hidrodinâmico considerados.

Como resultado da execução do programa tem-se a geração de um arquivo contendo fatores de atrito aparentes, associados às profundidades das seções, para geração de gráficos e consequente **Diagnóstico** de problemas ou tendências de problemas.

Note-se que este programa é corrido após a extremidade da coluna já se encontrar em poço revestido, não havendo mais riscos imediatos. O objetivo agora é avaliar o aspecto geral do poço para garantir uma descida de coluna segura.

É muito importante considerar-se que o modelo matemático utilizado neste programa oferece resultados quantitativos **muito confiáveis para arrastes superiores a 25%(3)** do peso flutuado da coluna, sendo considerados **pouco confiáveis os resultados para arrastes abaixo de 10%** do peso da coluna. Entre 10% e 25% consideram-se os resultados mediamente confiáveis. No entanto, o comportamento qualitativo dos resultados (variações) é bom (capítulo 5), mesmo considerando-se pequenos arrastes e sendo assim, como nossa análise é de tendências e variações de fatores de atrito, os resultados devem ser satisfatórios.

4.1.3 Fase III - O PROGRAMA "PRODESC"

É um programa elaborado em TURBO C (12)(14), que dispõe de um banco de padrões gráficos de problemas de poço, que podem ser acessados via monitor ao mesmo tempo em que se constroi o gráfico real do poço monitorado, possibilitando comparações e correlações. Estas comparações poderão ser automatizadas através de fundamentos de inteligência artificial (13), e este enfoque abre possibilidades futuras para esta linha de pesquisa. Além deste aspecto, deve-se levar em conta que o usuário deste sistema será um Engenheiro ou Técnico em perfuração, que está acompanhando a operação e que pode e deve contar com sua experiência no sentido de "decisão" entre duas possibilidades (o aspecto dos cascalhos por exemplo não pode ser visto pelo programa e pode ser decisivo em diagnósticos de desmoronamento).

O programa também permite a emissão de relatório contendo:

- Esquema gráfico do poço com base nos registros direcionais.

- Resumo de problemas e/ou tendências de problemas detectados na retirada da coluna, servindo inclusive para apontar vícios de operação pela comparação dos padrões de diferentes sondadores.
- Tendência global de problemas, se houver, com base na corrida do programas "DPD" e análise no próprio "PRODESC".
- Sugestões de procedimentos a seguir durante a descida da coluna.

4.1.3.1 EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O programa **PRODESC** foi desenvolvido para ser executado com base nos resultados do programas **ACOMP** e **DPD**.

Segue a sequência de execução :

a) Menu principal

Ao iniciar-se a execução do programa, aparecerá uma tela como a representada na fig.23 com as opções:

a.1 Info: Informações gerais sobre o programa.

a.2 Diagnóstico:

Para realizar o diagnóstico da tendência global de problema do poço, deve-se usar a opção **PAD.GRÁFICOS** que desenha nos quadros à esquerda da tela os padrões definidos (3) com base no fator de atrito. A opção **ATRITOxPROF** desenha na tela o gráfico de fator de atrito com a profundidade e a opção **IDENT.PADRÃO** permite escolher a principal tendência.

a.3 Relatórios:

Permite a impressão dos relatórios referidos no capítulo 3.

a.4 Encerramento:

Término da execução através da opção **SAIR**.

	MENU PRINCIPAL			
INFO	IDENT.PADRÃO	ATRITOxPROF.	PADR.GRAFICOS	SAIR
....	....	LIMPA-TELA	RELATÓRIOS	....

Figura 23

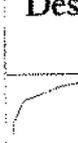
Fechamento 	1 FRACO 2 MÉDIO 3 FORTE			
Chaveta 	1 FRACO 2 MÉDIO 3 FORTE			
Desmornamento 	1 FRACO 2 MÉDIO 3 FORTE			
	MENU PRINCIPAL			
INFO	IDENT.PADRÃO	ATRITOxPROF.	PADR.GRAFICOS	SAIR
....	....	LIMPA-TELA	RELATÓRIOS	....

Figura 24

b) Diagnóstico

Para realizar diagnósticos, o primeiro passo é usar a opção **PAD.GRÁFICOS** que lança nos quadros laterais da tela os padrões conhecidos de problemas, como representado na fig.24.

Em seguida utiliza-se a opção **ATRITOxPROF** que possui tela como a representada na fig.25, onde o campo (1) representa a entrada do nome do arquivo gerado pelo programa DPD.

O menu principal aparece automaticamente após o aparecimento do gráfico. Em seguida escolhe-se a opção **IDENT.PADRÃO**, com tela representada na fig.26, cujo campo (1) representa a entrada da escolha do diagnóstico (1..9) conforme opções mostradas na tela. Automaticamente há o retorno do menu principal.

c) Relatórios

Gera os relatórios referidos no capítulo 3 através da opção **RELATÓRIOS**.

d) Término da execução

Com a opção **SAIR** encerra-se a execução com a tela representada na fig.27.

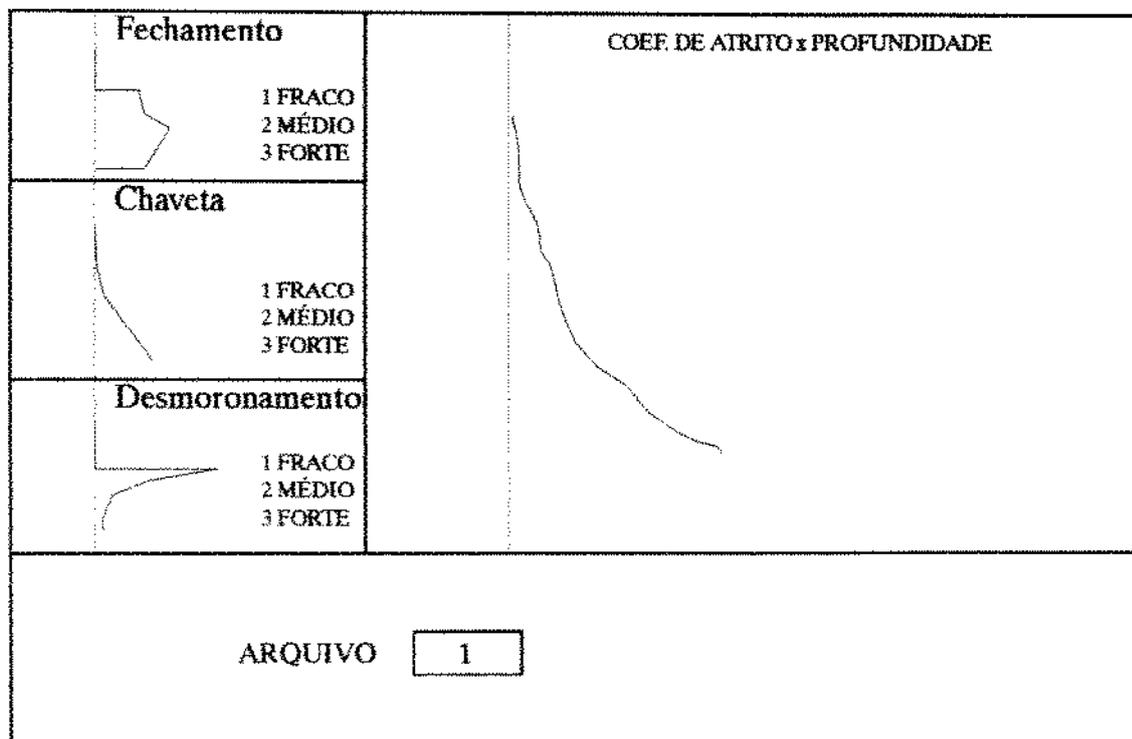


Figura 25

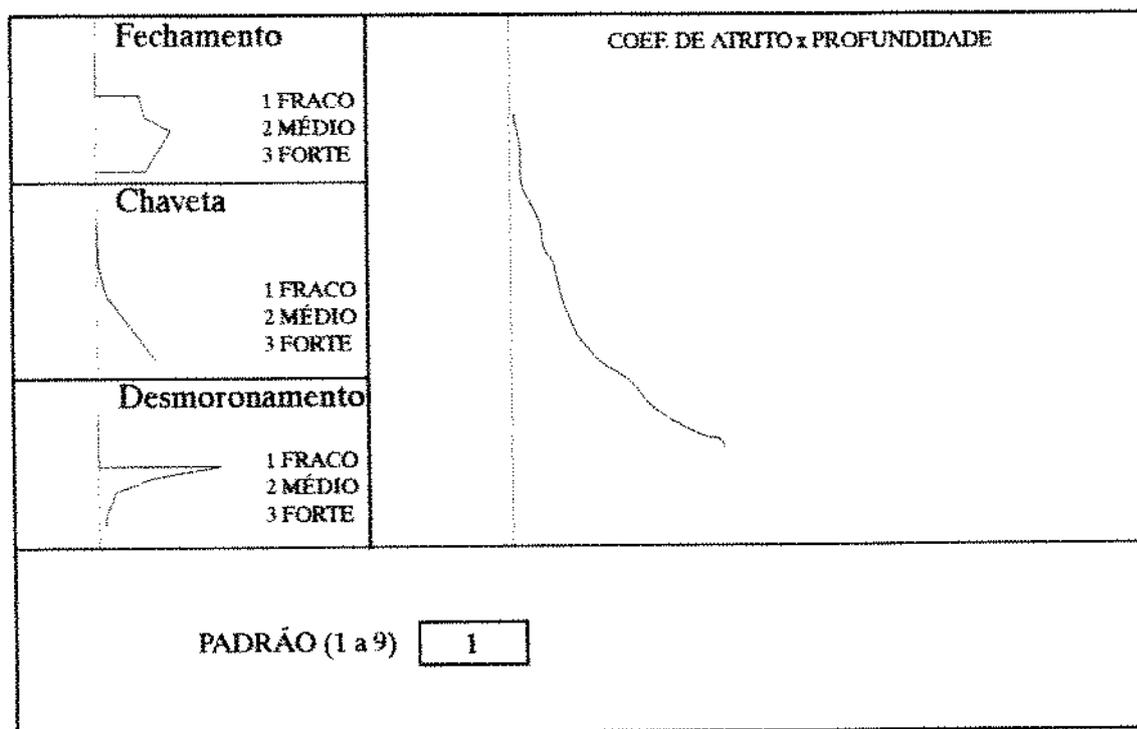


Figura 26

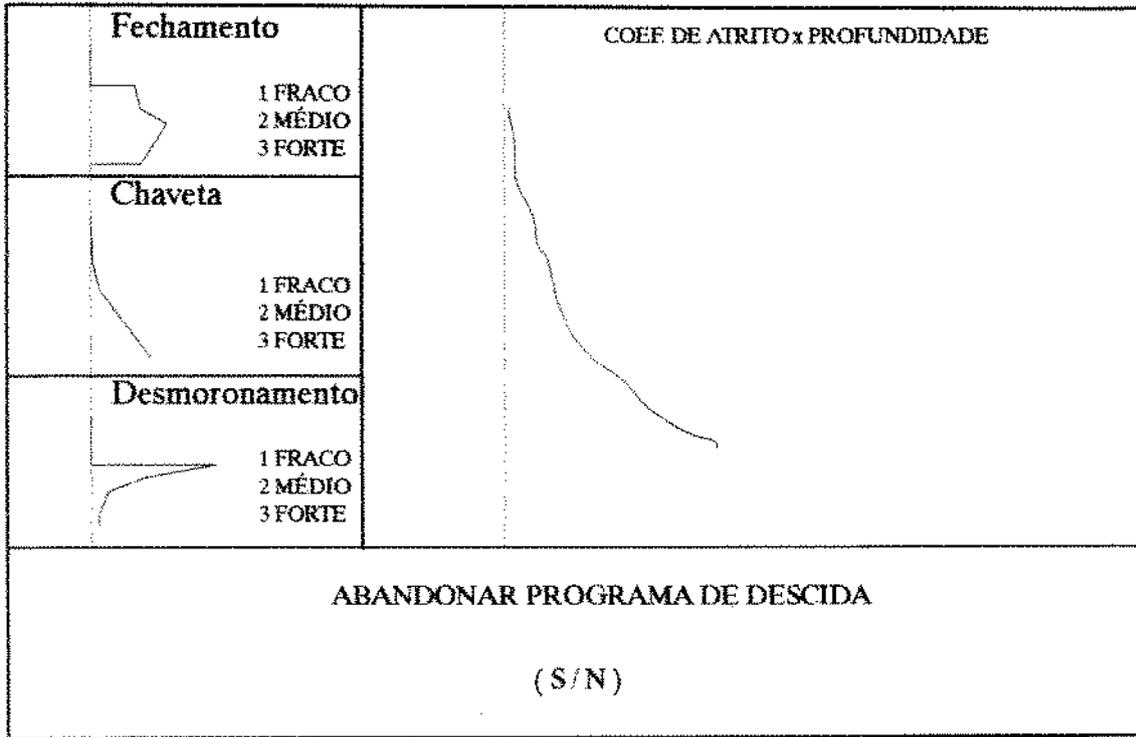


Figura 27

5 VALIDAÇÃO DO SISTEMA COM DADOS DE CAMPO

5.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS

Com o objetivo de adquirir dados para validação do presente trabalho, tornou-se necessário a programação de um embarque em uma sonda que estivesse perfurando um poço adequado às necessidades deste trabalho (direcional ou horizontal).

Seria necessário também que o poço estivesse sendo monitorado por uma companhia de Mud-logging capaz de atender nossas necessidades de aquisição, ou seja, na ordem de 3/4 dados por segundo.

5.1.1 IDA AO CAMPO

Através de contatos mantidos com o DPSE/SUPOP/SEDIRE, detectou-se um poço,(7-AB-13H-RJS), que atendia exatamente nossas necessidades, a ser perfurado pela SS-22, com início previsto para JAN/92, o qual seria monitorado pela ANADRILL-SCHLUMBERGER e pela Unidade Experimental DEPEX/DEPER.

Acertou-se então o embarque para o início da fase de 12 1/4", devendo estender-se até próximo à conclusão dos trabalhos de perfuração.

Nosso interesse principal eram as manobras realizadas na fase de ganho de ângulo (build-up), bem como no trecho reto (slant), com a maior densidade possível, de forma a ser possível a detecção das fases de aceleração e desaceleração das seções, como visto no capítulo 3, mas também tínhamos interesses na geometria do poço e na reologia para a fase de diagnóstico.

