

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA PARA SOLOS LATERÍTICOS: AVALIA  
ÇÃO DA METODOLOGIA E INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DAS ENERGIAS  
TÉRMICA E MECÂNICA

CARLOS ROBERTO VASCONCELOS COSTA

CAMPINA GRANDE - PB  
MARÇO DE 1983

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA PARA SOLOS  
LATERÍTICOS: AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA  
E INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DAS ENERGIAS  
TÉRMICA E MECÂNICA

CARLOS ROBERTO VASCONCELOS COSTA

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA PARA SOLOS LATERÍTICOS: AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA E INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DAS ENERGIAS TÉRMICA E MECÂNICA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOTECNIA

ORIENTADOR : JOÃO BATISTA QUEIROZ DE CARVALHO

CAMPINA GRANDE - PB

MARÇO DE 1983



C837i

Costa, Carlos Roberto Vasconcelos.

Índice de suporte Califórnia para solos lateríticos :  
avaliação da metodologia e influência dos efeitos das  
energias térmica e mecânica / Carlos Roberto Vasconcelos  
Costa. - Campina Grande, 1983.

290 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -  
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e  
Tecnologia, 1983.

"Orientação : Prof. João Batista Queiroz de Carvalho".  
Referências.

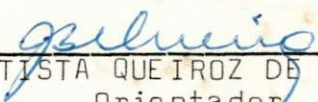
1. Mecânica dos Solos. 2. Geologia de Engenharia. 3.  
Mecânica das Rochas. 4. Dissertação - Engenharia Civil. I.  
Carvalho, João Batista Queiroz de. II. Universidade Federal  
da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título


CDU 624.131(043)

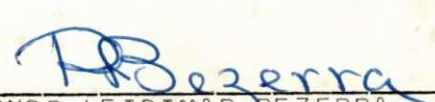
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA PARA SOLOS LATERÍTICOS: AVALIA  
ÇÃO DA METODOLOGIA E INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DAS ENERGIAS  
TÉRMICA E MECÂNICA

CARLOS ROBERTO VASCONCELOS COSTA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 22 DE ABRIL DE 1983

  
\_\_\_\_\_  
JOAO BATISTA QUEIROZ DE CARVALHO  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
JEAN PIERRE DEMARTINECOURT  
Examinador

  
\_\_\_\_\_  
RAIMUNDO LEIDIMAR BEZERRA  
Examinador

CAMPINA GRANDE - PB

DEDICATÓRIA

À memória de meu pai, Ramalho

À minha mãe, Josefa

À minha esposa, Zuleide

Aos meus filhos, Oseas e Eneas

À minha família.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor JOÃO BATISTA QUEIROZ DE CARVALHO, do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, minha expressão de gratidão e agradecimento, pela orientação, estímulo e colaboração, sem os quais a realização deste trabalho seria impossível.

Ao Professor FRANCISCO BARBOSA DE LUCENA, do mesmo Departamento, pelo apoio financeiro.

Aos funcionários FRANCISCO PAULINO FILHO, ERASMO ROCHA GUEDES e JOSÉ DE ASSIS SANTANA pelo o inestimável apoio recebido durante a realização dos trabalhos de laboratório.

Ao Acadêmico de Engenharia Civil JECONIAS DANTAS COSTA e ao funcionário WINDSOR RAMOS DA SILVA, pelos serviços de datilografia e confecção dos desenhos, respectivamente.

A Universidade Federal da Paraíba e ao Instituto de Pesquisa Rodoviárias (IPR) pelo apoio recebido.

Finalmente a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho em especial a funcionária JOSENIRA DOS SANTOS FRANÇA por sua parcela de contribuição.

## RESUMO

Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida com dezesseis solos lateríticos do Norte e Nordeste visando i) avaliar a metodologia recomendada pelo método do DNER e outros métodos existentes para a determinação do índice de suporte califórnia (CBR), ii) avaliar os efeitos das energias térmica e mecânica nos CBR's dos solos e iii) verificar a relação entre o CBR com imersão e o CBR sem imersão.

Os resultados obtidos permitiram concluir que, com relação a metodologia empregada para a determinação do CBR, a quantidade recomendável de solo (amostra) para a determinação da umidade de moldagem é de 500g e que para o traçado da curva de saturação quando da compactação torna-se necessário introduzir a densidade relativa para as partículas de dimensão superior a 2mm. Quanto a metodologia recomendada pelo DNER, para a determinação do CBR, apesar das modificações introduzidas, resultou em valores de CBR questionáveis devido as variações encontradas bem como a falta de estudo específicos para a determinação da repetibilidade do ensaio de CBR, sendo, portanto, impossível avaliar os valores obtidos nesta pesquisa. A respeito da avaliação da metodologia empregando amostras curadas previamente ao ensaio, os resultados mostraram-se inconsistentes, sugerindo a extensão de estudos com um maior número de solos.

A respeito da influência da indução da energia térmica e mecânica no valor de CBR os resultados mostraram



que os valores de CBR's foram afetados, porém, não foi possível observar uma tendência definida para todos os solos.

Com relação aos resultados dos ensaios para a determinação do CBR para os corpos de prova sem imersão e com imersão foi encontrado, para os 3 níveis de energias mecânicas, correlações altamente significativas.

## ABSTRACT

This thesis shows the results of a study on sixteen lateritic soils of the North and North-East regions of Brasil. Its purpose was as following: i) Evaluation of the methodology proposed by the DNER and other existing method to determine the Californian Bearing Ratio (CBR), ii) Evaluation of the thermal and mechanical effects on the CBR values of the soil, .iii) Verification of the relationship between the values of the CBR with and without immersion of the soil in water.

The obtained results warranted the following conclusions regarding the employed methods in the determination of CBR; the recommended amount of soil sample for the determination of the water content for moulding should be 500g and in order to draw the saturation curve the relative density of the grains with a diameter of more than 2 mm should be used.

Regarding the DNER method for determination of CBR, even with the introduced modifications, the results of the CBR were still doubtful due to the many variations encountered and the lack of specific studies to determine the repeatability of the CBR tests. This, therefore, made it impossible to compare the results obtained in this study.

With regard to the evaluation of the testing method used for the cured samples, the results showed inconsistencies and suggest a further study with a larger number of soils.

With regard to the influence of the thermal and mechanical energies on the values of CBR, the results showed that the values of CBR were affected but it was not possible to observe a certain tendency for all the soils.

With respect to the results to determine the CBR for samples with and without immersion in water, a good correlation was found for all three levels of mechanical energy used.

## ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - Introdução	3
2.2 - Influência da Energia Térmica na Propriedade de Engenharia Selecionada dos Solos Laterí- cos	3
2.3 - Influência da Energia Mecâni- ca na Propriedade de Engenha- ria Selecionada dos Solos La- teríticos	9
2.4 - Métodos de Ensaio Existentes para os Solos Lateríticos	11
2.5 - Conclusão	15
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 - Introdução	16
3.2 - Materiais	16
3.2.1 - Seleção e Localização das Jazidas Selecio- nadas	16

3.2.2 - Identificação das Jazidas Seleccionadas	26
3.2.3 - Características das Jazidas Seleccionadas	27
3.3 - Métodos de Ensaio	27
3.3.1 - Massa Específica das Partículas Sólidas	27
3.3.2 - Influência da Quantidade de Solo na Determinação da Umidade de Moldagem	31
3.3.3 - Estabilização da Umidade com a Secagem em Estufa	31
3.3.4 - Preparação das Amostras para a Determinação do Índice de Suporte Califórnia	32
3.3.5 - Moldagem dos Corpos de Prova para a Determinação do Índice de Suporte Califórnia	32
3.3.6 - Rutura dos Corpos de Prova para a Determinação do Índice de Suporte Califórnia	33
3.3.7 - Determinação do Índice de Suporte Califórnia	

nia Sem Imersão e Com Cura Prévia das Amos tras	34
-------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTA DOS	37
---------------------------------------------------------	----

4.1 - Introdução	37
------------------	----

4.2 - Resultados Obtidos por Outros Investigadores	37
-------------------------------------------------------	----

4.3 - Resultados Obtidos Nesta Pes quisa	40
---------------------------------------------	----

4.3.1 - Avaliação do Método de Ensaio Utilizado para a Determinação do Índice de Suporte Ca lifórnia	40
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

4.3.1.1-Determinação da Umida de de Moldagem	40
-------------------------------------------------	----

4.3.1.2-Preparação das Amos tras para a Determina ção do Índice de Su porte Califórnia	44
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

4.3.1.3-Traçado da Curva de Saturação	44
------------------------------------------	----

4.3.1.4-Avaliação da Metodolo gia Utilizada Através dos Valores do Índice	
---------------------------------------------------------------------------------	--

de Suporte Califórnia Obtido	45
4.3.1.5-Análise do Método de Ensaio Através da De- terminação do Índice de Suporte Califórnia Sem Imersão e Com Cu- ra Prévia das Amos- tras à Temperatura Am- biente	65
4.3.1.6-Conclusão Final sobre a Metodologia Utiliza- da	72
4.3.2 - Influência da Indução da Energia Térmica no Valor do Índice de Su- porte Califórnia	73
4.3.3 - Influência da Indução da Energia Mecânica no Valor do Índice de Suporte Califórnia	116
4.3.4 - Efeito Conjunto da E- nergia Térmica e da E- nergia Mecânica no Va- lor do Índice de Su- porte Califórnia	143
4.3.5 - Relação entre os Valo- res do Índice de Su-	

porte Califórnia Sem	
Imersão e Com Imersão	146
4.3.5.1-Introdução	146
4.3.5.2-Resultados Obtidos	147
4.3.5.3-Conclusão	149
4.3.6 - Avaliação da Expansão	150
4.3.6.1-Introdução	150
4.3.6.2-Resultados Obtidos	150
4.3.6.3-Conclusão	151
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	153
CAPÍTULO VI - SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	159
BIBLIOGRAFIA	160
APÊNDICE I	169
APÊNDICE II	173
APÊNDICE III	207
APÊNDICE IV	272
APÊNDICE V	275
APÊNDICE VI	279
APÊNDICE VII	284



## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

Sabe-se que os solos vermelhos tropicais também conhecidos como solos lateríticos têm suas propriedades influenciadas pelos diversos tipos de intemperismo sejam estes, físico, químico ou mecânico. Associados a estas formas de intemperismos estão a temperatura, como forma de energia térmica, e a energia mecânica. A exemplo do que ocorre com o modo de formação, as propriedades dos solos lateríticos, principalmente as propriedades de engenharia, são também afetadas por estas formas de energias.

Outra particularidade dos solos lateríticos é o que se refere aos métodos de ensaios. Como se sabe os métodos de ensaios normalmente empregados na engenharia rodoviária foram desenvolvidos para solos de regiões temperadas, aos quais satisfazem, mas quando aplicados aos solos de regiões tropicais apresentam resultados em alguns casos questionáveis.

Assim, pela complexibilidade do seu comportamento, necessário se faz um estudo dos métodos de ensaios existentes bem como estudos que permitam avaliar a influência das energias térmica e mecânica nas propriedades de engenharia.

Esta pesquisa objetiva:

1. Estudar as influências das energias térmica e

mecânica no parâmetro de resistência, mais precisamente no valor do Índice de Suporte California (CBR) de vários solos lateríticos.

2. Avaliar a metodologia de ensaio para determinação do CBR.
3. Verificar a relação entre o CBR com imersão e o CBR sem imersão.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 - Introdução

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica das propriedades dos solos lateríticos relacionadas com os objetivos desta pesquisa. A revisão abordará os seguintes tópicos:

- Influência da Energia Térmica em Propriedade de Engenharia Seleccionada
- Influência da Energia Mecânica em Propriedade de Engenharia Seleccionada
- Métodos de Ensaio Existentes para os Solos Lateríticos

A propriedade de engenharia seleccionada para o estudo foi o Índice de Suporte Califórnia (CBR) devido a sua importância para a Engenharia Civil.

#### 2.2 - Influência da Energia Térmica na Propriedade de Engenharia Seleccionada dos Solos Lateríticos

A influência da energia térmica nos parâmetros de engenharia está, até certo ponto, relacionada com a composição mineralógica do solo. Dois fatores parecem ser os responsáveis pelas variações nas propriedades com a secagem: a

tendência para formar agregações e a perda de água dos mine  
rais hidratados. O primeiro fator foi abordado por Hirashima  
(1948) e posteriormente por Terzaghi (1958). Com a secagem,  
as frações tamanho silte e argila aglomeram-se para formar  
tamanho areia. Shuster (1970), afirma que a haloisita com a  
secagem à 105°C se transforma em metahaloisita com reação  
irreversível. Esta transformação afeta as propriedades de  
engenharia dos solos tropicais (lateríticos), tais como, gra  
nulometria, plasticidade e resistência. Meireles (1971), a  
pontou os argilo - minerais, alofano, haloisita hidratada, goe  
tita e gibsita como os mais susceptíveis a afetarem determi  
nadas propriedades dos solos com a secagem. Por outro lado,  
Frost (1967), atribui as variações das propriedades dos so  
los lateríticos como sendo em parte devidas à gibsita par  
cialmente hidratada. A causa desta variação é devida à desi  
dratação dos elementos ferro e alumínio.

As alterações ou modificações na granulometria  
dos solos lateríticos com a secagem se devem à aglomeração  
da fração tamanho argila para o tamanho silte. Por exemplo,  
Moh e Mozhar (1969) e Wallace (1973), mostraram que a seca  
gem provocou a agregação de grande número de partículas de  
silte e argila para formar partículas tamanho areia. Por ou  
tro lado, Newill (1961) e Frost (1967) verificaram que a  
variação na granulometria com a secagem é acentuada nos so  
los ricos em haloisita. Estudos feitos por Moh e Mozhar  
(1969), indicaram praticamente as mesmas conclusões. No en  
tanto, para solos lateríticos ricos em caulinitas e com au  
sência de haloisita e metahaloisita não foi observado in  
fluência considerável nas distribuições granulométricas com

a secagem. Terzaghi (1958) e Moh e Mazhar (1969), atribuíram a redução na percentagem da fração tamanho argila à "coagulação" das partículas por óxido de ferro livre.

Com relação aos limites de Atterberg, Fruhauf (1946), Terzaghi (1958) e Frost (1967), mostraram uma redução, com a secagem, do limite de liquidez referente a fração tamanho argila. A grande quantidade de óxido de ferro livre proporciona ligações fortes das partículas de tamanho argila formando grupos de partículas maiores. Isto reduz a superfície específica absorvendo menos água e, em consequência diminuindo o valor do limite de liquidez. Este fenômeno foi também observado por Moh e Mozhar (1969) e Ne will (1961).

Uma pesquisa desenvolvida no LNEC (1959) submetendo 30 amostras de solos lateríticos de Lourenço Marques à secagem ao ar e em estufa a temperatura de 60°C e 110°C, mostrou que o limite de liquidez diminuiu com o aumento da temperatura enquanto que o limite de plasticidade não sofreu praticamente nenhuma alteração. Efeito semelhante foi observado por Gidigasú e Yeboa (1972) ao estudarem um solo da floresta de Ghana. No entanto, estudos realizados com solos de Savana de Ghana não apresentaram idêntico comportamento. Isto indica a influência do clima nas propriedades dos solos lateríticos como é o caso dos solos de Savana que podem provocar "in situ" a desidratação e alteração das formas hidratadas dos argilo-minerais e elementos amorfos presentes.

Aspectos bastantes interessantes foram observados por Frost (1967) para solos contendo haloisita. Estes solos perdem apenas parcialmente a plasticidade com o trata

mento térmico enquanto que o solo contendo gibsita e/ou alfano perde totalmente a plasticidade. Fenômeno idêntico foi também observado por Birrell (1952).

Para medir o potencial de sensibilidade do solo à secagem, Tateishi (1967), sugeriu a adoção do índice de agregação. Este índice, corresponde à relação entre o equivalente de areia do solo seco em estufa e o equivalente de areia do solo natural. Os solos com índice de agregação superior à 2, são solos cujas propriedades são facilmente afetadas pela secagem.

A respeito da influência da energia térmica sobre a resistência dos solos lateríticos, alguns autores afirmam que com a secagem, a massa específica aparente seca máxima aumenta, a umidade ótima diminui enquanto que o índice de suporte califórnia (CBR) aumenta. Por exemplo, Yossef (1961), e Newill (1961) determinaram para um solo que continha haloisita hidratada que a secagem ambiente aumentou a massa específica aparente seca máxima e diminui a umidade ótima. O mesmo solo contendo metahaloisita não foi influenciado com a secagem. Esta variação é atribuída à água intercalada na haloisita hidratada. Este mesmo efeito foi observado por Brand e Hongsnoi (1969).

Frost (1967), verificou que o índice de suporte califórnia (CBR) aumentou com o aumento da temperatura de secagem. Ele atribuiu este aumento, à presença do mineral gibsita. Novais Ferreira e Meireles (1969), realizando en saios com duas amostras de solos lateríticos de Angola, contendo os minerais caulinita, goetita e gibsita, verificaram um aumento no valor do CBR com o aumento da temperatura. Estu

dos realizados pela Lyons Associates (1975), mostraram que o fenômeno observado por Frost (1967) se deve não somente à presença da gibsita mas também à haloisita hidratada e ao alofano.

Brand e Hongsnoi (1969), mostraram que os valores do índice de suporte califórnia sem imersão foram, para os solos secos em estufa, maiores do que os mesmos para os solos no estado natural. No entanto, outros solos apresentaram um comportamento diferente. Os valores de índice de suporte califórnia, obtidos com solos secos em estufa e com imersão, foram maiores dos que os mesmos obtidos com solos naturais. Isto é atribuído à menor absorção de água e menor expansão apresentadas para o solo seco em estufa.

Ferreira (1976), estudando solos lateríticos de Sapé-Mari (paraíba), através de ensaios triaxiais adensados não drenados com corpos de prova saturados, verificou um aumento na coesão efetiva e uma redução no ângulo de atrito e efetivo para o solo seco a 60°C quando comparado aos resultados obtidos para o solo seco ao ar. O autor atribuiu tal comportamento à transformação de materiais amorfos em materiais cristalinos que poderiam ter cimentado de maneira mais eficiente as partículas do solo. Por outro lado, Carvalho (1981) estudando o efeito da secagem nas propriedades elásticas e de resistência de alguns solos lateríticos do Norte e Nordeste do Brasil, concluiu que o aumento da temperatura de secagem tendeu a diminuir a coesão para alguns solos enquanto que o módulo de elasticidade foi afetado, sem no entanto, ser observada uma tendência bem definida.

Finalmente, Brand e Hongsnoi (1969) ao estudarem

11 solos da Tailândia, verificaram que alguns destes solos apresentaram, durante o ensaio sem imersão, maiores valores de CBR para os solos seco em estufa do que para os solos naturais. Outros solos apresentaram um comportamento inverso a este. Quando da imersão, o valor do CBR para o solo seco em estufa apresentou uma "forte tendência" de ser maior do que o mesmo para o solo natural. Tal comportamento para o CBR imerso foi atribuído à menor absorção de água e menor expansão apresentada para o solo seco em estufa. O efeito da secagem na mineralogia destes solos foi estudado por Moh e Muzhar (1969). Devido aos tipos de argilo minerais presentes, foi observado que estes não eram significativamente afetados pela secagem. A fração inferior a 0,002 mm era predominantemente composta de caulinita, ilita e montmorilonita ou a mistura dos 3. Não foi observada, para nenhum dos 11 solos, a presença de haloisita ou meta-haloisita. Assim, devido à dificuldade encontrada, Brand e Hongsnoi (1969) concluíram ser difícil prever a variação de resistência nos solos compactados provocada pela secagem.

Como se observa, a influência da energia térmica nos parâmetros de engenharia é ainda relativamente limitada e em certos casos discutível. Isto indica a necessidade de estudos específicos que tornariam possível uma melhor definição nas variações dos parâmetros dos solos que são afetados, com a indução da energia térmica.



### 2.3 - Influência da Energia Mecânica na Propriedade de Engenharia Selecionada dos Solos Lateríticos

Muitos autores tem observado que as propriedades de engenharia dos solos lateríticos são influenciadas pelas diferentes formas e intensidades de energia mecânica.

Borba (1976), estudando o solo laterítico de Sapé, afirmou ser este solo constituído por uma estrutura meta-estável possuindo vazios com intra agregações isoladas cujo colapso sob um estado de tensões, função do teor de umidade, provoca o surgimento de pressões negativas e assim, elevada energia de compactação pode provocar o colapso dessas estruturas causando aumento na coesão do solo.

A estrutura granular comumente apresentada pelos solos lateríticos é a responsável pela sua baixa plasticidade, alta resistência e permeabilidade. Tais propriedades, são no entanto, afetadas com o processo de remoldagem ou degradação da estrutura granular sob tensões mecânicas, como é o caso da compactação. Estudos realizados por De Graft-Johnson e Bhatia (1969), Townsend et al. (1969), Hammond (1970), verificaram que a quebra das partículas está diretamente ligada a sua resistência. Por outro lado, Bhatia e Hammond (1970), verificaram que quanto maior o teor de óxido de ferro e mais desidratadas são as partículas concrecionárias, maiores resistências são apresentadas por estas partículas.

Meireles (1971), observou que o aumento na energia de compactação acarretava uma diminuição no tamanho das partículas do solo com aumento no teor da fração tamanho

argila, aumentando, em consequência, o índice de plasticidade. A fração tamanho argila com a quebra das concreções é geralmente pouco ativa devido a esta ser recoberta parcialmente ou totalmente pelo óxido de ferro. Por outro lado, Little (1969) e Sherwood (1967) estudando solos lateríticos, concluíram que o limite de liquidez era susceptível a variação devido ao trabalho dispensado ao solo antes do ensaio. Assim, o limite de liquidez de uma argila vermelha estudada por eles, apresentou aumento de 60% depois de 10 minutos de manuseio, de 85% depois de 3 horas de manuseio. Um aumento do trabalho mecânico subsequente aumentou o limite de liquidez para mais de 100%.

Meireles (1971), verificou que a compactação promove principalmente a quebra das partículas da fração maior do que 0,074mm; a massa específica aparente seca máxima sofreu pequena variação enquanto que a umidade ótima diminuiu com o aumento da energia mecânica. Quando da quebra das partículas conduzirem para melhorar a graduação, maior a massa específica aparente seca máxima; quando para uma pobre graduação, menor a massa específica aparente seca máxima.

Newill e Dowling (1969) estudando os solos de Uganda, mostraram que o aumento da energia de compactação provocou uma redução na umidade ótima e aumentos na massa específica aparente seca máxima e no índice de suporte califórnia. No entanto, estudos feitos com solos lateríticos de Sokoto na Nigéria, não apresentaram idêntico comportamento. De Graft-Johnson e Bhatia (1969), afirmaram que o aumento no esforço de compactação pode aumentar ou diminuir o valor do índice de suporte califórnia. Isto foi de

monstrado por Evans (1958), trabalhando com cascalhos lateríticos de Uganda. Do aumento no esforço de compactação resultou um aumento no índice de suporte califórnia sem imersão. Contudo, para alguns solos, dependendo do tipo de argilo-mineral presente, o aumento do esforço de compactação resultou na redução do índice de suporte califórnia sem imersão também como no índice de suporte califórnia com imersão.

De Graft-Johnson et al. (1968) verificaram que um aumento considerável na energia de compactação pode aumentar ou diminuir o CBR. Tais variações nos valores do CBR foram atribuídas à presença de caulinita no solo, que tem uma estrutura sensível e tende a dispersar com o aumento do esforço de compactação no lado úmido da curva de compactação.

Verifica-se, portanto, que devido ao limitado número de pesquisas, não se pode ainda definir claramente o comportamento de um solo laterítico quando submetido ao aumento de energia mecânica, principalmente no tocante ao índice de suporte califórnia. Desta maneira ainda necessário se faz, estudos que possam avaliar em maior profundidade o efeito da energia mecânica nas propriedades de engenharia, principalmente no índice de suporte califórnia.

#### 2.4 - Métodos de Ensaios Existentes para os Solos Lateríticos

A reprodutibilidade e a repetibilidade dos resultados de ensaios são a base para a generalização do seu uso. No caso de solos lateríticos, os índices clássicos nem sempre

satisfazem estas condições, pois sabe-se, que há uma variação nos resultados dos ensaios comuns de caracterização para pequenas variações da técnica utilizada, bem como há, variação nas suas propriedades de engenharia com o tempo e as condições físicas e/ou química do meio em que os solos são expostos. Como se sabe, os solos lateríticos possuem uma estrutura sensível à manipulação e ao trabalho mecânico. Tal comportamento impõe a necessidade de cuidados especiais na extração e quarteamento dos solos (LNEC, 1969), bem como na preparação das amostras para ensaios de caracterização, químicos e mineralógicos. A sensibilidade da estrutura dos solos lateríticos à manipulação e ao trabalho mecânico tem frequentemente sido comprovada através de ensaios de caracterização (Frost 1967 Winterkorn e Chandrasekharan 1951, LNEC 1959, LNEC 1969, Townsend et al. 1969 e 1971 e Wesley 1973).

Estudos realizados por De Graft-Johnson (1969), mostraram que as curvas granulométricas eram influenciadas pelo método de ensaio. Um problema associado com a determinação dos limites de Atterberg dos solos lateríticos e o efeito de manuseio na preparação de amostra foi levantado por Sherwood (1967). Foi observado que o limite de liquidez aumentou com o aumento do tempo de operação enquanto que o limite de plasticidade não foi influenciado significativamente pela moldagem. Winterkorn e Chandrasekharan (1951), verificaram que o efeito da remoldagem na variação dos limites de Atterberg de solos lateríticos é causado pela alteração na estrutura dos argilo-minerais que estão na forma de grupo. Estes são dispersados por rigorosa operação mecânica inerente ao ensaio. Townsend (1971), verificou que a remol

dagem produz pequenos micro-agregados de argila impregnada de ferro. O alto teor de umidade se deve à água retida dentro das micro-agregações porosas.

Nixon e Skipp (1957), mostraram que o índice de suporte califórnia imerso apresenta menor valor do que o índice de suporte califórnia sem imersão. Entretanto relatavam que para amostras de solo de Uganda e Ghana o índice de suporte califórnia imerso foi maior do que o mesmo sem imersão. Eles atribuíram esta diferença à dificuldade de se obter uma superfície plano no topo do corpo de prova, portanto, devido ao método de ensaio.

Mahmood (1969), compactando amostras de solo seco ao ar e imediatamente após o umedecimento e homogeneização, 24 horas e 90 horas após, a fim de se obter o equilíbrio da mistura, encontrou que a massa específica aparente seca máxima era mantida, no entanto o tempo de cura aumentava a umidade ótima. Tal comportamento se deve à quebra das grandes concreções e/ou torrões do solo que é influenciado pelo tempo de cura, tendo-se assim, uma maior quantidade de água para ser distribuída uniformemente através da massa de solo depois de um longo período de cura. Corpos de prova moldados imediatamente após a adição de água provavelmente têm uma relativamente mais floculada estrutura devido à água não ser disponível para muitas partículas no momento da compactação.

Outro problema associado aos solos lateríticos é a sua sensibilidade às variações no teor de umidade. O suporte desses solos aumenta acentuadamente para uma pequena diminuição na umidade. Dados disponíveis na literatura têm

mostrado que pequenas variações na execução do ensaio, podem acarretar variação considerável no índice de suporte califórnia. Por exemplo, Falcão e Castro (1975), observaram que uma pequena variação no teor de umidade no ramo úmido da curva de compactação provocava uma queda acentuada no valor do CBR. O valor do CBR passou de 80% (umidade ótima) para 35% quando a amostra sofreu uma variação de 1% no teor de umidade (ramo úmido). Este é um problema que surge com frequência ao determinar-se o valor do CBR para solos lateríticos através do método DNER-ME 49-74, pois, a menos que se obtenha um ponto muito próximo da umidade ótima, o "pico" da curva fica indefinido.

Outro fator por vezes contraditório é a influência da secagem na preparação das amostras de ensaio. Observa-se, contudo, que os métodos convencionais de ensaios comumente empregados admitem a secagem do solo à temperatura que não exceda 60°C (DNER-ME-41-63), enquanto que outros métodos recomendam à secagem a 110°C.

Assim, com relação ao método do ensaio normalmente empregado aos solos lateríticos, observa que o mesmo pode conduzir a resultados muitas vezes discutíveis ou questionáveis. Este aspecto acentua-se ainda mais no que diz respeito à determinação do valor do índice de suporte califórnia. Um entendimento racional e adequado do valor de suporte de um solo laterítico será sem dúvidas alcançado com o desenvolvimento de estudos específicos com os solos lateríticos. Estes estudos devem necessariamente avaliar os métodos de ensaios existentes, particularmente no qual se diz respeito à determinação do CBR.

## 2.5 - Conclusão

A revisão bibliográfica apresentada mostrou que a influência da energia térmica e da energia mecânica em determinados parâmetros de engenharia dos solos lateríticos, como por exemplo, granulometria, plasticidade e alguns parâmetros de resistência, é ainda discutível. Por outro lado no que se refere ao fato dos métodos de ensaios existentes conduzirem a resultados satisfatórios e/ou confiáveis, isto quando aplicados aos solos de regiões temperadas, o mesmo não ocorre quando estes métodos são empregados aos solos lateríticos pois tendem a fornecerem resultados de validade limitada. Desta maneira, necessário se faz desenvolver estudos que permitam uma avaliação adequada das propriedades dos solos lateríticos principalmente no que se refere ao efeito da indução de energia térmica e de energia mecânica nas diversas propriedades dos solos e, como também, uma avaliação dos métodos de ensaios. Esta pesquisa, visa, assim estudar/avaliar:

- o efeito das energias térmica e mecânica nos parâmetros de engenharia dos solos lateríticos, mais precisamente, no valor do índice de suporte califórnia.
- método de ensaio existente recomendado para o ensaio de índice de suporte califórnia.
- a relação entre o CBR com imersão e o CBR sem imersão.

## CAPÍTULO III

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Introdução

Este capítulo apresenta os materiais e métodos de ensaios utilizados nesta pesquisa. Quando o método for normalizado, somente referência será feita, no entanto, quando alguma modificação for introduzida, o método será apresentado integralmente.

O fluxograma da Figura 3.1 mostra o desenvolvimento da pesquisa.

#### 3.2 - Materiais

##### 3.2.1 - Seleção e Localização das Jazidas Seleccionadas

A seleção das jazidas foi feita baseada em um estudo preliminar sobre a ocorrência de jazidas de solos lateríticos nos estados da Paraíba, Pará, Maranhão e Piauí. Esta seleção baseou-se nos critérios de geologia da área, clima e precipitação pluviométrica e pela viabilidade e potencial de utilização desses solos em obras de engenharia.

A localização das 16 (dezesseis) jazidas seleccionadas é mostrada na Figura 3.2.1 enquanto que os perfis das referidas jazidas são mostrados na Figuras 3.2.1-A até Q.



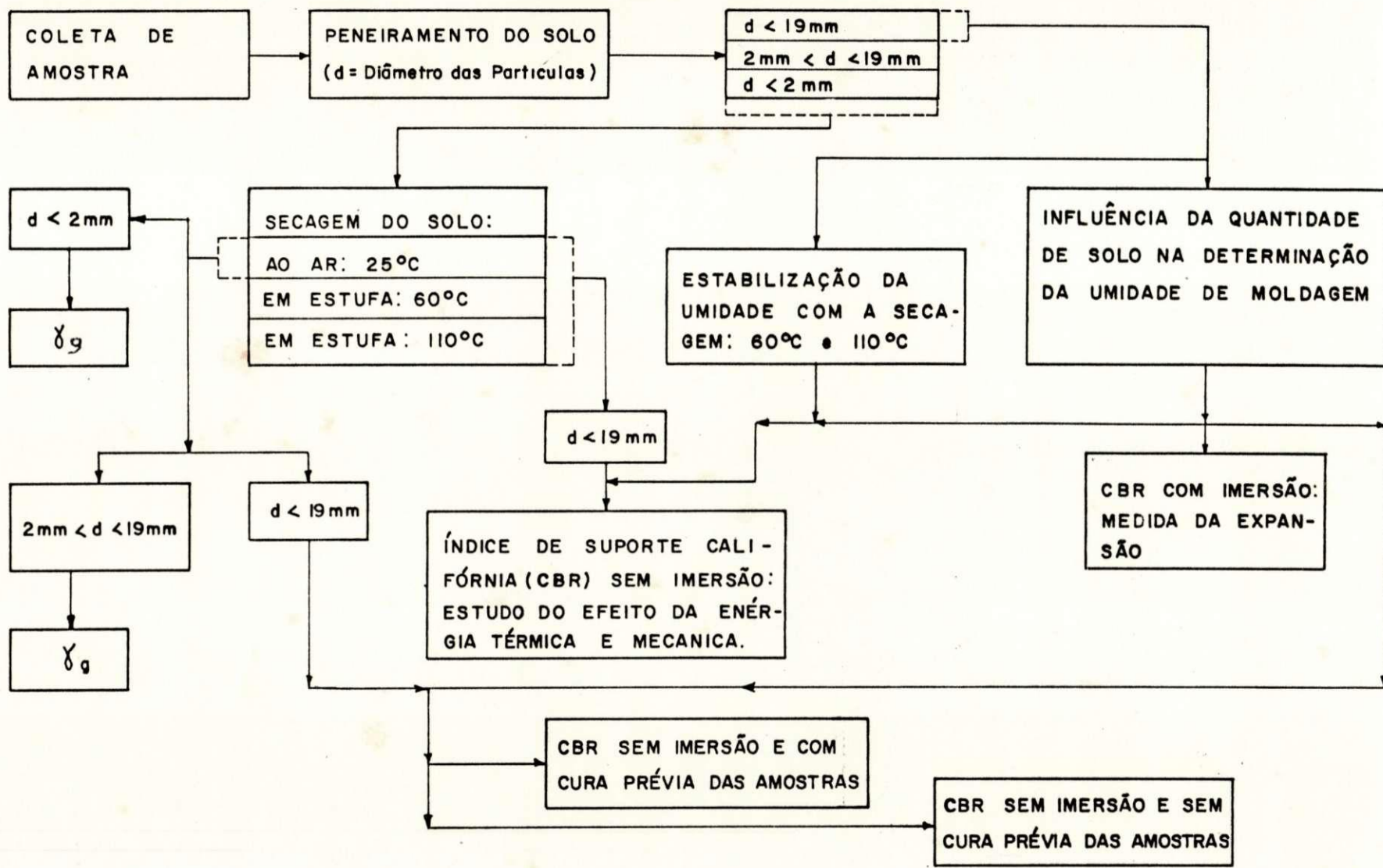


Figura 3.1 - Fluxograma das Atividades Desenvolvidas.



Figura 3.2.1 - Localização das Jazidas Selecionadas para a Pesquisa.