O primeiro problema encontrado foi quanto à capacidade de monitoramento da unidade ANADRILL-SCHLUMBERGER, que é fixa, isto é, é gerenciada por um software que não permite o monitoramento seletivo de parâmetros, fazendo uma varredura de cerca de 35

sensores simultaneamente, mesmo aqueles desnecessários em operações de manobra como vazão, torque, etc. Dessa forma a aquisição de Cargas no Gancho, nossa principal fonte de conhecimento para detecção de problemas ficou reduzida a 1(um) dado a cada 4 (quatro) segundos, o que poderia prejudicar o diagnóstico automatizado de algum **possível problema** pelo padrão gráfico, como veremos mais adiante neste capítulo. Aliado a isso, havia também o fato de o sistema operacional utilizado ser o RT-11, não compatível com o IBM-DOS, necessitando de conversão nos computadores da ANADRILL. Vale ressaltar que entre a aquisição dos dados e sua conversão em ascii-IBM foram necessários dois meses.

Outro problema foi o fato de a Unidade experimental DEPEX/DEPER estar funcionando apenas em fase de testes, portanto sem uma continuidade operacional, mas, em contato com o Engo. Parada (DEPER/DPSE), descobrimos ser possível a seleção de parâmetros e armazenagem de dados em ascii, compatível com o IBM-DOS atendendo plenamente nosso interesse. Dessa forma, pode-se monitorar duas manobras completas com 3 registros de carga no gancho por segundo.

5.1.1.1 EQUIPAMENTOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Foi feito ainda um levantamento fotográfico dos sensores e equipamentos empregados no monitoramento, os quais encontram-se descritos em detalhes por Idagawa (3).

5.1.1.2 DADOS OBTIDOS NO CAMPO

Os dados adquiridos pela unidade DEPEX/DEPER foram registrados de modo contínuo e, devido à alta frequência de aquisição, constituem arquivos ASC II com cerca de 1.2 Megabytes, sendo composto de duas colunas : Tempo e Carga no gancho.

Os dados da unidade ANADRILL-SCHLUMBERGER são fracionados a cada hora de

operação. Uma amostragem dos arquivos é apresentada no anexo 3.

Foram feitos contatos com a sede da ANADRILL nos Estados Unidos com o objetivo de obter mais dados de campo para validação deste trabalho. Estes dados deveriam ter sido adquiridos em poços onde tivesse havido ocorrência de problemas em manobras.

Os contatos foram iniciados com o Sr Malmazet, Gerente da Anadrill no Brasil e com o Técnico Nick. Fomos recomendados a Mr Martin, Gerente nos Estados Unidos, o qual se prontificou a fazer uma pesquisa em seu banco de dados a fim de detectar dados com o perfil solicitado.

Vários contatos por fax foram mantidos com Mr Martin e também com Mr Sheppard (1) e Mr Belaskie (5) e recebemos colaboração na conversão (ASC II/RT11 p/ ASC II/IBM PC) dos dados adquiridos na SS-22.

5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS

Como foi comentado no capítulo 3, há a necessidade de analisarmos se a frequência de aquisição de dados influencia os resultados esperados de diagnóstico.

Utilizando-se como exemplo várias seções em que os dados de Carga no gancho foram adquiridos ao mesmo tempo com 3 dados por segundo e 1 dado a cada 4 segundos e foram plotados os gráficos de carga no gancho com o tempo, sendo selecionados os gráficos de 4 seções representadas nas figuras 28 a 35 para ilustrar as conclusões.

A linha tracejada nos gráficos representa o peso flutuado da coluna ($M(\mu)=0$).