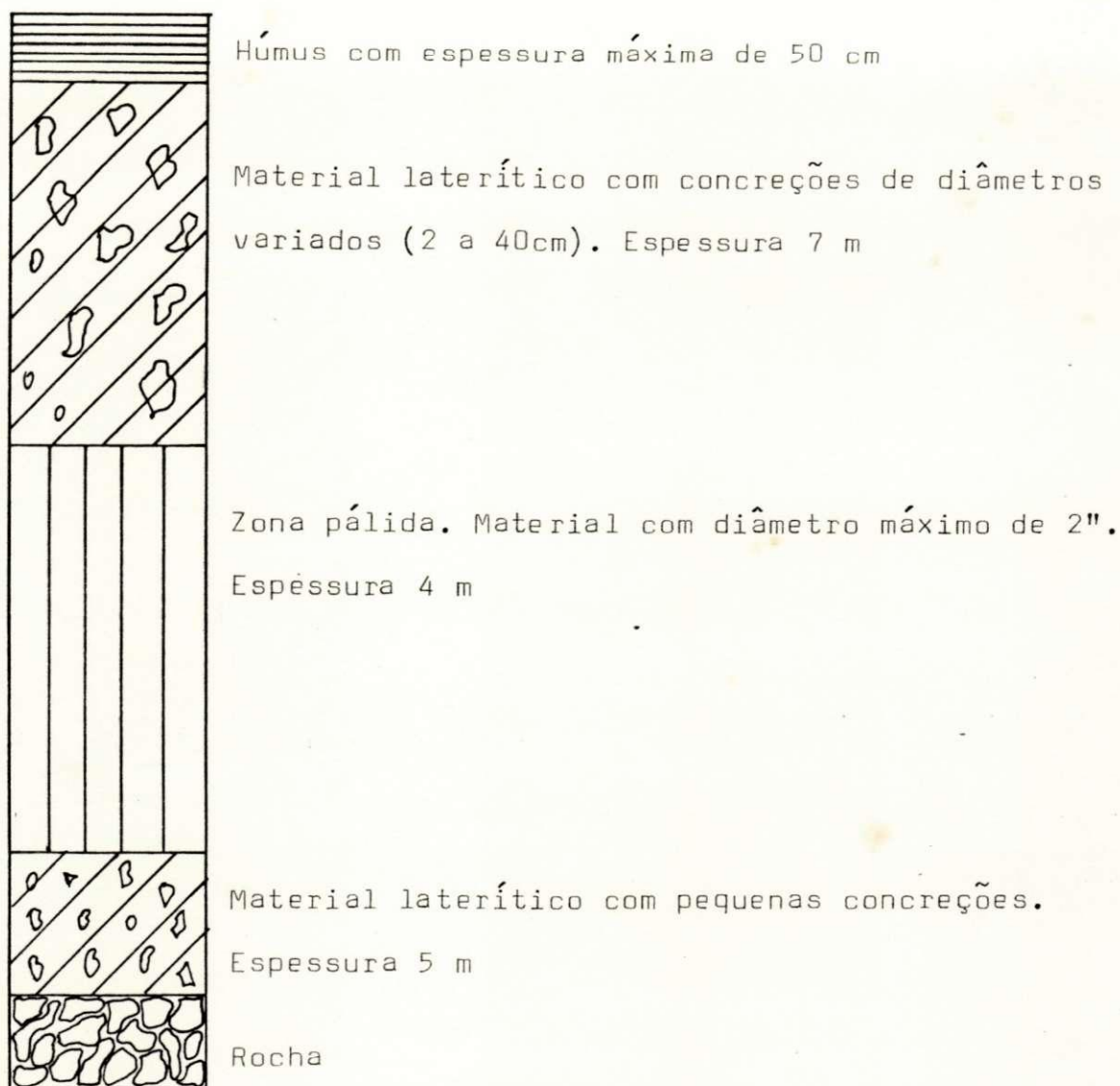


Figura 3.2.1-A - Jazida João Pessoa (JPPB)

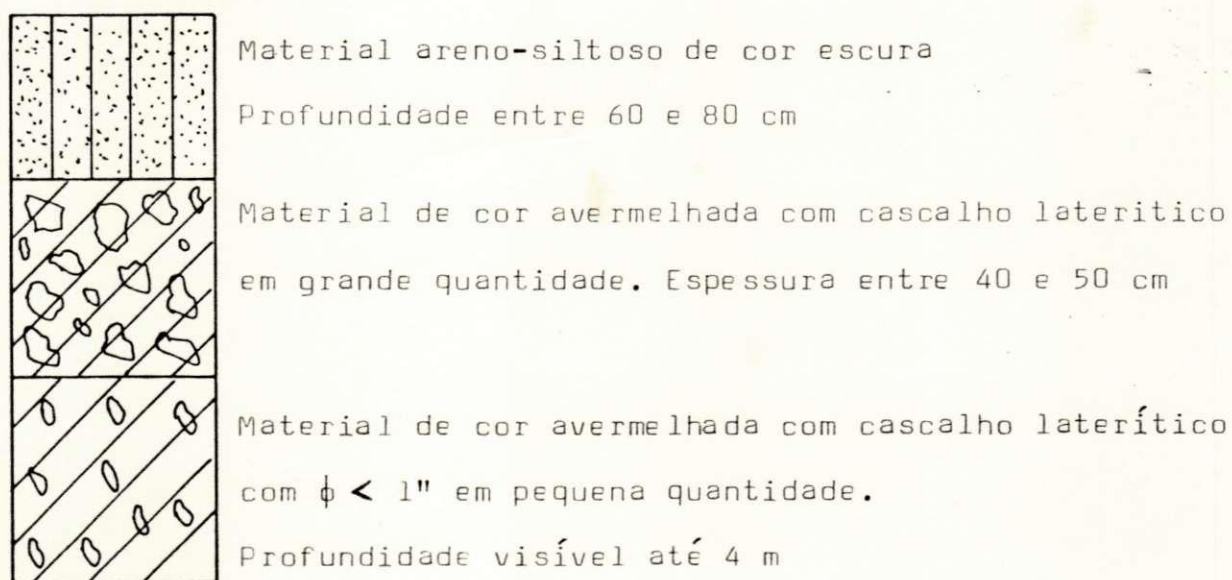


Figura 3.2.1-B - Jazida Areia (ARPB)

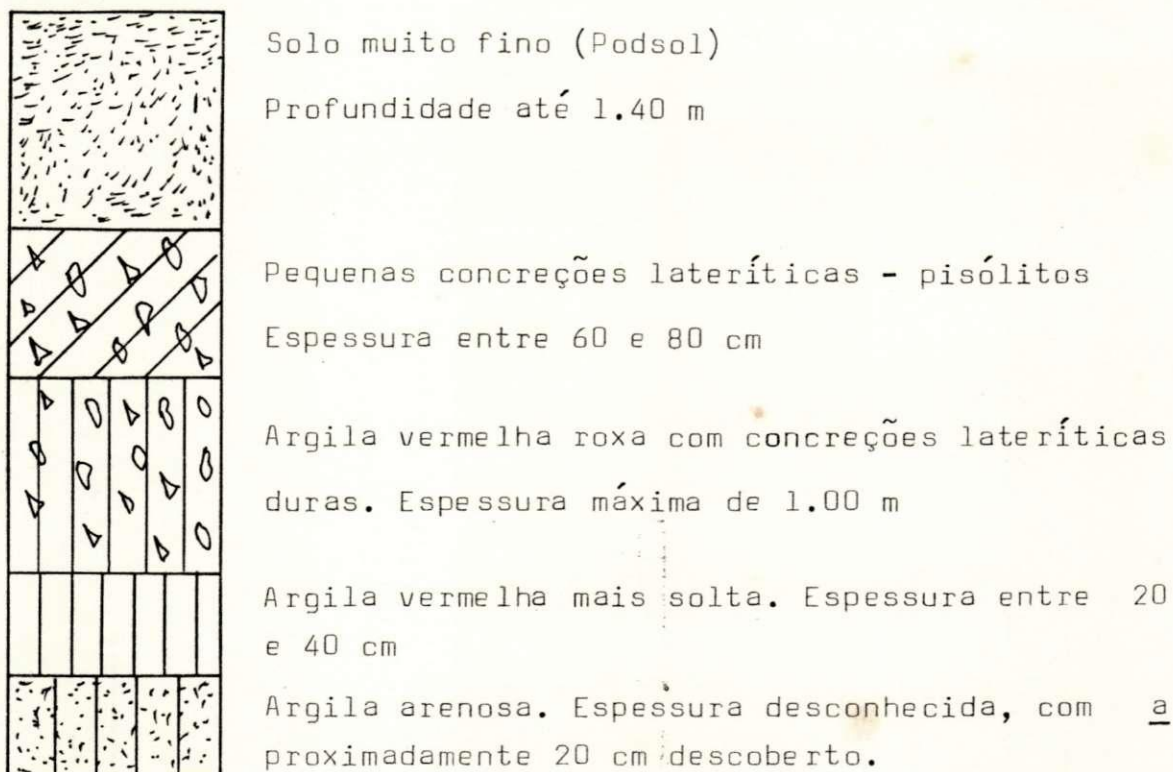


Figura 3.2.1-C - Jazida Sapé (SPPB)

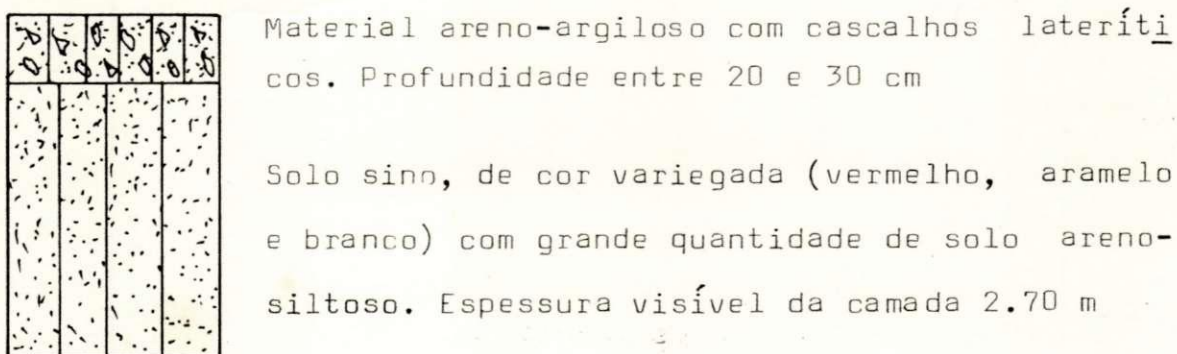


Figura 3.2.1-D - Jazida Teixeira (TEPB)

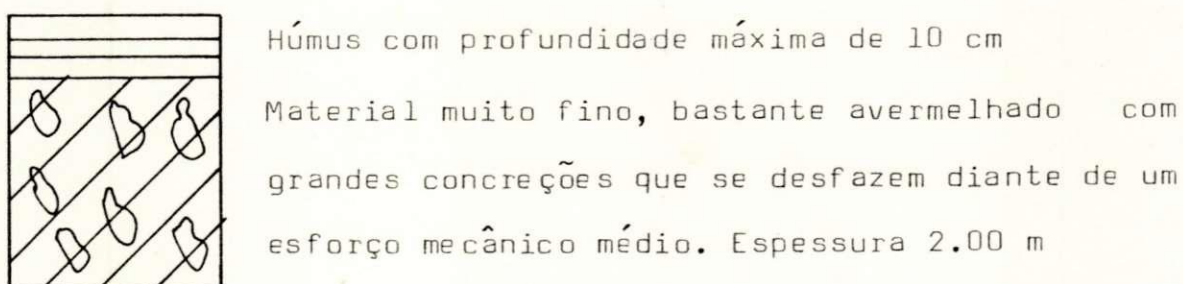
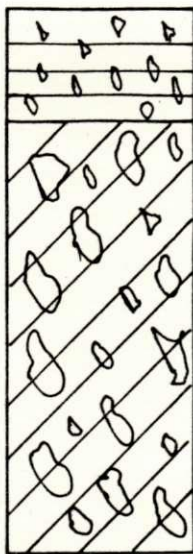


Figura 3.2.1-E - Jazida Gilbués (GIPI)

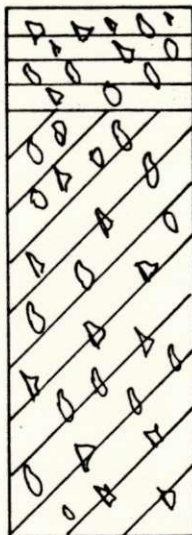


Húmus com grande quantidade de cascalho.

Profundidade até 20 cm

Material fino de cor amarela com grande quantidade de concreções de dimensões variadas de cor vermelho escuro. Espessura visível até 2.00 m

Figura 3.2.1-F - Jazida Cuité (CTPB)

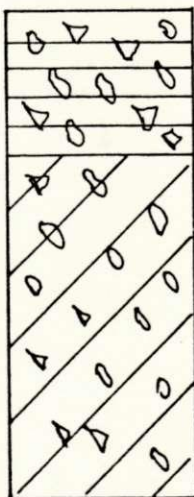


Húmus com pequenas concreções.

Profundidade até 20 cm

Solo laterítico avermelhado com pequenas concreções. Espessura visível até 2.00 m

Figura 3.2.1-G - Jazida Picos (PIPI)



Húmus com cascalho laterítico de cor escura.

Profundidade até 0,30 m

Solo laterítico avermelhado com pequenas concreções. Espessura de 0.70 m

Figura 3.2.1-H - Jazida Vargem Grande (VGMA)

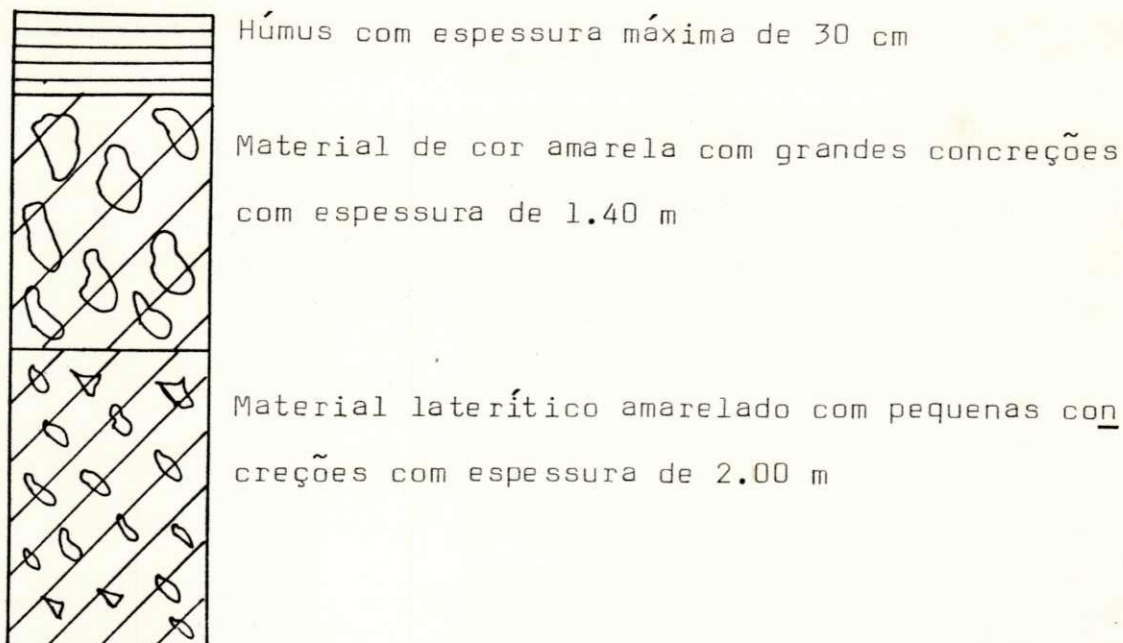


Figura 3.2.1-I - Jazida Teresina (TEPI)

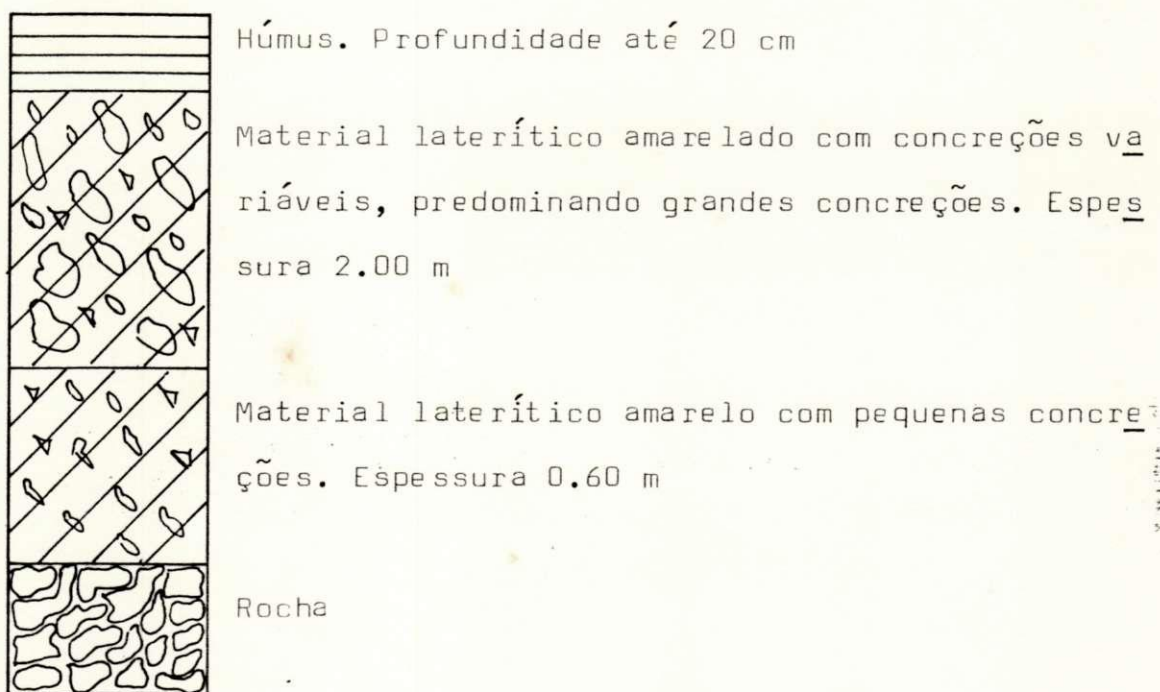


Figura 3.2.1-J - Jazida Buriti dos Lopes (BUPI)

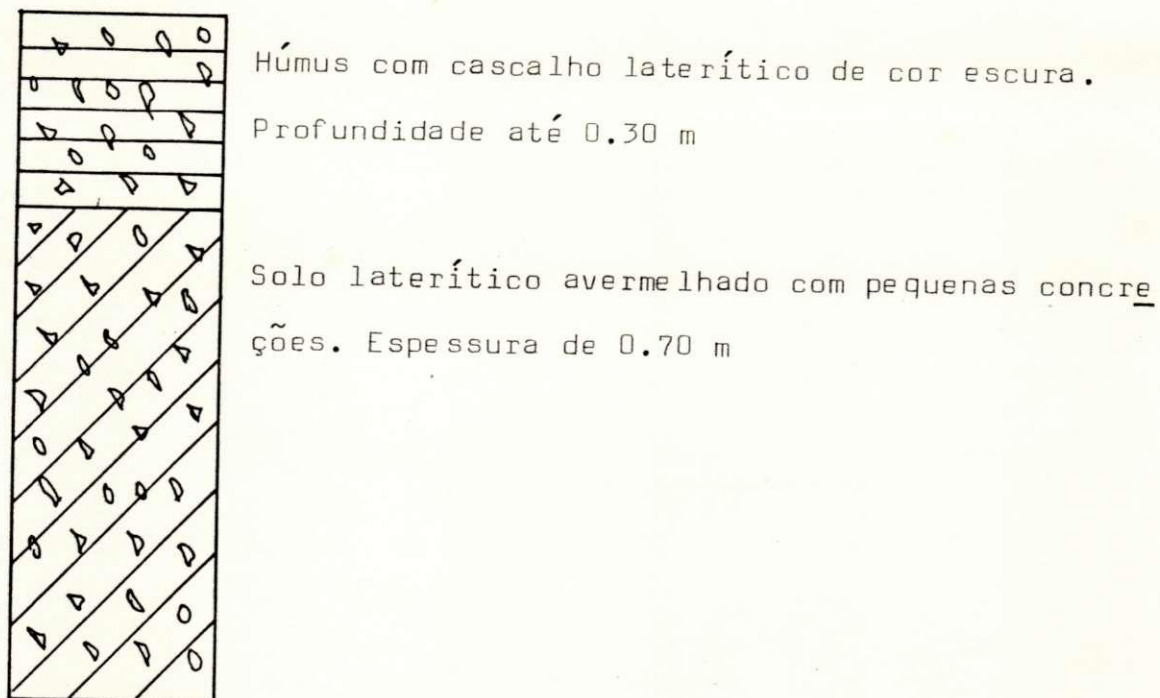


Figura 3.2.1-L - Jazida Presidente Dutra (PDMA)

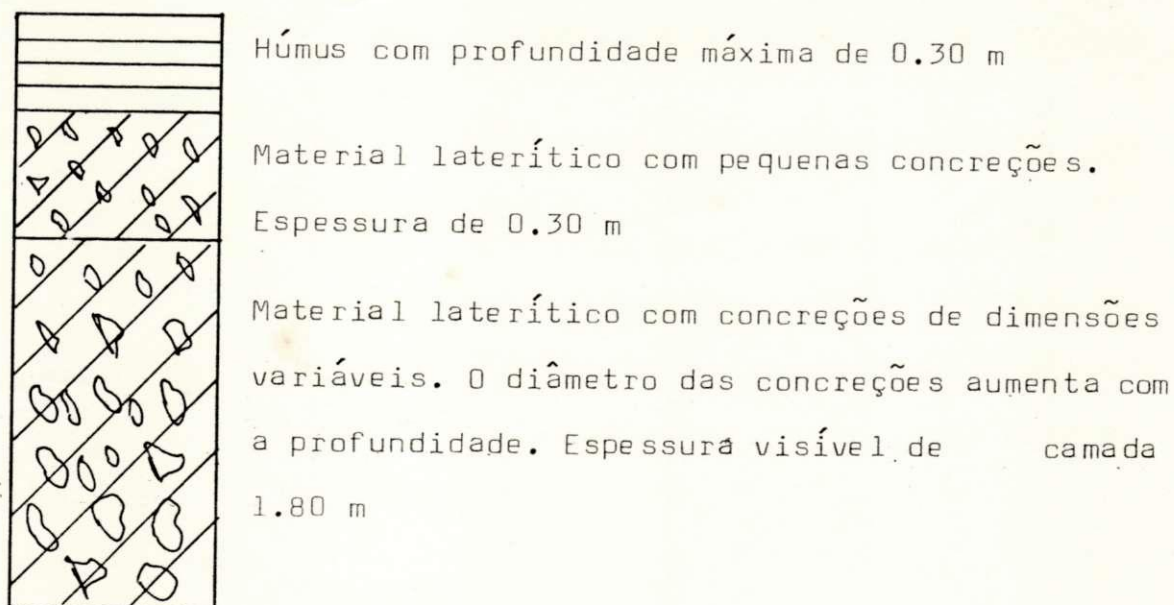
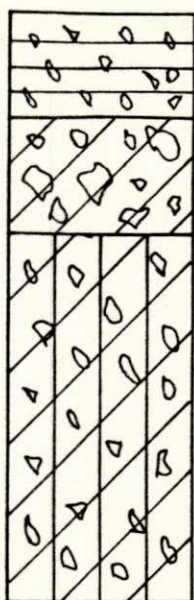


Figura 3.2.1-M - Jazida Vila Sarney (VSMA)



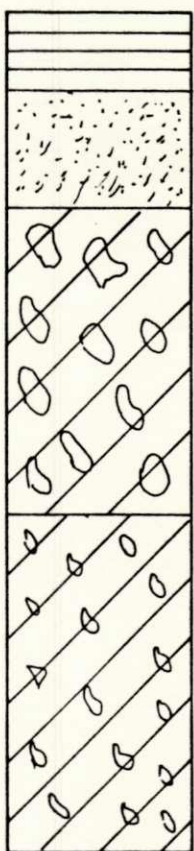
Húmus com pequenas concreções.

Profundidade até 20 cm

Material laterítico avermelhado com concreções de dimensões variadas. Espessura de 30 cm

Material argiloso avermelhado com alta proporção de pequenas concreções lateríticas. Espessura de 1.60 m

Figura 3.2.1-N - Jazida Maguari (MAPA)



Húmus. Profundidade até 0.20 m

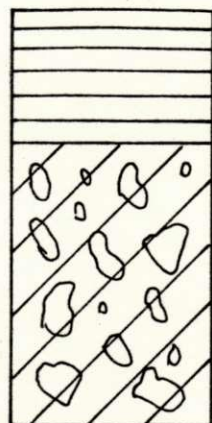
Material laterítico de cor amarela. Espessura de 0.40 m

Material laterítico de cor amarela com grandes concreções. Espessura de 1.00 m

Material laterítico de cor amarela com pequenas concreções. Espessura de 1.00 m (visível)

Figura 3.2.1-O - Jazida Mosqueiro (MOPA)

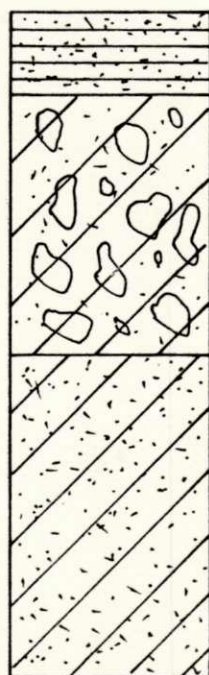




Húmus com profundidade máxima de 20 cm

Material laterítico avermelhado com concreções de dimensões variadas com diâmetro máximo de 2.5 cm. Espessura visível de 2.00 m

Figura 3.2.1-P - Jazida Castelo (CAPI)



Húmus com material arenoso. Espessura 0.30 m

Material areno-argiloso de cor avermelhada com concreções lateríticas de diâmetro variado. Espessura 1.20 m

Material argilo-arenoso de espessura não definida

Figura 3.2.1-Q - Jazida São Luiz (SLMA)

## 3.2.2 - Identificação das Jazidas Seleccionadas

As jazidas seleccionadas para este estudo receberam a denominação da cidade ou localidade mais próxima. A Tabela 3.2.2 apresenta as identificações utilizadas.

JAZIDA/ESTADO	ABREVIACÃO
JOÃO PESSOA-PB	JPPB
SAPÉ-PB	SPPB
AREIA-PB	ARPB
CUITÉ-PB	CTPB
TEIXEIRA-PB	TEPB
MOSQUEIRO-PA	MOPA
MAGUARI-PA	MAPA
BURITI DOS LOPES-PI	BUPI
PICOS-PI	PIPI
GILBUÉS-PI	GIPI
TERESINA-PI	TEPI
CASTELO-PI	CAPI
PRESIDENTE DUTRA-MA	PDMA
VARGEM GRANDE-MA	VGMA
VILA SARNEY-MA	VSMA
SÃO LUIZ(ILHA)-MA	SLMA

Tabela 3.2.2 - Identificações Utilizadas para as Jazidas Seleccionadas.

### 3.2.3 - Características das Jazidas Seleccionadas

A Tabela 3.2.3 apresenta as características dos solos estudados quanto a localização, formação geológica, pedologia e condições climáticas da região (Ministério da Agricultura 1972, Departamento Nacional da Produção Mineral 1974, SUDENE 1974 e SUDENE 1977).

### 3.3 - Métodos de Ensaio

Nesta pesquisa serão utilizados os resultados obtidos por outros investigadores como parte da pesquisa ora desenvolvida no Centro de Ciências e Tecnologia da U.F.Pb. A Tabela 3.3 mostra os parâmetros obtidos, os métodos adotados e os respectivos autores.

A seguir dar-se-á a descrição dos métodos de ensaios utilizados para determinação dos seguintes parâmetros:

#### 3.3.1 - Massa Específica das Partículas Sólidas ( $\gamma_g$ )

A massa específica das partículas sólidas ( $\gamma_g$ ) foi determinada para as partículas com diâmetros inferiores e superiores a 2mm. Para as partículas de diâmetros inferiores a 2mm, utilizou-se o método DNER-ME-93-64 com utilização da bomba de vácuo em substituição ao processo de aquecimento para retirada do ar da mistura solo-água. Para a determinação do valor de  $\gamma_g$  para as partículas de diâmetro acima de 2mm, foi utilizado o método DNER-ME-81-64.

SOLO	LOCALIZAÇÃO	FORMAÇÃO GEOLÓGICA	PEDOLOGIA	CLIMA	ÍNDICE XE ROTÉRMICO	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)
JPPB	Conjunto dos Bancários à 2km do Campus Universitário	Formação "Barreiras" Data do Terciário	PV5-Podzólico vermelho amarelo Latossólico de textura arenosa	Quente de seca atenuada	40 a 100	1.720
SPPB	Margem direita da rodovia PB-055 à 6km da cidade de MARÍ-PB	Formação "Barreiras" Data do Terciário	PV6-Podzólico vermelho amarelo com proeminente textura argilosa	Quente de seca atenuada	40 a 100	1.100
ARPB	Margem esquerda da rodovia PB-079 à 5km da cidade de REMÍGIO-PB	Pré-cambriano representado na Paraíba por gnaisses e migmatitos	PE.13-Com textura predominantemente argilosa e solos Litolíticos eutróficos	Sub-Seco	0 a 40	1.000
CTPB	Margem direita da rodovia PB-149 à 700 m da cidade de CUITÉ-PB	Formação "Serra dos Morais" Data do terciário	LVE1-Latossolo vermelho amarelo eutrófico textura argilosa	Quente de seca média	100 a 150	400
TEPB	Margem esquerda da rodovia PB-306, à 8km da cidade de TEIXEIRA-PB	Formação "Serra dos Morais" Data do Terciário	REE3-Regosol eutrófico e solos litólicos eutróf. textura argilosa	Tropical Quente de seca atenuada	150 a 200	500
CAPI	Margem direita da rodovia BR-316 à 5km da cidade de CASTELO-PI	Formação "Cabeças" arenitos de cores claras idade: Devoniano médio e superior	A05-Areias quartzosas e solos litólicos com textura arenosa	Tropical quente de seca média	100 a 150	1.200
GIPI	Corte a 3,5km da cidade de GILBUÉS, à margem esquerda da BR-135	Formação "Pedra de Fogo" constituída de arenitos siltitos e folhelhos intercalados	BL-Solo laterítico Bruno avermelhado eutrófico e Brunizem avermelhado. Textura argilosa	Tropical quente de seca média	100 a 150	900
SLMA	Margem direita da rodovia BR-135 a 0,6km de SÃO LUIZ-MA	Formação "Itapecuru" Arenitos de cores diversas Cretáceo inferior	CL6-Solos concrecionários lateríticos, Latossolo vermelho - amarelo e areia quartzosas	Quente de seca atenuada	40 a 100	1.900

cont...

Tabela 3.2.3 - Características dos Solos Estudados.

SOLO	LOCALIZAÇÃO	FORMAÇÃO GEOLÓGICA	PEDOLOGIA	CLIMA	ÍNDICE XE ROTÉRMICO	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)
MAPA	Margem direita da rodovia BR-316 a 37km do município de ANALIDENA-PA	Formação "Barreiras" Tipos litológicos que variam de argilito a conglomerados	CL2-Solos concrecionários lateríticos com textura argilosa e média	Quente quase contínuo e elevado estado higrométrico	0	2.760
MOPA	Margem direita da rodovia PA-17, km 35 ILHA DE MOSQUEIRO-PA	Formação "Barreiras" tipos litológicos que variam de argilito a conglomerados	LA3-Latossolo amarelo distrófico e areias quartzosas distróficas	Quente quase contínuo e elevado estado higrométrico	U	2.760
PIPI	Margem direita da rodovia BR-316, km 291, PIAUI	Formação "Cabeças" Data da idade Devoniana no Médio e Superior	CL4-Latossolo vermelho amarelo textura média	Tropical Quente de seca atenuada	150 a 200	650
TEPI	Margem direita da rodovia BR-316 a 8 km da cidade de TEREZINA-PI	Formação "Pedra de Fogo"	LV2-Latossolo vermelho amarelo textura argilosa	Tropical Quente de seca atenuada	150 a 200	1.400
BUPI	Margem esquerda da rodovia BR-345 a 3,5km da cidade de BURITI DOS LOPES	Formação Pimenteiros Data da Idade Devoniano Superior	AQ5-Areias Quartzosas, Latossolos vermelho-amarelo eutrófico. Textura arenosa e média	Tropical Quente de seca média	100 a 150	1.200
PDMA	Margem direita da rodovia BR-360, km 185 PRESTIDENTE DUTRA-MA	Formação "Itapecuru" Data do Cretáceo Inferior	PA6-Podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico. Textura argilosa	Tropical Quente de seca atenuada	40 a 100	1.200
VSMA	Margem direita da rodovia BR-135 a 6,4km de SÃO LUIZ-MA	Formação "Itapecuru" Data do Cretáceo Inferior	CL6-Solos concrecionários lateríticos, Latossolo vermelho-amarelo. Cretáceo Inferior	Quente de Seca Atenuada	40 a 100	1.900
VGMA	Margem esquerda da rodovia BR-222 a 22,3km da cidade de ITAPECURU - MIRIM-MA	Formação "Itapecuru" Cretáceo Inferior	CL3-Solos concrecionários lateríticos, Podzólico vermelho - amarelo textura argilosa	Quente de seca Atenuada	40 a 100	1.700

Tabela 3.2.3 - Características dos Solos Estudados. - Continuação

PARÂMETROS	METODOLOGIA ADOTADA	AUTOR DO TRABALHO
Componentes Amorfos em Termo de Alumínio (Al), Ferro (Fe) e Silício (Si)	Elemento Fe: método proposto por Queiroz de Carvalho (1979) Elemento Al e Si: método de Hashimoto e Jacson (1960)	Carvalho Borba (1981)
Composição Química em Termos Totais	Fluorescência em Raios-X	Carvalho Borba (1981)
Teor de Caulinita Presente na Fração Tamanho Argila	Método Proposto por Queiroz de Carvalho (1981-b)	Carvalho Borba (1981)
Composição Mineralógica	Difração de Raios-X	Carvalho Borba (1981)
Limites de Atterberg Limite de Liquidez (LL) Limite de Plasticidade (LP)	PMB-30/1977 PMB-31/1977	Carvalho Borba (1981)
Análise Granulométrica	ASTM D421-58 e D422-63	Carvalho Borba (1981)
Análise Granulométrica	BS-1377-1975 com peneiramento por via Úmida	Lima (1982)
Equivalente de Areia (EA)	DNER-DPTM 54-63	Carvalho (1981)
Limites de Atterberg Limite de Liquidez (LL) Limite de Plasticidade (LP)	DNER-44-71 e DNER 82-63	Carvalho (1981)

Tabela 3.3 - Parâmetros Obtidos por Outros Investigadores, Métodos Adotados e os Respective Autores.

### 3.3.2 - Influência da Quantidade de Solo na Determinação da Umidade de Moldagem

No que se refere à determinação da umidade de moldagem dos corpos de prova, muitas vezes encontra-se resultados bastantes diferentes daqueles teoricamente calculados, devido provavelmente, à grande quantidade de concreções existentes nos solos lateríticos. Com a finalidade de eliminar este problema, foram feitos estudos preliminares de maneira a se obter valores o mais próximo possível dos valores teóricos calculados. Para este estudo selecionou-se 4 (quatro) solos e realizou-se ensaios com amostras sem cura prévia (s/c) e com cura (c/c) prévia das amostras em câmara úmida, variando-se para ambos os casos a quantidade da amostra para a determinação da umidade. Tomou-se amostras de 100g até 500g com variações de 100g em 100g, aproximadamente.

O ensaio sem cura foi feito determinando-se a umidade logo após a homogeneização da amostra, enquanto que, para o ensaio com cura em câmara úmida, as amostras foram deixadas curar em câmara úmida, após homogeneização, durante 24 horas e, em seguida, determinada a umidade.

### 3.3.3 - Estabilização da Umidade com a Secagem em Estufa

Foi feito um estudo preliminar para se determinar o tempo necessário para a estabilização da umidade com a secagem em estufa à 60°C e 110°C. Os resultados obtidos indi-

caram que 48 horas era o tempo recomendável.

### 3.3.4 - Preparação das Amostras para Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR)

Para a determinação do CBR sem imersão (S/I) e com imersão (C/I) à temperatura ambiente e para os CBR's S/I às temperaturas de 60°C e 110°C, o procedimento adotado na preparação das amostras foi comum, ou seja, os solos foram expostos inicialmente à temperatura ambiente durante aproximadamente 6 horas. Em seguida peneirados através da peneira de 19mm e logo após determinada a umidade higroscópica. Após o peneiramento, as amostras para a determinação do CBR S/I e C/I à temperatura ambiente, foram pesadas e armazenadas em sacos plásticos enquanto que para os ensaios S/I para a temperatura de 60°C e 110°C após o peneiramento, os solos foram secos em estufa durante 48 horas, tempo necessário para estabilização da umidade, deixados esfriar, pesados e armazenados em sacos plásticos.

### 3.3.5 - Moldagem dos Corpos de Prova para a Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR)

A moldagem dos corpos de prova foi feita através do método DNER-ME 49-74 diferindo na preparação das amostras e na quantidade de solo para a determinação da umidade de moldagem.

Foram definidos 5 pontos na curva de compactação, previamente determinados, e para cada ponto foram moldados



3 corpos de prova.

Cada solo foi compactado com 3 níveis de energia mecânica descritos a seguir:

Descrição	Nível de Energia kg.cm/cm <sup>3</sup>
Proctor Normal	6,0
Proctor Intermediário	12,5
Proctor Modificado	25,0

Para a determinação do CBR S/I, foram moldados, para os 16 solos, corpos de prova com amostras seca à temperatura ambiente, à 60°C e à 110°C. Após a conclusão dos ensaios S/I, os solos foram ensaiados à temperatura ambiente para a determinação do CBR C/I. A imersão dos corpos de prova foi feita em água, em câmara úmida, durante 4 dias, com medida da expansão.

### 3.3.6 - Rutura dos Corpos de Prova para a Determinação do CBR

Para a determinação do CBR para o ensaio S/I, logo após a moldagem, os corpos de prova foram rompidos imediatamente com velocidade de 1,27 mm/min em uma prensa hidráulica elétrica marca ELE. Por outro lado, para o ensaio C/I, após o período de embebição, os corpos de prova foram deixados escoar a água superficial durante o período de 10 a 15 minutos e, em seguida submetidos a rutura com velocidade de 1,27 mm/min.