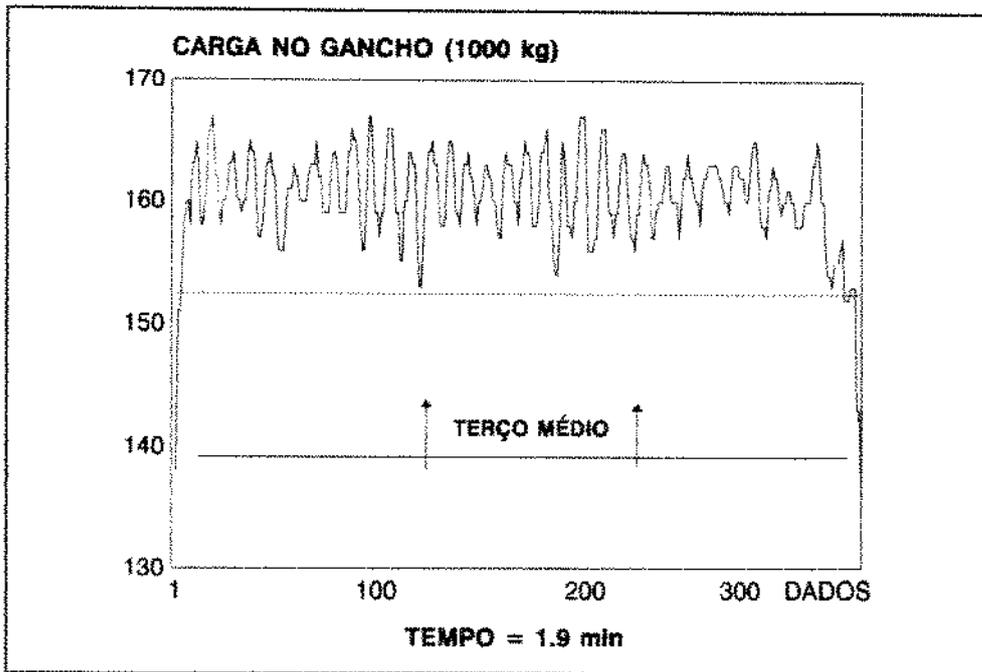


Figura 28 : Seção 2 - 3 dados / s

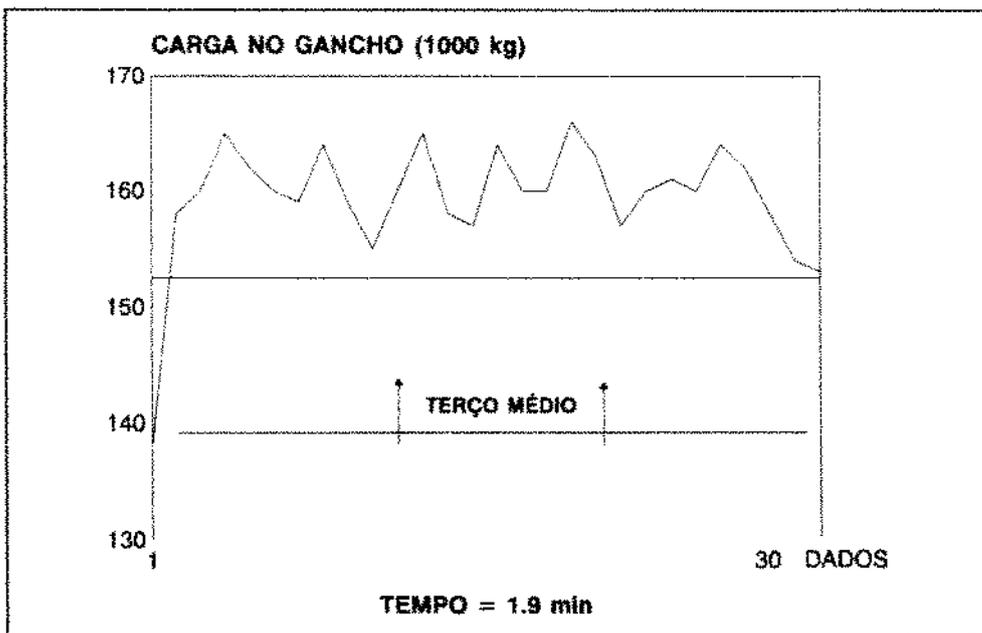


Figura 29 : Seção 2 - 1 dado / 4s

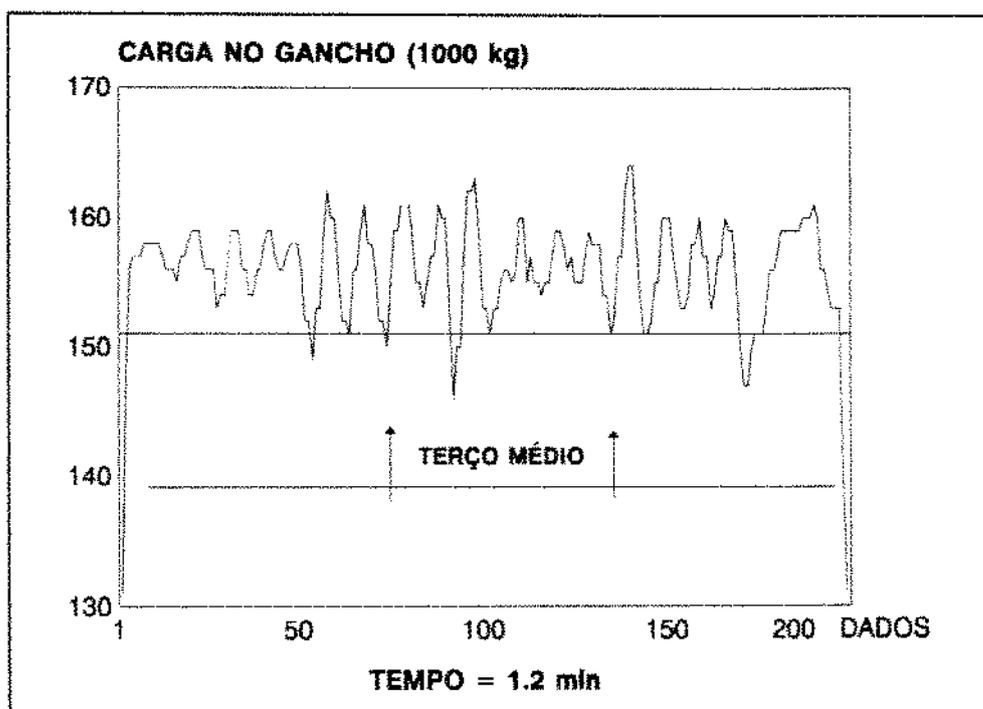


Figura 30 : Seção 5 - 3 dados / s

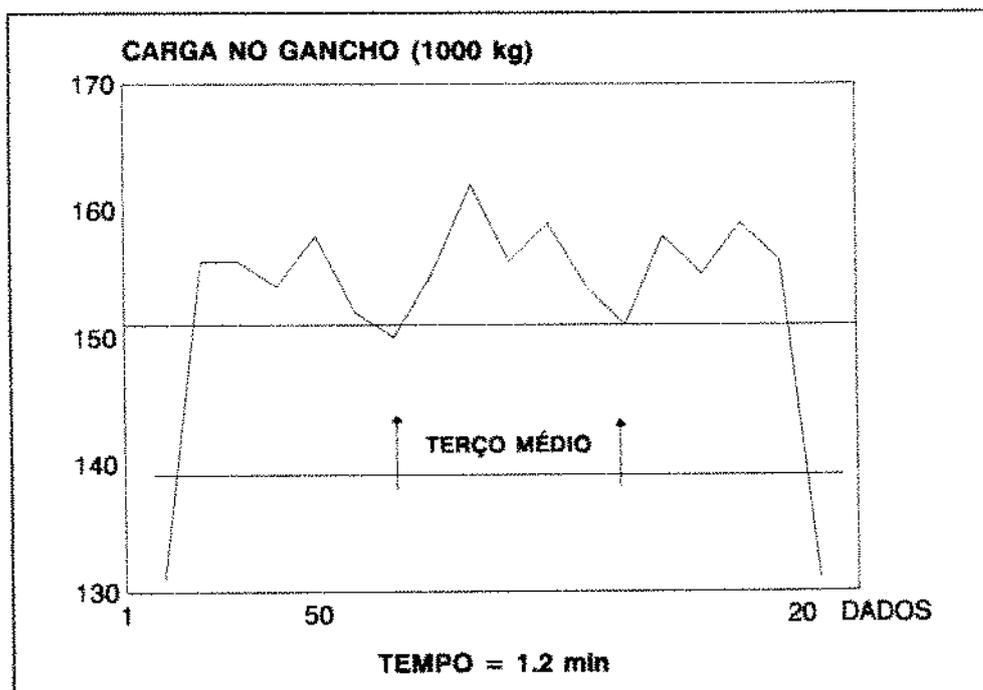


Figura 31 : Seção 5 - 1 dado / 4s

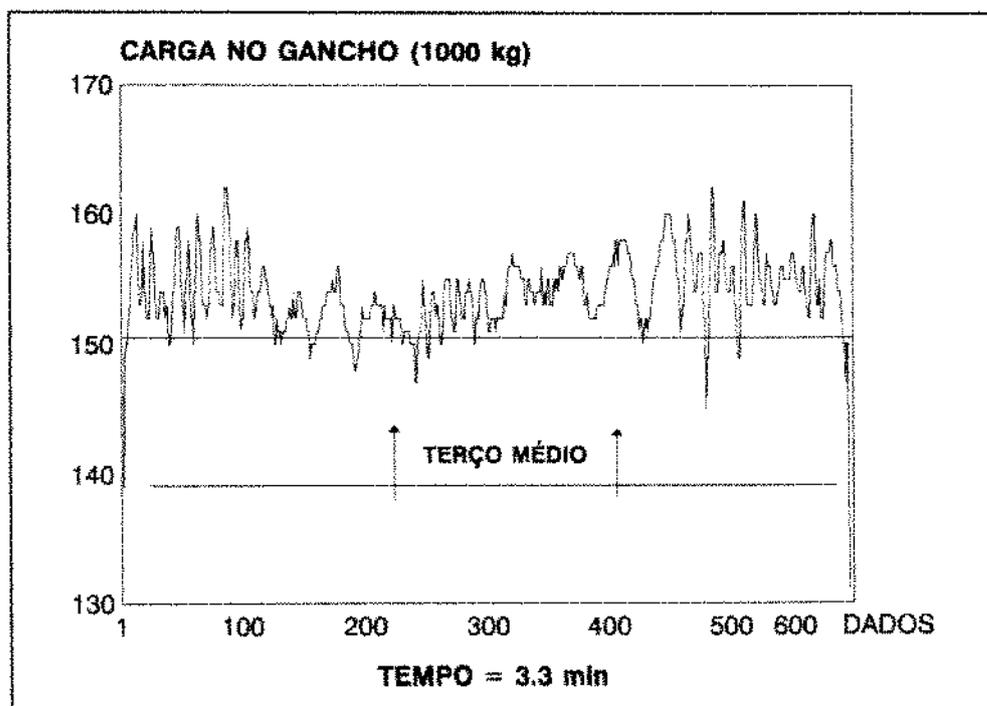


Figura 32 : Seção 6 - 3 dados / s

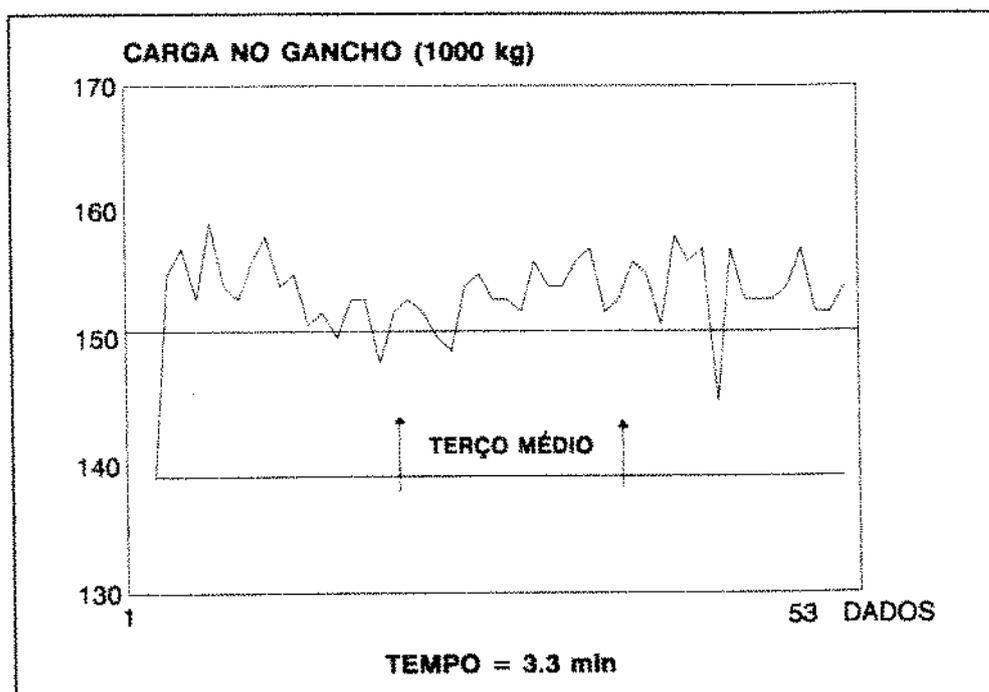


Figura 33 : Seção 6 - 1 dado / 4s

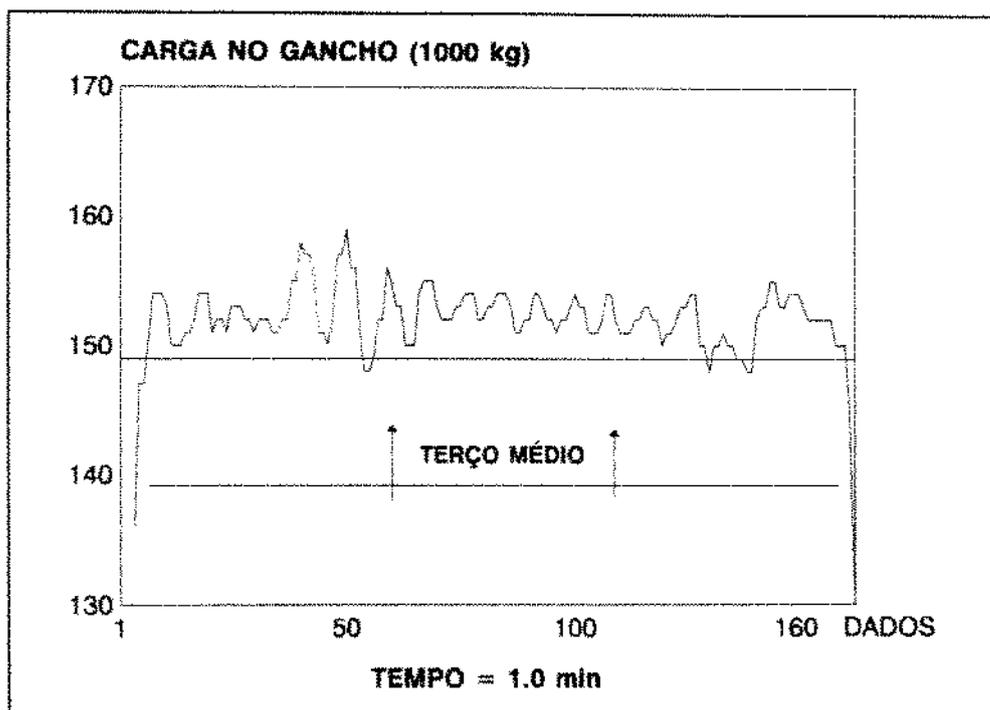


Figura 34 : Seção 9 - 3 dados / s

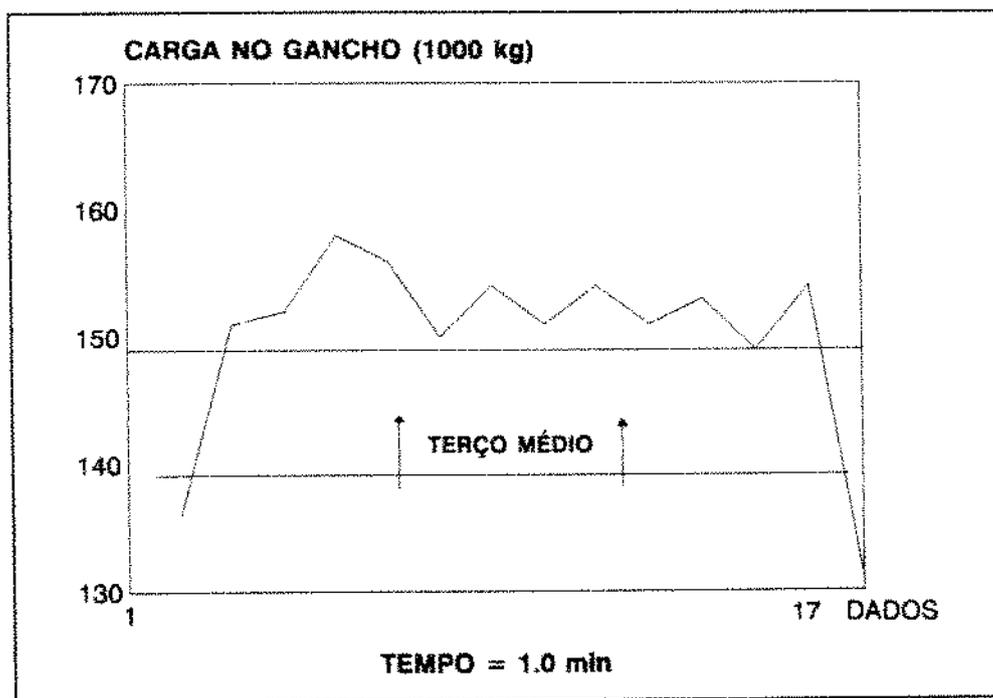


Figura 35 : Seção 9 - 1 dado / 4s

Observando-se cada par de gráficos de cada seção, é fácil a conclusão que o padrão gráfico fica comprometido com a menor densidade de dados e isso pode levar a falsos resultados na análise de pré-diagnóstico da fase I deste trabalho.

Com relação ao valor de carga no gancho representativa para cada seção conforme descrita no capítulo 3, notou-se que a variação é muito pequena, logo, não afeta o armazenamento de carga no gancho para diagnóstico da fase II deste trabalho.

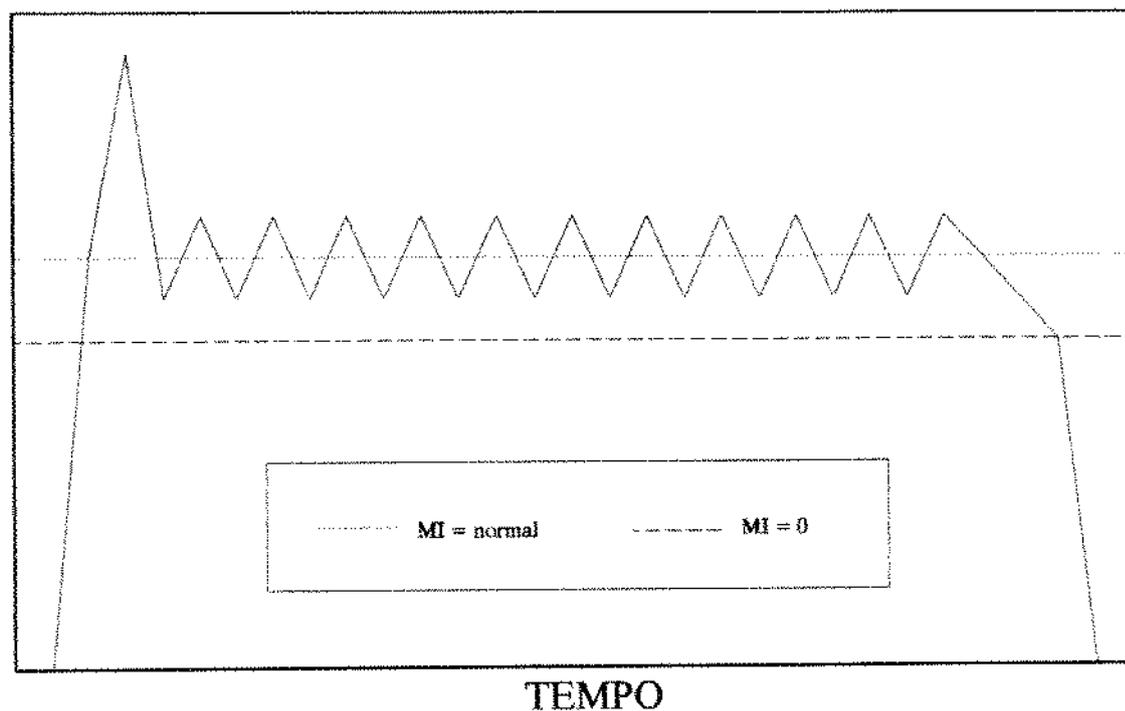
Nas figs.28 a 35, a linha tracejada representa o peso flutuado da coluna na profundidade da seção. O terço médio assinalado indica a área representativa para carga no gancho.

5.3 AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS COM BASE NOS DADOS DE MANOBRAS

Definida a densidade ideal de dados (3dados/seg), passou-se a analisar que tipo de informações poderiam ser obtidas dos gráficos de carga no gancho com o tempo para cada seção.

Foi feita uma relação de características esperadas para cada tipo de problema dentro do objetivo deste trabalho. Estas características estão descritas no capítulo 3. Em seguida foram feitos gráficos de todas as seções disponíveis em poço aberto com o objetivo de encontrarmos na prática padrões semelhantes aos **padrões esperados**. Os resultados dessa busca foram satisfatórios e podem ser vistos nos gráficos que seguem :

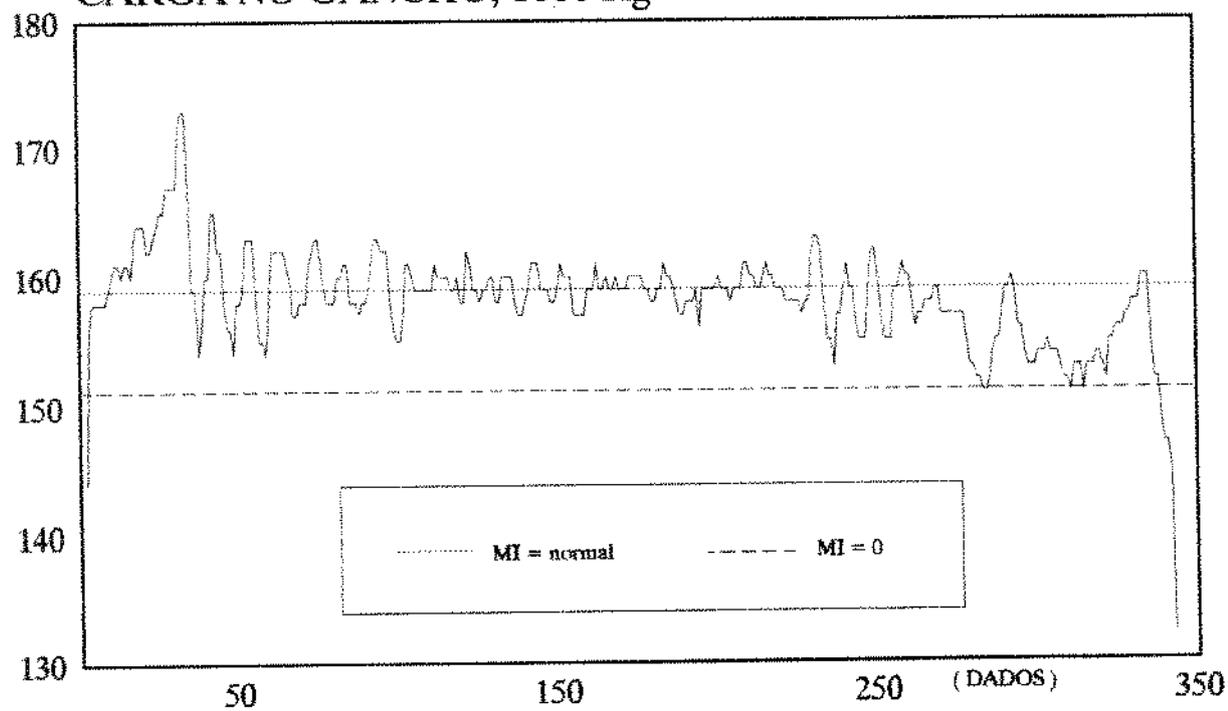
CARGA NO GANCHO



TEMPO

Figura 36 : Padrão esperado.

CARGA NO GANCHO, 1000 Kg



TEMPO = 2,0 minutos.

Figura 37 : Dados reais.