### 3.3.7 - Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR) Sem Imersão e com Cura Prévia das Amostras

Com a finalidade de se verificar a influência da cura prévia das amostras no valor do CBR, determinou-se para 4 solos da pesquisa, escolhidos arbitrariamente, o valor do CBR para amostras deixadas curar antes da realização do ensaio. Os solos escolhidos foram: 2 do estado da Paraíba (CTPB e JPPB), 1 do estado do Piauí (PIPI) e 1 do estado do Maranhão (SLMA).

A seguir será apresentado o método utilizado para a determinação do CBR sem imersão e com cura prévia da amostra.

O método consistiu de:

- secagem ao ar, durante aproximadamente 6 horas;
- peneiramento através da peneira de 19 mm;
- homogeneização das amostras utilizando o processo do quarteamento;
- determinação da umidade higroscópica em estufa;
- pesagem das amostras e armazenamento em sacos plásticos;
- mistura da amostra com água e colocação em um recipiente coberto com um pano úmido, curada durante 24 horas em câmara úmida (antes da compactação). Utilizou-se como recipiente um balde de plástico com capacidade de 20 litros. A quanti

- dade de água foi tal que forneceu 2 pontos no ramo seco e 2 pontos no ramo úmido da curva de compactação;
- após a cura, as amostras foram compactadas. Foram moldados 3 corpos de prova para cada ponto;
  - para cada corpo de prova moldado, foram retiradas 2 amostras de aproximadamente 500g, cada uma, para a determinação da umidade de moldagem;
  - imediatamente à moldagem, os corpos de prova foram rompidos com uma velocidade de aplicação de carga constante de 1,27 mm/min;
  - com os 4 pontos, traçou-se a curva de compactação e determinou-se a umidade ótima por interpolação. Utilizando-se a mesma escala para a umidade, traçou-se a curva umidade versus CBR e determinou-se o CBR correspondente a umidade ótima, também por interpolação;
  - com o valor da umidade ótima obtida por interpolação dos 4 pontos obtidos pela moldagem dos corpos de prova, foram moldados os corpos de prova para a verificação do CBR correspondente a umidade ótima;
  - o critério adotado para aceitabilidade dos valores obtidos da moldagem dos corpos de prova foi o seguinte: 5% para a umidade e massa específica aparente seca e 10% para o valor do CBR. Os

valores que diferiram dos critérios fixados, em relação a média, foram eliminados, e a média calculada com os valores restantes.

## CAPÍTULO IV

### APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 4.1 - Introdução

Este capítulo tem por objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos nesta pesquisa, visando i) avaliar o método de ensaio utilizado para a determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR), ii) verificar a influência da indução de energia térmica e mecânica no valor do CBR e iii) verificar a relação entre o CBR com imersão e o CBR sem imersão. Considerando a abrangência dos resultados obtidos, serão também apresentados e discutidos os resultados obtidos por outros investigadores e utilizados nesta pesquisa, os quais fazem parte de um projeto global de pesquisa sobre solos lateríticos, objeto de um convênio entre o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

#### 4.2 - Resultados Obtidos por Outros Investigadores

A Tabela 4.2.1 apresenta as porcentagens dos constituintes amorfos em termos de óxidos de silício ( $\text{SiO}_2$ ), alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) enquanto que a Tabela 4.2.2 mostra a composição química em termos totais para a fração de 2cm em diâmetro.

A Tabela 4.2.3 apresenta a análise granulométrica

SOLO	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
JPPB	11,60	7,15	1,10
SPPB	11,60	4,79	3,45
TEPB	9,58	3,20	4,20
CTPB	12,20	4,17	0,80
ARPB	10,30	4,32	0,49
MOPA	13,86	5,29	0,75
MAPA	13,91	8,00	1,25
BUPI	12,36	6,43	0,65
PIPI	15,17	9,28	0,95
GIPI	6,50	2,52	0,30
TEPI	12,87	6,28	0,70
CAPI	10,90	5,17	1,01
PDMA	13,43	5,01	1,48
VGMA	9,55	3,61	0,80
VSMA	14,34	6,11	0,62
SLMA	11,34	5,58	1,48

Tabela 4.2.1 - Constituintes Amorfos Presentes nos Solos Estudados.

SOLO	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SOLO	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
JPPB	25,74	19,52	36,62	PIPI	43,59	13,96	32,10
CTPB	35,46	17,87	33,93	GIPI	75,76	11,29	2,71
SPPB	24,53	16,87	43,88	BUPI	60,25	11,12	22,29
TEPB	99,41	1,03	0,64	CAPI	26,34	15,17	43,49
ARPB	29,51	21,87	29,52	VSMA	41,34	9,54	38,90
MOPA	26,62	19,23	39,49	VGMA	37,67	12,44	35,15
MAPA	36,68	15,40	33,10	PDMA	28,71	17,14	38,96
TEPI	36,73	17,56	32,10	SLMA	40,40	9,51	36,85

Tabela 4.2.2 - Composição Química dos Solos Estudados.

Fração: 2cm em diâmetro.

IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS ESTU- DADOS	GRANULOMETRIA: PERCENTAGENS PASSANDO								LIMITES DE ATTERBERG		
	PENEIRAS EM MM								LL(%)	LP(%)	IP(%)
	19	75	4,8	2,0	0,42	0,075	0,05	0,002			
JPPB	100,0	90,3	76,2	62,0	45,9	20,7	16,9	11,5	35,6	24,0	11,6
SPPB	100,0	86,3	69,9	50,3	33,6	16,0	12,6	6,7	34,5	25,6	8,9
ARPB	100,0	86,2	70,4	52,8	38,0	18,0	15,3	11,3	41,6	31,3	10,3
CTPB	100,0	91,4	76,5	57,7	43,5	20,1	16,8	10,8	31,2	22,8	8,4
TEPB	100,0	99,6	97,3	86,2	58,8	30,0	20,7	16,6	38,8	27,3	11,5
CAPI	100,0	80,6	57,6	42,0	38,8	21,4	14,8	9,8	26,5	19,2	7,3
GIPI	100,0	87,0	75,1	65,7	56,4	51,4	44,1	4,1	35,2	25,7	9,5
PIPI	100,0	85,1	51,4	31,8	30,0	22,0	13,6	6,0	23,1	NP	NP
TEPI	100,0	96,0	88,9	78,1	64,4	30,3	24,2	16,4	29,3	19,8	9,5
BUPI	100,0	89,6	75,0	66,4	61,8	36,6	24,8	12,9	21,2	16,8	4,4
SLMA	100,0	88,1	75,6	67,2	60,6	24,1	17,0	8,5	16,9	NP	NP
VSMA	100,0	85,0	64,6	57,4	51,8	27,0	23,0	13,5	24,6	18,0	6,6
PDMA	100,0	80,5	51,7	29,7	22,9	16,2	13,4	9,1	31,7	23,7	8,0
VGMA	100,0	90,4	68,1	49,6	44,9	34,4	23,4	12,7	34,7	24,3	10,4
MAPA	100,0	88,9	64,7	47,4	39,8	24,5	20,9	17,6	27,2	20,9	6,3
MOPA	100,0	90,0	74,7	68,4	63,1	43,0	35,9	21,5	42,6	29,0	13,6

Tabela 4.2.3 - Análise Granulométrica (Lima, 1983) e Limites de Atterberg (Carvalho Borba, 1981)  
Para os Solos Estudados.

NP - Não Plástico; NL - Não Líquido

e os valores dos limites de Atterberg para os solos estudados sem tratamento térmico e mecânico (solo no estado natural). A Tabela 4.2.4 mostra as classificações destes solos segundo os sistemas Highway Research Board (HRB) e pelo Sistema Unificado de Classificação (U.S.C.) e a classificação pela relação molecular sílica/sesquióxidos (Skempton), segundo os dados constantes na Tabela 4.2.5.

Os elementos constantes nestas Tabelas serão discutidos/avaliados quando for feita utilização ou referência aos mesmos.

#### 4.3 - Resultados Obtidos nesta Pesquisa

##### 4.3.1 - Avaliação do Método de Ensaio Utilizado para Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR)

Para a avaliação do método de ensaio para a determinação do CBR, necessário se fez, avaliar também determinadas características envolvidas diretamente na determinação do CBR. Assim, serão apresentados a seguir os parâmetros que foram alterados além da avaliação do método de ensaio através dos valores de CBR obtidos.

##### 4.3.1.1 - Determinação da Umidade de Moldagem

Devido a dificuldade encontrada para a obtenção da umidade teórica através da moldagem dos corpos de prova e como o valor do CBR está diretamente relacionado ao valor



SOLO	CLASSIFICAÇÃO		
	HRB	U.S.C.	SKEMPTON
JPPB	A-2-6	SC	SL
SPPB	A-2-4	SC	SL
ARPB	A-2-6	SM	SNL
CTPB	A-2-4	SC	SC
TEPB	A-2-6	SM	SC
CAPI	A-2-4	GC	SC
GIPI	A-4	ML	SNL
PIPI	A-1-b	GM	SL
TEPI	A-2-4	SM	SL
BUPI	A-4	SM/SC	SL
SLMA	A-2-4	SM	SL
VSMA	A-2-4	SM/SC	SL
PDMA	A-2-4	GM	SL
VGMA	A-2-6	SC	SL
MAPA	A-2-6	SM/SC	SL
MOPA	A-7-6	SM	SL

Tabela 4.2.4 - Classificação dos Solos Estudados por Diferentes Critérios.

SL - Solo Laterítico

SNL - Solo não Laterítico

SOLO	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RELAÇÃO SÍLICA/SESQUIÓXIDOS
JPPB	17,39	15,57	3,52	1,66
SPPB	11,20	10,00	2,78	1,61
ARPB	28,22	10,49	3,34	3,80
CTPB	14,49	12,18	2,82	1,76
TEPB	4,21	3,28	1,39	1,72
CAPI	6,02	5,18	1,38	1,69
GIPI	1,26	0,49	0,15	3,66
PIPI	1,68	1,57	0,94	1,32
TEPI	6,34	5,33	1,24	1,76
BUPI	1,10	0,94	0,27	1,68
SLMA	10,23	9,05	2,45	1,64
VSMA	3,33	3,08	1,15	1,48
PDMA	1,75	1,38	0,44	1,79
VGMA	2,84	2,17	0,36	2,01
MAPA	5,12	3,93	1,34	1,82
MOPA	10,93	9,14	1,38	1,85

Tabela 4.2.5 - Composição Química da Fração Tamanho Argila em Relação ao Solo Total.

da umidade de moldagem necessário se fez modificar neste as pecto o método convencional. Esta modificação refere-se ba sicamente, ao tamanho da amostra de solo.

A Tabela 4.3.1.1-A mostra os resultados obtidos para as umidades referentes aos ensaios sem cura (S/C) e com cura (C/C) prévia das amostras. Analisando-se estes resulta dos observa-se diferenças nas umidades de moldagem em compa ração com as umidades teóricas, tanto para os ensaios S/C como para os ensaios C/C, principalmente para as amostras de 100g onde verificou-se diferenças da ordem de 1,5% e 0,7% para o solo PIPI, 1,5% e 0,8% para o solo JPPB, 0,7% e 1,1% para o solo CTPB e de 1,2% e 0,9% para o solo SLMA. Po rém para quantidade maior de solo, i.e., amostras maiores do que 100g, esta diferença tendeu a diminuir sendo esta dimi nuição sentida com maior intensidade para as amostras de

AMOSTRA SOLO		100 (g)	200 (g)	300 (g)	400 (g)	500 (g)
PIPI	C/C	7,3	7,9	8,0	7,9	7,7
	S/C	6,5	7,4	7,8	7,9	7,7
JPPB	C/C	18,8	18,9	18,7	18,4	18,1
	S/C	19,5	19,2	18,8	18,6	18,3
CTPB	C/C	15,1	14,8	14,6	14,5	14,1
	S/C	14,7	15,0	14,8	14,4	14,3
SLMA	C/C	9,9	10,0	9,5	9,0	9,2
	S/C	10,2	9,8	9,7	9,4	9,2

Tabela 4.3.1.1-A - Umidades de Moldagem Referentes aos En saios Sem Cura (S/C) e Com Cura (C/C) Prévia das Amostras

400g e 500g. Analisar-se-á a seguir os resultados obtidos com amostras de 500g, visto que observou-se uma redução mais abrangente com amostras com este peso. Para a quantidade de 500g as umidades de moldagem diferiram da ordem de 0,3% para o solo PIPI, 0,3% e 0,1% para o solo JPPB e CTPB e de 0,2% para o solo SLMA.

A Tabela 4.3.1.1-B mostra as umidades teóricas, UT, %, adotadas para os solos selecionados dentre os estudados nesta pesquisa.

SOLO	PIPI	JPPB	CTPB	SLMA
UT, %	8,0	18,0	14,0	9,0

Tabela 4.3.1.1-B - Umidade Teórica, UT, % para os solos Selecionados.

Assim, os resultados obtidos, indicaram que o uso de amostras de 500g é recomendável tanto para o processo sem cura prévia (método convencional) quanto para o processo com cura prévia. Porém, as amostras curadas previamente apresentaram uma ligeira melhoria (repetibilidade) nas umidades de moldagem em relação as umidades teóricas, aproximando-se mais a estas, no entanto, esta pequena melhoria pode ficar comprometida se a mesma afetar os valores de CBR. Neste caso parece ser necessário, então, estudar a influência da cura prévia das amostras no valor do CBR. Esta influência é discutida no sub-capítulo 4.3.1.5 para 4 solos escolhidos arbitrariamente.

#### 4.3.1.2 - Preparação das Amostras para a Determinação do CBR

A preparação das amostras utilizadas nesta pesquisa para a determinação do CBR, diferiu do método normalizado pelo DNER (DNER-ME 49-74). Nesta pesquisa utilizou-se o material obtido do peneiramento através da peneira de 19mm sem ser levado em consideração o material retido nesta peneira. Uma das razões deste procedimento foi devido a existência de grande quantidade de concreções de diâmetro superior a 19mm nos solos estudados, tornando-se, na maioria dos casos, impraticável a utilização do método recomendado pelo DNER. Este procedimento foi aplicado a todos os solos estudados, no entanto, não foi verificada a influência desta modificação introduzida com respeito ao valor do CBR obtido.

#### 4.3.1.3 - Traçado da Curva de Saturação

Como se sabe a massa específica das partículas sólidas,  $\gamma_g$ , pode apresentar valores relacionados com o grau de laterização. Para os solos de um modo geral,  $\gamma_g$  se encontra entre 2,55 e 2,70 g/cm<sup>3</sup> (Caputo, 1975). No entanto para os solos lateríticos podem alcançar valores da ordem de até 3,20 g/cm<sup>3</sup>. Isto tem sido atribuído a grande concentração de óxido de ferro existente na fração graúda (Lucena, 1976).

Sendo a curva de saturação traçada em função da massa específica das partículas sólidas, verificou-se que na maioria dos casos quando se traçava a curva de saturação,

utilizando-se o valor de  $\gamma_g$  das frações menores do que 2mm (conforme recomenda a norma do DNER), a mesma tangenciava ou "cortava" o ramo úmido da curva de compactação. Isto é em parte decorrente da consideração "indevida" da água de absorção das concreções bem como da diferença de valores das massas específicas entre o solo fino e as concreções. Procurou-se corrigir este aspecto e, para tanto, determinou-se o valor de  $\gamma_g$  para a fração de diâmetro menor e maior do que 2mm. A Tabela 4.3.1.3 apresenta os valores de  $\gamma_g$  para os solos estudados bem como as médias determinadas segundo a Equação 1. Esta equação é desenvolvida no Apêndice 1.

Quando o traçado da curva de saturação foi feito levando-se em consideração os valores de  $\gamma_g$  obtidos para as frações de diâmetros menores e maiores do que 2 mm, verificou-se que as curvas de saturação não mais interceptavam os ramos úmidos das curvas de compactação. Até certo ponto isto devia ser feito visto que a compactação é feita tanto com a fração fina (diâmetro menor do que 2mm) quanto com a fração grossa (diâmetro maior do que 2mm).

#### 4.3.1.4 - Avaliação da Metodologia Utilizada Através dos Valores de CBR Obtidos

Os valores das umidades de moldagem ( $U_m$ ), massa específica aparente seca ( $\gamma_s$ ) e os valores dos CBR's, são apresentadas no Apêndice 2 enquanto que o Apêndice 3 mostra os gráficos  $U$  versus  $\gamma_s$  e  $U$  versus CBR correspondentes a estes valores. Estes valores foram obtidos em ensaios sem

$\gamma_g$ SOLO	SPPB	ARPB	TEPB	CTPB	JPPB	MAPA	MOPA	CAPI
< 2 mm	2,774	2,714	2,726	2,740	2,794	2,695	2,693	2,762
> 2 mm	3,340	3,071	-	3,030	3,090	3,127	2,913	3,026
MÉDIA	3,077	2,878	2,726	2,922	2,990	2,908	2,755	2,917

$\gamma_g$ SOLO	GIPI	SLMA	VGMA	VSMA	PDMA	BUPI	PIPI	TEPI
< 2 mm	2,654	2,697	2,700	2,700	2,760	2,670	2,700	2,670
> 2 mm	-	3,070	3,140	2,860	3,040	2,980	2,890	2,970
MÉDIA	2,654	2,957	2,900	2,780	2,950	2,770	2,820	2,730

Tabela 4.3.1.3 - Massas Específica em  $g/cm^3$ , dos Solos Estudados para as Frações Maiores e Menores do que 2mm e as Médias Calculadas Segundo a Equação 1.

imersão (S/I) para os 3 níveis de energias térmica (secagem ambiente, 60°C e 110°C) e para os 3 níveis de energia mecânica (energia referente ao Proctor normal, intermediário e modificado). Os Apêndices 2 e 3 também apresentam os valores dos CBR's obtidos com imersão (C/I) dos corpos de prova para a secagem ambiente com os 3 níveis de energias mecânica adotados nesta pesquisa. Contudo, estes resultados serão analisados quando da verificação da relação entre o CBR com imersão (C/I) e o CBR (S/I), visto que não foi feito estudo da influência da energia térmica no valor do CBR C/I.

A Tabela 4.3.1.4-A, mostra os valores das umidades ótimas ( $U_{ot}$ ) e da massa específica aparente seca máxima ( $\gamma_{smáx}$ ), bem como os respectivos CBR's, correspondentes as  $U_{ot}$  para os ensaios S/I e C/I para os níveis de energias térmica e mecânica adotados neste pesquisa.

Com a finalidade de se observar a influência da umidade no valor do CBR, a Tabela 4.3.1.4.B mostra os valores dos CBR's para uma variação de  $\pm 1\%$  em relação a umidade ótima,  $U_{ot} (-1\%)$  e  $U_{ot} (+1\%)$ . Foi observado de um modo geral uma rápida diminuição no valor do CBR a partir da umidade ótima,  $U_{ot} (+1\%)$ , enquanto que para uma diminuição na umidade ótima,  $U_{ot} (-1\%)$  verificou-se que o CBR aumentou de maneira acentuada. As diminuições e aumentos observados para os valores de CBR's com o aumento e diminuição nas umidades ótimas, deve-se ao fato do aumento e diminuição do atrito interno, respectivamente, (Falcão e Castro (1975)). Isto também é observado para os outros tipos de solos (regiões temperadas) porém, nos solos de regiões tropicais (solos lateríti

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1994	11,3	19,0	2032	10,4	15,0	1968	9,5	24,0	1970	11,4	2,8
INTERMED.	2076	9,8	45,0	2118	10,0	25,0	2052	8,4	73,0	2065	10,2	26,3
MODIFICADO	2120	8,5	114,0	2135	9,5	58,0	2085	7,4	130,0	2088	6,8	44,4

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo BUPI

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1850	17,4	4,2	1930	12,6	18,3	1948	13,0	13,0	1843	16,2	3,5
INTERMED.	1970	14,6	15,0	2001	12,0	37,0	1968	12,4	42,0	1945	14,8	9,0
MODIFICADO	1995	13,0	45,0	2054	11,1	53,4	1981	12,1	65,0	2010	13,0	20,5

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo VGMA



PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1998	9,8	38,4	2000	10,1	27,8	1998	9,8	38,0	1948	9,2	22,0
INTERMED.	2100	8,5	90,0	2126	8,3	47,0	2097	8,9	55,0	2140	8,3	67,5
MODIFICADO	2200	6,7	130,0	2190	8,0	80,0	2184	8,2	98,0	2185	7,3	75,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo PIPI

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1869	13,8	14,2	1908	12,4	12,6	1942	9,8	49,0	1942	12,9	9,6
INTERMED.	1990	12,8	25,0	1967	11,2	29,3	2010	9,3	64,0	1978	12,4	14,5
MODIFICADO	2045	11,5	35,0	2010	10,9	126,0	2081	8,9	113,0	2049	11,2	20,7

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo VSMA

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1786	17,4	13,0	1896	15,1	8,0	1820	16,3	12,0	1738	17,1	2,6
INTERMED.	1895	15,0	30,0	1912	14,1	27,0	1885	15,8	24,0	1922	15,2	10,4
MODIFICADO	1959	13,8	66,0	1944	13,7	69,0	1935	14,0	60,0	1995	14,5	22,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas  $U_m$  versus  $\gamma_s$  e  $U_m$  versus CBR, Solo TEPI

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1895	13,5	13,0	1905	14,2	15,0	1895	13,0	27,0	1860	15,0	7,0
INTERMED.	1980	13,1	48,0	1950	13,5	24,0	1935	12,7	62,0	1961	13,8	29,4
MODIFICADO	1995	12,5	82,0	2020	13,2	42,0	1966	12,1	96,0	1979	12,4	44,4

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas  $U_m$  versus  $\gamma_s$  e  $U_m$  versus CBR, Solo PDMA

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1615	22,0	16,0	1626	21,4	11,0	1600	20,4	20,0	1660	21,0	4,0
INTERMED.	1710	20,0	58,0	1690	19,8	46,0	1730	19,7	41,0	1695	20,2	8,6
MODIFICADO	1845	19,0	94,0	1834	17,1	117,0	1770	18,2	78,0	1723	19,0	15,8

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo MOPA

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{smáx}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1782	17,2	24,0	1778	17,6	27,0	1775	14,5	34,0	1825	15,4	14,0
INTERMED.	1815	16,8	34,0	1815	16,0	51,0	1835	13,3	98,0	1890	14,6	22,0
MODIFICADO	1890	14,4	121,0	1867	15,2	144,0	1895	12,8	122,0	1948	13,8	58,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo MAPA

PARÂMETRO PROCTOR	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1740	14,0	21,0	1720	13,0	19,8	1748	14,6	35,0	1677	15,9	5,0
INTERMED.	1800	13,0	45,4	1810	12,6	33,0	1840	13,0	40,0	1764	14,5	9,2
MODIFICADO	1885	12,0	48,0	1911	12,4	51,4	1905	12,5	53,0	1878	14,2	14,3

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo GIPI

PARÂMETRO PROCTOR	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	2071	9,7	7,9	2074	9,7	20,2	2075	9,5	12,0	2075	9,6	6,1
INTERMED.	2103	9,6	56,0	2085	9,3	45,2	2110	9,1	34,0	2095	9,0	9,5
MODIFICADO	2144	8,5	68,7	2150	8,3	70,0	2180	8,4	74,1	2155	8,5	30,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo SLMA

PARÂMETRO PROCTOR	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1600	20,6	22,5	1605	20,0	15,6	1586	18,8	18,0	1648	20,7	8,9
INTERMED.	1680	20,0	51,0	1660	18,1	48,0	1679	18,5	25,7	1720	19,0	15,3
MODIFICADO	1725	19,8	43,0	1750	17,6	83,0	1721	17,5	54,7	1775	18,0	20,8

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas  $U_m$  versus  $\gamma_s$  e  $U_m$  versus CBR, Solo TEPB

PARÂMETRO PROCTOR	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1980	14,2	13,5	1917	13,2	12,6	2053	12,2	23,8	1995	13,2	10,5
INTERMED.	2071	12,9	35,4	2040	12,0	75,0	2150	11,5	74,0	2035	12,5	24,5
MODIFICADO	2105	10,4	51,0	2115	11,7	59,4	2200	10,8	120,0	2077	12,0	35,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas  $U_m$  versus  $\gamma_s$  e  $U_m$  versus CBR, Solo CAPI

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1805	20,4	16,2	1765	19,9	14,6	1802	19,0	15,2	1797	19,0	10,5
INTERMED.	1840	19,2	30,2	1830	18,4	24,3	1966	17,2	26,1	1842	18,4	15,5
MODIFICADO	1913	17,4	53,0	1880	17,5	74,0	2030	15,4	110,0	1853	17,3	25,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (U<sub>ot</sub>), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a U<sub>ot</sub>, Obtidos por Interpolação das Curvas U<sub>m</sub> versus  $\gamma_s$  e U<sub>m</sub> versus CBR, Solo SPPB

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	U <sub>ot</sub> (%)	CBR, % (C/I)
NORMAL	1725	16,8	44,0	1717	15,8	44,4	1778	15,5	26,2	1785	15,6	11,0
INTERMED.	1781	16,1	50,3	1792	15,1	75,3	1852	14,9	57,0	1832	14,7	34,7
MODIFICADO	1847	15,3	85,8	1848	14,2	84,6	1965	14,6	69,0	1855	14,5	54,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (U<sub>ot</sub>), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a U<sub>ot</sub>, Obtidos por Interpolação das Curvas U<sub>m</sub> versus  $\gamma_s$  e U<sub>m</sub> versus CBR, Solo ARPB

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1885	15,2	22,0	1906	15,0	20,5	1923	12,3	21,8	1855	14,5	15,3
INTERMED.	1927	13,9	55,0	1955	14,5	42,0	2018	11,2	80,2	1900	14,0	21,0
MODIFICADO	2040	13,0	138,0	1992	13,6	68,0	2050	11,0	86,0	1930	13,0	27,0

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo CTPB.

PARÂMETRO	SECAGEM AMBIENTE			SECAGEM À 60°C			SECAGEM À 110°C			SECAGEM AMBIENTE		
	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (S/I)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ kg/m <sup>3</sup>	Uot (%)	CBR, % (C/I)
PROCTOR NORMAL	1775	18,0	24,0	1848	17,6	17,0	1800	16,0	26,0	1804	18,2	3,4
INTERMED.	1910	17,1	39,0	1890	16,1	34,0	1840	14,5	74,0	1858	16,5	9,1
MODIFICADO	1945	15,5	91,0	1900	15,0	64,5	1935	13,6	124,0	1948	16,0	18,1

Tabela 4.3.1.4-A - Valores das Umidades Ótimas (Uot), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e CBR, Correspondente a Uot, Obtidos por Interpolação das Curvas Um versus  $\gamma_s$  e Um versus CBR, Solo JPPB.





cos) isto é mais acentuado. Assim, observa-se a necessidade de que, no campo, a compactação destes solos seja feita com um critério rigoroso visto a sensibilidade destes solos às variações de umidade.

Com respeito as variações encontradas para as umidades ótimas e para os valores de CBR's correspondentes, as Tabelas 4.3.1.4-C e D, mostram estes resultados. Estas variações correspondem aos valores extremos obtidos nas determinações em relação a média. Vale observar que algumas vezes aparecem nestas Tabelas, para uma mesma energia térmica, dois pares de valores (variações). Isto foi em decorrência de que em alguns casos, não se ter corpos de prova moldados "exatamente" na umidade ótima. Neste caso tomou-se para o cálculo destas variações, os dois pontos mais próximos da umidade ótima, sendo: um no ramo seco e outro no ramo úmido da curva de compactação ( $U$  versus  $\gamma_s$ ). Adotou-se para os corpos de prova moldados na umidade ótima a média (média final a ser adotada na análise), entre as variações máximas ( $V_{m\acute{a}x}$ ) e a variação mínima ( $V_{m\acute{i}n}$ ) obtidos. Para os casos onde não foi possível obter corpos de prova "exatamente" na umidade ótima, adotou-se a média (média final) como as médias obtidas entre dois pontos os mais próximos possíveis da umidade ótima. O Apêndice 4 mostra como foram calculadas estas variações.

A Tabela 4.3.1.4-E e F apresentam as médias finais para as variações encontradas para as umidades ótimas e os CBR's correspondentes, para as energias térmicas e mecânicas adotadas.

Como se observa da Tabela 4.3.1.4-E, as variações

SOLO	T(°C)	PROCTOR			SOLO	T(°C)	PROCTOR		
		N	I	M			N	I	M
CTPB	A	2,7/2,0	0,0/0,7	0,0/0,9 0,7/1,4	MOPA	A	1,9/1,9	1,9/1,9	1,1/2,2 0,0/0,5
	60	2,1/2,8	0,7/0,7	3,0/3,0		60	3,8/3,8	1,0/1,5	2,0/1,4
	110	3,2/1,6	2,7/2,7	2,9/2,9 5,1/6,8		110	0,5/1,0	1,0/1,0	1,2/1,2
JPPB	A	4,8/3,4 1,0/0,5	0,6/0,6	2,8/2,1	MAPA	A	7,8/4,4	1,8/3,1 2,9/0,6	4,2/2,1
	60	1,7/1,7	2,5/4,3	1,6/1,6 1,2/1,2		60	1,7/2,3	3,2/3,8	1,4/0,7
	110	1,9/1,9	2,3/2,3 2,6/3,3	3,8/3,0 1,9/2,6		110	1,5/0,7	1,6/1,6 2,1/1,4	1,6/0,8 2,1/1,4
SPPB	A	2,0/2,0	2,1/1,0	1,7/2,3	TEPI	A	0,6/0,6	0,7/0,0	1,4/2,2
	60	2,0/1,0	2,2/2,2	1,1/2,2		60	2,0/2,0	1,5/0,8 2,7/4,8	3,4/5,1 3,0/3,8
	110	1,1/1,1	0,6/0,0	3,0/2,2 3,0/1,8		110	0,6/1,3	1,5/0,8 2,7/4,8	6,2/7,0 2,0/2,7
ARPB	A	1,2/1,2 0,5/0,0	2,4/1,8	3,8/1,9	PDMA	A	3,5/5,0	4,5/2,2	3,4/5,1 3,0/3,8
	60	2,6/3,2	3,2/1,9	1,4/0,7		60	7,1/10,7	5,0/3,3 4,2/4,2	1,7/1,7 5,1/8,7
	110	0,0/0,6	0,7/1,3	0,7/1,4		110	0,7/0,7	1,6/1,6	2,4/0,8
TEPB	A	1,9/1,4	1,0/1,0	3,6/3,6	BUPI	A	4,3/3,5	3,1/5,2	24,7/12,8 1,0/1,0
	60	1,5/2,5	2,2/5,1	0,5/1,1		60	2,9/3,9	0,0/0,0	2,1/1,1
	110	4,2/2,8	3,9/3,1	3,0/2,0		110	2,3/2,3 2,8/3,8	5,7/5,7	5,3/3,9
CAPI	A	4,2/2,8	3,9/3,1	3,0/2,0	VGMA	A	2,9/4,1	1,3/0,6	2,8/1,4
	60	1,5/1,5	4,2/5,0	2,6/2,6		60	3,2/5,7	3,3/1,6	4,4/3,5
	110	2,4/1,6	2,6/4,4	2,8/1,9		110	3,9/3,9	7,5/7,5	1,6/0,8
GIPI	A	4,1/3,3 1,2/1,9	4,0/6,3	5,3/4,4	PIPI	A	2,1/4,2	3,6/6,0	18,8/12,5 17,0/18,0
	60	1,6/6,3	3,6/1,8	5,1/13,7		60	2,0/5,1	5,0/6,2	1,1/1,1 2,6/3,5
	110	3,4/2,0	1,5/1,5	3,4/2,6 2,1/1,4		110	2,1/2,1	7,0/8,1	3,6/2,4
SLMA	A	4,1/2,1	1,0/1,0	4,7/2,4	VSMA	A	4,5/6,0	4,1/2,5	1,8/1,8
	60	7,5/8,6	2,2/3,2	6,0/3,6		60	3,3/3,3	1,8/1,8	5,1/2,2
	110	7,8/5,6 1,0/2,0	3,6/4,9 6,0/2,0	3,6/4,9		110	0,0/1,0	1,2/1,2 2,9/2,9	15,5/14,4

Tabela 4.3.1.4.C - Variação da Umidade Ótima para as Energias Térmica e Mecânica Adotadas.

SOLO	T (°C)	PROCTOR			SOLO	T (°C)	PROCTOR		
		N	I	M			N	I	M
MOPA	A	3,0/4,0 9,0/7,0	4,0/4,0 13,0/19,0	13,0/15,0 2,0/2,0	CTPB	A	39,9/45,5	20,7/15,6	16,7/11,7 32,2/23,3
	60	20,0/36,0	17,0/10,0	13,0/22,0		60	33,7/42,0	7,1/11,4	22,3/26,3
	110	7,0/3,0	10,0/17,0 27,0/16,0	24,0/14,0		110	21,0/12,8	9,4/15,2	15,3/20,7 21,2/29,8
MAPA	A	32,0/21,0	13,0/20,0 35,0/59,0	2,0/4,0	JPPB	A	3,8/2,2 20,0/26,7	29,6/45,6	17,7/11,7 4,2/2,1
	60	35,0/50,7	20,1/30,0	8,8/5,9 0,7/0,8		60	21,8/32,4	26,0/20,4	29,5/20,4 3,8/1,9
	110	17,3/21,0 21,8/20,2	23,9/17,8 8,4/9,6	12,7/7,2 15,4/13,7		110	5,8/8,4 23,3/36,7	14,4/18,0 9,8/6,5	25,2/23,2 6,8/7,0
TEPI	A	6,7/6,7	19,0/11,0 23,0/33,0	8,3/14,1	SPPB	A	3,1/2,5	46,7/33,0	32,4/42,0
	60	4,6/4,6	37,6/28,5 35,8/21,1	10,0/13,3 3,4/2,8		60	13,6/22,0	4,9/7,8	11,8/20,8 8,3/5,3
	110	65,0/40,0 18,0/37,0	45,0/37,4 2,0/3,1	37,4/41,6 30,2/52,4		110	45,9/73,0	25,4/20,4	16,5/28,7 29,4/16,3
PDMA	A	7,0/19,0	28,0/30,0	20,0/13,7 45,8/59,4	ARPB	A	30,8/50,3 24,4/34,1	29,5/45,1	13,6/18,6
	60	23,5/33,8	50,9/42,3 27,0/41,0	70,4/36,3 75,2/39,2		60	24,5/18,0	15,4/11,3	18,4/27,7
	110	10,0/20,0 28,0/34,0	21,0/15,0	13,2/9,8		110	24,4/32,0	28,0/31,4	9,3/6,5
BUPI	A	28,4/38,7	54,0/32,2	18,7/33,1 51,1/46,2	TEPB	A	2,2/3,1	2,9/3,5	9,8/11,7
	60	12,0/8,0	12,9/12,4	22,4/54,9		60	8,9/5,1	4,4/6,7	22,4/28,7
	110	11,8/17,6 22,6/14,0	15,4/11,2	20,8/14,8		110	12,0/8,3	25,1/34,2	4,2/8,0
VGMA	A	25,0/18,8	8,6/14,1 19,6/27,9	4,9/10,0 10,8/23,6	CAPI	A	15,6/19,7	15,8/9,0	6,2/5,1
	60	6,9/6,3	29,6/28,7	32,0/44,1		60	4,0/3,2	28,2/31,0	5,2/6,7
	110	17,1/30,6	17,0/31,8	18,0/15,0		110	13,8/19,4	16,7/19,4 32,2/40,5	14,5/14,1 26,2/41,5
PIPI	A	4,5/4,8	8,9/14,1	10,9/17,7 3,3/2,5	GIPI	A	8,2/4,8 5,6/9,2	7,0/11,6	31,0/42,9
	60	29,4/23,0	26,2/32,7	16,0/10,9 15,8/11,1		60	3,0/3,0	9,5/9,5 17,4/14,6	11,0/7,7
	110	24,5/39,3	16,0/29,2	18,0/33,9		110	34,9/21,8	15,0/22,0	2,7/3,5 5,3/6,3
VSMA	A	28,3/20,1	13,0/12,0 21,0/43,0	9,0/9,0 23,0/12,0	SLMA	A	2,5/3,8	29,0/36,6	4,1/6,8
	60	32,4/35,2	16,2/26,7	6,0/8,0 34,0/44,0		60	2,5/2,5	7,5/11,5	26,0/40,4
	110	14,5/25,2	13,0/15,4 2,6/3,4	17,3/9,1		110	4,9/2,7 37,5/62,5	30,6/20,6 9,9/4,9	24,5/30,9

Tabela 4.3.1.4-D - Variação dos CBR, Correspondente a Umidade Ótima, Para as Energias Térmicas e Mecânica Adotadas.