CARGA NO GANCHO

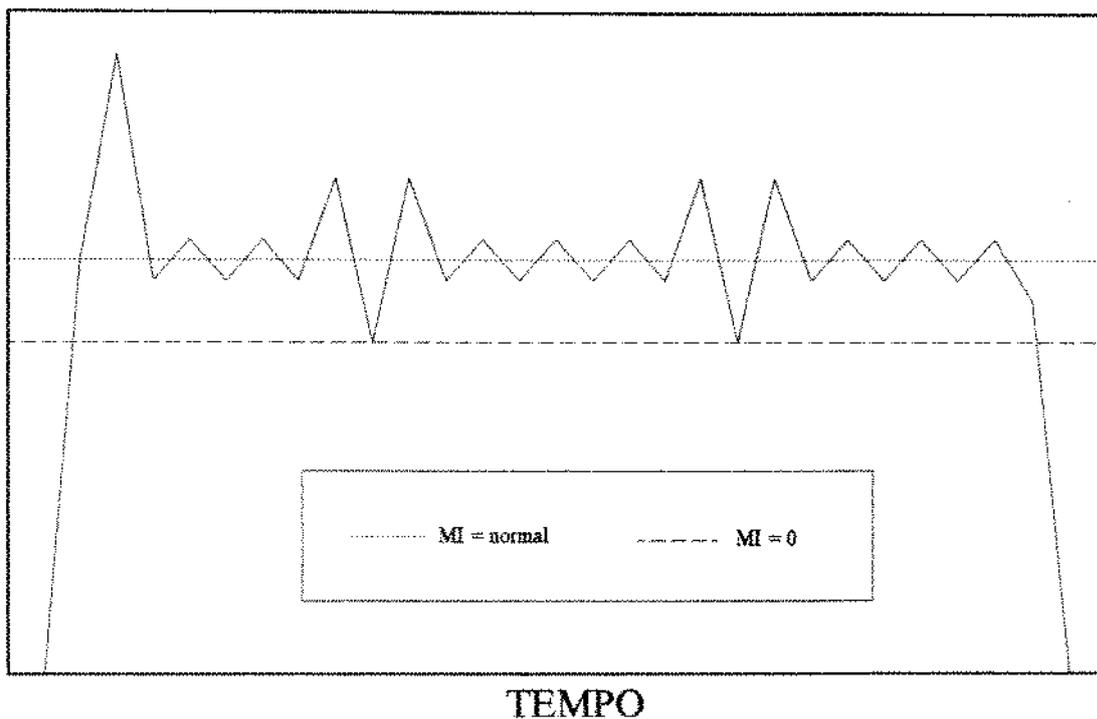


Figura 38 : Padrão esperado.

CARGA NO GANCHO, (1000 Kg)

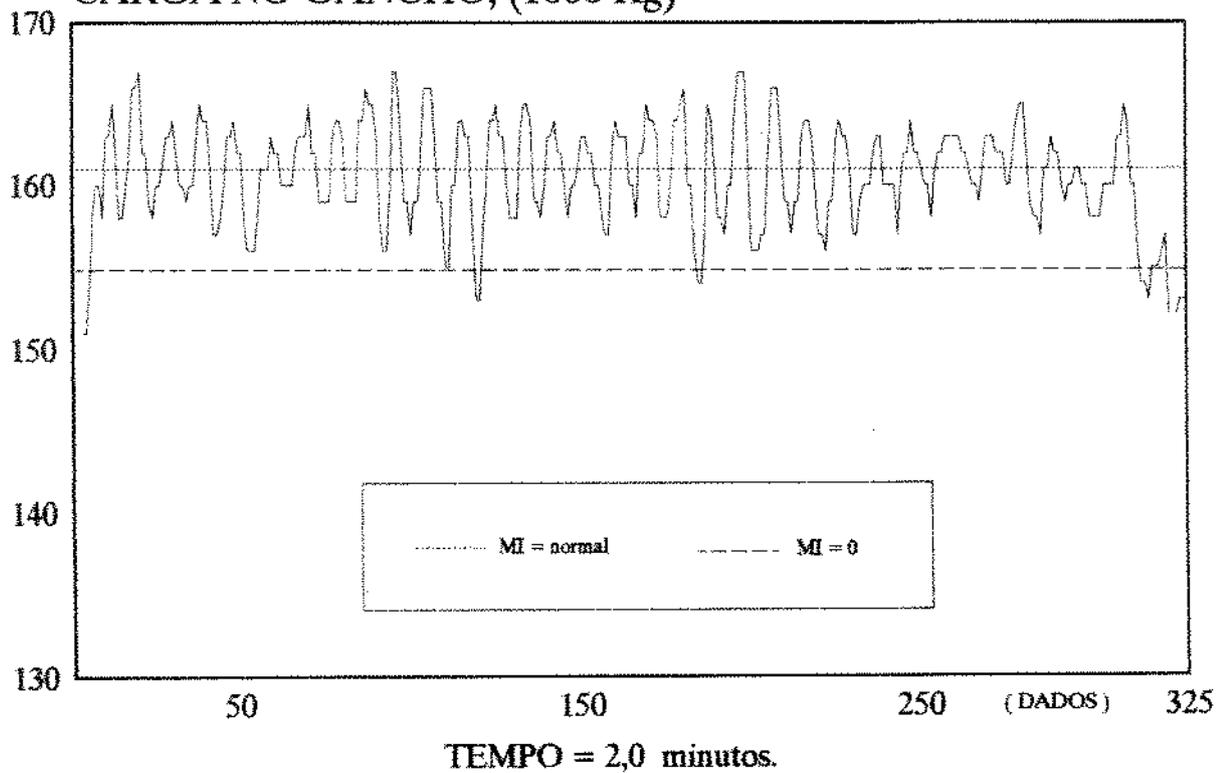


Figura 39 :Dados reais.

CARGA NO GANCHO

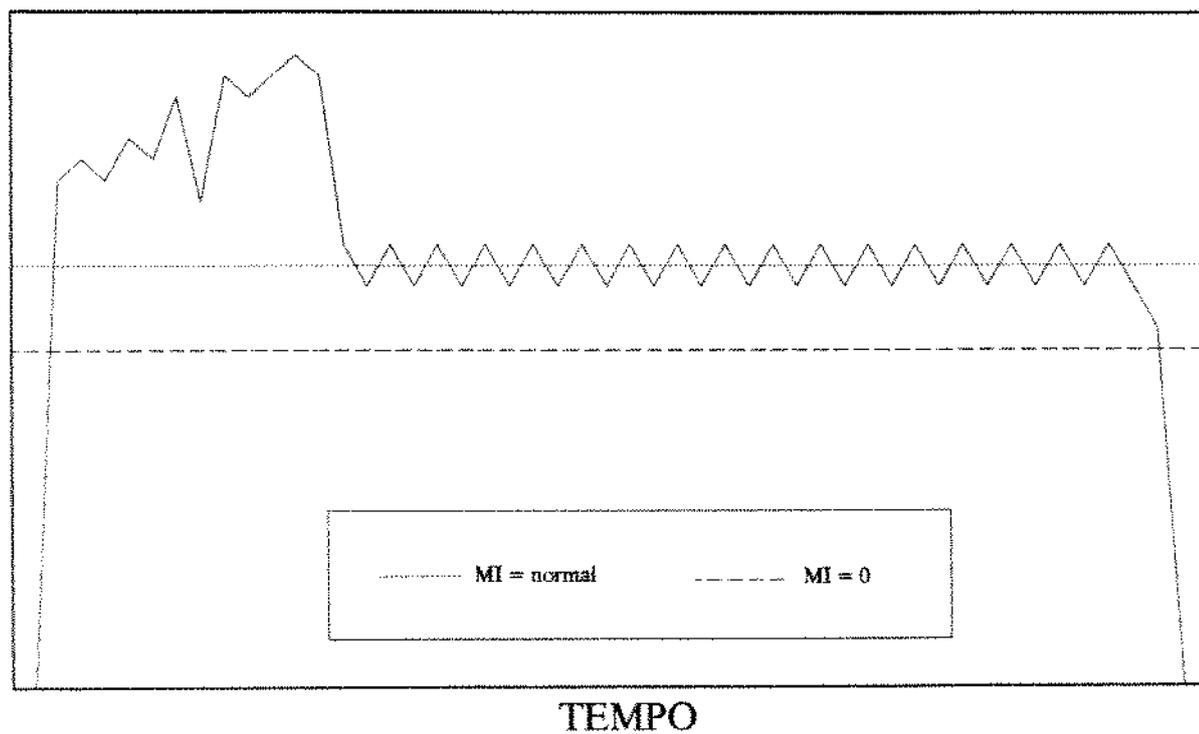
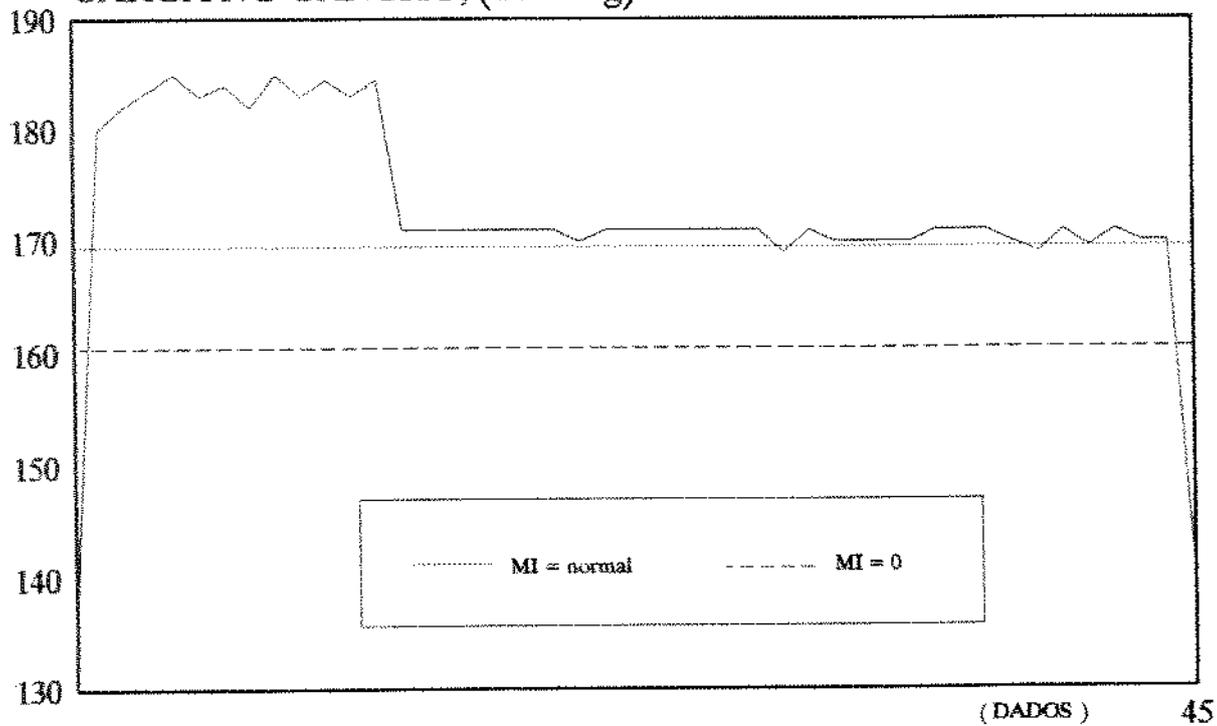


Figura 40 : Padrão esperado.

CARGA NO GANCHO, (1000 Kg)



TEMPO = 2,7 minutos.

Figura 41 : Dados reais.

CARGA NO GANCHO

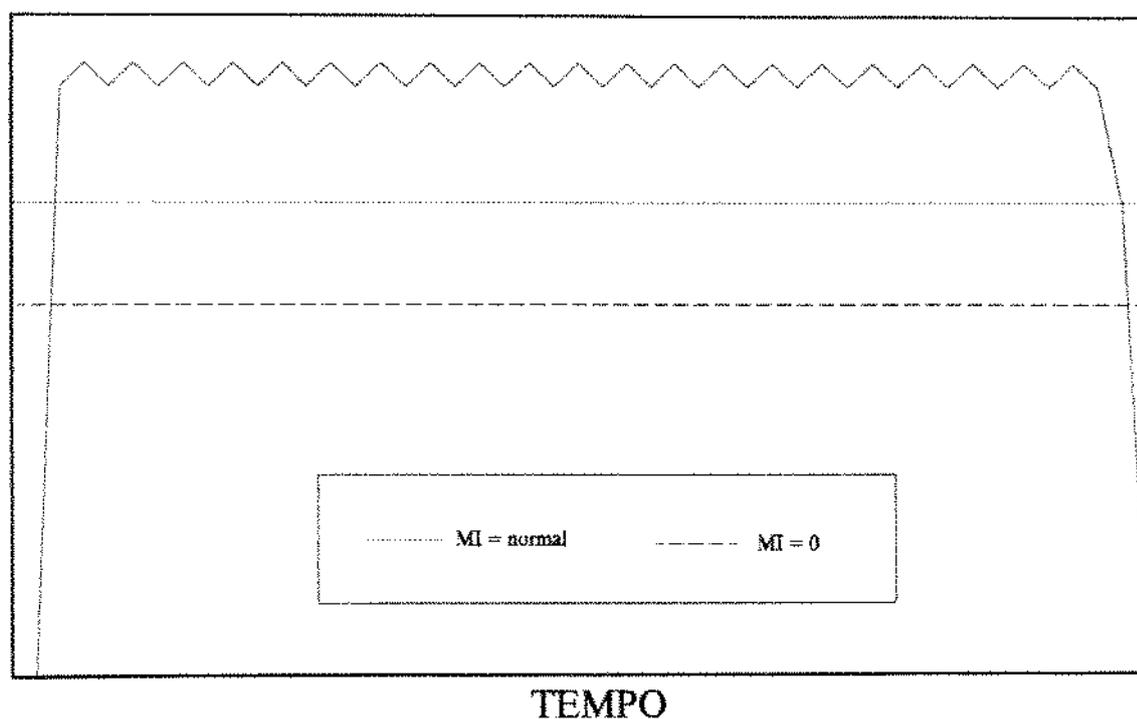


Figura 42 : Padrão esperado.

CARGA NO GANCHO, (1000Kg)

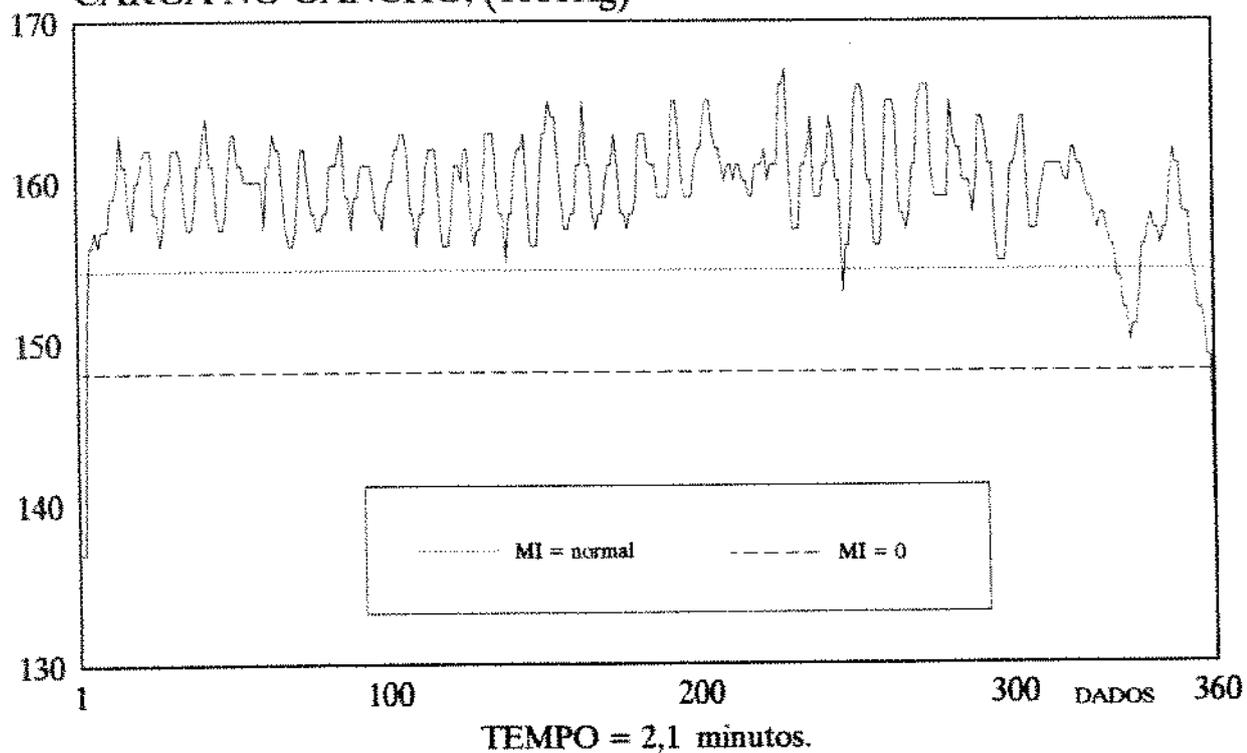


Figura 43 : Dados reais.

CARGA NO GANCHO

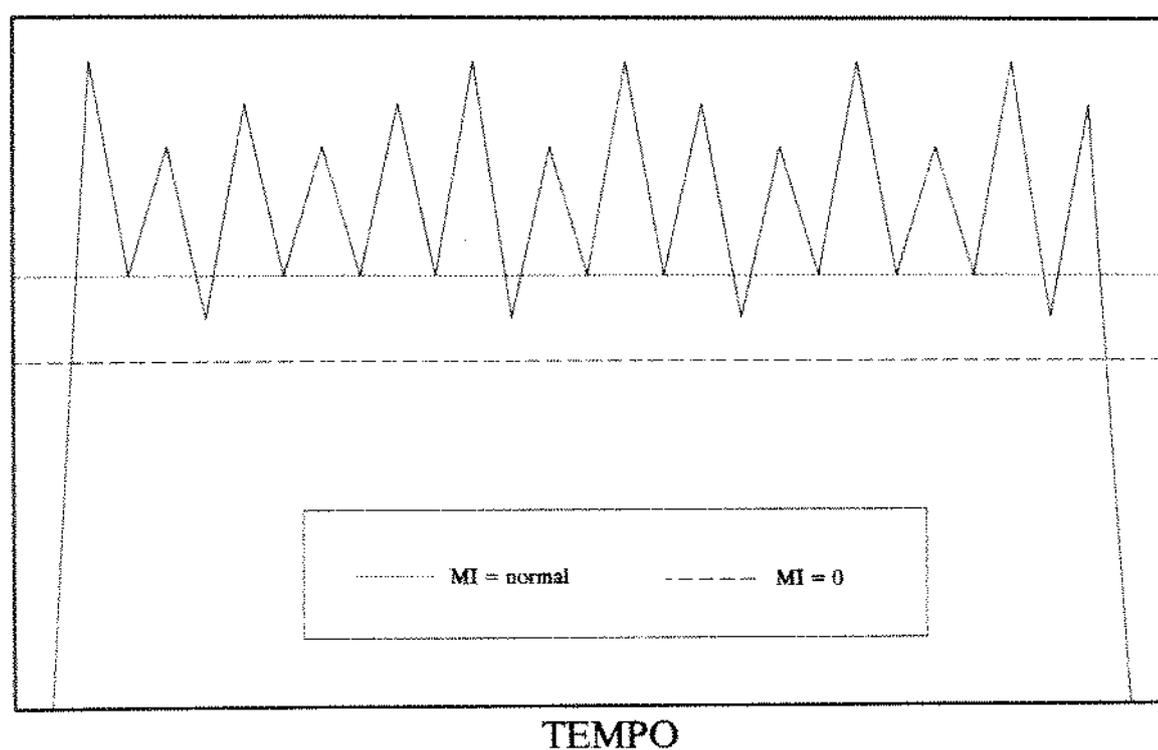


Figura 44 : Padrão esperado.

CARGA NO GANCHO,(1000Kg)

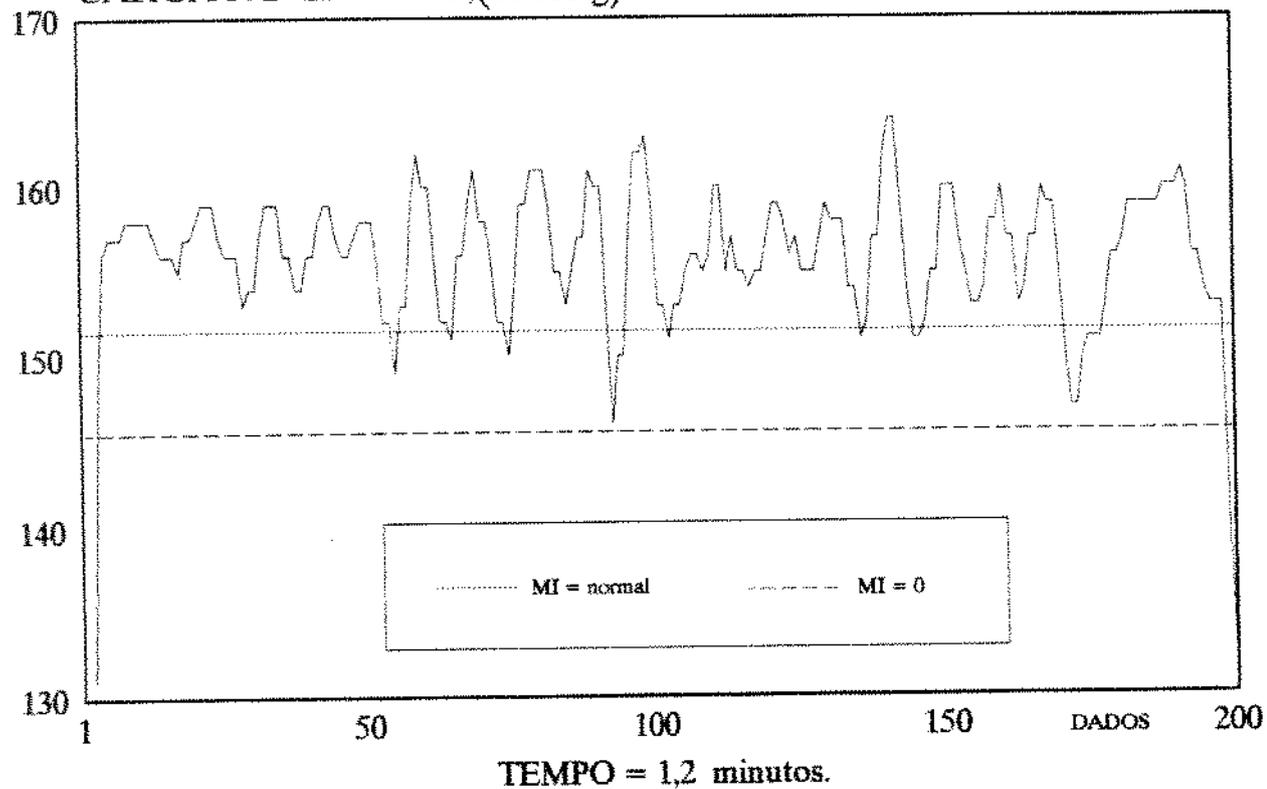


Figura 45 : Dados reais.

CARGA NO GANCHO

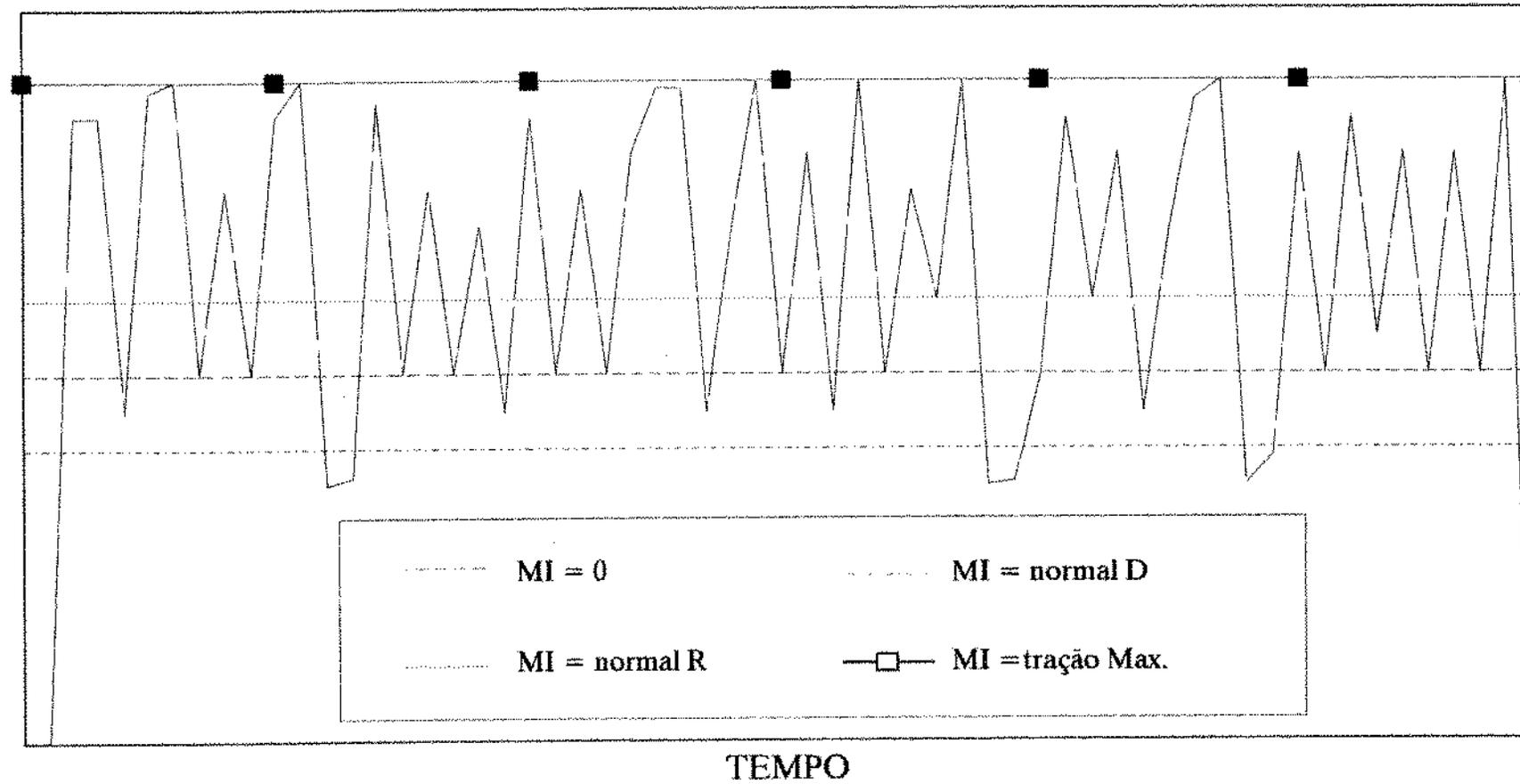


Figura 46 : Padrão esperado.

As figuras (36) e (37), (38) e (39), (40) e (41), (42) e (43), (44) e (45) mostram padrões esperados de tendências de problemas com casos observados nos dados adquiridos no campo. As linhas tracejadas nas figs.(36),(38),(40),(42) e (44) indicam as cargas no gancho que definem atrito zero (hipotético) e atrito normal ($MI(\mu)=\text{Normal-R}$ e $MI(\mu)=\text{Normal-D}$). Nas figs.(37), (39), (41), (43) e (45), as linhas indicam o peso flutuado da coluna na profundidade de aquisição dos dados. É importante notar que quanto mais afastada a linha tracejada estiver do "patamar" de cargas no gancho, mais severa será a tendência do problema.

A fig.46 é o padrão esperado de problema grave, onde são necessários pequenos retornos da coluna, os quais levam a valores de cargas no gancho muito menores que o peso flutuado e isso indicaria que o poço está bloqueando o retorno da seção. Este padrão deve ser facilmente comprovado com dados de poços em que este tipo de problema ocorra.

5.3.1 ANÁLISE DOS GRÁFICOS

A análise é visual e para tanto as escalas escolhidas devem ser adequadas. A identificação dos padrões é fácil. Vale ressaltar que estes padrões são o que chamamos de pré-diagnóstico e não devem necessariamente provocar uma prisão mas sim indicar uma possibilidade.