SOLO	T(°C)	PROCTOR			SOLO	T(°C)	PROCTOR		
		N	I	M			N	I	M
CTPB	A	2,4	0,3	0,8	MOPA	A	1,9	1,5	1,0
	60	2,4	0,7	3,0		60	3,8	1,2	1,7
	110	2,4	2,7	4,4		110	0,7	1,0	1,2
JPPB	A	2,4	0,6	2,4	MAPA	A	6,1	2,1	3,2
	60	1,7	3,4	1,4		60	2,0	3,5	1,0
	110	1,9	2,6	2,8		110	1,1	1,6	1,4
SPPB	A	1,5	1,6	2,0	TEPI	A	0,6	0,3	1,8
	60	1,5	2,2	1,6		60	2,0	4,4	0,4
	110	1,1	0,3	2,5		110	1,0	2,4	4,4
ARPB	A	0,7	2,1	2,8	PDMA	A	4,2	3,4	3,8
	60	2,9	2,6	1,1		60	8,9	4,2	4,3
	110	0,3	1,0	1,0		110	0,7	1,6	1,6
TEPB	A	1,6	1,0	3,6	BUPI	A	3,9	4,2	7,4
	60	2,0	3,6	0,8		60	3,4	0,0	1,6
	110	4,8	0,5	1,0		110	2,8	5,7	4,6
CAPI	A	3,5	3,5	2,5	VGMA	A	3,5	1,0	2,1
	60	1,5	4,6	2,6		60	4,4	2,4	4,0
	110	2,0	3,5	2,4		110	3,9	7,5	1,2
GIPI	A	2,6	-	4,8	PIPI	A	3,2	4,8	14,0
	60	4,0	2,7	9,4		60	3,3	5,6	2,0
	110	2,7	1,5	2,4		110	2,1	7,6	3,0
SLMA	A	3,1	1,0	3,6	VSMA	A	5,2	3,3	1,8
	60	8,0	2,7	4,8		60	3,3	1,8	3,6
	110	4,1	4,1	4,2		110	0,5	2,0	15,0

Tabela 4.3.1.4-E - Variação da Umidade Ótima, Média Final (Mf),  
para as Energias Térmica e Mecânica Adotadas

SOLO	T (°C)	PROCTOR			SOLO	T (°C)	PROCTOR		
		N	I	M			N	I	M
CTPB	A	42,7	18,2	21,0	MOPA	A	5,8	10,0	8,0
	60	37,8	9,2	24,3		60	28,0	13,5	17,5
	110	16,9	12,3	21,7		110	5,0	17,5	21,2
JPPB	A	13,2	37,6	9,0	MAPA	A	26,5	31,8	3,0
	60	20,1	23,2	14,1		60	42,8	25,0	4,1
	110	18,5	12,2	15,6		110	20,1	15,0	12,2
SPPB	A	2,8	39,8	37,2	TEPI	A	6,7	30,8	11,2
	60	17,8	6,4	12,5		60	4,6	52,6	7,4
	110	59,4	22,9	22,8		110	40,0	32,0	47,0
ARPB	A	34,9	37,3	16,1	PDMA	A	13,0	29,0	34,8
	60	21,2	13,4	23,0		60	28,6	40,3	37,8
	110	28,2	29,7	7,9		110	23,0	18,0	11,5
TEPB	A	2,6	3,2	10,8	BUPI	A	33,6	43,1	37,2
	60	7,0	5,5	25,6		60	10,0	12,6	38,6
	110	10,0	29,6	6,1		110	16,5	13,3	17,8
CAPI	A	17,6	12,4	5,6	VGMA	A	21,9	28,0	12,3
	60	3,6	29,6	6,0		60	6,6	29,2	38,0
	110	16,6	27,2	24,1		110	23,8	32,9	16,5
GIPI	A	7,0	9,3	37,0	PIPI	A	4,6	11,5	8,6
	60	3,0	12,7	9,2		60	26,2	42,5	13,4
	110	28,4	18,6	4,4		110	31,9	22,6	26,0
SLMA	A	3,2	32,8	5,4	VSMA	A	24,2	22,2	13,2
	60	2,5	9,5	33,2		60	33,8	21,4	23,0
	110	26,9	16,5	27,7		110	19,8	8,6	13,2

Tabela 4.3.1.4-F - Variação do CBR, Correspondente a Umidade Ótima, Média Final (Mf) para as Energias Térmica e Mecânica Adotadas

para as umidades ótimas tenderam a ficar dentro do intervalo de 0% à 5%. Das 144 determinações somente 12 destas ficaram fora do intervalo de 0% à 5% sendo 10 determinações entre 5% e 10% apenas 2 determinações apresentaram variações de 10% a 15%, podendo, assim, estas, serem consideradas como pontos isolados. Portanto, variações da ordem de 0% a 5% parecem ser aceitáveis para a determinação da umidade ótima.

Analisando-se a Tabela 4.3.1.4-F, verifica-se que as variações para os valores de CBR não foram uniformes. Estas variações são mostradas nas Tabelas 4.3.1.4-G, H e I para as energias do Proctor normal (N), intermediário (I) e modificado (M), respectivamente para os 3 níveis de energia térmica, ambiente (A), 60°C e 110°C.

VARIAÇÃO	N, 25°C	N, 60°C	N, 110°C
0% à 10%	MOPA, TEPI, PIPI, SPPB, TEPB, GIPI e SLMA	TEPI, BUPI, VGMA, TEPB, CAPI, GIPI e SLMA	MOPA e TEPB
10% à 20%	PDMA, JPPB e CAPI	SPPB	BUPI, VGMA, CTPB, JPPB e CAPI
20% à 30%	MAPA, VGMA e VSMA	MOPA, PDMA, PIPI, JPPB e ARPB	MAPA, PDMA, VSMA, ARPB, GIPI e SLMA
MAIS DE 30%	BUPI, ARPB e CTPB	VSMA, CTPB e MAPA	PIPI, TEPI e SPPB

Tabela 4.3.1.4-G - Variações dos Valores de CBR para a Energia do Proctor Normal (N) à Temperatura Ambiente (25°C), 60°C e 110°C.

VARIAÇÃO	I, 25°C	I, 60°C	I, 110°C
0% à 10%	MOPA, TEPB e GIPI	CTPB, SPPB, TEPB e SLMA	VSMA
10% à 20%	PIPI, CTPB e CAPI	MOPA, BUPI, ARPB e GIPI	MAPA, MOPA, BUPI, GIPI, JPPB, CTPB, SLMA e PDMA
20% à 30%	VGMA, VSMA e PDMA	MAPA, VGMA, VSMA, JPPB e CAPI	PIPI, SPPB, ARPB, TEPB e CAPI
MAIS DE 30%	MAPA, JPPB, SPPB, ARPB, SLMA, TEPI e BUPI	PDMA, PIPI e TEPI	TEPI e VGMA

Tabela 4.3.1.4-H - Variação dos Valores de CBR para a Energia do Proctor Intermediário (I) à Temperatura Ambiente (25°C), 60°C e 110°C

VARIAÇÃO	M, 25°C	M, 60°C	M, 110°C
0% à 10%	JPPB, CAPI, SLMA, MOPA, MAPA e PIPI	CAPI, GIPI, MAPA e TEPI	ARPB, TEPB e GIPI
10% à 20%	ARPB, TEPB, TEPI, VGMA e VSMA	JPPB, SPPB, MOPA e PIPI	JPPB, MAPA, BUPI, VSMA, PDMA e VGMA
20% à 30%	CTPB	CTPB, ARPB, TEPB e VSMA	CTPB, SPPB, CAPI, SLMA, PIPI e MOPA
MAIS DE 30%	SPPB, GIPI, PDMA e BUPI	SLMA, PDMA, BUPI e VGMA	TEPI

Tabela 4.3.1.4-I - Variação dos Valores de CBR para a Energia do Proctor Modificado (M) à Temperatura Ambiente (25°C), 60°C e 110°C

Na Tabela 4.3.1.4-G, observa-se que 16 pontos (de terminações) apresentaram variações entre 0% e 10%, 9 pontos com variações de 10% à 20%, 14 pontos com variações entre 20% à 30% e 9 pontos com variações superior a 30%. Assim, para a energia do Proctor normal podemos considerar (adotar) como variação máxima o valor de 30%, visto que para um mesmo solo, este apresenta variações diferentes para uma mesma energia mecânica. Como exemplos podemos citar o solo SPPB o qual apresentou para a energia do Proctor normal variação de 0% à 10%, para a temperatura ambiente (N, 25°C), 10% à 20% para a secagem à temperatura de 60°C (N, 60°C) e variação superior à 30% para a secagem a temperatura de 110°C (N, 110°C). Como se observa este solo apresentou aumento de variação do ensaio a medida que se aumentou a temperatura de secagem. No entanto isto não foi observado para todos os solos. O solo CTPB, por exemplo, apresentou variação para a secagem à temperatura ambiente (N, 25°C) e para a temperatura de 60°C superior a 30% enquanto que para a secagem a temperatura de 110°C a variação foi de 10% à 20%.

Para a energia do Proctor intermediário, as variações são apresentadas na Tabela 4.3.1.4-H. Como se observa, foram obtidos 8 pontos com variações entre 0% à 10%, 15 pontos com variações de 10% à 20%, 13 pontos com variações entre 20% à 30% e 12 pontos com variações superiores à 30%.

A Tabela 4.3.1.4-I, apresenta as variações para a energia do Proctor modificado. Nesta Tabela observa-se que 13 pontos apresentaram variações de 0% à 10%, 15 pontos entre 10% à 20%, 11 pontos com variações de 20% à 30% e 9 pontos com variações superior à 30%.



Assim, com respeito ao método de ensaio adotado para a determinação do CBR, observou-se que o método recomendado pelo DNER, com as modificações introduzidas, apresentaram 9 determinações de CBR com variação superior à 30% para a energia dos Proctor normal e modificado com um total de 18,8% em relação as 48 determinações (dezesseis solose para as 3 energias térmicas adotadas) e para a energia do Proctor intermediário foram obtidas 12 pontos dentre as 48 determinações com um total de 25,0% das variações superior a 30%. Pelo exposto e devido a falta de estudos feitos para a determinação da "repetibilidade" do ensaio de CBR, arbitrou-se para a "repetibilidade" dos ensaios para a determinação do CBR, efetuados com os solos estudados nesta pesquisa, o valor de 30%.

#### 4.3.1.5 - Análise do Método de Ensaio Através da Determinação do CBR Sem Imersão (S/I) e Com Cura Prévia das Amostras (C/C) à Temperatura Ambiente

Nesta subseção será abordada a metodologia para a determinação do valor do CBR utilizando-se amostras curadas previamente. O Apêndice 5, apresenta os resultados dos parâmetros obtidos, enquanto que o Apêndice 6, mostra as curvas U versus  $\gamma_s$  e U versus CBR. A Tabela 4.3.1.5-A, mostra os valores das umidades ótimas e os CBR's referentes a estas curvas, obtidas por interpolação.

A Tabela 4.3.1.5-B, apresenta os valores dos parâmetros obtidos através da moldagem dos três corpos de prova.

SOLO PARÂMETRO		CTPB		JPPB		PIPI		SLMA	
		Uot	CBR	Uot	CBR	Uot	CBR	Uot	CBR
PROCTOR	NORMAL	15,4	5,0	18,0	10,0	11,4	22,0	10,4	6,0
	INTERMED.	13,0	13,0	16,7	15,0	9,9	55,8	9,5	18,0
	MODIFICADO	12,4	18,0	15,7	30,0	8,5	130,0	8,7	58,0

Tabela 4.3.1.5-A - Valores das Uot, em %, e dos CBR Correspondentes, em %, Obtidos por Interpolação.

SOLO PARÂMETRO		CTPB		JPPB		PIPI		SLMA	
		Uot (%)	CBR (%)	Uot (%)	CBR (%)	Uot (%)	CBR (%)	Uot (%)	CBR (%)
PROCTOR	NORMAL	15,3	3,4	18,4	11,8	11,7	38,5	10,7	4,8
		15,4	5,1	18,0	16,7	10,9	28,1	10,9	6,1
		15,5	4,2	18,8	12,4	11,5	31,4	11,2	5,5
		Média	15,4	3,8	18,2	12,1	11,6	29,8	10,8
	INTERMED.	13,3	10,0	16,7	14,7	9,8	54,8	10,4	15,4
		13,6	13,7	16,4	17,5	10,5	70,5	9,8	19,5
		13,5	13,4	16,5	13,5	10,0	64,8	10,0	16,3
		Média	13,5	13,6	16,5	14,1	10,1	67,6	10,1
	MODIFICADO	12,2	19,1	15,9	24,5	8,7	70,5	9,0	42,1
		12,5	17,4	16,3	18,8	9,0	68,4	9,2	67,8
		12,3	18,5	16,1	26,3	9,1	65,1	8,9	55,8
		Média	12,3	18,3	16,1	25,2	8,9	69,4	9,1

Tabela 4.3.1.5-B - Valores das Uot's e CBR's Correspondentes as Uot's, Obtidos pela Moldagem dos Três Corpos de Prova

Analisando as Tabelas 4.3.1.5-A e B, observou-se concordância entre os valores obtidos por interpolação e pela moldagem dos três corpos de prova. No entanto, para o solo PIPI, o CBR referente ao Proctor modificado obtido por

interpolação foi superior ao CBR obtido pela moldagem dos três corpos de prova. Isto, provavelmente deve-se ao alto valor obtido para o CBR, i.e., 130%.

As Tabelas 4.3.1.5-C e D, apresentam as variações máxima ( $V_{\text{máx}}$ ) e mínima ( $V_{\text{mín}}$ ) bem como o valor médio (M) destas variações para as umidades ótimas e os respectivos valores de CBR, para o ensaio com cura (C/C). Vale salientar que o procedimento para o cálculo destas variações foi idêntico ao adotado no sub-capítulo 4.3.1.4.

SOLO	PROCTOR NORMAL			PROCTOR INTERM.			PROCTOR MODIF.		
	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	M	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	M	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	M
CTPB	0,6	0,6	0,6	0,7	1,5	1,1	1,6	0,8	1,2
JPPB	2,2	2,2	2,2	1,2	0,6	0,9	1,2	1,2	1,2
PIPI	2,6	4,4	3,5	3,0	3,0	3,0	2,2	2,2	2,2
SLMA	2,8	1,8	2,3	3,0	3,0	3,0	1,1	2,2	1,6

Tabela 4.3.1.5-C - Variação da Umidade Ótima para o Ensaio com Cura (C/C)

SOLO	PROCTOR NORMAL			PROCTRO INTERM.			PROCTOR MODIF.		
	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	M	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	M	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	M
CTPB	21,4	19,0	20,2	10,5	19,4	15,0	4,4	4,9	4,6
JPPB	22,8	13,2	18,0	15,1	11,2	13,2	13,4	19,0	16,2
PIPI	17,7	14,1	15,9	11,2	13,6	12,4	21,9	12,3	17,1
SLMA	10,9	12,7	11,8	14,0	9,9	12,0	22,8	23,7	23,2

Tabela 4.3.1.5-D - Variação do CBR Correspondente a Umidade Ótima, para o Ensaio com Cura (C/C).

Analisando as variações obtidas, para os ensaios sem cura (S/C) e com cura (C/C), Tabela 4.3.1.4-E e 4.3.1.5-C, observa-se que, quanto ao valor da umidade ótima este foi influenciado pela cura prévia das amostras. Para o solo CTPB as variações encontradas para o ensaio S/C foram de 2,4%, 0,3% e 0,8% enquanto que para o ensaio C/C foram obtidas variações de 0,6%, 1,1% e 1,2%. O solo JPPB, apresentou, para o ensaio S/C variações de 2,4%, 0,6% e 2,4% e para o ensaio C/C as variações foram de 2,2%, 0,9% e 1,2%. As variações para o solo PIPI, foram de 3,2%, 4,8% e 1,4% enquanto que para o ensaio C/C estas variações foram de 3,5%, 3,0% e 2,2%. Finalmente, para o solo SLMA, o ensaio S/C acusou variações de 3,1%, 1,0% e 3,6% enquanto que o ensaio C/C os valores obtidos foram de 2,3%, 3,0% e 1,6%, respectivamente para as energias dos Proctor normal, intermediário e modificado.

Como se observa, a cura tendeu a melhorar os valores das umidades ótimas, diminuindo as variações para os solos JPPB, PIPI e SLMA. No entanto para o solo CTPB, a cura prévia não chegou a influir no valor da umidade ótima para o solo CTPB.

A respeito dos valores de CBR's, as Tabelas 4.3.1.4-F e 4.3.1.5-D, apresentam as variações obtidas para o ensaio S/C e C/C.

Analisando-se estas Tabelas observou-se que, para o solo CTPB as variações para o ensaio S/C foram de 42,7%, 18,2% e 21,0%, enquanto que para o ensaio C/C estas variações apresentaram valores de 20,2%, 15,0% e 4,6% respectivamente. O solo JPPB apresentou variações de 13,2%, 37,6% e

9,0% para o ensaio S/C e variações de 18,0%, 13,2% e 16,2% para o ensaio C/C. O solo PIPI forneceu variações de 4,6%, 11,5% e 8,6% para o ensaio S/C e valores de 15,9%, 12,4% e 17,1% para o ensaio C/C, enquanto que para o solo SLMA observou-se variações de 3,2%, 32,8% e 5,4% para o ensaio S/C e de 11,8%, 12,0% e 23,2% para o ensaio C/C, respectivamente para as energias dos Proctor normal, intermediário e modificado. Estes resultados indicaram que a cura prévia das amostras tendeu a diminuir as variações de CBR para o solo CTPB enquanto que, para os solos JPPB e SLMA não foi observado uma tendência definida, no entanto, observou-se que as variações nos valores do CBR para os três níveis de energia mecânica apresentaram-se uniformes, isto é, para as energias dos Proctor normal, intermediário e modificado, as variações apresentaram valores ligeiramente iguais. Por outro lado foi observado para o solo PIPI que a cura prévia tendeu a aumentar as variações para o CBR porém, mais uma vez, observou-se uma boa uniformidade nos valores obtidos (variações).

Assim, apesar de se ter verificado aumento na variação do valor de CBR do solo PIPI com a cura prévia das amostras, este procedimento levou, para os quatro solos estudados uma uniformidade aceitável nas variações para os três níveis de energias mecânica o que não foi observado para o ensaio S/C. Além disto, a maior "média" observada para o ensaio C/C foi de 23,2%, mais precisamente, para o solo SLMA. Por outro lado foram observadas variações bem superiores e em maior número como foram com os solos CTPB o qual apresentou variação de 42,7%; o solo JPPB com variação de

37,6% e o solo SLMA com variação de 32,8%.

Com a finalidade de se verificar a influência da cura prévia das amostras nos valores de CBR, a Tabela 4.3.1.5-E apresenta os valores das umidades ótimas e os CBR's correspondentes às umidades ótimas, respectivamente, para os ensaios com cura prévia das amostras (C/C) e sem cura prévia para os corpos de prova imersos (C/I) durante 4 dias (método convencional do DNER).

PROCTOR SOLO/ENSAIO		NORMAL		INTERMED.		MODIFIC.	
		Uot (%)	CBR (%)	Uot (%)	CBR (%)	Uot (%)	CBR (%)
CTPB	C/C	15,4	3,8	13,5	13,6	12,3	18,3
	C/I	14,5	15,3	14,0	21,0	13,0	27,0
JPPB	C/C	18,2	12,1	16,6	14,1	16,1	25,4
	C/I	18,2	3,4	16,5	9,1	16,0	18,1
PIPI	C/C	11,6	29,8	10,1	67,6	8,9	69,4
	C/I	9,2	22,0	8,3	67,5	7,3	75,0
SLMA	C/C	10,8	5,2	10,2	15,8	9,0	61,8
	C/I	9,6	4,0	9,0	9,5	8,5	30,0

Tabela 4.3.1.5-E - Valores das Umidades Ótimas (Uot) e CBR's Correspondentes as Umidades Ótimas para os Ensaios C/C e C/I.

Comparando os valores obtidos através dos ensaios C/C e C/I, observou-se, com respeito às umidades ótimas, que para o solo CTPB a cura tendeu a diminuir a umidade ótima; para o solo JPPB não foi observada uma tendência definida; para o solo PIPI observou-se aumento acentuado da umidada.

de ótima quando da cura prévia das amostras, enquanto que para o solo SLMA observou-se uma tendência para aumento na umidade ótima, porém de maneira discreta. Com relação ao valor de CBR, a cura prévia das amostras tendeu a diminuir o valor de CBR para o solo CTPB, aumentar para os solos JPPB e SLMA enquanto que para o solo PIPI não foi observado influência da cura nos valores de CBR. Assim, de conformidade com os dados disponíveis, não se pode precisar um comportamento específico da influência da cura prévia das amostras no valor do CBR para os solos lateríticos estudados, visto que os valores obtidos não foram uniformes. Somente o solo PIPI, que apresentou aumento na umidade ótima a cura prévia das amostras, está de acordo com a teoria existente, Mahmood (1969). Segundo Mahmood, as amostras com cura antecedendo à compactação, apresentavam aumento da umidade ótima com o tempo de umedecimento. Ele atribui este fenômeno, à quebra das concreções e/ou torrões do solo, sendo assim, necessário maior quantidade de água para "molhar" o solo e, consequentemente, uma maior umidade ótima. No entanto, o aumento observado na umidade ótima do solo PIPI não chegou a influir no valor do CBR.

Portanto, com respeito à metodologia introduzida para a determinação do CBR, apesar da concordância obtida entre os valores de CBR obtidos por interpolação e pela moldagem dos 3 corpos de prova, não se pode predizer até que ponto estes valores são influenciados pela cura prévia das amostras em virtude da não uniformidade nos valores encontrados pela comparação entre os CBR com cura (C/C) e os CBR obtidos sem cura (S/C) com imersão dos corpos de prova, mé

todo convencional do DNER-ME-49-74, sendo necessário, portanto, analisar maior número de solo e, com isto, fazer uma avaliação mais segura sobre o comportamento destes solos quando submetidos à cura prévia das amostras para a determinação do CBR.

#### 4.3.1.6 - Conclusão Final sobre a Metodologia Utilizada

Com base nos resultados obtidos/verificados, foi observado que:

Quanto as modificações introduzidas, observou-se a necessidade de se introduzir a massa específica para as partículas de dimensões superior a 2mm para o cálculo da umidade de saturação e, conseqüentemente, para o traçado da curva de saturação.

No que se refere à preparação das amostras, não foi feito estudos comparativos para os CBR's obtidos nesta pesquisa com os CBR's obtidos a partir de amostras preparadas segundo o procedimento adotado pelo DNER, sendo, portanto, necessário se moldar corpos de prova seguindo as recomendações do método DNER-ME 49-74 e com isto se fazer uma avaliação da modificação introduzida.

Com respeito à quantidade de solo (amostra) a ser utilizada para a determinação da umidade de moldagem, observou-se que a quantidade de 500g é recomendável.

Quanto à determinação do valor de CBR utilizando-se amostras curadas previamente, apesar dos valores obtidos serem considerados satisfatórios, a não uniformidade encon



trada nos resultados, exige que seja realizado ensaios com um maior número de solos.

Portanto, dentre as modificações introduzidas e a luz dos resultados obtidos, recomenda-se que se adote também a massa específica para as partículas de dimensões superior a 2mm para a determinação da curva de saturação e que a quantidade de solo para a determinação da umidade de moldagem seja da ordem de 500g. Quanto a determinação do valor de CBR utilizando-se amostras curadas previamente, devido à não uniformidade encontrada nos resultados, torna-se necessário que sejam feitos ensaios com um maior número de solos.

#### 4.3.2 - Influência da Indução da Energia Térmica no Valor de CBR

Para a análise do efeito da energia térmica no valor do CBR, será considerado o efeito isolado da temperatura de secagem para uma mesma energia de compactação. Esta análise será feita em termos de percentagem, porém, em alguns casos, será necessário levar em consideração outros parâmetros, como por exemplo, o valor da umidade ótima e da massa específica aparente seca máxima, visto que este procedimento, algumas vezes, deixa dúvidas sobre a validade dos aumentos ou diminuições observadas no valor do CBR com a secagem. Por exemplo, se um valor de CBR passa de 10% para 15%, em termos práticos este "aumento" pode ser considerado normal. Porém, se for analisado em termos de percentagens, o "aumento" observado é de 50%. Assim, necessário se faz também le

var em consideração, para a análise do efeito da indução da energia térmica no valor do CBR, os valores das umidades ótimas, massas específicas aparentes secas máximas, as variações com a secagem, a própria variação do ensaio e, de acordo com estes valores, verificar se estas variações são significantes em termos práticos. Com respeito às variações dos parâmetros, massas específicas aparentes secas máximas e umidades ótimas, será dada mais ênfase à umidade ótima em razão desta contribuir de maneira mais acentuada no valor do CBR. Finalmente, a indicação da tendência de cada solo devido ao efeito da secagem, será feita de acordo com o critério de "prioridade", i.e., se um determinado solo apresentou constância no valor de CBR com a secagem para a energia referente ao do Proctor normal e para o Proctor intermediário o valor de CBR apresentou diminuição acentuada enquanto que o CBR para o Proctor modificado apresentou pequeno aumento com a secagem, este solo será considerado como sensível à secagem, apresentando como resultado, tendência à diminuir o valor de CBR com a secagem.

As Tabelas 4.3.2.1, 4.3.2.2 e 4.3.2.3 apresentam os resultados das variações das umidades ótimas ( $U_{ot}$ ), massas específicas aparentes secas máximas ( $\gamma_{smáx}$ ) e dos CBR's correspondentes às umidades ótimas com a secagem, para os ensaios sem imersão (S/I) nos níveis de energias térmicas e mecânicas adotados nesta pesquisa.

Da Tabela 4.3.2.1, observou-se tendências diferentes para a secagem a temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  e  $110^{\circ}\text{C}$ .

Para a secagem a temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , levando-se em consideração o critério adotado, verificou-se que os so

SOLO	TEMPERATURA(°C)	PN	PI	PM	SOLO	TEMPERATURA(°C)	PN	PI	PM
MOPA	A-60°C	-2,7	-1,0	-10,8	CTPB	A-60°C	-1,3	+4,3	+4,6
	A-110°C	-7,3	-1,5	-4,2		A-110°C	-19,1	-19,4	-15,4
MAPA	A-60°C	+2,3	-4,8	+5,0	JPPB	A-60°C	-2,2	-5,8	-3,2
	A-110°C	-15,7	-20,8	-11,1		A-110°C	-11,1	-15,2	-12,2
TEPI	A-60°C	-13,2	-6,0	-0,7	SPPB	A-60°C	-2,4	-4,2	+0,6
	A-110°C	-6,3	+5,3	+1,4		A-110°C	-6,9	-10,4	-11,5
PDMA	A-60°C	+5,2	+3,0	+5,6	ARPB	A-60°C	-6,0	-6,2	-7,2
	A-110°C	-3,7	-3,0	-3,2		A-110°C	-7,7	-7,4	-4,6
BUPI	A-60°C	-8,0	+2,0	+11,8	TEPB	A-60°C	-2,9	-9,5	-11,1
	A-110°C	-15,9	-14,3	-12,9		A-110°C	-8,7	-7,5	-11,6
VGMA	A-60°C	-27,6	-17,8	-14,6	CAPI	A-60°C	-7,0	-7,0	+12,5
	A-110°C	-25,1	-15,1	-6,9		A-110°C	-14,1	-10,8	+3,8
PIPI	A-60°C	+3,1	-2,4	+19,4	GIPI	A-60°C	-7,1	-3,1	+3,3
	A-110°C	-	+4,7	+22,4		A-110°C	+4,3	-	+4,2
VSMA	A-60°C	-10,1	-12,5	-5,2	SLMA	A-60°C	-	-3,1	-2,4
	A-110°C	-29,0	-27,3	-22,6		A-110°C	-2,1	-5,2	-2,1

Legenda: PN - Proctor Normal                      - Redução  
 PI - Proctor Intermediário                    + Aumento  
 PM - Proctor Modificado

Tabela 4.3.2.1 - Variação da Umidade Ótima (Uot) em % com a Secagem para as Temperaturas de 60°C e 110°C em Relação a Temperatura Ambiente (A).

SOLO	TEMPERATURA(°C)	PN	PI	PM	SOLO	TEMPERATURA(°C)	PN	PI	PM
MOPA	A-60°C	+0,7	-1,2	-0,6	CTPB	A-60°C	+1,1	+1,4	-2,4
	A-110°C	-0,9	+1,2	-4,1		A-110°C	+2,0	+4,7	-0,5
MAPA	A-60°C	-0,2	-	-1,2	JPPB	A-60°C	+4,1	-1,0	-2,3
	A-110°C	-0,4	+1,1	+0,3		A-110°C	+1,4	-3,7	-0,5
TEPI	A-60°C	+6,2	+0,9	-0,8	SPPB	A-60°C	-2,2	-0,5	-1,7
	A-110°C	+1,9	-0,5	-1,2		A-110°C	-0,2	+6,8	+6,1
PDMA	A-60°C	+0,5	-1,5	+1,2	ARPB	A-60°C	-0,5	+0,6	-
	A-110°C	-	-2,3	-1,4		A-110°C	+3,1	+4,0	+6,4
BUPI	A-60°C	+1,9	+2,0	+0,7	TEPB	A-60°C	+0,3	-1,2	+1,4
	A-110°C	-1,3	-1,2	-1,6		A-110°C	-0,9	-	-0,2
VGMA	A-60°C	+4,3	+1,6	+3,0	CAPI	A-60°C	+3,2	-1,5	+0,5
	A-110°C	+5,3	-0,1	-0,7		A-110°C	+3,7	+3,8	+4,5
PIPI	A-60°C	+0,1	+1,2	-0,4	GIPI	A-60°C	-1,1	+0,6	+1,4
	A-110°C	-	-0,1	-0,7		A-110°C	+0,4	+2,2	+1,1
VSMA	A-60°C	+2,1	-1,2	-1,7	SLMA	A-60°C	+0,1	-0,8	+0,3
	A-110°C	+3,9	+1,0	+1,8		A-110°C	+0,2	+0,3	+1,7

Legenda: PN - Proctor Normal - Redução  
 PI - Proctor Intermediário + Aumento  
 PM - Proctor Modificado

Tabela 4.3.2.2 - Variação da Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ ) em %, com a Secagem para as Temperaturas de 60°C e 110°C em Relação a Temperatura Ambiente (A).

SOLO	TEMPERATURA(°C)	PN	PI	PM	SOLO	TEMPERATURA(°C)	PN	PI	PM
MOPA	A-60°C	-31	-21	+24	CTPB	A-60°C	-7	-24	-51
	A-110°C	+25	-29	-17		A-110°C	-1	+46	-38
MAPA	A-60°C	+13	+50	+19	JPPB	A-60°C	-29	-13	-29
	A-110°C	+42	+188	+1		A-110°C	+8	+90	+36
TEPI	A-60°C	-38	-10	+5	SPPB	A-60°C	-10	-20	+40
	A-110°C	+8	-20	-9		A-110°C	-6	-13	+108
PDMA	A-60°C	+15	-50	-49	ARPB	A-60°C	+1	+50	-1
	A-110°C	+108	+29	+17		A-110°C	-40	+13	-20
BUPI	A-60°C	-21	-44	-49	TEPB	A-60°C	-31	-6	+93
	A-110°C	+26	+62	+14		A-110°C	-20	-50	+27
VGMA	A-60°C	+335	+147	+19	CAPI	A-60°C	-7	+112	+16
	A-110°C	+209	+180	+44		A-110°C	+76	+111	+135
PIPI	A-60°C	-28	-48	-38	GIPI	A-60°C	-6	-27	+7
	A-110°C	-1	-39	-25		A-110°C	+67	-12	+10
VSMA	A-60°C	-113	+17	+260	SLMA	A-60°C	+156	-19	+2
	A-110°C	+245	+156	+223		A-110°C	+52	-39	+8

Legenda: PN - Proctor Normal - Redução  
 PI - Proctor Intermediário + Aumento  
 PM - Proctor Modificado

Tabela 4.3.2.3 - Variação do Índice de Suporte Califórnia (CBR) em %, com a Secagem para as Temperaturas de 60°C e 110°C em Relação a Temperatura Ambiente (A).

los ARPB, TEPB, CAPI, GIPI, MOPA, TEPI e VGMA apresentaram diminuições nos valores das umidades ótimas. Os solos JPPB, CTPB, SPPB, MAPA e SLMA apresentaram aumentos e diminuições porém dentro do critério de variação para o valor de CBR adotado para os ensaios. No entanto os solos PDMA e PIPI apresentaram aumentos nos valores de umidade ótima com a secagem, enquanto que para o solo BUPI não foi observado uma tendência no valor da umidade ótima com a secagem à temperatura de 60°C.

Quanto à secagem à temperatura de 110°C, observou-se para os solos GIPI, SLMA e PDMA que os valores das umidades ótimas não foram afetadas com a secagem, enquanto que não foi observada tendência da secagem no valor da umidade ótima para o solo TEPI e que para o solo PIPI verificou-se aumento no valor da umidade ótima. Os demais solos apresentaram diminuição no valor da umidade ótima com a secagem à temperatura de 110°C.

A Tabela 4.3.2.4, apresenta o resumo do efeito da secagem no valor da umidade ótima (Uot) para a secagem à 60°C e 110°C.

Como se observa nesta Tabela, os solos foram mais sensíveis à temperatura de 110°C, observando-se na maior parte redução da umidade ótima. Verifica-se, também, que a secagem à 110°C forneceu com maior intensidade, redução na umidade ótima.

Os valores constantes da Tabela 4.3.2.2, indicam que a secagem à 60°C não afetou de maneira homogênea os valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ , onde não foi observada, para a maioria dos solos, uma tendência definida. No entanto, a secagem à

110°C tendeu a aumentar o valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  para grande parte dos solos estudados.

No entanto, as variações encontradas se apresentaram dentro da repetibilidade do ensaio.

Analisando-se a Tabela 4.3.2.3 observou-se uma grande variedade nos resultados obtidos para os valores de CBR com a secagem. Como um dos principais objetivos desta pesquisa é avaliar o efeito da indução da energia térmica no valor de CBR, será feita, então, uma análise mais minuciosa de cada solo, isoladamente, e, se possível, agrupá-los de acordo com a tendência observada. Inicialmente será feito a avaliação da secagem à 60°C e, posteriormente, à temperatura de 110°C. Estas análises são fornecidas a seguir:

Influência da Secagem (à Temperatura de 60°C) no Valor de CBR com Relação à Temperatura Ambiente.

- Solo CTPB

A secagem tendeu a diminuir o valor do CBR para a energia do Proctor normal, porém numa faixa muito pequena. No entanto, verificou-se para as energias do Proctor intermediário e modificado uma queda acentuada no valor do CBR. Assim, para o solo CTPB a secagem à temperatura de 60°C reduziu os valores do CBR.

EFEITO DA SECAGEM	TENDÊNCIA A DIMINUIR A Uot		TENDENCIA A AUMENTAR A Uot		TENDÊNCIA A REPETIR OS VALORES		NÃO DEFI NIDA UMA TENDÊNCIA	
	60°C	110°C	60°C	110°C	60°C	110°C	60°C	110°C
S O L O S	ARPB	MOPA	PDMA	PIPI	CTPB	GIPI	BUPI	TEPI
	TEPB	MAPA	PIPI		JPPB	SLMA		
	CAPI	BUPI			SPPB	PDMA		
	GIPI	VGMA			SLMA			
	MOPA	CTPB			MAPA			
	VSMA	JPPB						
	TEPI	SPPB						
	VGMA	ARPB						
		TEPB						
		CAPI						
	VSMA							

Tabela 4.3.2.4 - Influência da Indução da Energia Térmica às Temperaturas de 60°C e 110°C nos Valores da Umidade Ótima (Uot).



- Solo JPPB

Observou-se diminuições nos valores do CBR com a secagem. O Proctor modificado foi o que mais apresentou diminuição, isto, provavelmente, foi devido ao alto valor obtido para o CBR para a secagem ambiente em consequência do baixo valor da sua umidade ótima, 15,5%, em comparação com a umidade ótima obtida para a energia do Proctor intermediário, 17,1%, para a mesma energia térmica (secagem ambiente). Assim, segundo os resultados obtidos, a secagem tendeu a diminuir os valores dos CBR.

- Solo PDMA

Os valores de CBR para as energias referentes aos dos Proctor intermediário e modificado, apresentaram diminuições acentuadas com a secagem. No entanto o aumento para o CBR referente ao do Proctor normal esta dentro da repetibilidade do ensaio. Então, devido a tendência observada, estes solos tenderam a reduzir os valores dos CBR com a secagem.