5.4 USO DO SISTEMA MANOBRA COM OS DADOS OBTIDOS NO CAMPO

Os gráficos das seções monitoradas em poço aberto encontram-se no Anexo 4.

Os dados da operação são os seguintes:

- a) Profundidade medida = 2760 m
- b) Profundidade considerada para fator de atrito normal(0.3) (3) = 1350 m
- c) Leituras de viscosímetro:

N(RPM) - 3 - 6 - 100 - 200 - 300 - 600

θ (graus)- 3 - 4 - 14 - 21 - 27 - 43

d) Peso do fluido = 9.7 lbf/gal

e) Geometria do poço = Anexo 3 (amostra)

O gráfico do fator de atrito com a profundidade obtido após a execução do programa "DPD" está mostrado na fig.48.

Onde:

A linha definida como T Real mostra a variação do fator de atrito obtida com os dados de carga no gancho reais, obtidos no campo.

As linhas definidas por Delta T=5% e Delta T=10% representam a variação do fator de atrito para cargas no gancho aumentadas em 5% e 10%.

Analisando inicialmente o padrão obtido com T Real, pode-se concluir que a tendência pode ser avaliada como NORMAL, pois como visto no capítulo 3, o fator de atrito fica situado em torno de 0.3, certamente está muito atenuada devido à inclinação baixa (± 30 graus) do poço.

Analisando também os padrões obtidos para Delta T=5% e Delta T=10%, observamos as mesmas variações e tendências encontradas para T Real, diferindo apenas em valores absolutos. Este fato indica que qualitativamente a avaliação de diagnóstico deve estar correta, mas pela limitação do modelo matemático vista no capítulo 3, os valores absolutos não devem estar corretos.

Vale ressaltar que o poço monitorado não apresentou problemas de prisão, e o Sistema Manobra indicou padrão normal com ligeira tendência. Certamente é necessário maior quantidade de dados reais para validação, mas pelo menos já definimos como adquirir tais dados e uma metodologia de análise que pode ser melhorada, para que se evite o agravamento de problemas com consequências desastrosas para a operação de perfuração.

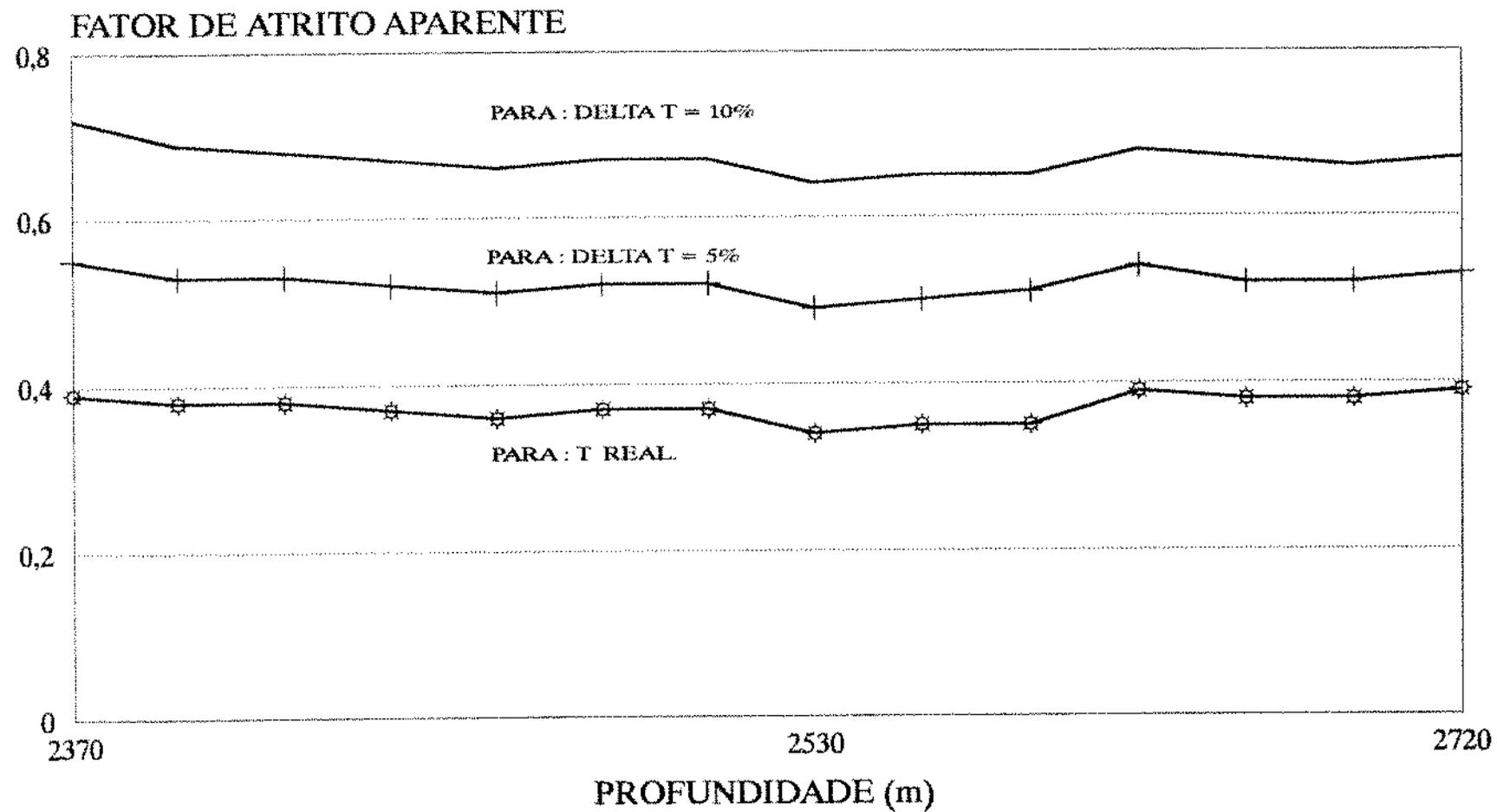


Figura 47 : Análise de sensibilidade.

6 CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

6.1 CONCLUSÕES

- 6.1.1 O Sistema Computacional "MANOBRA" pode vir a ser utilizado nas cabines de monitoramento de poço (Mud-Logging).
- 6.1.2 A fase de pré-diagnóstico pode ser utilizada inclusive em poços verticais, pois os padrões observados podem ocorrer independente da geometria do poço.
- 6.1.3 A fase de diagnóstico necessariamente deve ser utilizada em poços direcionais com DWR (Razão entre arraste e peso da coluna) $> 25 \%$, devido a condições estabelecidas pela modelagem (33) que originou o programa DPD.
- 6.1.4 Os valores de fatores de atrito resultantes da fase de diagnóstico dão uma representação qualitativa da real variação do fator de atrito ao longo do poço, não sendo necessariamente correta em termos quantitativos para inclinações menores que 30 graus, o que não invalida os diagnósticos pois estes dependem da variação do fator de atrito e como visto no capítulo 5, esta não deve ser alterada.
- 6.1.5 Os resultados obtidos em simulação com os dados de campo mostraram uma boa coerência dentro da proposta do trabalho.
- 6.1.6 Não encontramos na literatura corrente, nenhum sistema de diagnóstico semelhante, o que confere a este trabalho caráter inédito.

6.2 RECOMENDAÇÕES

- 6.2.1 Avaliar o sistema com arquivos reais adquiridos conforme visto no capítulo 5, de tal forma a se aperfeiçoar as rotinas de pré-diagnóstico dentro do programa "ACOMP"; preferencialmente com dados onde há tendências de problemas que são objeto deste trabalho.
- 6.2.2 Sempre que se utilizar o sistema, mesmo em testes com arquivos, checar os pontos de possibilidade de problemas com dados de geologia, buscando assim uma correlação com

as formações perfuradas.

- 6.2.3 Adequar as entradas de dados do sistema à realidade do poço, de tal forma que informações como profundidades de sapatas, pesos de elementos da coluna, composição da coluna atual etc. estejam sempre atualizadas.
- 6.2.4 Testar o sistema (após os testes previstos em 6.2.1) em manobras em tempo real durante a perfuração de um poço monitorado por cabine de Mud-Logging, que opere sob IBM-DOS.
- 6.2.5 Elaborar modelo de relatório operacionais para saídas nas 3 fases do sistema, de acordo com as necessidades operacionais.

6.3 SUGESTÕES

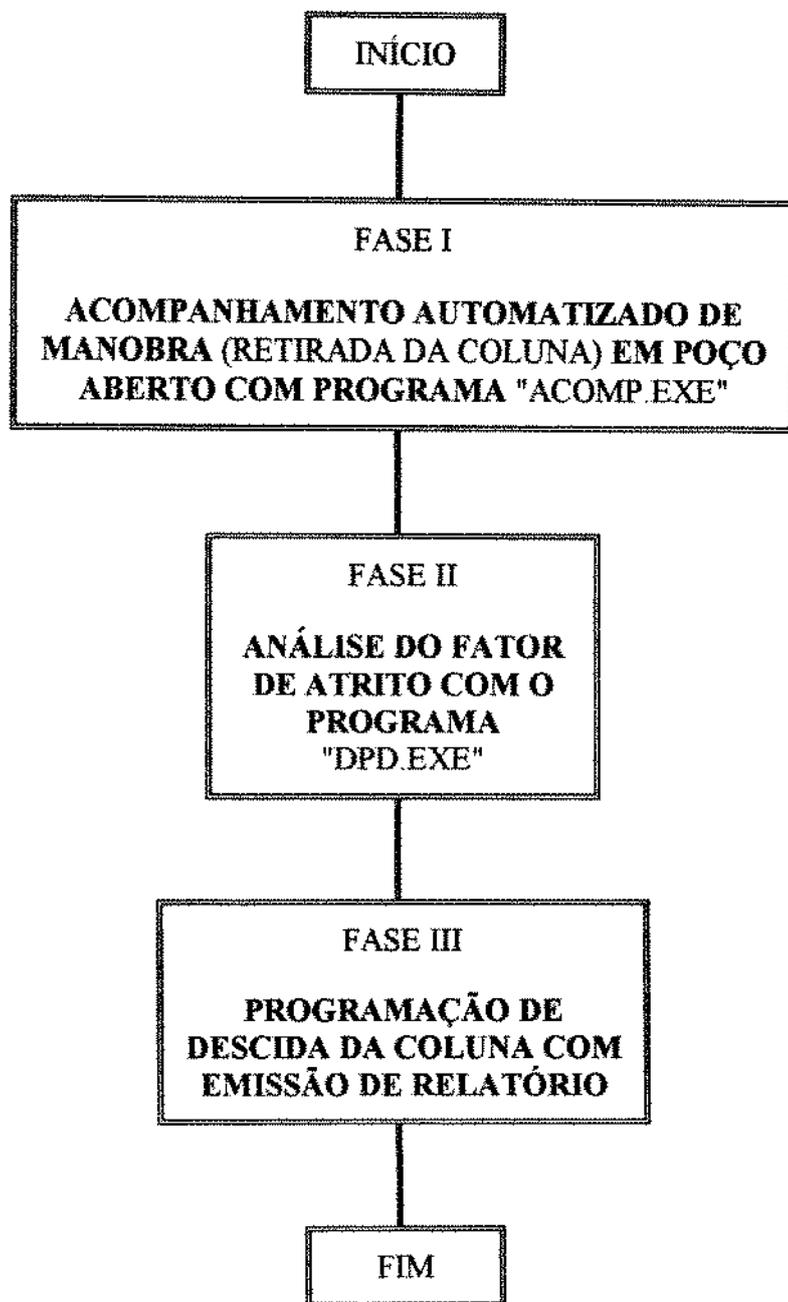
- 6.3.1 Converter o programa "DPD" para linguagem C e reestruturar as entradas de dados de forma a se obter maior agilidade de execução. Após a conversão, será possível utilizar o programa como sub-rotina do programa de monitoramento "ACOMP" durante os intervalos entre as seções para o cálculo do fator de atrito referente à seção anterior, e este dado já seria utilizado como auxílio ao pré-diagnóstico.
- 6.3.2 Introduzir no algoritmo rotinas de previsões de torque esperado.

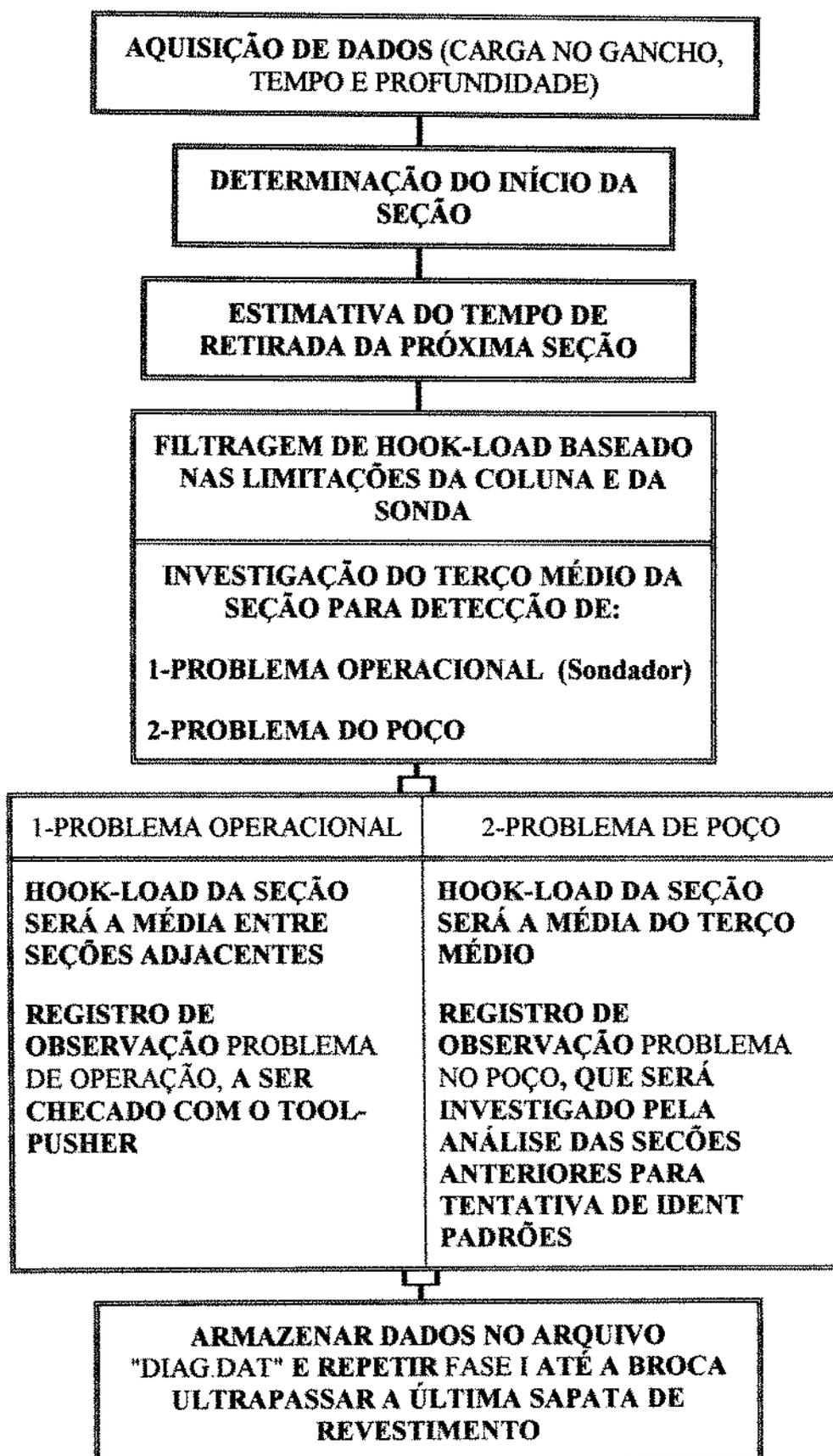
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