- Solos BUPI e PIPI

Verificou-se diminuições acentuadas nos valores dos CBR com a secagem para os três níveis de energia mecânica.

- Solo CAPI

A secagem deste solo não apresentou influência no valor do CBR para o Proctor normal. O CBR para o Proctor mo dificado apresentou pequeno aumento enquanto que a secagem tendeu à aumentar, de maneira acentuada, o valor do CBR, pa ra o Proctor intermediário. O pequeno aumento verificado pa ra o CBR para a energia do Proctor modificado, foi devido, provavelmente, ao alto valor obtido para a umidade ótima (11,7%) quando comparado com o valor da umidade ótima obtida para o Proctor intermediário na mesma temperatura (12,0%). Devido ao aumento do CBR para o Proctor intermediário com a secagem este solo pode ser considerado como sensível à temperatura, aumentando o valor do CBR.

- Solo MAPA

Os valores de CBR apresentaram aumento com a secagem, sendo o CBR correspondente ao Proctor intermediário o que apresentou maior aumento.

- Solo VGMA

Foram observados aumentos nos valores de CBR exceto para o Proctor modificado, o qual esta dentro da repetibililidade do ensaio. Porém, segundo o critério adotado para a análise do efeito da secagem no valor do CBR, este solo tendeu a aumentar o valor do CBR com a secagem.

- Solo SPPB

Somente o CBR correspondente à energia do Proctor modificado apresentou um aumento considerável com a secagem. Porém para as demais energias mecânicas os valores do CBR podem ser considerados constantes com a secagem. Devido ao aumento observado para o Proctor modificado, este solo poderá ser considerado sensível a temperatura, apresentando aumento do CBR com a secagem.

- Solo ARPB

A secagem não influenciou nos valores dos CBR para as energias do Proctor normal e a do Proctor modificado. Por outro lado, observou-se um aumento para o Proctor intermediário, no entanto, este aumento foi causado devido ao alto valor encontrado para o CBR (75,0%) quando comparado aos outros valores nas mesmas condições de energia mecânica (50,0% e 57,0%), respectivamente, para a secagem ambiente e a 110°C. Portanto, este solo pode ser considerado insensível à secagem.

- Solo GIPI

Apesar de não ter observado influência da secagem para os Proctor normal e modificado, o CBR referente à energia do Proctor intermediário apresentou diminuição no valor do CBR com a secagem. Assim este solo pode ser considerado como sensível à secagem diminuindo o valor do CBR.

- Solo SLMA

Não foi observado influência nos valores do CBR com a secagem para os Proctor intermediário e modificado. O aumento observado para o Proctor normal deve-se ao baixo valor encontrado para o Proctor normal à temperatura ambiente.

- Solos MOPA e TEPI

Estes dois solos não apresentaram uma tendência definida para os valores de CBR com a secagem. Observou-se tendências distintas, porém, devido aos baixos valores, estas podem ser consideradas constantes em termos práticos.

- Solo TEPB

Apenas o CBR correspondente a energia do Proctor modificado apresentou aumento acentuado com a secagem. Para as outras formas de energias mecânicas os valores dos CBR tenderam a permanecer os mesmos. No entanto o aumento observado para o CBR referente ao Proctor modificado pode ser justificado como sendo devido ao fato do alto valor obtido para a umidade ótima (19,8%) em comparação com a umidade ótima do Proctor intermediário (20,0%) para à secagem ambiente. Assim, este solo pode ser considerado como insensível com a secagem.

- Solo VSMA

Para as energias do Proctor normal e intermediária à secagem não influenciou no valor do CBR porém, devido ao aumento observado para o CBR referente ao Proctor modificado, este solo pode ser considerado como sensível à secagem, aumentando o valor do CBR com a secagem.

Influência da secagem (à temperatura de 110°C) no valor do CBR com relação à temperatura ambiente.

- Solo ARPB

Apesar do aumento observado para o CBR referente a energia do Proctor intermediário, no entanto, este aumento pode ser considerado normal em virtude de estar dentro da repetibilidade do ensaio, logo a secagem deste solo tendeu a diminuir os valores dos CBR's para os outros níveis de energias mecânicas.

- Solo TEPB

Este solo apresentou diminuição no valor do CBR para a energia do Proctor normal, porém, esta diminuição apresentou-se dentro da variação do ensaio. No entanto para a energia do Proctor intermediário verificou-se diminuição no valor do CBR com a secagem. Por outro lado, o aumento observado para o Proctor modificado pode ser justificado devido ao alto valor da umidade ótima obtida para o Proctor modificado (19,8%) em comparação com a umidade para a energia

do Proctor intermediário (20,0%) para a secagem ambiente, diminuindo, em consequência, o valor de CBR para a energia do Proctor modificado para a secagem ambiente fornecendo, com isto, aumento no valor do CBR para a secagem à 60°C. Assim devido à redução do CBR para o Proctor intermediário este solo será considerado como sensível à secagem, diminuindo o valor do CBR com o aumento da temperatura.

- Solo MOPA

O aumento observado para a energia do Proctor normal pode ser considerado normal visto que o aumento verificado para o valor de CBR apresentou-se dentro da repetibilidade do ensaio. No entanto, visto as diminuições para as energias referentes aos Proctor intermediário e modificado, este solo será considerado como sensível à secagem, diminuindo os valores de CBR com a secagem.

- Solo PIPI

A secagem diminui o valor do CBR para o Proctor intermediário. Para os outros níveis de energia mecânica, os CBR apresentaram diminuição no valor do CBR, porém, dentro da repetibilidade do ensaio.

- Solo SLMA

A secagem diminui de maneira acentuada o CBR correspondente a energia do Proctor intermediário. Por outro

lado os aumentos observados para os Proctor normal e modificado apresentaram-se dentro da repetibilidade do ensaio.

- Solo JPPB

Com exceção do valor de CBR correspondente ao Proctor normal, o qual não foi influenciado com a secagem, os CBR's para as outras energias mecânicas sofreram aumentos acentuados com a secagem principalmente para a energia do Proctor intermediário.

- Solo SPPB

O Proctor modificado apresentou um aumento considerável para o valor de CBR com a secagem, devido ao alto valor encontrado para o CBR a temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$  em comparação aos outros valores obtidos para este mesmo nível de energia mecânica. No entanto para as energias do Proctor normal e intermediário, os valores de CBR não foram afetados com a secagem.

- Solo CTPB

Apesar da constância de CBR para o Proctor normal e a diminuição observada para o CBR referente a energia do Proctor modificado devido, possivelmente ao alto valor encontrado para a umidade ótima (11,0%) em comparação com a umidade ótima do Proctor intermediário (11,2%), o CBR para o Proctor intermediário apresentou um aumento acentuado com a secagem.

- Solo TEPI

Apesar das diminuições nos valores de CBR's para as energias dos Proctor intermediário e modificado e o aumento para o Proctor normal, este solo será considerado como insensível à secagem, em razão das variações obtidas com a secagem, estarem dentro da repetibilidade do ensaio.

- Solos GIPI, MAPA, PDMA, BUPI, VGMA, VSMA e CAPI

Foi observado um aumento nos valores de CBR com a secagem para estes 7 solos, para os 3 níveis de energias mecânicas adotadas nesta pesquisa.

A Tabela 4.3.2.5, apresenta o resumo do efeito da secagem nos valores dos CBR's.

Como se observa da Tabela 4.2.4, os solos estudados foram classificados como sendo solos lateríticos, com exceção aos solos ARPB e GIPI que foram classificados como solos não lateríticos, e, portanto, de acordo com a literatura existente, estes solos são sensíveis à secagem. No entanto analisando-se a Tabela 4.3.2.5, observa-se que apenas os solos CAPI, MAPA, VGMA e VSMA apresentaram comportamentos idênticos, i.e., aumentaram os valores dos CBR's com a secagem tanto para a temperatura de 60°C como para a secagem a 110°C. Comportamentos semelhantes foram verificados para os solos PIPI e TEPI. O primeiro apresentou diminuição do valor do CBR com a secagem enquanto que o segundo manteve-se indiferente, mostrando-se insensível a secagem para as temperaturas de 60°C e 110°C. Os demais solos mostraram



EFEITO DA SECAGEM	TENDÊNCIA A AUMENTAR O CBR		TENDÊNCIA A DIMINUIR O CBR		REPETIR OS VALORES	
	60°C	110°C	60°C	110°C	60°C	110°C
S O L O S	CAPI	CAPI	PIPI	PIPI	TEPI	TEPI
	MAPA	MAPA	CTPB	ARPB	ARPB	SPPB
	VGMA	VGMA	JPPB	TEPB	SLMA	
	VSMA	VSMA	PDMA	MOPA	MOPA	
	SPPB	JPPB	BUPI	SLMA	TEPB	
		CTPB	GIPI			
		GIPI				
		PDMA				
		BUPI				

Tabela 4.3.2.5 - Influência da Indução da Energia Térmica às Temperaturas de 60°C e 110°C nos Valores de CBR.

comportamentos diferentes com a secagem, i.e., apresentaram aumento ou diminuição para a secagem a 60°C ou diminuição ou aumento para a secagem a 110°C ou mesmo mostraram-se indiferentes a secagem. Assim, como era de se esperar, os solos estudados podem ser influenciados com a secagem porém de maneiras diferentes, em função do grau em que for submetido à secagem.

Embora seja comum se afirmar que o processo de secagem induzido aos solos lateríticos possa alterar suas propriedades, por exemplo, limites de Atterberg, umidades ótimas (diminuindo os seus valores) e aumentando os valores das massas específicas aparentes secas máximas com conse

quente aumentó no valor do CBR, para os solos estudados nesta pesquisa, o efeito da energia térmica não mostrou um comportamento uniforme para os 16 solos estudados. Para melhor esclarecer o comportamento do efeito da secagem sobre o valor de CBR, as Figuras 4.3.2.1-A até H, apresentam os resultados obtidos. Com a finalidade de poder justificar os diversos comportamentos observados nos valores dos CBR's obtidos com a secagem, para os solos lateríticos estudados, será analisado, a seguir o efeito da energia térmica em outros parâmetros (propriedades de engenharia), resultados estes, obtidos por outros investigadores como complemento do estudo global sobre as propriedades dos solos lateríticos selecionados nesta pesquisa.

- Composição Química em Termos Parciais (Constituintes Amorfos)

Como se sabe, as possíveis razões para as propriedades dos solos lateríticos serem alteradas/modificadas pelo efeito da secagem prévia das amostras, foram explicadas por Gidigas (1974) e Terzaghi (1958), como sendo devido, provavelmente, a dois fatores i) a tendência para formar agregações e ii) a perda de água dos minerais hidratados. Wallace (1973), observou que a secagem provocava agregação. As partículas de silte e argila agregavam-se para formar partículas tamanho areia. Assim, é de se esperar que os constituintes amorfos contribuam para a alteração das propriedades destes solos com a secagem.

A Tabela 4.2.1, mostra as percentagens de Fe, Al

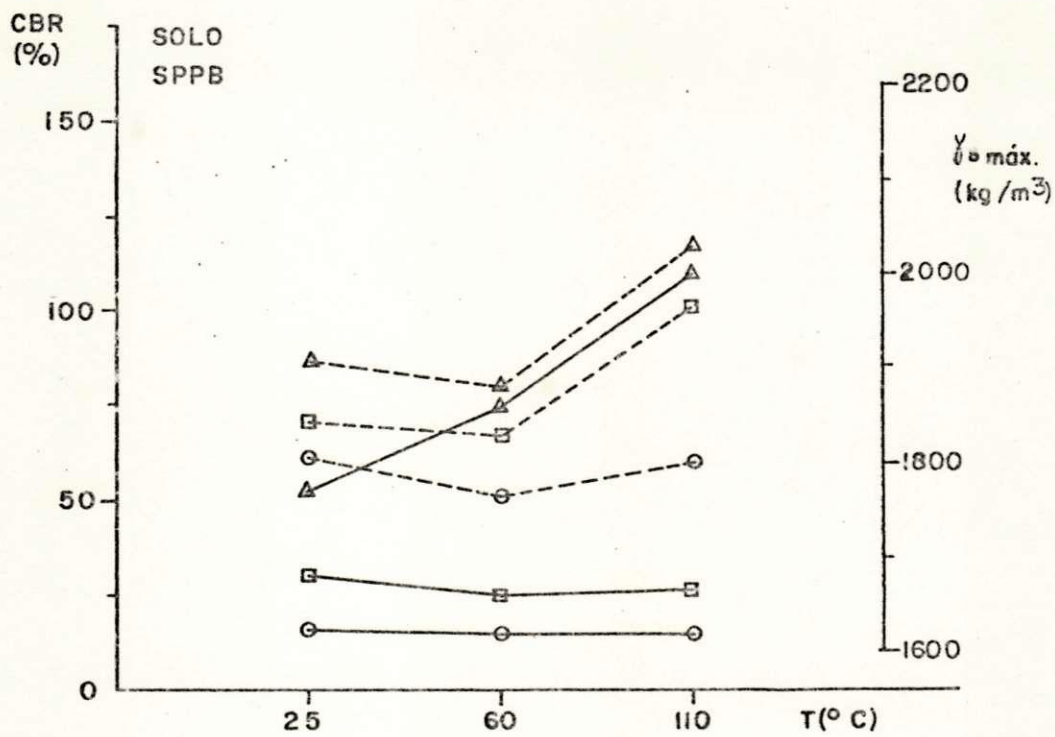
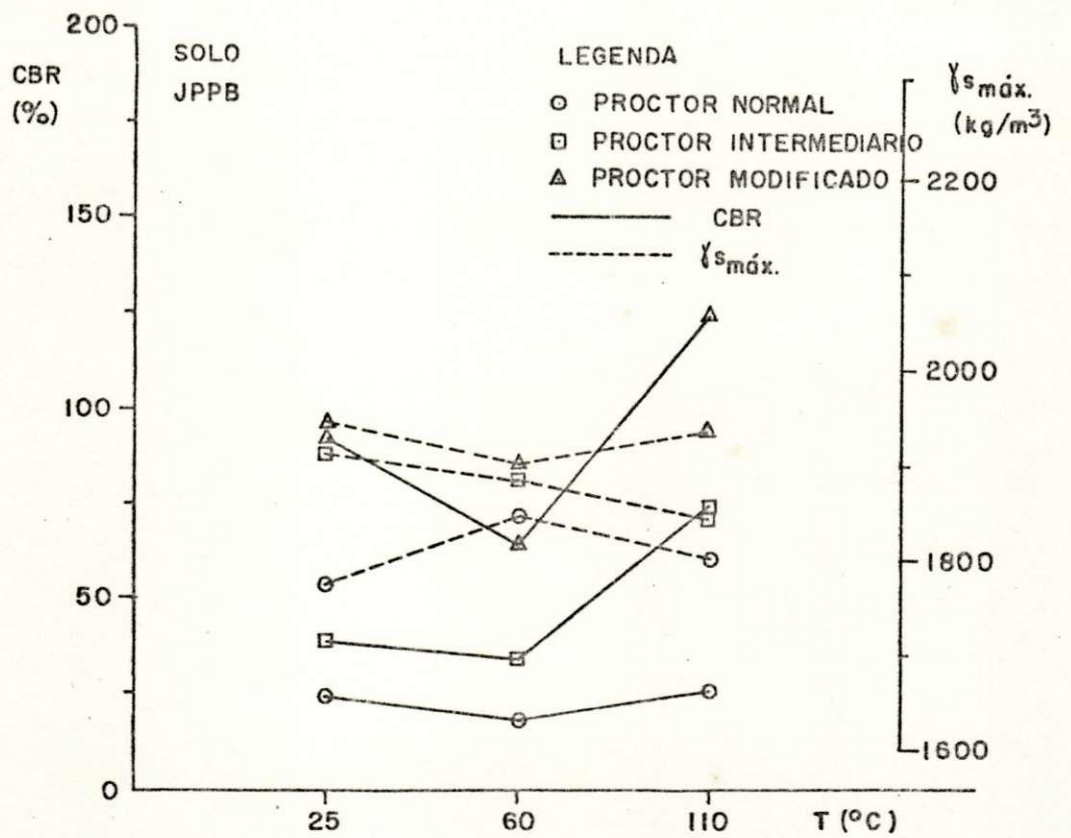


Figura 4.3.2.1-A - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{s\text{máx.}}$ ) e Temperatura de Secagem (T).

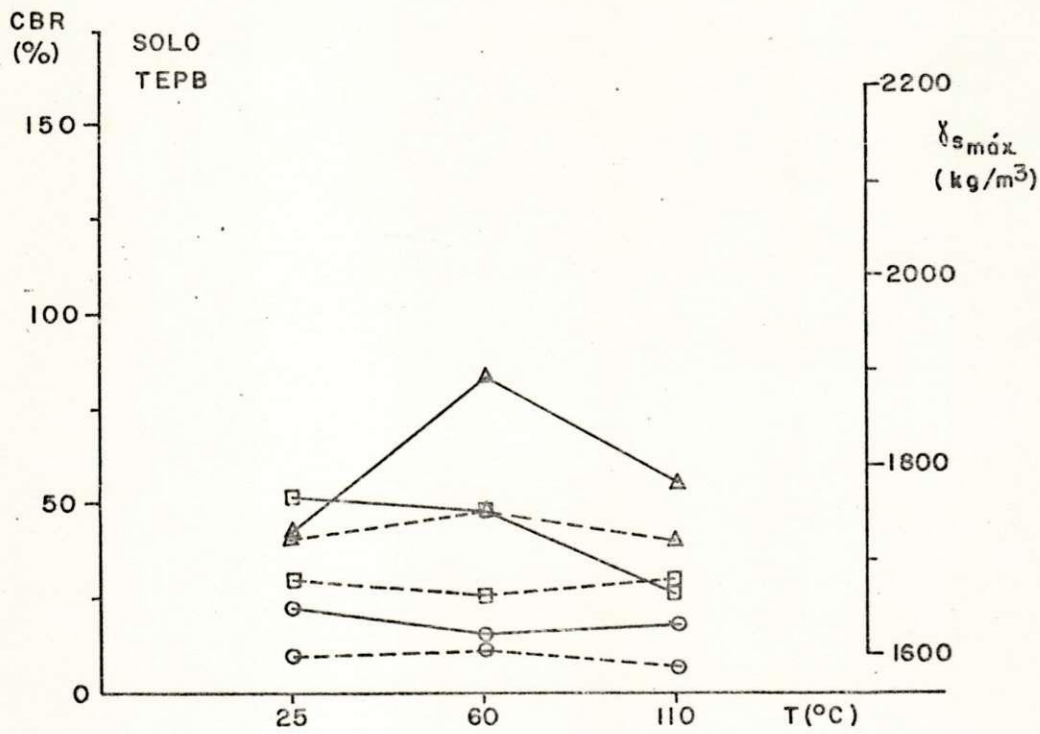
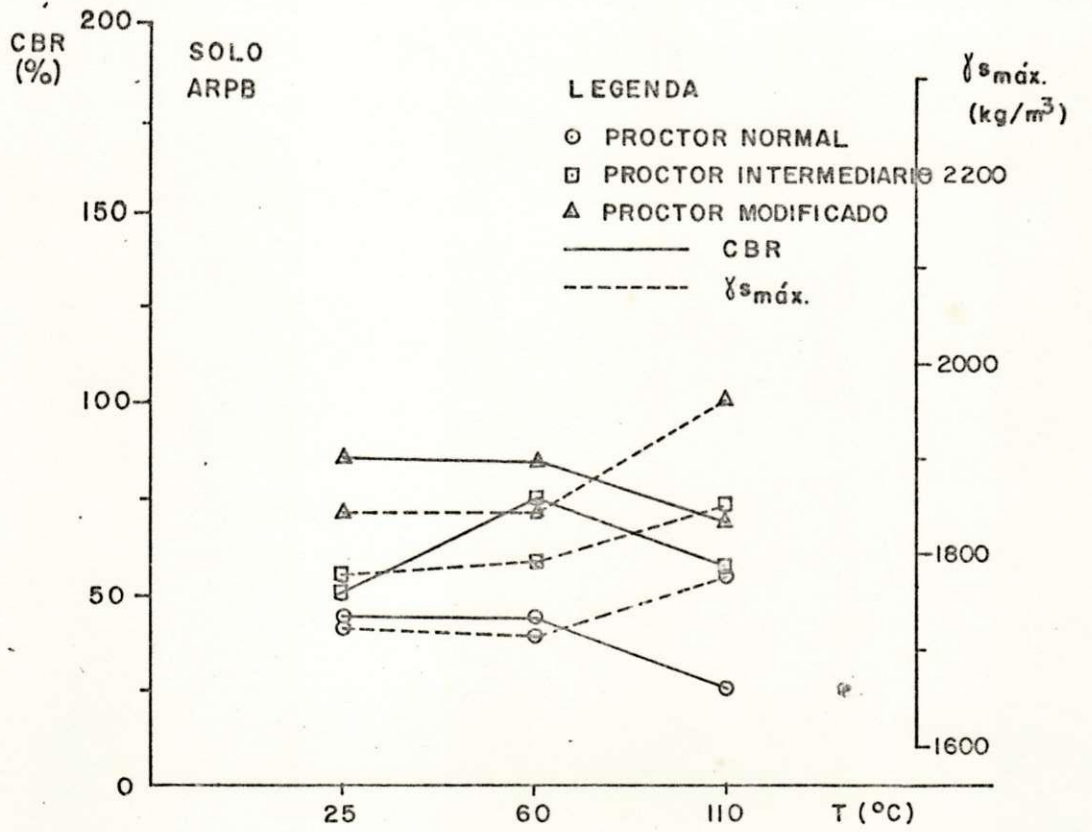


Figura 4.3.2.1-B - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx.}$ ) e Temperatura de Secagem (T).

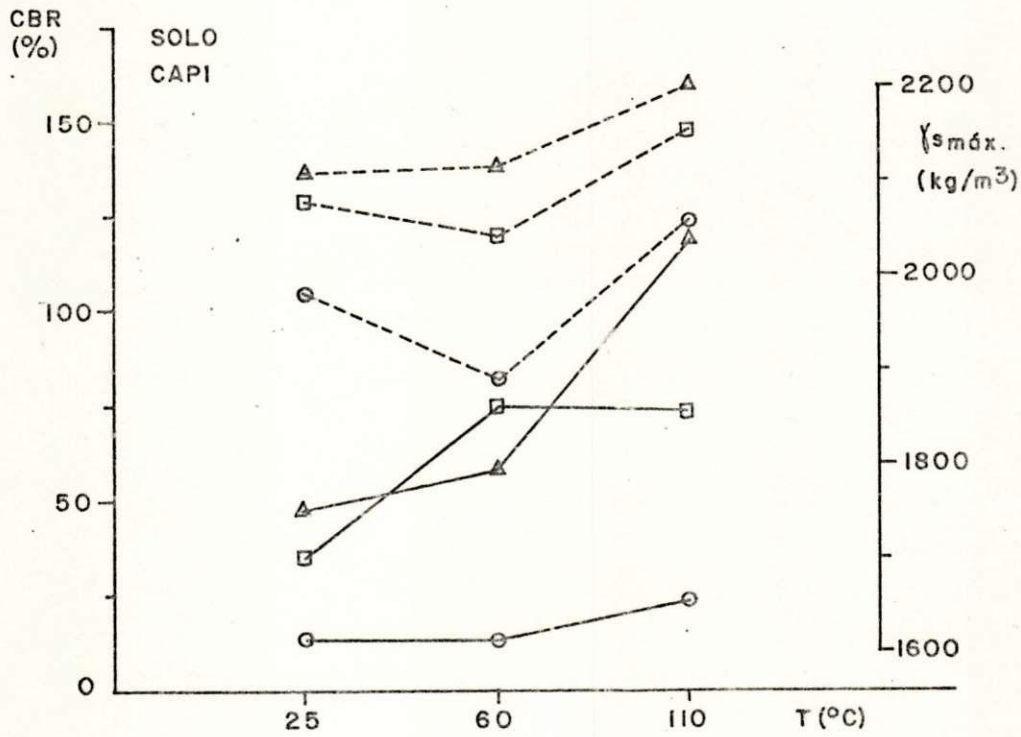
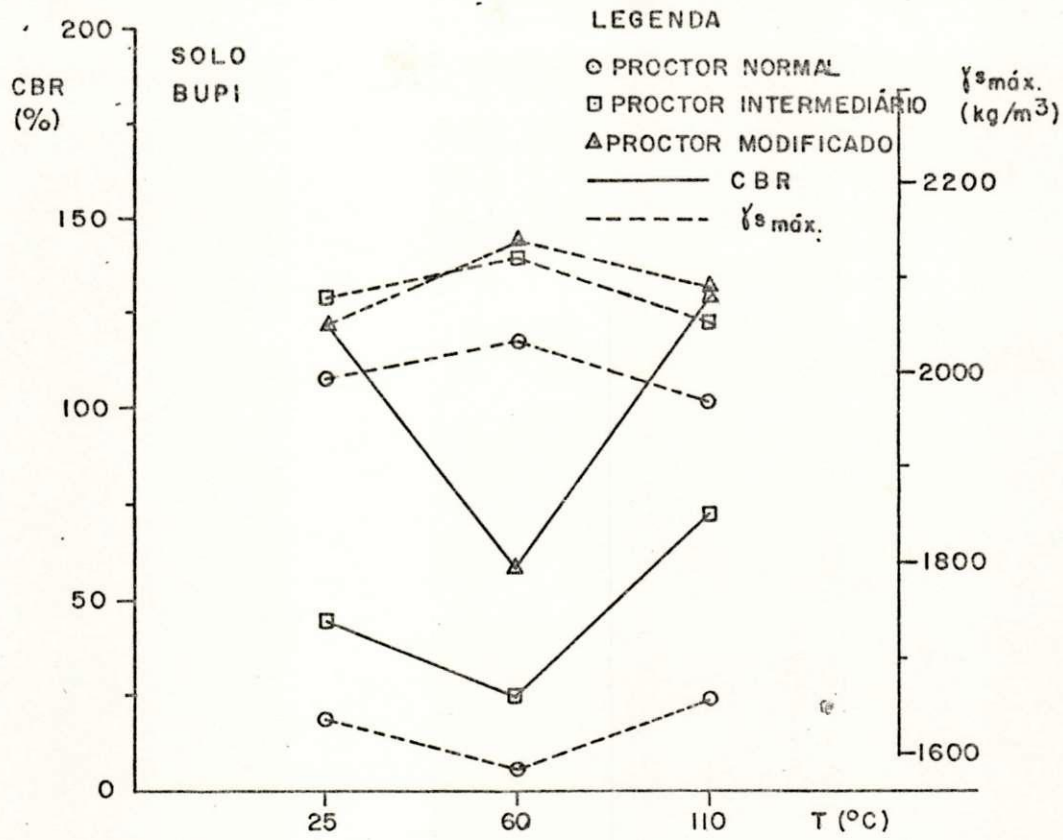


Figura 4.3.2.1-C - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Secca Máxima ( $\gamma_s^{\text{máx.}}$ ) e Temperatura de Secagem (T).

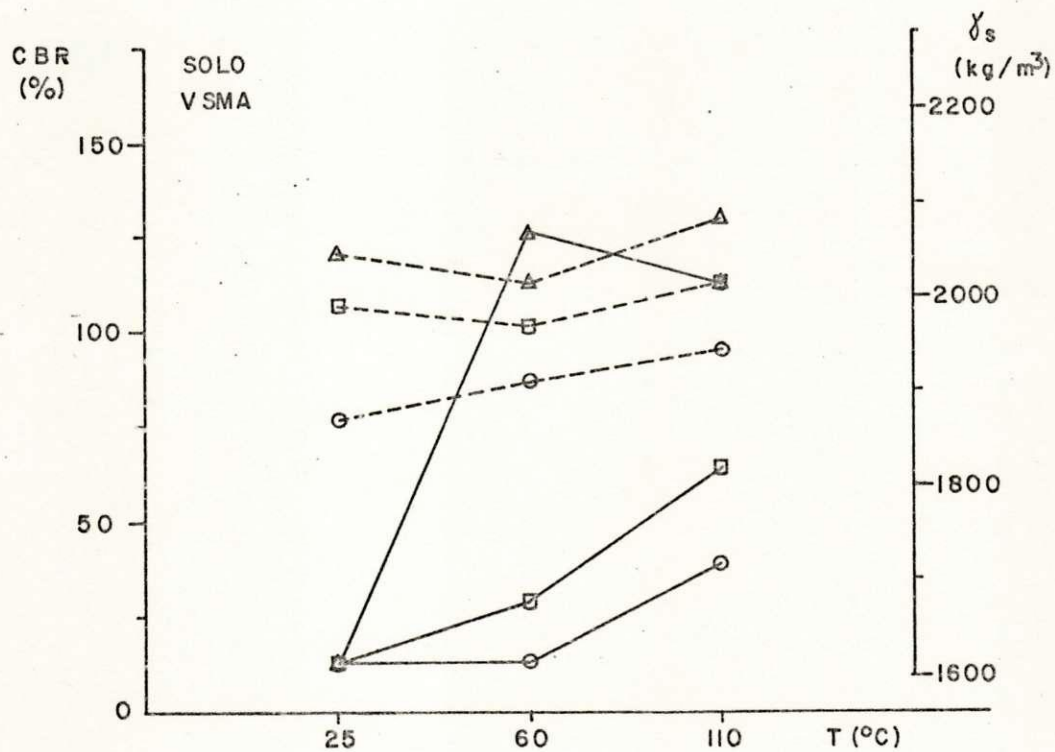
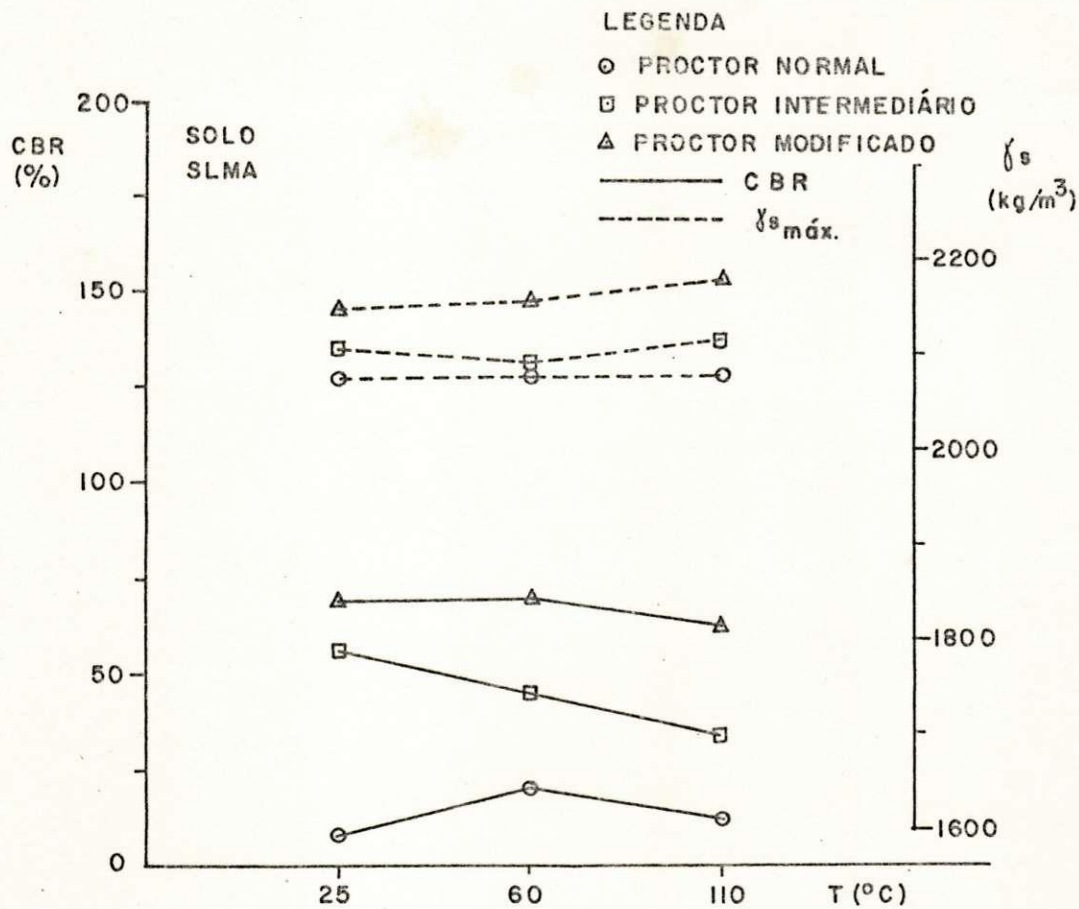


Figura 4.3.2.1-D - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_s$  máx) e Temperatura de Secagem (T).

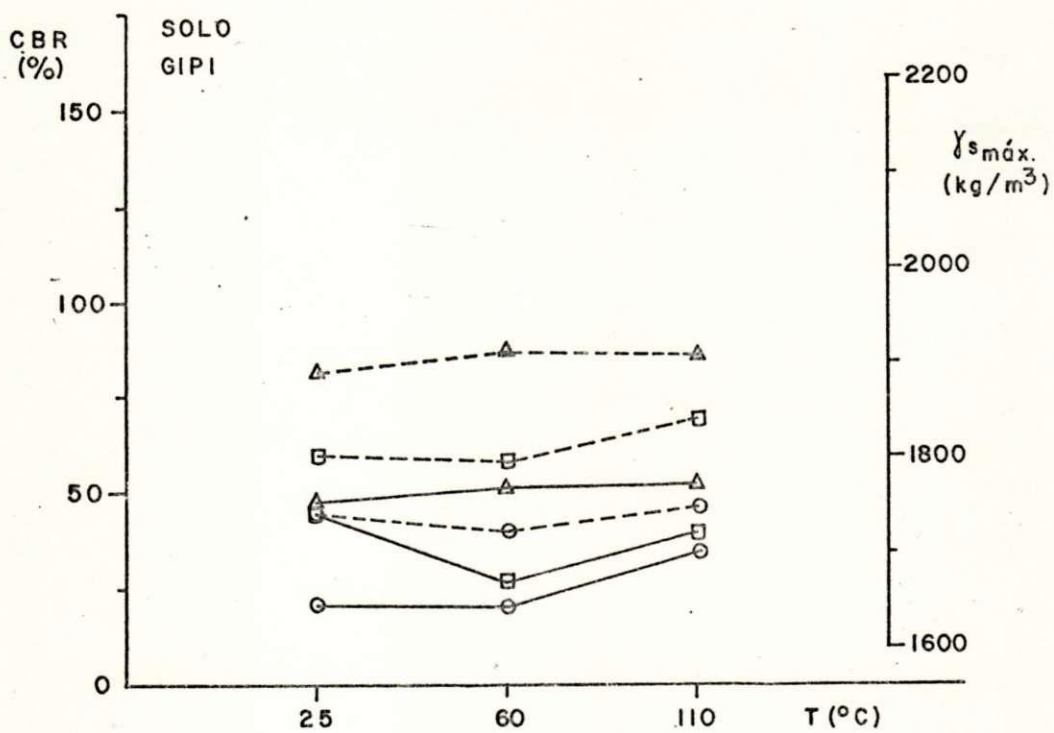
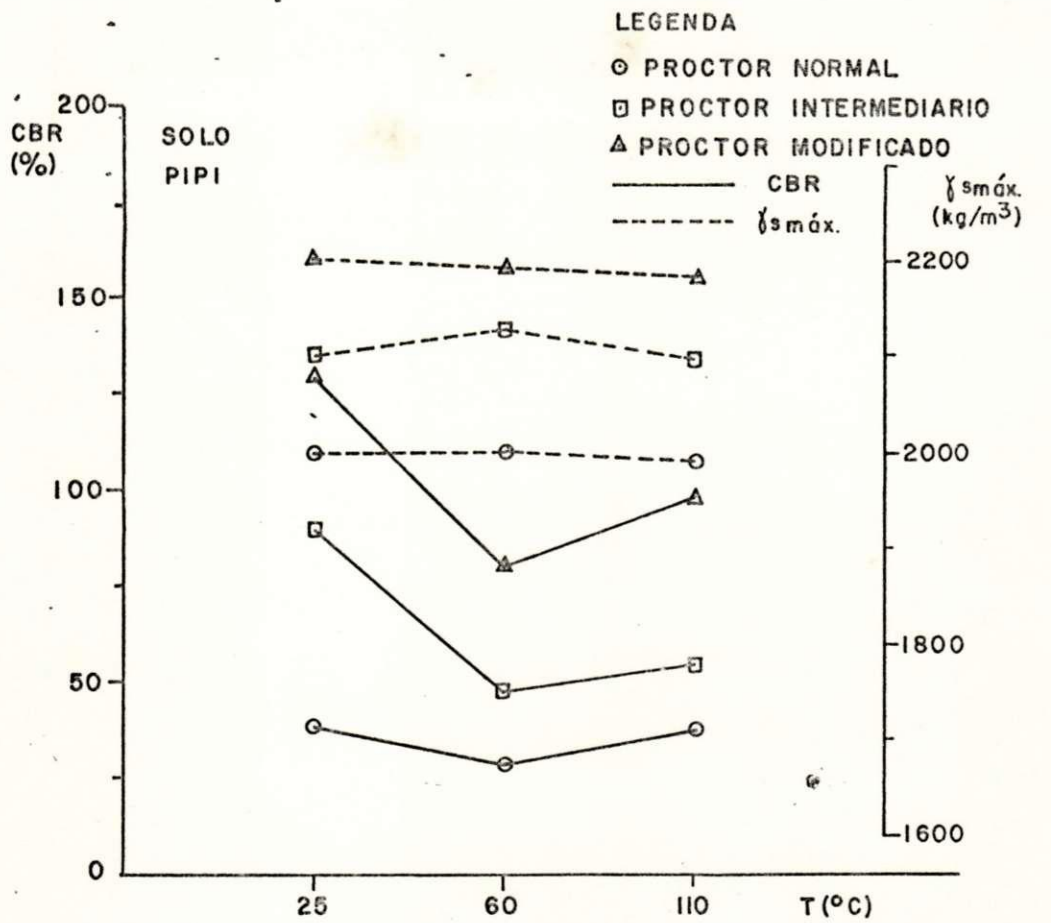


Figura 4.3.2.1-E - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Secca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x.}$ ) e Temperatura de Secagem (T).

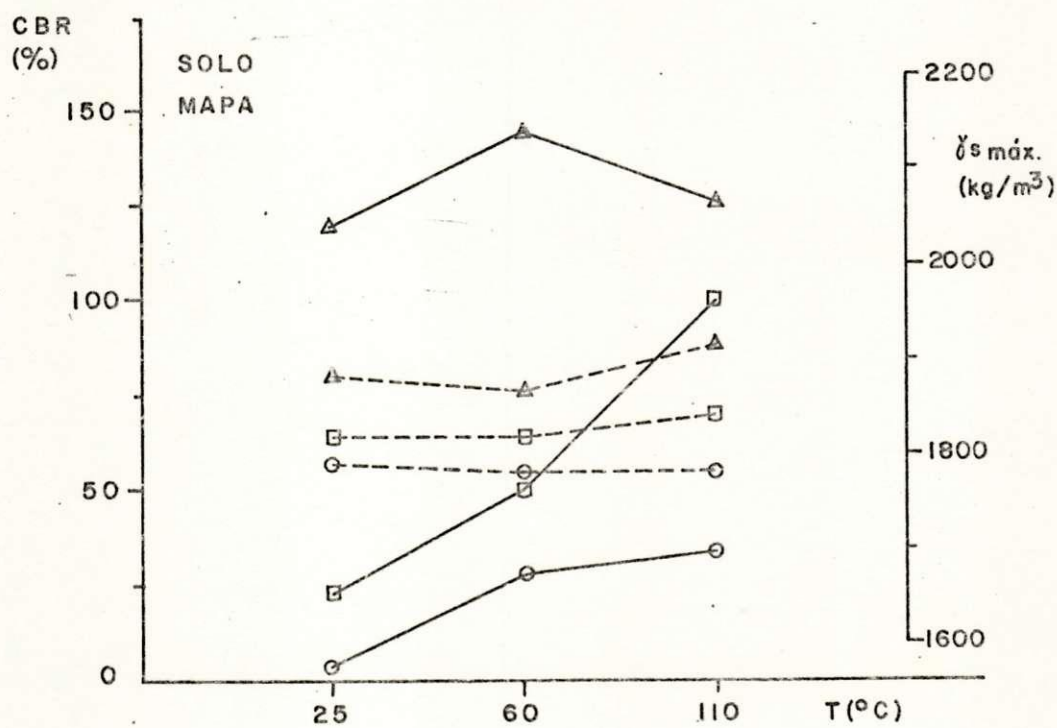
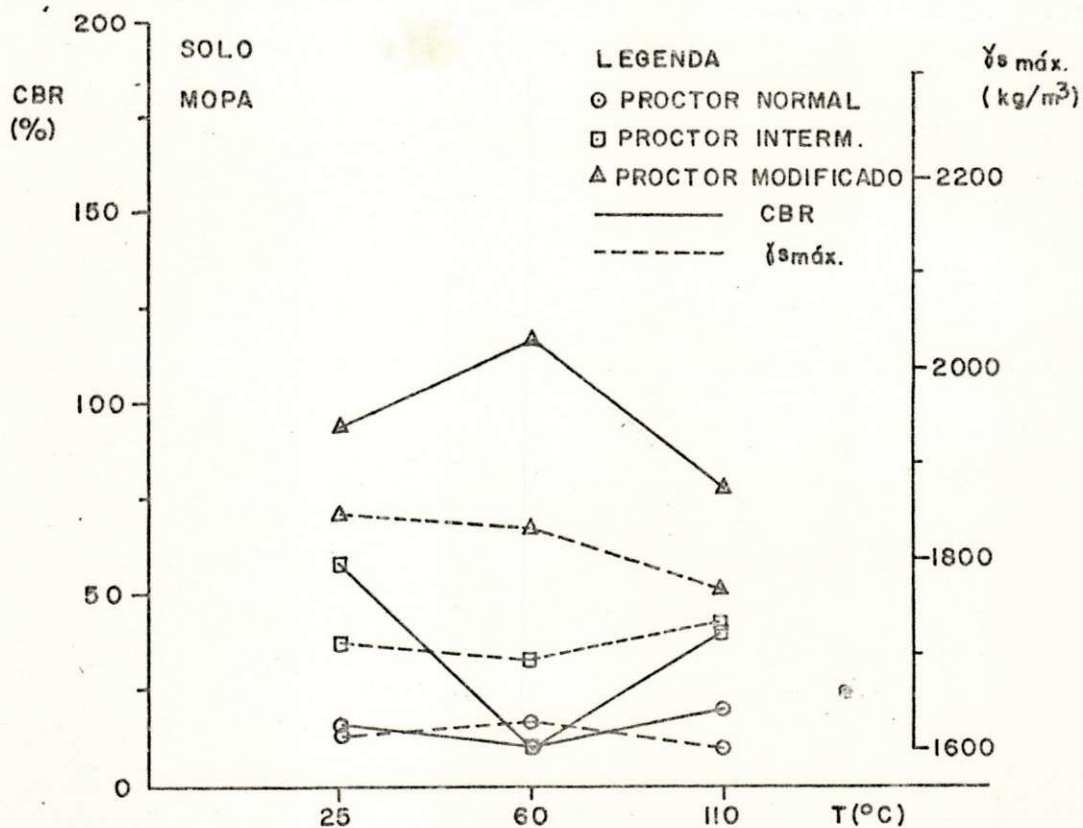


Figura 4.3.2.1-F - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Secca Máxima ( $\gamma_s$  máx) e Temperatura de Secagem (T).



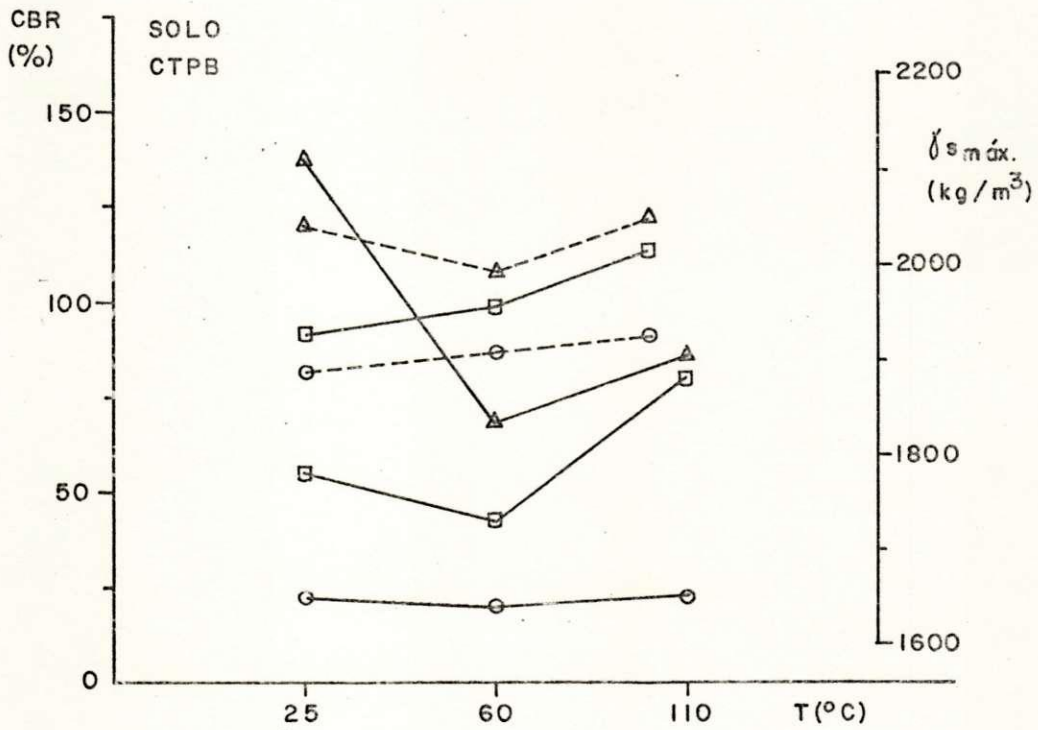
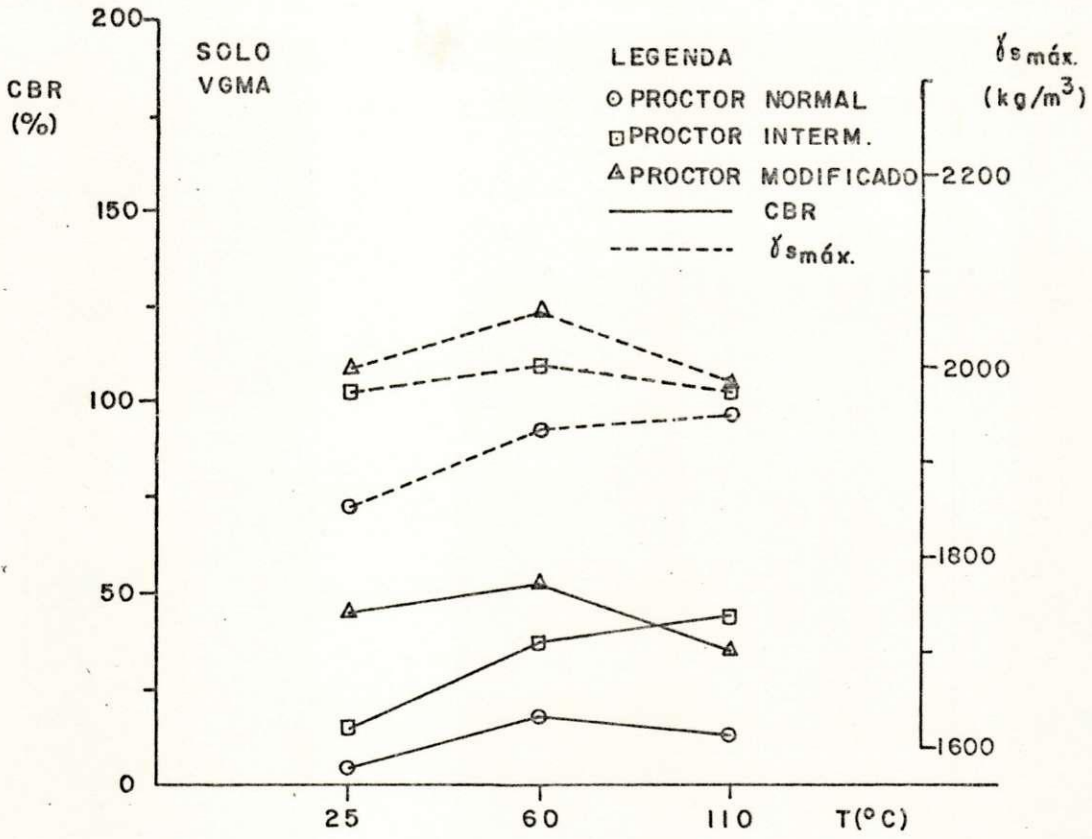


Figura 4.3.2.1-G - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ) e Temperatura de Secagem (T).

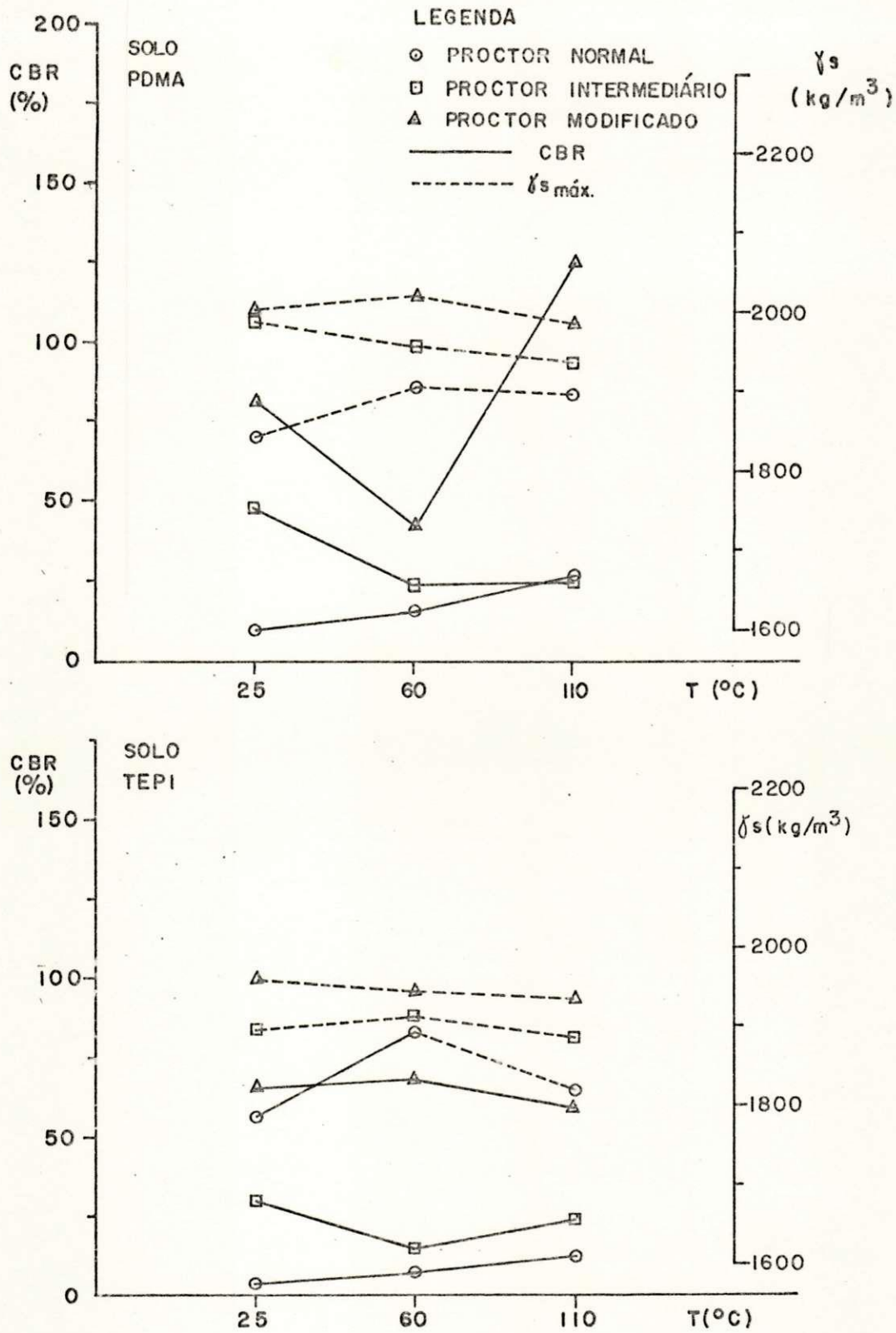


Figura 4.3.2.1-II - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Massa Específica Aparente Seca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ ) e Temperatura de Secagem (T).

e Si, expressos em termos de óxidos. As percentagens de  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  amorfos variaram de 1,01% à 3,78%, 10,30% à 13,90% e 4,32% à 8,00%, respectivamente. De acordo com os estudos feitos por Queiroz de Carvalho (1979, 1981 e 1982), os valores dos componentes amorfos determinados nesta pesquisa estão dentro de uma faixa característica de solos lateríticos. Como se observa o ferro amorfo está presente em quantidade reduzida, comparada com o silício e alumínio, apresentando uma concentração de valores em termos de óxidos em torno 1%. Assim, é de se esperar que os constituintes amorfos contribuam para a alteração das propriedades destes solos com a secagem. No caso da presente pesquisa analisemos os seguintes casos: i) os solos estudados apresentaram comportamentos semelhantes tanto para a secagem a  $60^{\circ}C$  como para a temperatura de  $110^{\circ}C$ , ii) os solos apresentaram praticamente a mesma composição química em termos parciais (componentes amorfos), iii) os solos apresentaram aumentos no valor do CBR com a secagem à temperatura de  $60^{\circ}C$  e iv) os solos apresentaram aumentos de CBR com a secagem à temperatura de  $110^{\circ}C$ . Outros casos poderiam ser analisados, no entanto, as análises destes 4 casos fornecerão dados necessários para se fazer uma avaliação da influência dos componentes amorfos com a secagem.

Para o 1º caso, tivemos os solos CAPI, MAPA e VGMA os quais apresentaram aumentos nos valores de CBR's com a secagem, tanto para a temperatura de  $60^{\circ}C$  como para a temperatura de  $110^{\circ}C$ . Estes solos, no entanto, apresentaram para os teores de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  amorfos, percentagens dife

rentes. Somente o teor de  $Fe_2O_3$  apresentou valores praticamente os mesmos, devido ao baixo valor encontrado para o  $Fe_2O_3$  amorfo. Assim, apesar das percentagens dos componentes amorfos mostrarem valores diferentes, estes solos apresentaram comportamentos iguais.

No 2º caso, os solos SLMA, JPPB e SPPB, apresentaram praticamente os mesmos teores de  $SiO_2$ . No entanto, as tendências observadas foram totalmente diferentes, ou seja, o solo SLMA mostrou-se insensível a temperatura de  $60^{\circ}C$  enquanto que para a secagem a temperatura de  $110^{\circ}C$  este solo apresentou redução no valor de CBR. Por outro lado, o solo JPPB apresentou diminuição para o valor de CBR para a temperatura de  $60^{\circ}C$  enquanto que para a secagem a temperatura de  $110^{\circ}C$ , observou-se aumento no valor de CBR. Já o solo SPPB apresentou aumento para a temperatura de  $60^{\circ}C$  porém, no entanto, mostrou-se indiferente (insensível) para a secagem a temperatura de  $110^{\circ}C$ . Analisando-se os teores de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$ , observa-se que somente os solos SLMA e JPPB apresentaram praticamente os mesmos valores porém apresentando tendências diferentes.

Analisando-se os solos CAPI, MAPA, VGMA, VSMA e SPPB (3º caso), os quais apresentaram aumento no valor de CBR com a secagem à  $60^{\circ}C$ , somente os solos CAPI e SPPB apresentaram percentagens dos componentes amorfos praticamente iguais. Finalmente analisando-se os solos que apresentaram aumentos com a secagem a temperatura de  $110^{\circ}C$ , (4º caso), dos 9 solos somente foi possível separar os solos MAPA e PDMA, CTPB e BUPI, CAPI e JPPB e os solos GIPI e VGMA como possuidores (dois a dois) de praticamente a mesma composi

ção química em termos parciais. O solo VSMA apresentou com posição diferentes dos outros solos.

Assim, como se verificou das comparações feitas, os solos estudados em alguns casos apresentaram os mesmos componentes amorfos porém com comportamento distintos en quanto que outros apresentaram composição diferentes, porém apresentaram comportamentos semelhantes, sendo, portanto, impossível, relacionar o comportamento dos solos estudados quando submetidos a diversos níveis de energia térmica com os resultados obtidos para a análise em termos de componen tes amorfos.

#### - Composição Química em Termos Totais

A Tabela 4.2.5, mostram os resultados obtidos para a composição química em termos totais, presentes na fração tamanho argila. Como se observa desta tabela, os componen tes básicos dos solos estudados são: sílica, alumina e ferro. As percentagens de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  foram utilizadas para o cálculo da relação sílica/sesquióxidos. Como se observa, com excessões aos solos ARPB e GIPI, os quais fora m classificados como solos não lateríticos (NL), todos os demais solos foram classificados como sendo solos lateríticos, Winterkorn (1951).

Analisando-se os solos CAPI, MAPA e VGMA (1º caso), observa-se que estes solos apresentam idêntico comportamento para a composição química diferindo nos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , porém apresentaram comportamentos semelhantes, i.e., aumentaram o CBR com a secagem tanto para  $60^\circ\text{C}$  como para

110°C.

Os solos integrantes do 2º caso, apresentaram comportamentos diferentes, no entanto, apresentaram composição química em termos totais aproximadamente iguais.

Para os solos referentes ao 3º caso, estes apresentaram, com a secagem à 60°C, aumentos nos valores dos CBR's, entretanto não possuindo composição química semelhante para todos os solos. Somente os solos MAPA e VSMA, os solos CAPI e SPPB apresentaram composição química praticamente iguais. Entretanto estes grupos de solos apresentaram iguais comportamentos com a secagem. O solo VGMA apesar de também apresentar o mesmo comportamento que os outros 4 solos, apresentou, no entanto, diferença na composição química, principalmente no teor de  $Fe_2O_3$  o qual foi muito baixo em comparação aos outros solos.

Para os solos que apresentaram aumento de CBR com a secagem à temperatura de 110°C (4º caso), somente os grupos de solos CAPI, BUPI e PDMA; JPPB e CTPB; MAPA e VSMA, apresentaram composições químicas semelhantes. Entretanto, estes solos, de um modo geral, apresentaram comportamentos idênticos. Já os solos VGMA e GIPI apesar de apresentarem resultados totalmente diferentes, não sendo, assim, possível enquadrá-los em nenhum dos grupos formados, indicaram a mesma tendência observada para os outros solos.

Assim, torna-se impossível avaliar o efeito da energia térmica com base na composição química em termos totais, em razão dos comportamentos verificados.

### - Composição Mineralógica

Com relação aos resultados da composição mineralógica dos solos estudados nesta pesquisa, Carvalho Borba (1981) verificou que os mesmos apresentaram composição semelhante, i.e., os solos são constituídos, principalmente, por caulinitas, quartzo, goetita e hematita. Nota-se também a presença reduzida de anatásio. O quartzo predomina na fração grossa como era de se esperar. A goetita e/ou hematita estão presentes em quase todas as frações com tendência a aparecerem em maior quantidade e frequência na fração grossa. Em se tratando de solos lateríticos isto é justificável; os solos estudados são também possuidores das características concrecionárias e, a goetita e/ou hematita são fontes de ferro, um elemento cimentante por excelência. Pode-se afirmar pelo resultado obtido que o único argilo-mineral presente nos solos é, predominantemente, na fração tamanho argila, a caulinita. Assim, quanto a composição mineralógica os solos estudados nesta pesquisa possuem praticamente a mesma composição, tornando-se, em consequência, difícil explicar o comportamento destes solos.

Portanto, não foi possível relacionar o comportamento dos solos estudados quando submetidos a diversos níveis de energia térmica com os resultados obtidos da composição química em termos de componentes parciais (componentes amorfos) e em termos de componentes totais, bem como em relação a composição mineralógica.

- Efeito da Energia Térmica na Distribuição Granulométrica

As curvas granulométricas dos solos estudados (sem tratamento térmico e mecânico) são mostrados nas Figuras 4.3.2.2-A até D. Como se observa os solos apresentaram um baixo percentual de "finos" ou seja, fração com diâmetro inferior a 0,074mm. Isto provavelmente é uma consequência da característica concrecionária dos solos, o que implica em uma fixação desta fração fina nas frações mais graúdas devido à cimentação das partículas.

Com relação ao efeito da energia térmica na granulometria dos solos estudados nesta pesquisa, a Tabela 4.3.2.6 apresenta os resultados obtidos por Lima (1983).

Para esta análise, foram adotados os seguintes critérios:

- a) Pouca a Nenhuma Influência - P.N.I.: solos que apresentaram variação dentro da repetibilidade do ensaio (0% à 5%), porém apresentando tendência à agregação;
- b) Influência Média Positiva - I.M.(+): variação de 5% à 10% com tendência a desagregação;
- c) Influência Média Negativa - I.M.(-): variação de 5% à 10% com tendência a agregação.

Os solos foram separados para o efeito desta análise em duas frações: fração graúda (FG) e fração miúda (FM), respectivamente para as partículas de dimensão maior e menor do que 0,074mm.



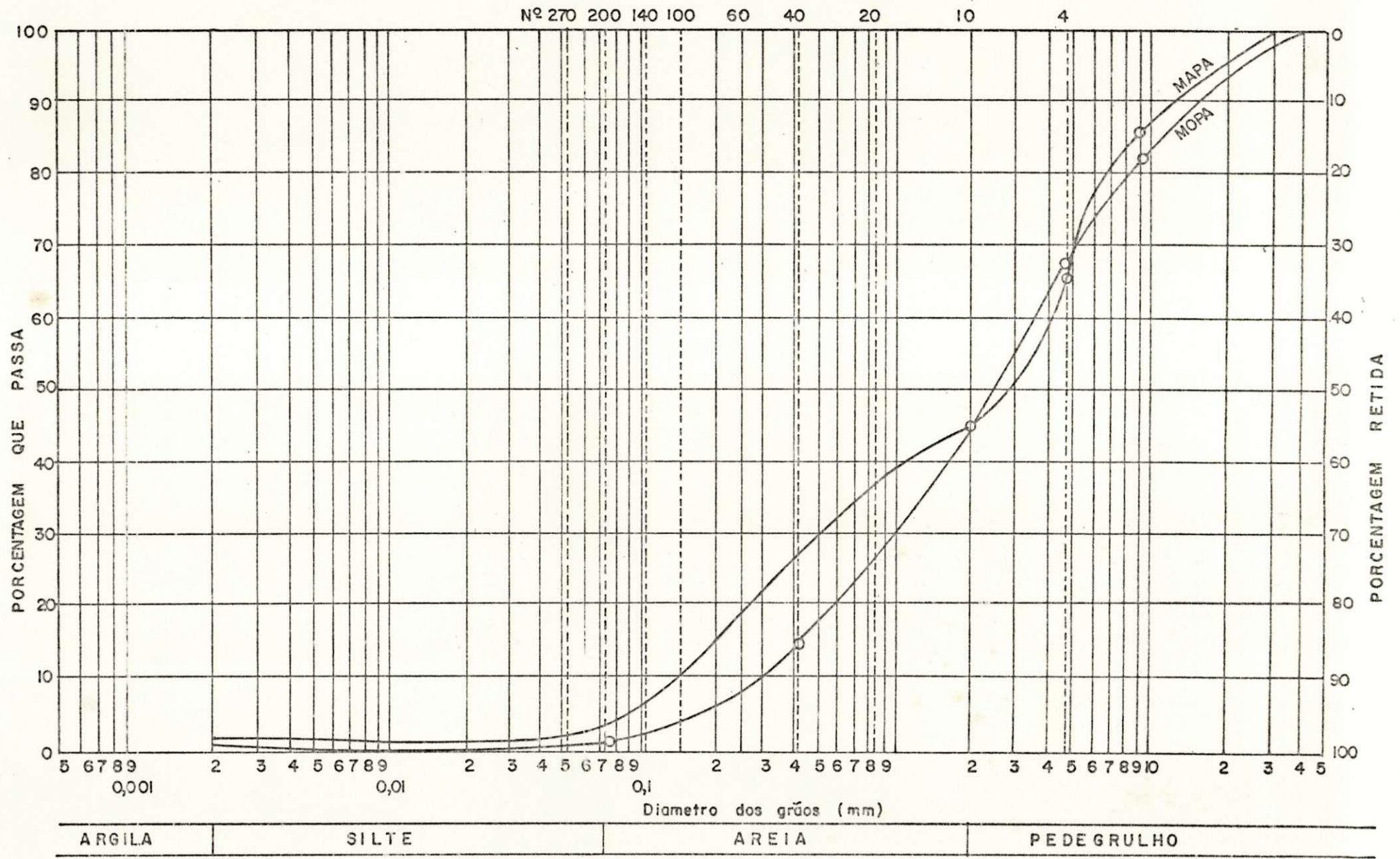


FIGURA 4.3.2.2.a — CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE SOLOS ESTUDADOS DO ESTADO DO PARÁ — SEM TRATAMENTO TÉRMICO E MECÂNICO.

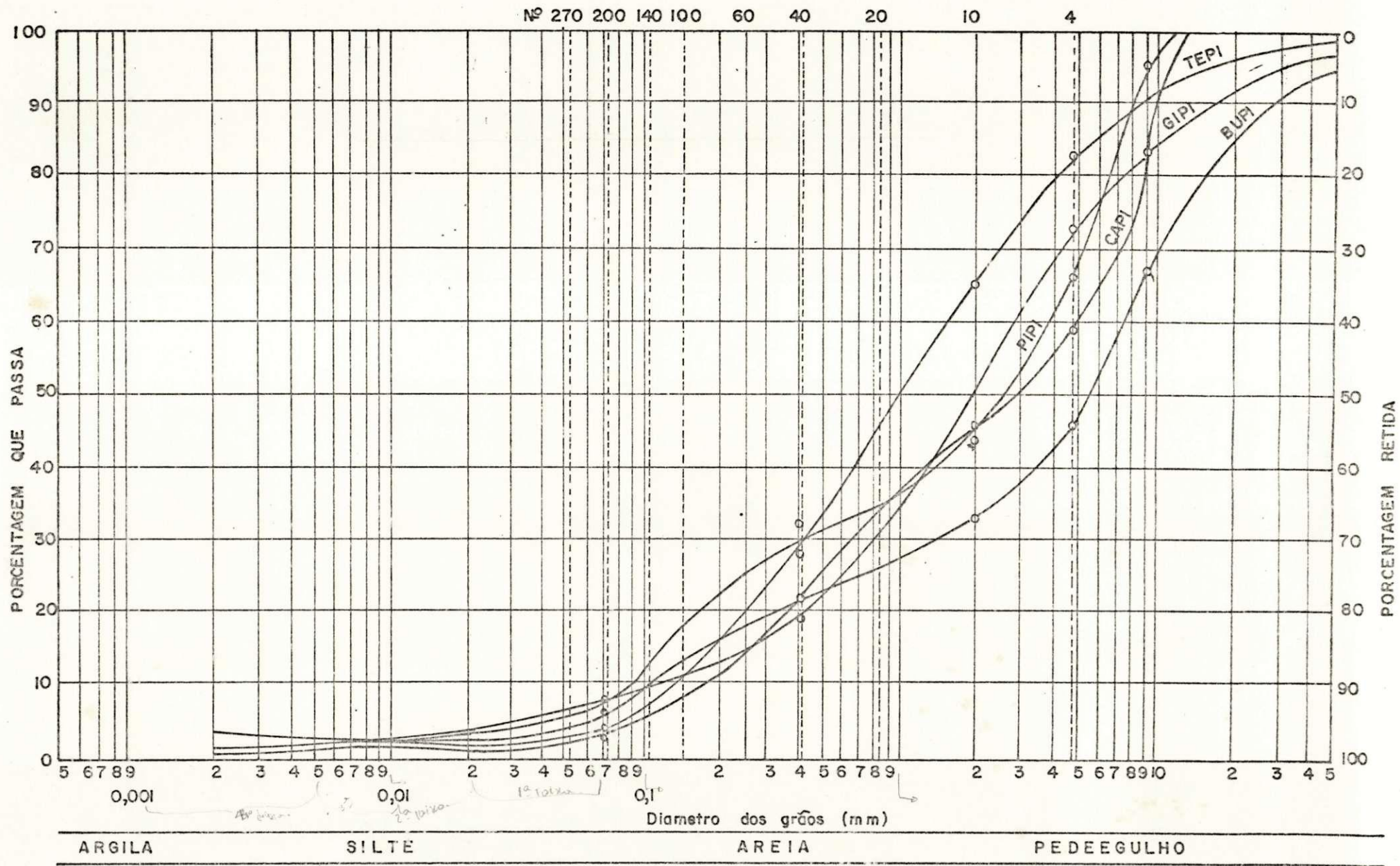


FIGURA 4.3.2.2.b — CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE SOLOS ESTUDADOS DO ESTADO DO PIAUÍ — SEM TRATAMENTO TÉRMICO E MECÂNICO

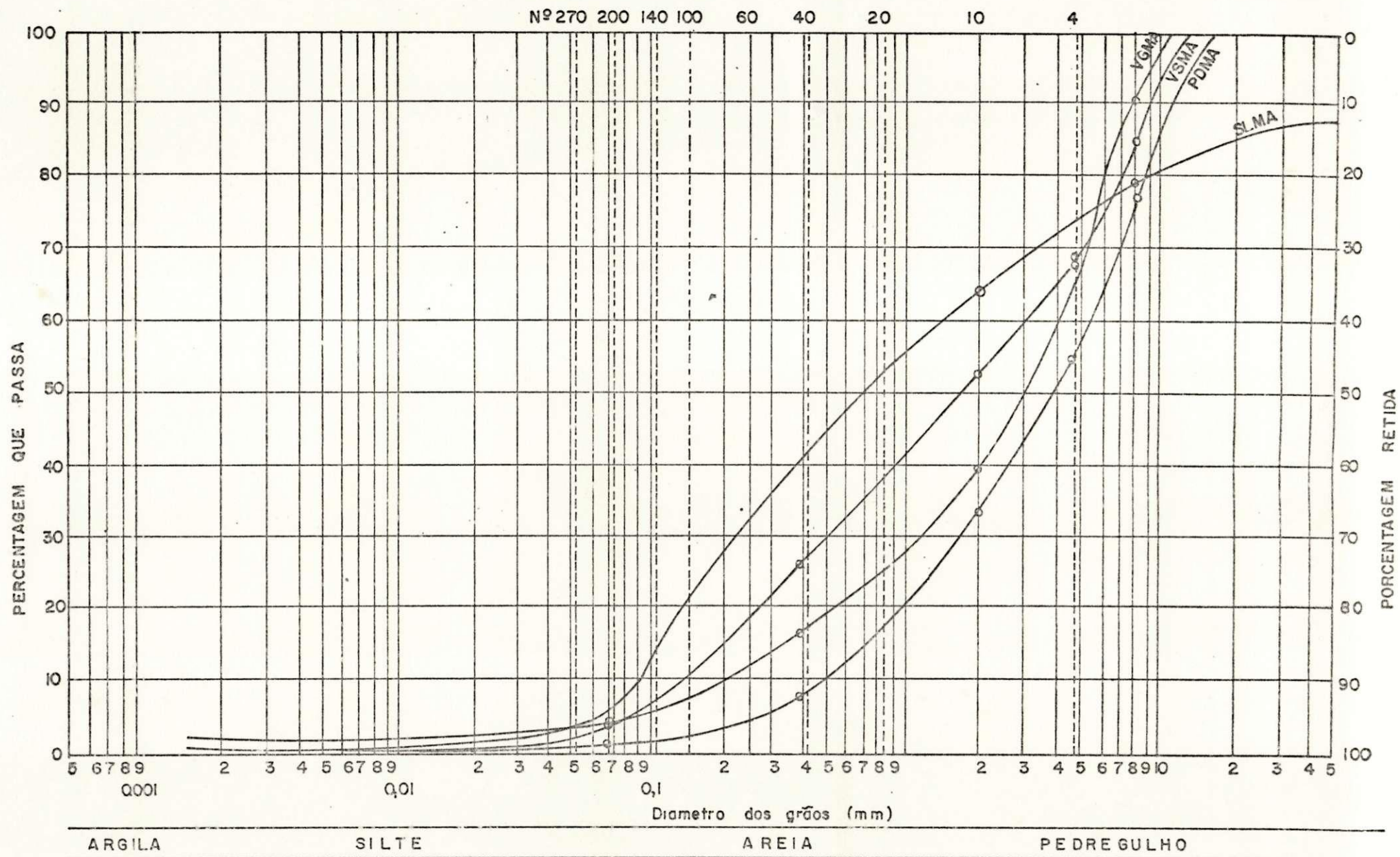


FIGURA 4.3.2.2.c — CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE SOLOS ESTUDADOS DO ESTADO DO MARANHÃO — SEM TRATAMENTO TÉRMICO E MECÂNICO

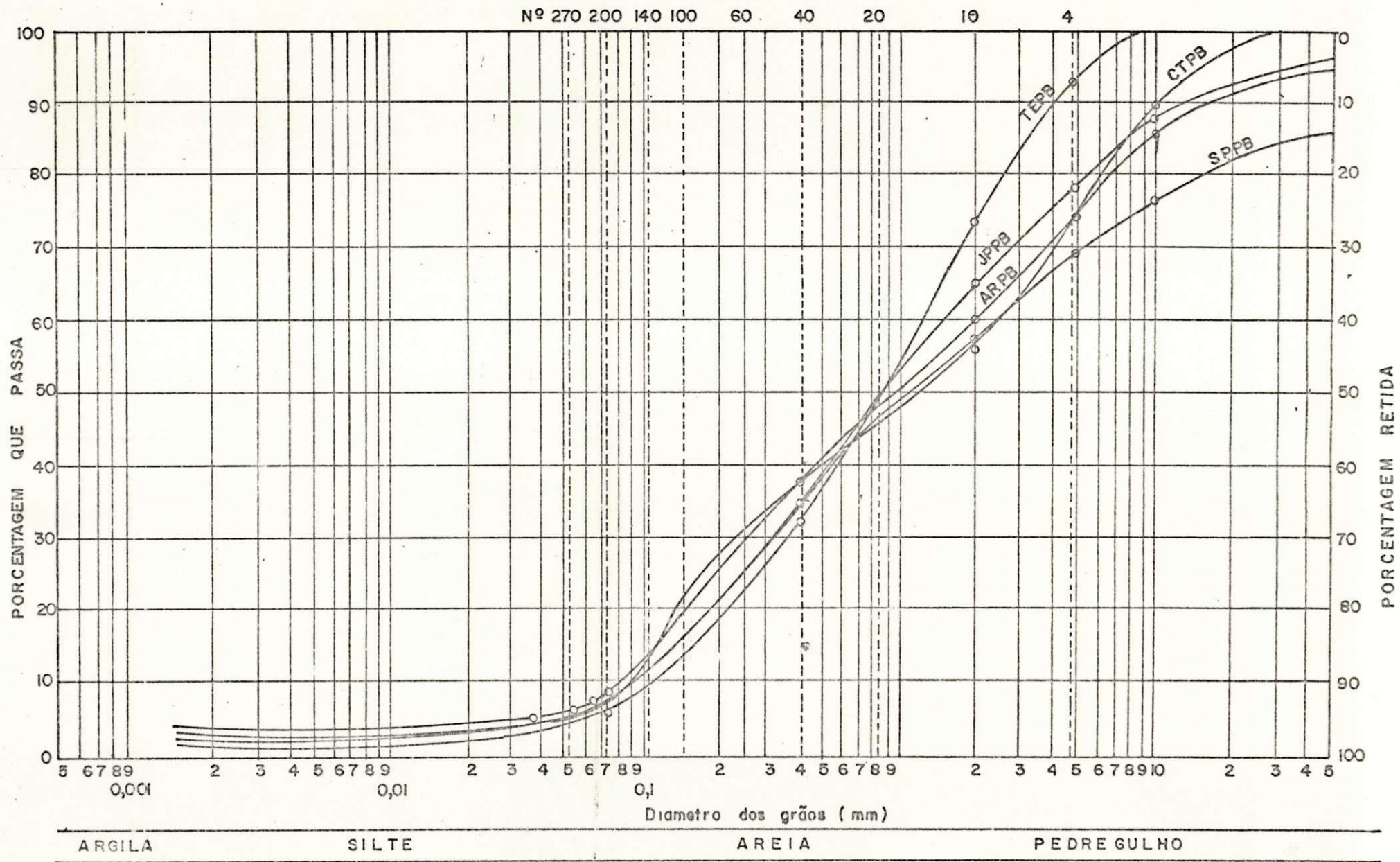


FIGURA 4.322.d — CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE SOLOS ESTUDADOS DO ESTADO DA PARAÍBA - SEM TRATAMENTO TÉRMICO E MECÂNICO

SOLO	TENDÊNCIAS OBSERVADAS					
	PNI		IM(-)		IM(+)	
	FG	FM	FG	FM	FG	FM
MOPA	X	X				
MAPA		X			X	
TEPI	X	X				
PDMA	X	X				
BUPI	X	X				
VGMA		X	X			
PIPI	X	X				
VSMA	X	X				
CTPB	X	X				
JPPB	X			X		
SPPB		X	X			
ARPB	X			X		
TEPB	X	X				
CAPI	X	X				
GIPI	X			X		
SLMA	X	X				

Tabela 4.3.2.6 - Influência das Energias Térmicas na Distribuição Granulométrica (Lima, 1983).