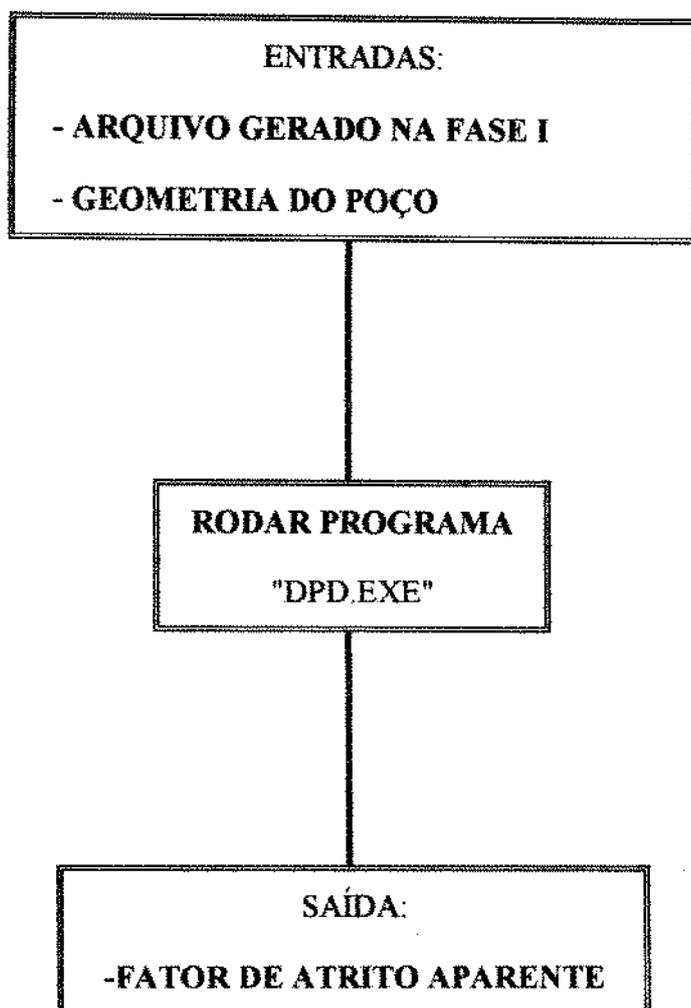
- 1) SHEPPARD, M.M., WICK, C. and BURGESS, T., "Designing Well Paths to reduce Drag and Torque", SPE 15463, 1986.
- 2) MAIDLA, E.E., "Borehole Friction Assesment and Application to oilfield Casing Design in Directional Well", Ph.D Dissertation, LSU 1987.
- 3) IDAGAWA, L.S., "Estudo do Diagnóstico de Problemas na Perfuração de poços direcionais", Tese de Mestrado, UNICAMP-SP, 1990.
- 4) MAIDLA, E. E. and WOJTANOWICZ, A. K., " Field Method of Assessing Borehole Friction for Directional Wells Casing", SPE 15696, 1987.
- 5) FALCONER, I.G., BELASKIE, J.P. and VARIAVA, F., "Applications of a Real Time Wellbore Friction Analysis", SPE 18649, 1989.
- 6) MAIDLA, E.E. and WOJTANOWICZ, A.K., "Laboratory Study of Borehole Friction Factor Using Dynamic Filtration Apparatus", SPE 18558, 1988.
- 7) QUIGLEY, M.S., DZIALOWSKI, A.K. and ZAMORA, M., "A Full-Scale Wellbore Friction Simulator", SPE 19958, 1990.
- 8) LESAGE, M., CASSO, C.C. and ZANKER, K.J., "A New Approach to Rig Sensors", SPE 19999, 1990.
- 9) BOURGOYNE JR, A.T., MILLHEIM, K.K., CHENEVERT, M.E. and YOUNG, F.S., "Applied Drilling Engineering", Society of Petroleum Engineers Text Book Series, vol. 2, 1986.
- 10) CRAFT, B.C., HOLDEN, W.R. and GRAVES JR, E.D., "Well Design: Drilling and Production", Englewood Cliffs, New Jersey, 1962.
- 11) LUKE, G.R. and JUVKAM-WOLD, H.C., "The Determination of True Hook-and-Line Tension Under Dynamic Conditions", SPE 23659, 1992.
- 12) HERGERT, D., "O ABC do Turbo C", McGraw-Hill, S. Paulo, 1990.

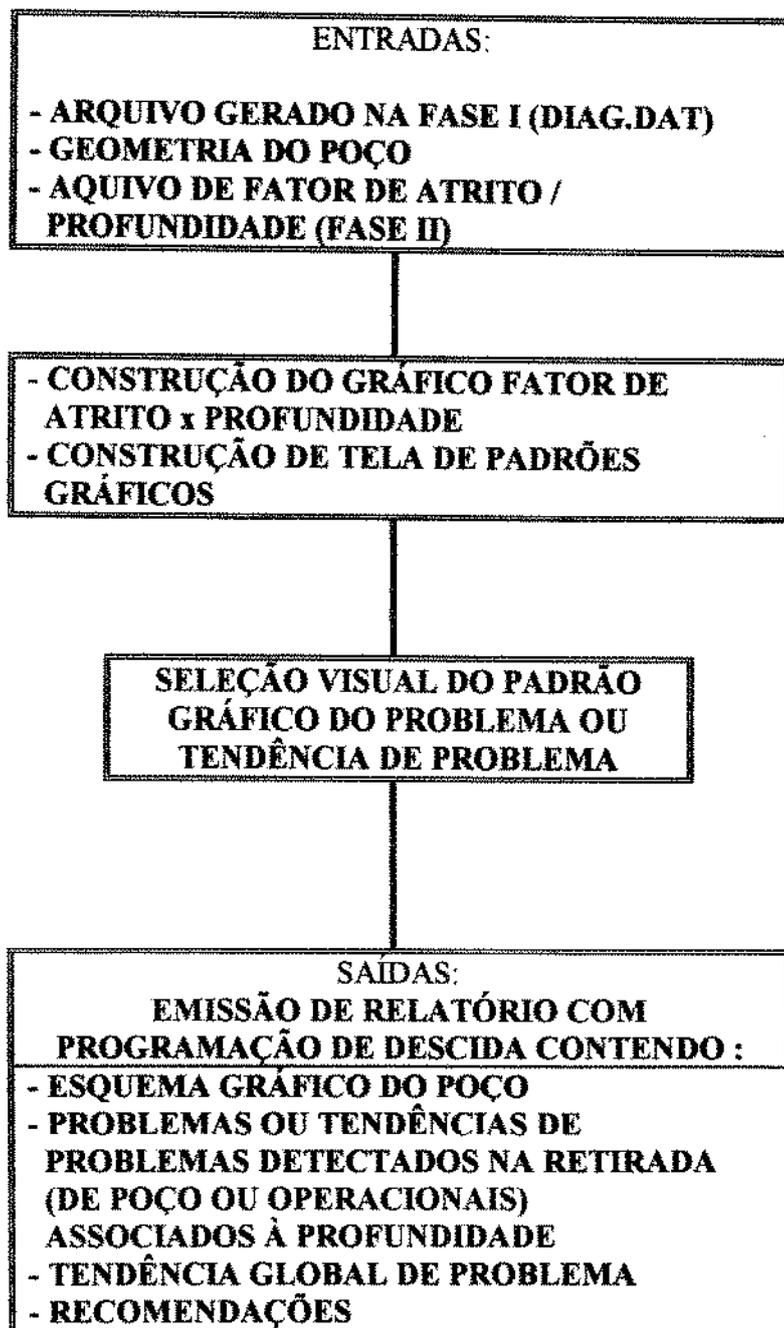
- 13) SCHILDT, H., "Inteligência Artificial Utilizando Linguagem C", McGraw-Hill, S. Paulo, 1989.
- 14) CÔRTEZ, P.L., "Turbo C : Ferramentas e Utilitários", Érica, vol. 1, S. Paulo, 1992.

DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA COMPUTACIONAL "MANOBRA"









ANEXO 2

TABELA III	
CONVERSÃO DE UNIDADES	
UNIDADES DE CAMPO	SISTEMA SI
1 pé	0,3048 m
1 pé/s	0,3048 m/s
1 pol	0,0254 m
1 grau	0,0175 rd
1 lbm	0,4536 kg
1 lbm/gal	119,8264 kg/m ³
1 lbf	4,4482 N
1 lbf.pé	1,3558 N.m
1 lbf/pol ² (psi)	6894,7591 Pa
1 lbf/100pé ²	0,4788 Pa
1 lbf/pé	14,5938 N.m
1 CP	0,0010 Pa.s
1 eq.CP	0,0010 Pa.s ²
1 gal/min	6,3090 E05 m ³ /s
1 rpm	0,1047 rs/s
1 dyna/cm ²	0,1000 P

ANEXO 3

AMOSTRAGEM DE DADOS ADQUIRIDOS PELA ANADRILL-SCHLUMBERGER

TABELA IV

Date: 01/04/92 Time: 11:00

Time	HDepth [m]	Bdepth [m]	InvROP [min/m]	HkLoad [kg]	STorq [kftlbs]	Flow [gpm]	SRPM [rpm]	PPres [psi]	TDepth [m]
11:00:06	3931.12			54.52	-4.3			72.0	3149.01
11:00:12	3931.12			54.89	-4.3			73.0	3149.01
11:00:16	3931.12			54.48	-4.3			73.0	3149.01
11:00:20	3931.12			53.48	-4.3			72.0	3149.01
11:00:24	3931.12			52.03	-4.3			73.0	3149.01
11:00:28	3931.12			52.25	-4.3			73.0	3149.01
11:00:32	3931.12			52.88	-4.3			73.0	3149.01
11:00:36	3931.12			53.71	-4.3			73.0	3149.01
11:00:40	3931.12			53.88	-4.3			74.0	3149.01
11:00:44	3931.12			53.71	-4.3			74.0	3149.01
11:00:48	3931.12			55.11	-4.3			74.0	3149.01
11:00:52	3931.12			55.57	-4.3			75.0	3149.01
11:00:56	3931.12			56.34	-4.3			75.0	3149.01
11:01:00	3931.12			54.57	-4.3			74.0	3149.01
11:01:06	3931.12			54.48	-4.3			74.0	3149.01
11:01:10	3931.12			54.34	-4.3			75.0	3149.01
11:01:14	3931.12			54.57	-4.3			75.0	3149.01
11:01:18	3931.12			54.34	-4.3			74.0	3149.01
11:01:22	3931.12			53.80	-4.3			74.0	3149.01
11:01:26	3931.12			164.29	-4.3			74.0	3149.01
11:01:30	3931.12			166.02	-4.3			74.0	3149.01
11:01:34	3931.12			167.69	-4.3			74.0	3149.01
11:01:38	3931.12			170.55	-4.3			73.0	3149.01
11:01:42	3931.12			170.78	-4.3			73.0	3149.01
11:01:46	3931.12			170.23	-4.3			73.0	3149.01
11:01:50	3931.12			170.78	-4.3			73.0	3149.01
11:01:54	3931.12			170.33	-4.3			73.0	3149.01
11:02:00	3931.12			170.10	-4.3			72.0	3149.01
11:02:04	3931.12			169.69	-4.3			73.0	3149.01

AMOSTRAGEM DE DADOS ADQUIRIDOS PELA UNIDADE DEPEX/DEPER
TABELA V

* 1 s \Rightarrow 1084 partes

ex:

2 25 32 1084 = 2:25:32.00 s

2 25 32 542 = 2:25:32.50 s

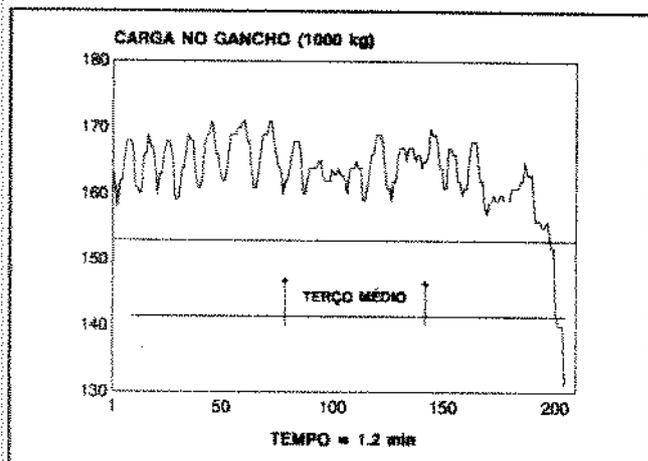
2 25 32 54 = 2:25:32.95 s

2 25 32 0 = 2:25:33.00 s

H	MIN	SEG	FRAC	CARGA
6	23	2	31	164
6	23	3	758	161
6	23	3	414	158
6	23	3	73	162
6	23	4	802	162
6	23	4	458	165
6	23	4	116	168
6	23	5	842	168
6	23	5	499	168
6	23	5	155	167
6	23	6	883	161
6	23	6	537	161
6	23	6	196	160
6	23	7	927	161
6	23	7	578	166
6	23	7	232	166
6	23	8	960	169
6	23	8	615	167
6	23	8	269	167
6	23	9	994	164
...