Lêgenda: FG - Fração Graúda (partículas maiores que 0,074mm)

FM - Fração Miúda (partículas menores que 0,074mm)

A seguir serão analisados em conjunto os resultados obtidos nesta pesquisa, Tabela 4.3.2.5, com os resultados encontrados por Lima.

Com respeito à secagem à temperatura de 60°C, observou-se na Tabela 4.3.2.5 que os solos CAPI e VSMA tenderam a aumentar os valores de CBR com a secagem. Os valores de CBR dos solos PIPI, CTPB, PDMA e BUPI tenderam a diminuir. No entanto estes solos foram classificados na categoria PNI.

Assim, somente os solos TEPI, SLMA, MOPA e TEPB apresentaram comportamentos semelhantes, ou seja, apresentaram PNI na análise granulométrica e mostraram-se indiferentes a variação da temperatura para os valores de CBR.

Os aumentos observados para os CBR's dos solos VGMA e SPPB podem ser justificados visto que estes solos apresentaram agregação das partículas com a secagem a IM(-) para a FG. No entanto foram observados diminuições para os solos JPPB e GIPI porém, estes solos também apresentaram IM(-) para a FM. Por outro lado o solo ARPB que apresentou IM(-) para a FM não apresentou, no entanto, sensibilidade no valor de CBR com a secagem. O solo MAPA apresentou IM(+) tendência a desagregar, porém apresentou aumento de CBR com a secagem.

Para a temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$ , foi observado que os solos CAPI, VSMA, CTPB e PDMA apresentaram aumento no valor de CBR com a secagem, porém apresentaram variações na granulometria dentro da faixa de variação do ensaio (PNI). Os solos PIPI, TEPB, MOPA e SLMA apresentaram diminuição nos valores de CBR's porém apresentando PNI para a granulometria, enquanto que o solo TEPI comportou-se como insensível, o que justifica a tendência observada para este solo na análise granulométrica com a secagem.

O solo VGMA apresentou um aumento no CBR com a secagem devido, provavelmente, à agregação verificada, IM(-) para a FG. No entanto, o solo SPPB apresentou o mesmo comportamento, isto é, mostrou agregação com a secagem porém comportou-se como insensível para o valor de CBR com a secagem.

Os solos JPPB, GIPI e BUPI apresentaram aumento

no CBR com a secagem devido a agregação destes solos, IM(-). Entretanto o solo ARPB apresentou também agregação no mesmo nível porém apresentou diminuição no CBR com a secagem. Assim, não existe uma correlação aceitável para as tendências observadas para a granulometria com os valores obtidos nesta pesquisa.

- Efeito da Energia Térmica nos Limites de Atterberg

Com relação ao efeito da secagem nos valores dos limites de Atterberg para os solos estudados nesta pesquisa, existe apenas, até o momento, estudos para 5 solos, Carvalho (1981). Estes resultados são mostrados na Tabela 4.3.2.7. Analisando-se esta Tabela, observa-se que os solos ARPB e MAPA apresentaram diminuições dos limites de liquidez (LL) e nos índices de plasticidade (IP) com o aumento da energia térmica, enquanto que os limites de plasticidade (LP) não foram afetados pela variação na temperatura de sacagem do solo. O solo JPPB não mostrou uma tendência que pudesse ser definida com o aumento da energia térmica. O solo SLMA permitiu apenas a obtenção do LL não sendo, no entanto, caracterizado o efeito da secagem visto que os resultados mostraram-se repetitivos, enquanto que, o solo CAPI apresentou consistência não líquido (NL) e não plástico (NP), inviabilizando-se assim, a análise quantitativa do efeito da secagem no LL, LP e IP deste solo. Foi observado, entretanto, que este solo apresentou a tendência de tornar-se mais friável com o aumento da temperatura de secagem.

SOLOS		JPPB			ARPB			CAPI			MAPA			SLMA		
TEMPERATURA DE SECAGEM (°C)		A	60	110	A	60	110	A	60	110	A	60	110	A	60	110
LIMITE DE ATTERBERG (%)	LL	39,3	38,6	38,1	47,3	43,7	41,3	NL	-	-	34,4	31,6	29,8	14,3	14,0	13,6
	LP	22,2	23,1	22,3	28,7	28,9	28,7	NP	-	-	21,6	21,5	21,5	-	-	-
	IP	17,1	15,5	15,8	18,6	14,8	12,6	NP	-	-	13,2	10,2	8,3	-	-	-

Tabela 4.3.2.7 - Influência da Secagem nos Valores dos Limites de Atterberg para as Temperaturas de Secagem de 60°C e 110°C com Relação a Temperatura Ambiente (A), (Carvalho, 1981).

Legenda:

LL - Limite de Liquidez

NL - Não Líquido

LP - Limite de Plasticidade

NP - Não Plástico

IP - Índice de Plasticidade



Assim, quanto ao efeito da energia térmica de se  
cagem, apenas os LL e IP dos solos ARPB e MAPA podem ser  
considerados sensíveis à sua variação, mantendo-se os LP  
constantes. A ocorrência de pequena ou insignificante varia  
ção nos limites de Atterberg, particularmente nos limites  
de liquidez (LL) com o aumento da temperatura de secagem  
não causou surpresa, uma vez que o argilo mineral predomi  
nante nestes solos, a caulinita, é como se sabe pouco sus  
ceptível de ser afetada por este tipo de tratamento térmi  
co nos níveis considerados. Portanto, de acordo com os re  
sultados obtidos para os limites de Atterberg verifica-se  
que os solos ARPB e MAPA apresentaram sensibilidade com a  
secagem. No entanto, não foi possível avaliar a sensibilidade  
de dos solos SLMA e CAPI devido o primeiro permitir apenas  
a obtenção do LL enquanto que o segundo comportou-se como  
NL e NP sendo, assim, impossível avaliar quantitativamente  
o efeito da secagem destes solos. Por outro lado, o solo  
JPPB em virtude de não apresentar uma tendência do seu com  
portamento nos valores dos limites de Atterberg com a seca  
gem não mostrou-se, assim, "coerente" com os resultados obti  
dos nesta pesquisa ou seja, este solo apresentou-se como  
sensível a variação da energia térmica afetando o valor do  
CBR. Porém, analisando-se as Tabelas 4.2.3 e 4.3.2.7 veri  
fica-se a necessidade de, antes de se analisar o efeito da secagem  
nos valores dos limites de Atterberg, torna-se necessário,  
determinar a faixa de variação destes ensaios, visto que  
resultados obtidos por estes dois pesquisadores apresenta  
ram variações superiores as encontradas quando do estudo do  
efeito da secagem. Outro fato, que pode ser considerado con

tradiatório, foi o fato de que, enquanto Carvalho encontrou que o solo CAPI não apresentou valores para o LL e LP, mostrando-se não líquido (NL) e não plástico (NP), Carvalho Borba encontrou, para o índice de plasticidade o valor de 7,3%. Portanto, as sensibilidades a secagem observadas por Carvalho para os solos ARPB e MAPA bem como a impossibilidade para a avaliação da secagem para o solo CAPI, parece ser devido, principalmente, à metodologia do ensaio existente quando aplicado aos solos lateríticos. Isto mostra mais uma vez a complexibilidade destes solos quando submetidos a ensaios de laboratório.

- Efeito da Energia Térmica no Equivalente de Areia

Os resultados obtidos para o equivalente de areia (EA) são apresentados na Tabela 4.3.2.8 (Carvalho, 1981). Vale salientar que foram feitos estudos somente para 5 solos desta pesquisa. Estes resultados fornecem apenas uma avaliação geral da sensibilidade do solo à secagem. O índice de agregação (IA) proposto por Tateishi (1967) foi calculado através da relação entre o EA do solo seco à 110°C e o EA do solo seco ao ar em substituição à relação entre o EA do solo seco à 110°C e o EA do solo natural. Tal modificação tende a conduzir a uma relação no IA produzindo uma avaliação mais conservativa deste parâmetro. Para os solos estudados, constituídos predominantemente de caulinita, argilo mineral pouco sensível à secagem ao ar, a adoção desta equação modificada se mostra aceitável.

SOLO	ÍNDICE DE AGREGAÇÃO (IA)	EQUIVALENTE DE AREIA (%) SOLO SECO À		
		25°C	60°C	110°C
ARPB	2,17	9,07	17,39	19,64
CAPI	1,21	14,27	18,40	17,30
JPPB	1,54	7,81	9,28	12,04
MAPA	1,65	8,01	8,43	13,23
SLMA	1,08	12,48	13,04	13,54

Tabela 4.3.2.8 - Equivalente de Areia (%) para as Temperaturas Ambiente (25°C), 60°C e 110°C e Índice de Agregação (IA), Carvalho (1981).

Como se observa nesta Tabela o EA dos solos estudados variam de 7,81% à 19,64% enquanto IA o IA variou de 1,08% à 2,17% segundo a classificação de Tateishi (1967) apenas o solo ARPB que apresentou IA = 2,17% é um solo sensível à secagem. Os solos CAPI, JPPB e MAPA podem ser considerados como pouco sensíveis à secagem, enquanto o solo SLMA comportou-se como totalmente insensível à secagem. Comparando-se estes resultados com os obtidos nesta pesquisa verifica-se para o solo SLMA, que comportou-se como insensível à secagem segundo o critério/classificação de Tateishi, não apresentou comportamento idêntico ao obtido nesta pesquisa, ou seja, este solo comportou-se como sensível à secagem à temperatura de 110°C, diminuindo os valores de CBR's.

Portanto, não foi possível observar tendências para os solos estudados nesta pesquisa com os valores obtidos por outros investigadores.

#### 4.3.3 - Influência da Indução da Energia Mecânica no Valor de CBR

Os mesmos critérios adotados para a análise do efeito da indução da energia térmica no valor de CBR serão também aplicados para a avaliação do efeito da energia mecânica no valor de CBR. No entanto, para esta análise, será considerado o efeito isolado da energia de compactação para uma mesma energia térmica. Inicialmente será feita a análise do efeito da energia mecânica à temperatura ambiente, em seguida à temperatura de 60°C e finalmente à temperatura de 110°C. Será também feita a avaliação do efeito da indução da energia mecânica sobre os valores das umidades ótimas, bem como nos valores das massas específicas aparentes secas máximas dos solos estudados.

Quanto ao efeito da energia mecânica nos valores das umidades ótimas ( $U_{ot}$ ), a Tabela 4.3.1.4-A mostra os resultados obtidos. Como se observa as  $U_{ot}$  apresentaram diminuição com o aumento do esforço mecânico, enquanto que a Tabela 4.3.3.1 mostra as variações das  $U_{ot}$  com o aumento da energia de compactação. São apresentadas nesta tabela as variações das  $U_{ot}$  entre as energias dos Proctor intermediário/normal e modificado/intermediário, para os 3 níveis de energia térmica adotada nesta pesquisa.

Segundo Newill e Dowling (1969), a umidade ótima ( $U_{ot}$ ) diminui com o aumento do esforço de compactação. Assim, com a finalidade de se avaliar o efeito da energia mecânica no valor da  $U_{ot}$ , será adotado nesta pesquisa, o seguinte critério: se a variação para a  $U_{ot}$  entre o Proctor

SOLO	PROCTOR	TEMPERATURA (°C)			SOLO	PROCTOR	TEMPERATURA (°C)		
		A	60	110			A	60	110
MOPA	N-I	9,1	7,5	3,4	CTPB	N-I	8,6	3,3	8,9
	I-M	5,0	13,6	7,6		I-M	6,5	6,2	1,8
MAPA	N-I	2,3	9,1	8,3	JPPB	N-I	5,0	8,5	9,4
	I-M	14,2	5,0	3,8		I-M	9,4	6,8	6,2
TEPI	N-I	13,8	6,6	3,1	SPPB	N-I	5,9	7,5	9,5
	I-M	8,0	2,8	11,3		I-M	9,4	4,9	10,4
PDMA	N-I	3,0	4,9	2,3	ARPB	N-I	4,2	4,4	3,9
	I-M	4,6	2,2	4,7		I-M	5,0	6,0	2,0
BUPI	N-I	13,3	3,8	11,6	TEPB	N-I	2,9	9,5	1,6
	I-M	13,2	5,0	11,9		I-M	1,0	2,8	5,4
VGMA	N-I	16,1	4,8	4,6	CAPI	N-I	9,2	9,1	5,7
	I-M	11,0	7,5	2,4		I-M	19,4	2,5	6,1
PIPI	N-I	13,3	17,8	9,2	GIPI	N-I	7,1	3,1	11,0
	I-M	21,1	3,6	7,9		I-M	7,7	1,6	3,8
VSMA	N-I	7,2	9,7	5,1	SLMA	N-I	1,0	4,1	4,2
	I-M	16,7	12,1	9,2		I-M	11,4	10,8	7,7

Tabela 4.3.3.1 - Variação da Umidade Ótima (Uot)% com a Energia Mecânica. Energia Referente ao Proctor Intermediário (I) em Relação a do Proctor Norma (N) e Proctor Modificado (M) em Relação a do Proctor Normal (N) para as Temperaturas Ambiente (A), 60°C e 110°C.

modificado/intermediário for maior do que a variação entre as energias do Proctor intermediário/normal, este solo será considerado como sensível ao efeito da energia mecânica. Baseado neste critério, os solos abaixo relacionados, para os três níveis de energia térmica utilizadas foram considerados como apresentando tendência a serem afetados pela energia mecânica.

- Secagem à Temperatura Ambiente

Solos: MAPA, PDMA, PIPI, VSMA, JPPB, SPPB, ARPB, CAPI, GIPI e SLMA.

- Secagem à Temperatura de 60°C

Solos: MOPA, BUPI, VGMA, VSMA, CTPB, ARPB e SLMA

- Secagem à Temperatura de 110°C

Solos: TEPI, PDMA, SPPB, MOPA, TEPB, CAPI, SLMA e VSMA.

Analisando-se a Tabela 4.3.1.4-A, observa-se que o aumento da energia mecânica tendeu a aumentar o valor da massa específica aparente seca máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ). No entanto, as variações para as energias do Proctor modificado/intermediário e intermediário/normal apresentaram-se diferentes. A Tabela 4.3.3.2 mostra as variações nos valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  com o aumento da energia de compactação, entre as energias

SOLO	PROCTOR	TEMPERATURA (°C)			SOLO	PROCTOR	TEMPERATURA (°C)		
		A	60	110			A	60	110
MOPA	N-I	5,0	3,0	8,0	CTPB	N-I	2,0	2,0	4,0
	I-M	8,0	8,5	2,0		I-M	6,0	2,0	2,0
MAPA	N-I	1,0	2,0	3,0	JPPB	N-I	7,0	2,0	2,0
	I-M	4,0	3,0	3,0		I-M	2,0	0,5	5,0
TEPI	N-I	6,0	1,0	3,0	SPPB	N-I	1,0	3,0	9,0
	I-M	3,0	2,0	3,0		I-M	4,0	3,0	3,0
PDMA	N-I	4,0	2,0	2,0	ARPB	N-I	3,0	4,0	4,0
	I-M	1,0	3,5	1,5		I-M	4,0	3,0	6,0
BUPI	N-I	4,0	4,0	4,0	TEPB	N-I	5,0	3,0	5,0
	I-M	2,0	1,0	1,0		I-M	3,0	5,0	2,5
VGMA	N-I	6,5	3,5	1,0	CAPI	N-I	4,0	6,0	4,0
	I-M	1,3	2,6	1,0		I-M	2,0	4,0	2,0
PIPI	N-I	5,0	6,0	5,0	GIPI	N-I	3,0	5,0	5,0
	I-M	5,0	3,0	8,0		I-M	5,0	5,5	3,5
VSMA	N-I	6,0	3,0	3,0	SLMA	N-I	1,0	0,5	1,0
	I-M	3,0	2,0	3,0		I-M	2,0	3,0	3,0

Tabela 4.3.3.2 - Variação da Massa Específica Aparente Secca Máxima ( $\gamma_{smáx}$ )% com a Energia Mecânica. Energia Referente ao Proctor Intermediário (I) em Relação a do Proctor Normal (N) e Proctor Modificado (M) em Relação ao do Proctor Normal (N) para as Temperaturas Ambiente A), 60°C e 110°C.

dos Proctor modificado/intermediário e intermediário/normal. A sensibilidade dos solos ao aumento da energia mecânica serão feitas através das variações observadas. Os solos que apresentarem diminuição na variação de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  entre o Proctor modificado/intermediário em comparação a variação para as energias do Proctor intermediário/normal, serão considerados como sensíveis à indução da energia mecânica. Assim, para as energias térmicas adotadas, os solos abaixo apresentaram tendência de serem afetados pelo aumento do esforço de compactação.

- Secagem à Temperatura Ambiente:

Solos: TEPB, TEPI, VSMA, PDMA, JPPB, BUPI, CAPI e VGMA.

- Secagem à Temperatura de 60°C:

Solos: BUPI, VGMA, ARPB, PIPI, CAPI, VSMA e JPPB.

- Secagem à Temperatura de 110°C:

Solos: MOPA, GIPI, PDMA, BUPI, VGMA, CTPB, SPPB, TEPB e CAPI.

Portanto, de acordo com os resultados observados/ analisados, os solos lateríticos estudados apresentaram tendência de serem afetados pela mudança da energia mecânica



em virtude de apresentarem menor variação para as energias dos Proctor modificado/intermediário em relação aos dos Proctor intermediário/normal para os valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  e/ou aumentos para as  $U_{ot}$  para as relações estabelecidas. Contudo, não foi observado, em todos os casos diminuição para o  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  e aumento para a  $U_{ot}$ , respectivamente, isto é, um determinado solo apresentou aumento para o valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  no entanto a umidade ótima não foi aumentada (variação) para a relação entre modificado/intermediário em comparação aos Proctor intermediário/normal para uma determinada energia térmica. Vale também observar que alguns solos apresentaram-se como sensíveis para uma dada energia térmica com o aumento da energia mecânica, porém, para outra(s) energia(s) térmica(s) este solo comportou-se como insensível a mudança de energia de compactação. Dentre os solos que apresentaram comportamentos semelhantes para os 3 níveis de energia térmica, isto é, que mostraram-se sensíveis com o aumento do esforço de compactação para as 3 temperaturas de secagem, tivemos, em relação a  $U_{ot}$  o solo SLMA enquanto que, em relação ao valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ , os seguintes solos BUPI, VGMA e CAPI, apresentaram-se sensíveis ao aumento da energia mecânica para os 3 níveis de energia térmica.

Analogamente ao que foi feito para a análise do efeito da energia térmica no valor do CBR, será também adotado para a análise do efeito da energia mecânica no valor do CBR, isto é, quando necessário, será também levado em consideração a variação da  $U_{ot}$  e de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  para se poder avaliar o efeito da energia mecânica no valor do CBR. Mais uma vez será dada mais ênfase a variação da  $U_{ot}$  em vez da varia

ção de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ , em virtude de que esta é mais "responsável" pela variação dos CBR como pode ser observado nas Tabelas de variações destes parâmetros. As Uot tenderam a ser mais afetadas com o aumento da energia mecânica do que os valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ . Isto também foi observado por Meireles (1971): solos lateríticos submetidos a diferentes esforços de compactação apresentaram diminuição no valor da Uot com o aumento da energia mecânica enquanto que o valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  permanecia praticamente constante, podendo, no entanto, apresentar aumento no valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  quando a quebra das concreções levavam a uma melhor graduação e diminuição no valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  quando a quebra acarretava a uma pobre graduação.

Para a análise do efeito da indução da energia mecânica no valor de CBR, será adotado o mesmo critério estabelecido para a análise de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ , isto é, os CBR's que apresentaram diminuição na variação entre as energias do Proctor modificado/intermediário em relação aos dos Proctor intermediário/normal, serão considerados como sensíveis, mesmo que estas variações sejam positivas. Estas variações são apresentadas na Tabela 4.3.3.3.

Analisando-se a Tabela 4.3.1.4-A, verifica-se que o aumento da energia mecânica forneceu aumentos nos valores dos CBR's para os solos estudados com excessão dos solos TEPB (secagem ambiente), o qual apresentou para o Proctor modificado CBR inferior ao do Proctor intermediário (43,0% e 51,0%, respectivamente), e o solo CAPI (secagem à temperatura de 60°C) que apresentou para o Proctor modificado, CBR= 59,0% e para o Proctor intermediário, CBR = 75,0%. No entan

SOLO	PROC TOR	TEMPERATURA (°C)			SOLO	PROC TOR	TEMPERATURA (°C)		
		A	60	110			A	60	110
MOPA	N-I	262	318	105	CTPB	N-I	150	105	268
	I-M	99	154	90		I-M	151	62	72
MAPA	N-I	42	89	188	JPPB	N-I	62	100	185
	I-M	256	182	24		I-M	133	90	68
TEPI	N-I	131	238	100	SPPB	N-I	86	66	72
	I-M	120	156	150		I-M	75	204	321
PDMA	N-I	269	60	130	ARPB	N-I	14	70	118
	I-M	71	75	55		I-M	70	12	21
BUPI	N-I	137	67	204	TEPB	N-I	127	208	43
	I-M	153	132	78		I-M	-16	73	113
VGMA	N-I	257	102	223	CAPI	N-I	162	495	211
	I-M	200	44	55		I-M	44	-21	62
PIPI	N-I	134	69	45	GIPI	N-I	116	67	14
	I-M	44	70	78		I-M	5	56	32
VSMA	N-I	76	132	31	SLMA	N-I	609	124	183
	I-M	40	330	76		I-M	23	55	118

Tabela 4.3.3.3 - Variação do índice de Suporte Califórnia (CBR)% com a Energia Mecânica. Energia Referente ao Proctor Intermediário (I) em Relação a do Proctor Normal (N) e Proctor Modificado (M) em Relação a do Proctor Normal (N) para as Temperaturas Ambiente (A), 60°C e 110°C.

↳ Redução

to, estas "anomalias", visto que isto pode ser considerado como exceção se comparado aos outros resultados, pode ser explicada/justificada devido aos altos valores obtidos para as umidades ótimas (Uot) para os Proctor modificado em relação as Uot referentes aos Proctor intermediário para os dois solos em questão. Assim, excluindo os solos TEPB e CAPI os demais solos apresentaram aumento no valor do CBR com o aumento do esforço de compactação, porém, analisando-se a Tabela 4.3.3.3, observa-se que determinados solos apresentaram diminuição no CBR para a energia do Proctor modificado (relação Proctor modificado/intermediário) em comparação ao aumento para a relação entre os Proctor intermediário/normal. Assim, de acordo com o critério estabelecido para a análise do efeito da energia mecânica no valor do CBR, estes solos serão considerados como sensíveis ao aumento da energia mecânica. A seguir serão fornecidos, para as três temperaturas utilizadas, os solos que apresentaram sensibilidade com a mudança da energia mecânica de conformidade com os CBR's obtidos.

- Secagem à Temperatura Ambiente

Solos: MOPA, TEPI, PDMA, VGMA, PIPI, VSMA, SPPB, TEPB, CAPI, GIPI e SLMA.

- Secagem à Temperatura de 60°C

Solos: MOPA, TEPI, VGMA, CTPB, JPPB, ARPB, TEPB, CAPI, GIPI e SLMA.

- Secagem à Temperatura de 110°C

Solos: MOPA, MAPA, PDMA, BUPI, VGMA, CTPB, JPPB, ARPB, CAPI e SLMA.

Assim, de acordo com os resultados obtidos para os CBR's e de acordo com o critério adotado para a análise/avaliação do efeito da energia mecânica nos solos estudados, tivemos como resultados, 11 solos para a secagem a temperatura ambiente, 10 solos para 60°C e 10 solos para a secagem a temperatura de 110°C apresentando sensibilidade ao aumento da energia mecânica. No entanto, se estes solos forem comparados com os solos, tomando como base a influência da indução da energia mecânica nos valores das Uot, teremos os seguintes solos que apresentaram comportamentos semelhantes, i.e., apresentando sensibilidade tanto para a Uot como para os CBR com o aumento da energia mecânica. A seguir são mostrados os resultados da influência da energia mecânica, para as Uot e os valores de CBR:

- Secagem à Temperatura Ambiente

Solos: PDMA, PIPI, VSMA, SPPB, CAPI, GIPI e SLMA.

- Secagem à Temperatura de 60°C

Solos: MOPA, VGMA, CTPB, ARPB e SLMA.

- Secagem à Temperatura de 110°C

Solos: PDMA, MOPA, CAPI e SLMA.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos observou-se que com o aumento do esforço de compactação, as umidades ótimas tenderam a diminuir, os valores de  $\gamma_{smáx}$  aumentaram enquanto que os valores de CBR aumentaram. A Figura 4.3.3-A até H mostra o efeito da energia mecânica nos valores dos CBR's para os solos estudados. No entanto foi observado que as variações não se apresentaram uniformes, porém, isto era de se esperar visto que o grau em que o material quebra está relacionado ao teor de óxido de ferro e o grau de desidratação do solo. Assim é de esperar que a indução da energia mecânica modifique as propriedades dos solos lateríticos, contudo, devido à complexibilidade destes solos, torna-se difícil prever/avaliar este efeito apenas com os resultados obtidos nesta pesquisa, sendo, necessário, então, com auxílio dos dados disponíveis, obtidos por outros investigadores, justificar, se possível, os diferentes comportamentos/tendências encontradas para os solos estudados nesta pesquisa. A seguir serão analisados os resultados obtidos por outros investigadores.

#### - Composição Química em Termos Totais

A Tabela 4.2.2, apresenta os resultados da composição química em termos totais para as frações maiores do que 2 mm. Segundo estudos feitos por Bhatia e Hammond (1970), quanto maior o teor de óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ) e mais desidratadas as partículas concrecionárias, mais resistentes são.

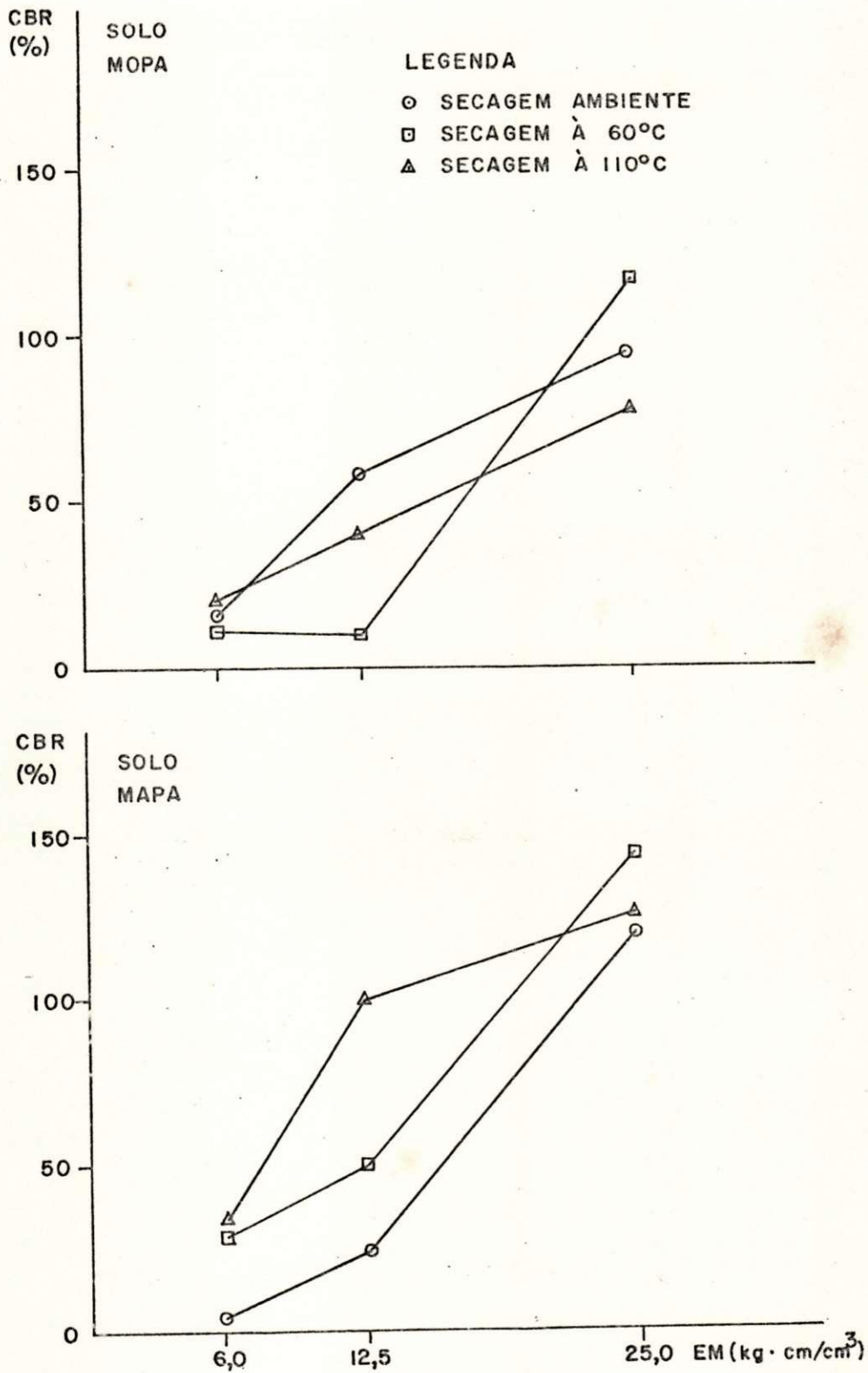


Figura 4.3.3-A - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

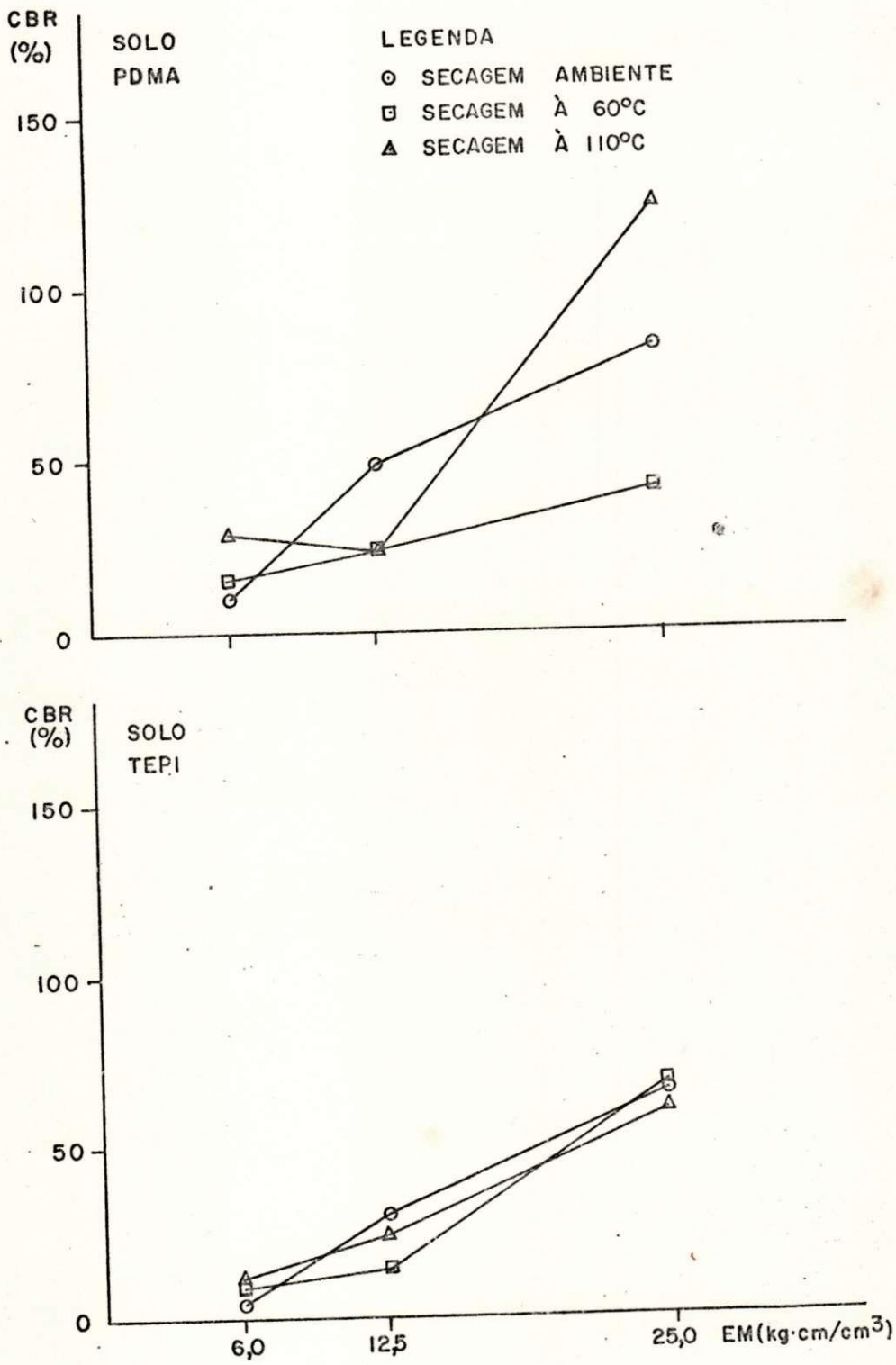


Figura 4.3.3-B - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).