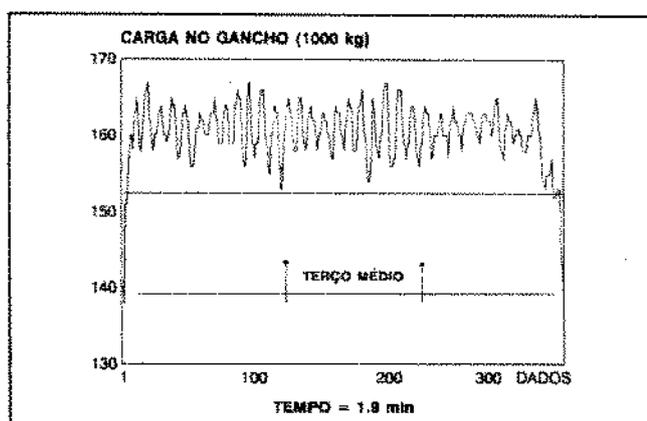
ANEXO 4

AMOSTRAGEM DE DADOS ADQUIRIDOS

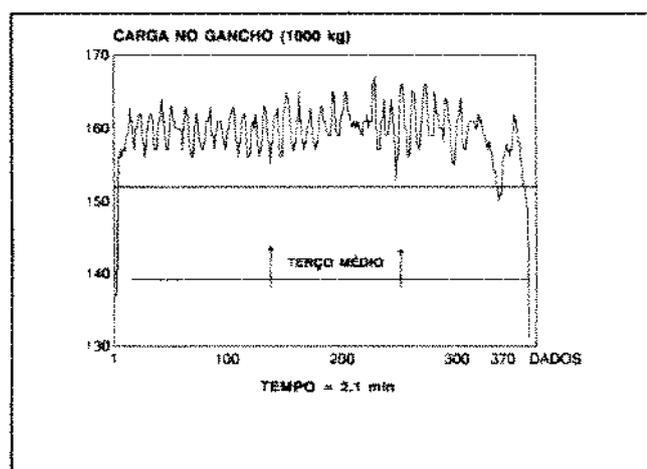


OBS:
As seções de 1 a 14 são
dados adquiridos na
unidade
DEPEX/DEPER

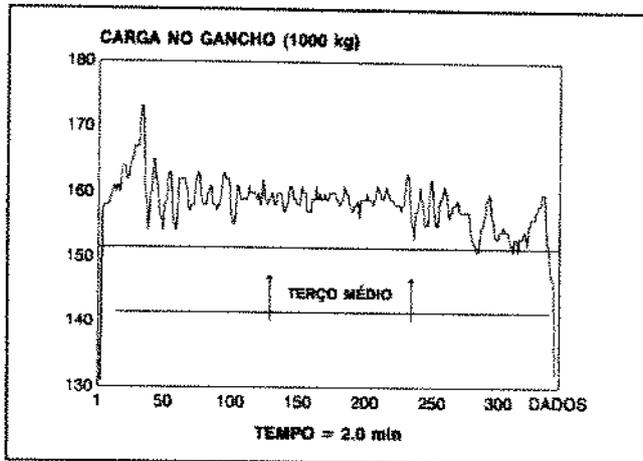
Seção 1



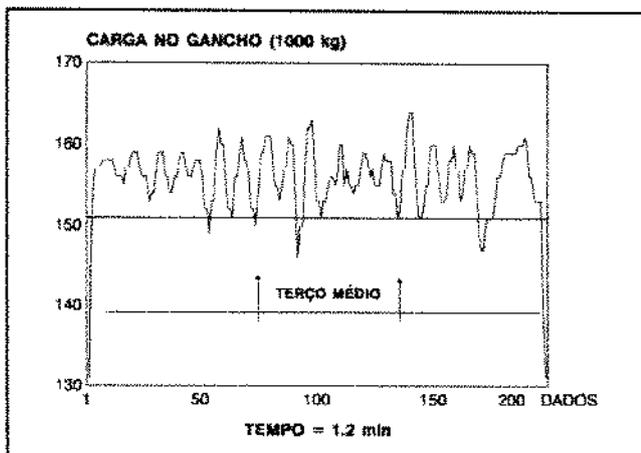
Seção 2



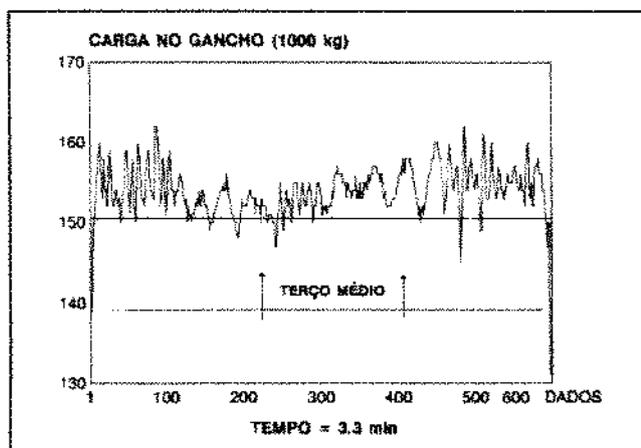
Seção 3



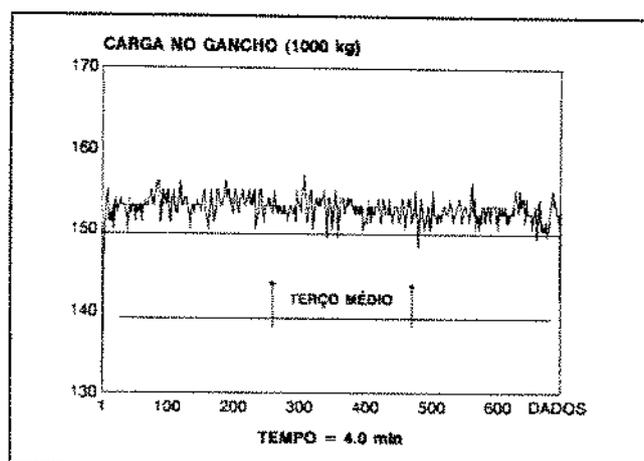
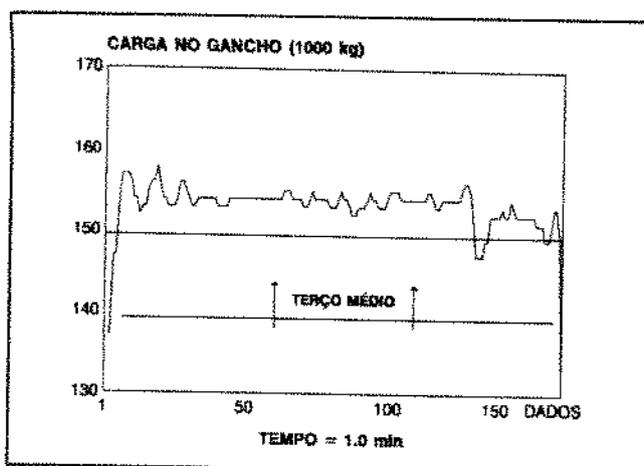
Seção 4



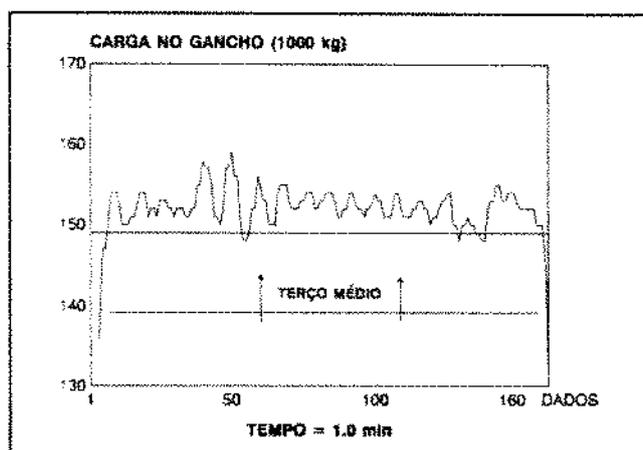
Seção 5



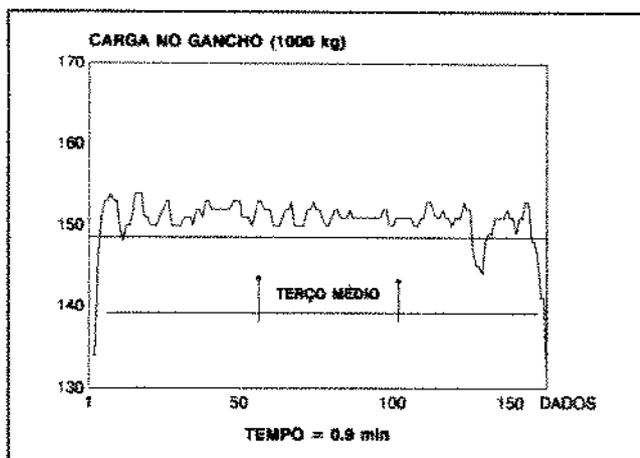
Seção 6



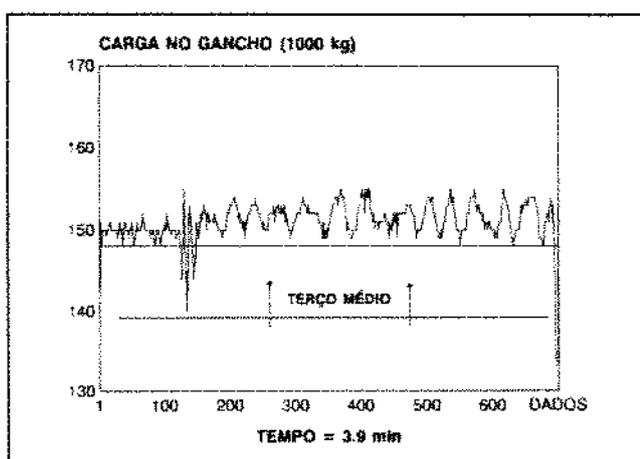
Seção 8



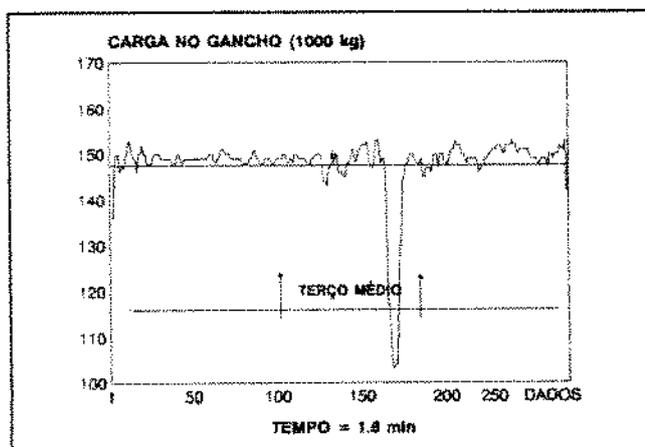
Seção 9



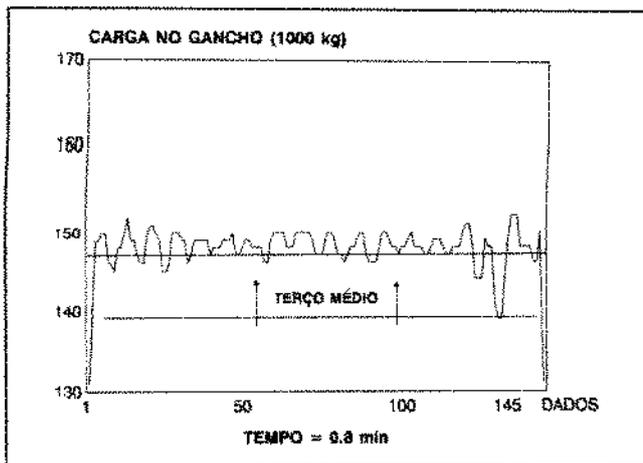
Seção 10



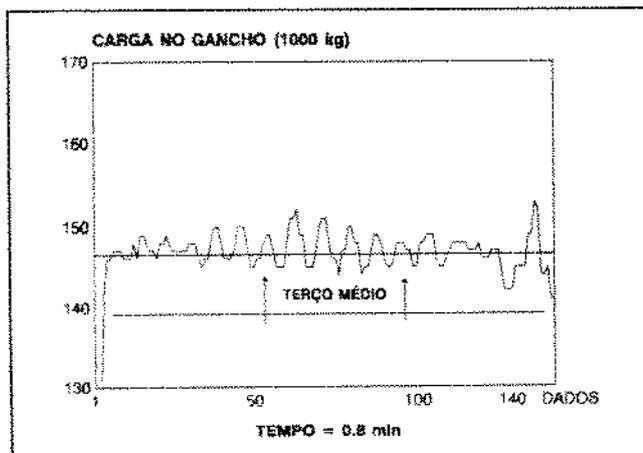
Seção 11



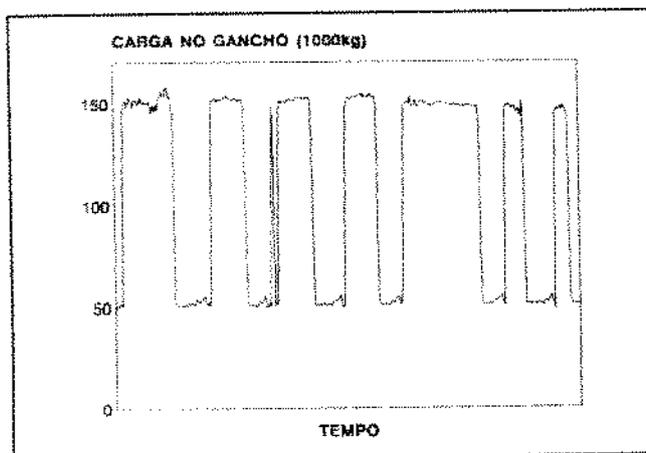
Seção 12



Seção 13



Seção 14



Amostra de dados Anadrill