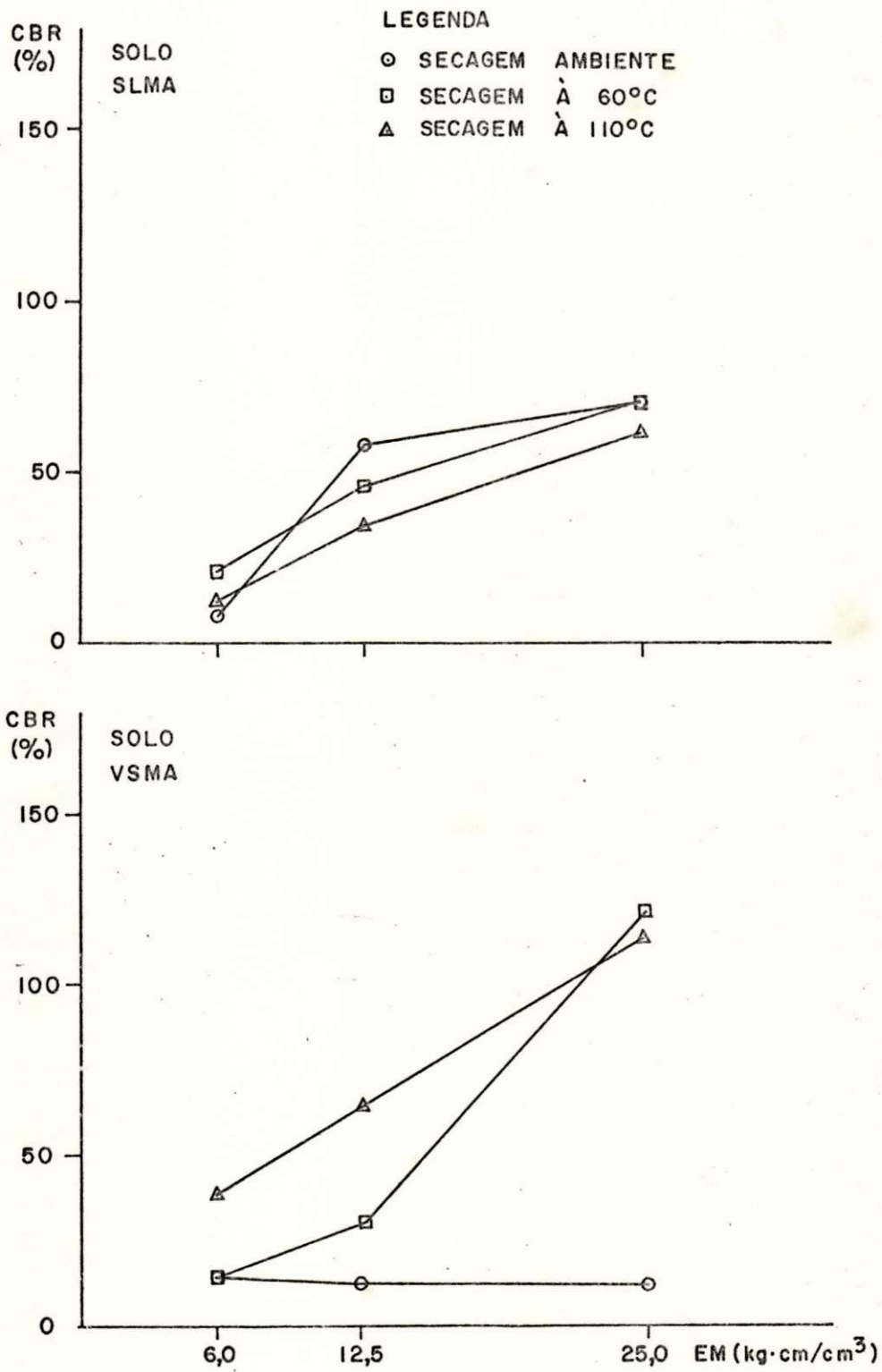


Figura 4.3.3-C - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

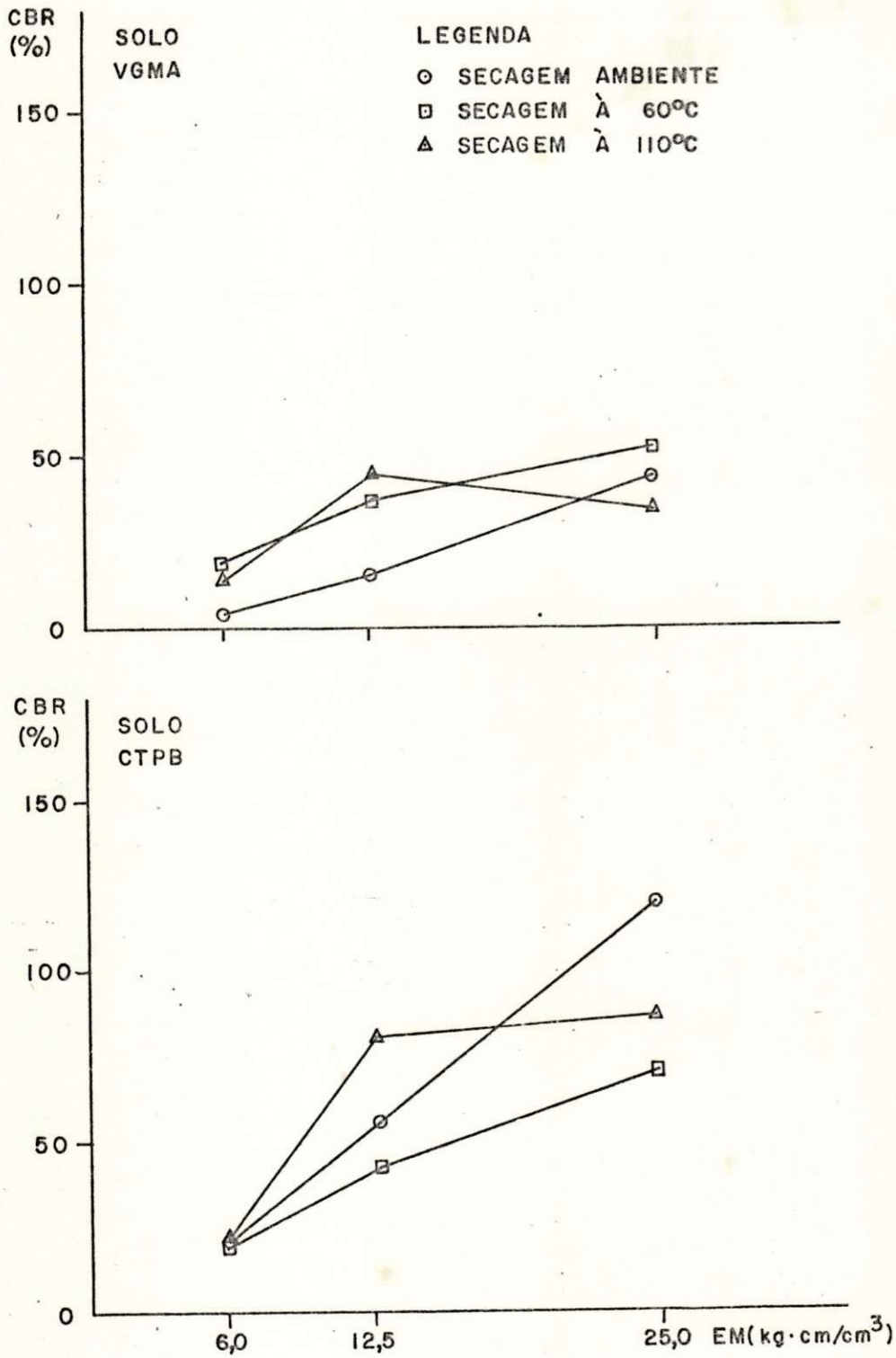


Figura 4.3.3-D - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

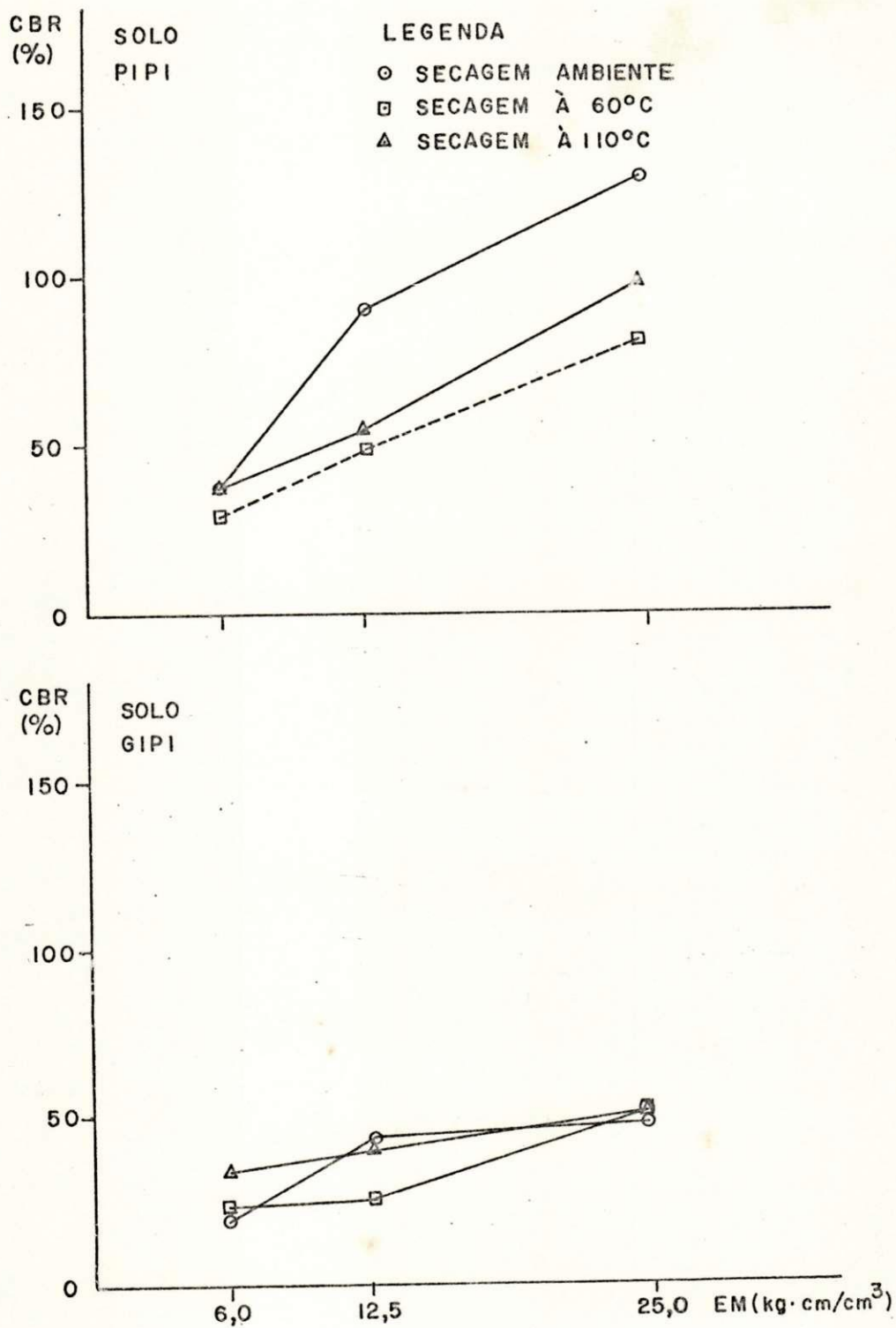


Figura 4.3.3-E - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

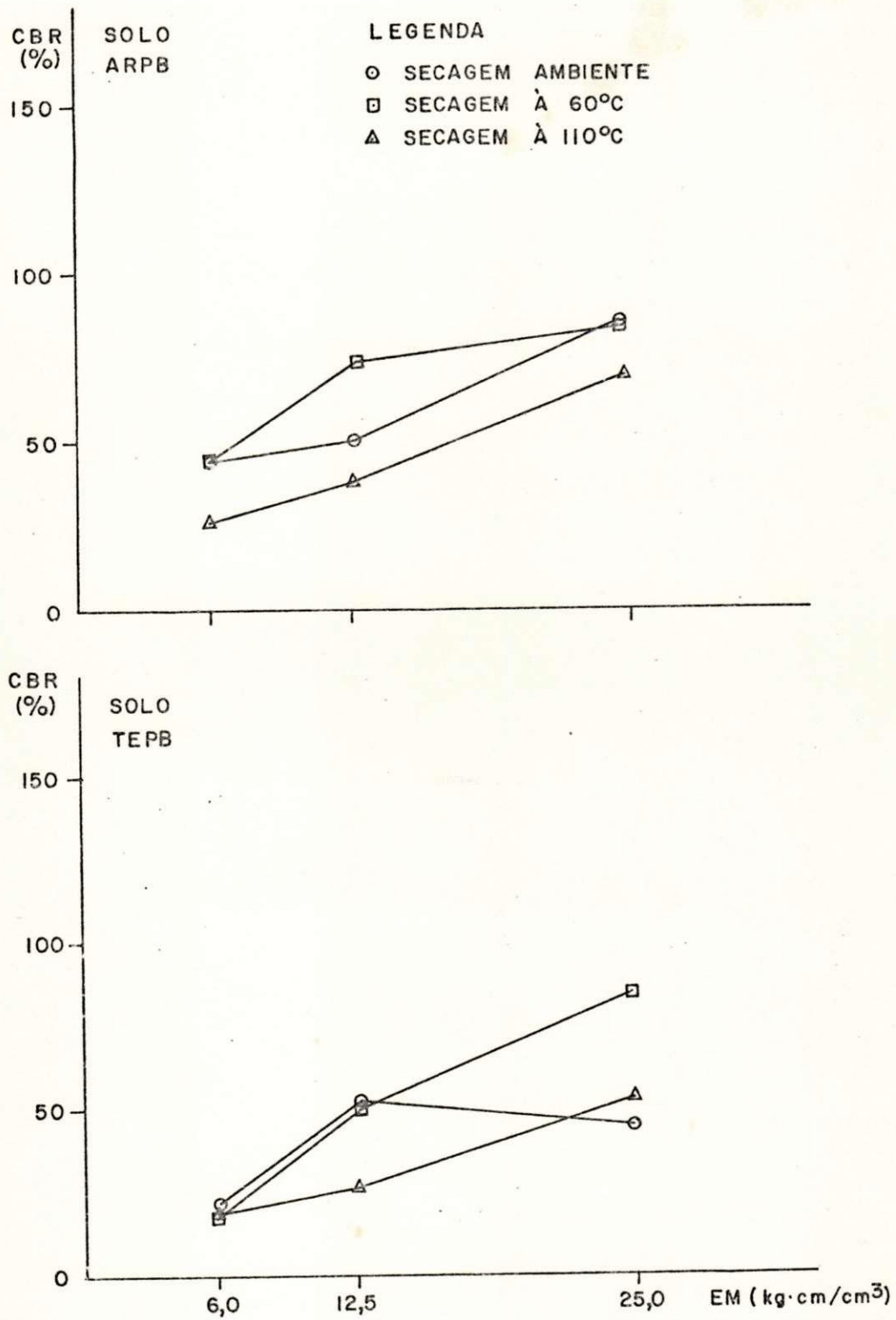


Figura 4.3.3-F - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

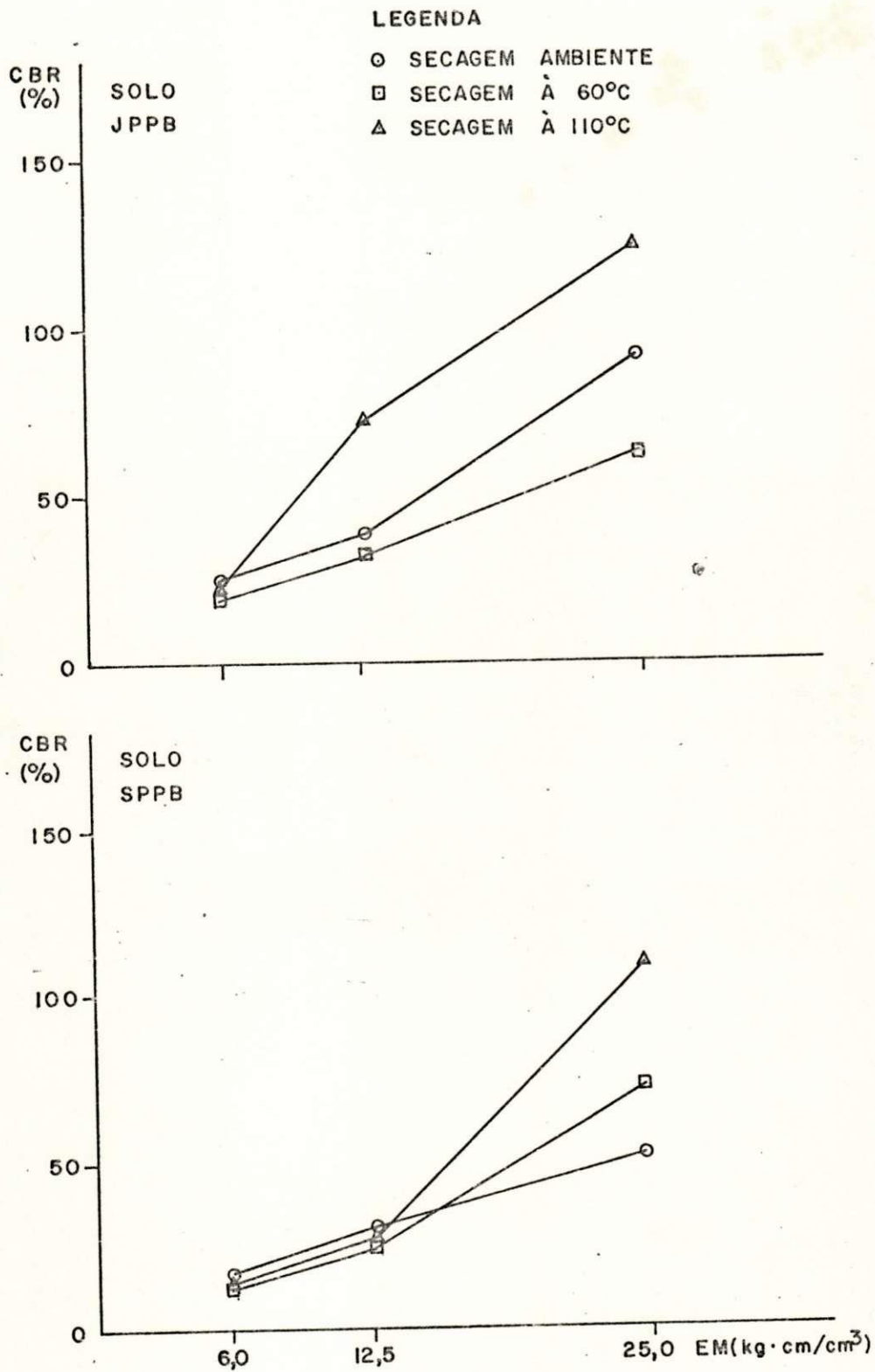


Figura 4.3.3-G - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

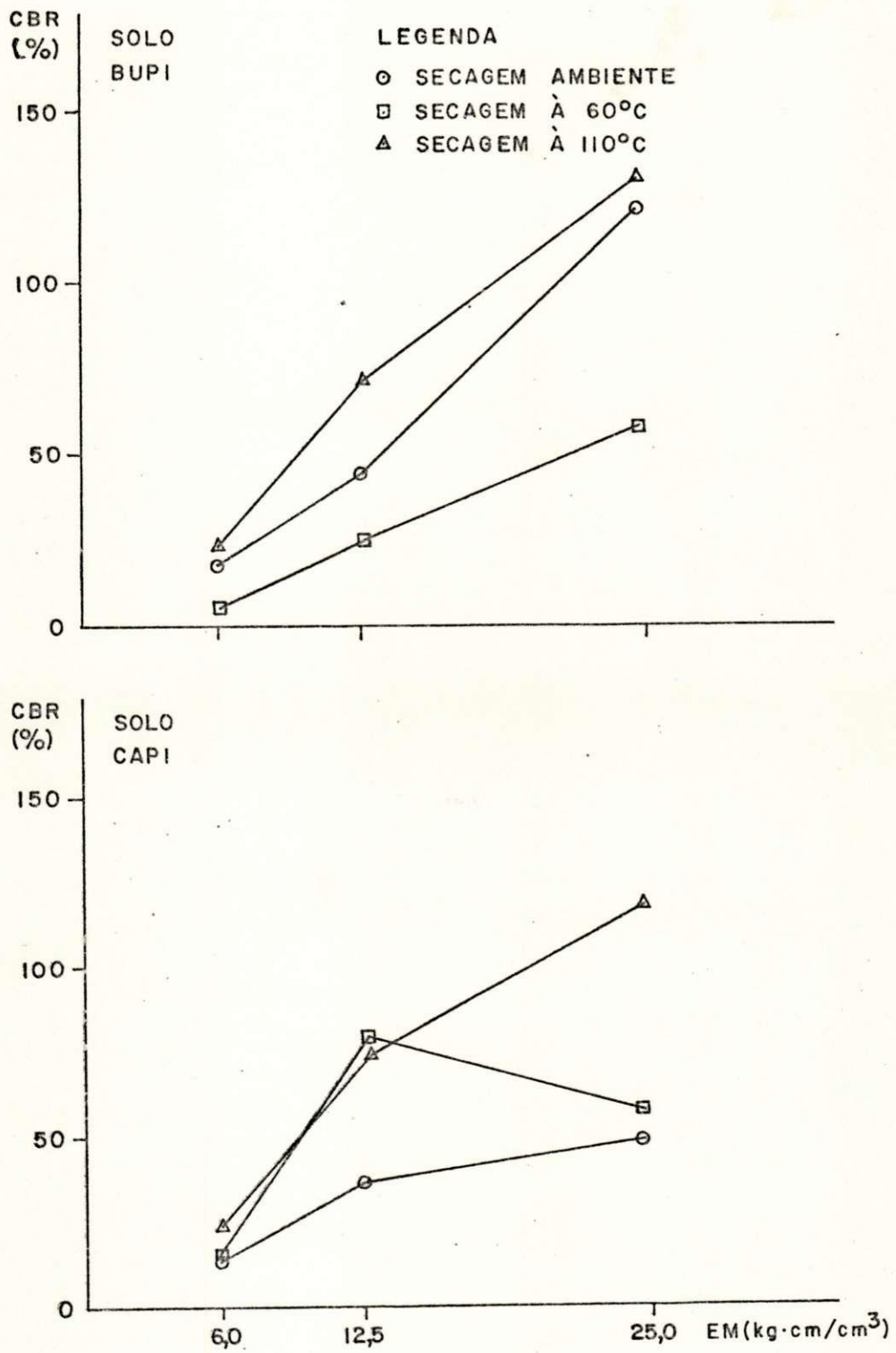


Figura 4.3.3-H - Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Energia Mecânica (EM).

Como se observa, nesta tabela, o teor de  $Fe_2O_3$  varia de 0,64% até 43,49% porém, observa-se para a maioria dos solos teores entre 30,00% à 40,00% ou seja, apenas os solos TEPB e GIPI apresentaram percentuais de 0,64% e 2,71% enquanto que os solos SPPB e CAPI mostraram percentuais de 42,88% e 43,49%. Os demais solos em um total de 12, apresentaram teores entre 30,00% à 40,00%. Logo, é de se esperar que os solos SPPB e CAPI apresentem resistências ao aumento da energia mecânica em comparação aos solos TEPI e GIPI. No entanto, o efeito da energia mecânica (aumento do esforço de compactação sobre estes solos), mostrou que o solo CAPI apresentou sensibilidade com o aumento da energia de compactação para os 3 níveis de energias térmicas, enquanto que o solo SPPB apresentou sensibilidade ao aumento do esforço de compactação apenas para a secagem ambiente. Por outro lado, os solos GIPI e TEPB mostraram sensibilidade ao aumento do esforço de compactação para as temperaturas ambiente e a  $60^{\circ}C$ , mostrando-se indiferente para a secagem a temperatura de  $110^{\circ}C$ . Os demais solos como apresentaram teores de  $Fe_2O_3$  praticamente os mesmos, não serão discutidos em detalhes, lembrando apenas citar que estes solos apresentaram de um modo geral, tendências distintas. Assim, é necessário, além do teor de  $Fe_2O_3$  se conhecer também o grau de desidratação das partículas concrecionárias.

- Composição Química em Termos Parciais (Componentes Amorfos)

As percentagens de  $Fe_2O_3$  (componente Amorfo) para

os solos estudados (Tabela 4.2.1) variaram de 0,30% à 4,20% onde verifica-se que 2 solos apresentaram percentual de  $Fe_2O_3$  superior a 3,0% (SPPB e TEPB), 5 solos com teores entre 1,0% à 3,0% enquanto que os demais apresentaram teores de  $Fe_2O_3$  inferiores a 1,0%. Comparando os resultados obtidos nesta pesquisa (tendências observadas), observa-se que os solos que apresentaram teor de  $Fe_2O_3$  superior à 3,0% mostraram-se, no entanto, sensibilidade ao aumento da energia mecânica para a secagem ambiente mostrando-se, porém, insensíveis para as temperaturas de 60°C e 110°C. Por outro lado, os solos que apresentaram percentuais inferiores a 1,0% (em um total de 9 solos) apresentaram para a secagem ambiente sensibilidade com o aumento da energia de compactação exceto o solo CTPB, ARPB e BUPI que apresentaram-se indiferentes. No entanto estes solos mostraram-se sensíveis com o incremento da energia mecânica para as temperaturas de secagem, como por exemplo, o solo CTPB e ARPB tenderam a diminuir o CBR para a secagem as temperaturas de 60°C e 110°C enquanto que o solo BUPI apresentou sensibilidade ao aumento da energia de compactação para a temperatura de 110°C. Vale observar que o solo TEPB o qual apresentou o maior teor de  $Fe_2O_3 = 4,20\%$  mostrou-se sensível à mudança da energia mecânica ou seja, mais precisamente, o CBR para o Proctor intermediário foi maior do que o CBR para o Proctor modificado para a secagem ambiente ou seja,  $CRB = 51,0\%$  e  $CBR = 43,0\%$  respectivamente, o que contradiz inteiramente a teoria existente. Assim, não se pode, com base nos valores dos componentes amorfos, prever até que ponto os comportamentos verificados para os valores de CBR's são influen



ciados com o aumento da energia mecânica.

- Teor de Caulinita

A Tabela 4.3.3.4 apresenta os teores de caulinita presente na fração tamanho argila para os solos estudados. De Graft-Johnson et al. (1968), observaram que o aumento na energia mecânica pode aumentar ou diminuir o CBR. Eles atribuíram estas variações a presença de caulinita no solo, que é uma estrutura sensível e tende a dispersar com o aumento do esforço de compactação no ramo úmido da curva de compactação. Analisando-se esta Tabela verifica-se que os solos VGMA, TEPI e TEPB apresentam teores de caulinita maiores do que 80%; os solos MAPA, PIPI, VSMA e MOPA com teores inferiores a 60% enquanto que os demais solos indicaram teores entre 60% à 80%. É de se esperar que estes grupos de solos, assim formados, mostrem comportamentos semelhantes. Observando-se, no entanto, as tendências para os CBR's correspondentes as umidades ótimas, para os solos com teor de caulinita superior a 80%, verifica-se que o solo VGMA apresentou sensibilidade com o aumento da energia mecânica para as temperaturas ambiente e 60°C, enquanto que o solo TEPI e TEPB apresentaram sensibilidade para a secagem ambiente. Por outro lado, analisando-se os solos que apresentaram teores de caulinita menor do que 60% (MAPA, PIPI, VSMA e MOPA), estes mostraram-se sensíveis ao aumento da energia mecânica, ou seja, os solos PIPI e VSMA apresentaram-se sensíveis para a secagem ambiente, o solo MAPA apresentou sensibilidade para a temperatura de 110°C enquanto que o solo CAPI mos

trou-se sensível para os 3 níveis de energia térmica. Assim, com base no teor de caulinita, não foi possível avaliar os diversos comportamentos verificados para os solos estudados com o aumento do esforço de compactação nos valores de CBR correspondente a umidade ótima.

SOLO	TEOR DE CAULINITA (%)	SOLO	TEOR DE CAULINITA (%)	SOLO	TEOR DE CAULINITA (%)	SOLO	TEOR DE CAULINITA (%)
JPPB	77,30	ARPB	74,30	MAPA	57,61	BUPI	73,35
CTPB	73,23	SLMA	64,76	TEPI	84,78	VSMA	58,81
SPPB	68,82	CAPI	72,34	PIPI	58,49	VGMA	84,80
TEPB	80,64	MOPA	48,43	GIPI	70,14	PDMA	70,66

Tabela 4.3.3.4 - Percentagem de Caulinita Presentes na Fração Tamanho Argila para os Solos Estudados (Carvalho Borba, 1981).

- Efeito da Energia Mecânica na Distribuição Granulométrica

Sabe-se que o aumento no esforço de compactação pode aumentar ou diminuir o valor de CBR. Meireles (1971) analisando o efeito do aumento da energia mecânica no valor de CBR, verificou que quando à quebra das concreções leva a uma melhor graduação, maior o valor da massa específica aparente seca máxima ( $\gamma_{sm\acute{a}x}$ ), porém, quando para uma pobre graduação, menor o valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ . Isto implica em um maior ou menor valor para o CBR, respectivamente. Analisando-se os valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ , verifica-se que para a secagem a temperatura ambiente os solos PIPI, TEPI, VSMA, PDMA, JPPB, BUPI,

CAPI e VGMA apresentaram diminuições de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  com o aumento do esforço de compactação, porém o solo JPPB não apresenta ram sensibilidade no valor de CBR. A queda de CBR para o solo JPPB foi devido o aumento da umidade ótica, visto que este solo apresentou-se como sensível ao aumento da energia mecânica para o valor de  $U_{ot}$ . Por outro lado os solos SPPB, TEPB, GIPI e SLMA apresentaram sensibilidade para o CBR sem no entanto ter sido observado sensibilidade para os valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ . No entanto apresentaram-se como sensíveis para a  $U_{ot}$  com o aumento da energia mecânica. Isto justifica em parte o comportamento destes solos ao aumento do esforço de compactação.

Para a secagem a temperatura de  $60^{\circ}C$  os solos BUPI, SPPB, VGMA, ARPB, PIPI, CAPI, VSMA, CTPB e JPPB apresentaram sensibilidade com o aumento da energia mecânica nos valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ . Entretanto, os solos BUPI, SPPB, PIPI e VSMA não apresentaram sensibilidade no CBR com o aumento da energia mecânica. Foi observado, porém, que o solo BUPI apresentou sensibilidade para a  $U_{ot}$  enquanto que para os solos SPPB, PIPI e VSMA não foi possível definir seus comportamentos.

Para a secagem a  $110^{\circ}C$ , os solos MOPA, TEPI, PDMA, BUPI, VGMA, CTPB, SPPB, TEPB, CAPI e GIPI mostraram-se sensíveis para o valor de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$ . No entanto os solos TEPI, SPPB, TEPB e GIPI não apresentaram-se sensíveis para o CBR. Entretanto observou-se que os solos TEPI, SPPB e TEPB apresentaram sensibilidade para a  $U_{ot}$  com o aumento da energia mecânica. O solo GIPI não forneceu dados que permitisse definir uma tendência. Assim, nem sempre é

possível definir com base nos valores de  $\gamma_{sm\acute{a}x}$  os comportamentos para os valores de CBR.

Lima (1983), observou que o aumento da energia mecânica apresentava de maneira geral, tendências a desagregar as partículas do solo. No entanto foi observado tendências diferentes para os solos estudados. Para a análise do efeito da indução da energia mecânica na distribuição granulométrica de solos lateríticos, tanto na fração graúda (FG) como na fração miúda (FM), foi adotado o seguinte critério:

Grupo 1: Os solos que apresentaram variação entre 0% à 5% foi denominado de pouca a nenhuma influência (PNI);

Grupo 2: Para as variações entre 5% à 15%, média influência (IM);

Grupo 3: Variações de 15% à 25%, muita influência (MI)

A Tabela 4.3.3.5, mostra os resultados obtidos. Foram considerados como frações graúdas (FG) os solos cujas partículas foram superiores a 0,074mm enquanto que para as frações miúdas (FM) para as partículas de dimensões inferiores a 0,074mm. Analisando-se os valores extremos, i.e., para os solos que apresentaram pouca a nenhuma influência (PNI) e muita influência (MI) pode se observar que:

1º) Os solos MAPA, BUPI, CTPB, VGMA e SLMA que apresentaram PNI para ambas as frações (FG e FM) apresentaram, no entanto, resultados distintos, i.e., os resultados obtidos nesta pesquisa mostram que estes solos apresentaram

SOLOS	TENDÊNCIAS OBSERVADAS					
	PNI		IM		MI	
	FG	FM	FG	FM	FG	FM
MOPA	X			X		
MAPA	X	X				
TEPI			X	X		
PDMA				X	X	
BUPI	X	X				
VGMA	X	X				
PIPI		X	X			
VSMA			X	X		
CTPB	X	X				
JPPB			X	X		
SPPB				X	X	
ARPB			X			X
TEPB	X					X
CAPI		X	X			
GIPI			X	X		
SLMA	X	X				

Legenda: FG - Fração Graúda (maior que 0,074mm)

FM - Fração Miúda (menor que 0,074mm)

Tabela 4.3.3.5 - Influência das Energias Mecânicas na Distribuição Granulométrica (Lima, 1983).

sensibilidade com o aumento da energia mecânica, ou seja, o solo MAPA apresentou sensibilidade com o aumento da energia mecânica para a temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$ , o solo BUPI também para  $110^{\circ}\text{C}$ , o solo VGMA para as 3 temperaturas, o solo CTPB para as temperaturas de  $60^{\circ}\text{C}$  e  $110^{\circ}\text{C}$  e o solo SLMA para as 3 temperaturas.

2º) Os solos TEPB, ARPB, SPPB e PDMA apresentaram MI porém a análise feita para o CBR revelou que o solo TEPB apresentou-se sensível a mudança de energia mecânica para as temperaturas ambiente e  $60^{\circ}\text{C}$ , o solo ARPB para as temperaturas de  $60^{\circ}\text{C}$  e  $110^{\circ}\text{C}$ , o solo SPPB para a secagem ambiente e o solo PDMA para as temperaturas ambiente e  $110^{\circ}\text{C}$ .

Desta análise vale destacar que os solos MOPA, VGMA, CAPI e SLMA apresentaram sensibilidade no CBR com o aumento da energia mecânica para os 3 níveis de energia térmica sem no entanto ter sido observado muita influência (MI) para nenhum destes solos, o que era de se esperar. Ao contrário, os solos VGMA e SLMA apresentaram pouca a nenhuma influência (PNI) para as duas frações analisadas (FG e FM). Assim, como se observa, as tendências observadas no estudo feito por Lima não podem ser estendidas para os resultados desta pesquisa.

Portanto, como se verificou, um determinado solo pode apresentar sensibilidade ao aumento da energia mecânica para uma dada temperatura sem, no entanto, apresentar

sensibilidade para outra. Somente os solos MOPA, VGMA, CAPI e SLMA apresentaram sensibilidade ao aumento do esforço de compactação para os 3 níveis de energia térmica adotados. Como se observa, a secagem de um solo laterítico pode mudar completamente as suas propriedades tornando-o sensível e/ou insensível ao aumento do esforço de compactação. Assim, se torna necessário estudar o efeito conjunto das duas formas de energias nos valores de CBR's. Esta análise será fornecida a seguir. Inicialmente será fixada a temperatura de 60°C e feita a comparação com a temperatura ambiente e, em seguida, fixado a temperatura de 110°C e mais uma vez comparado com os resultados à temperatura ambiente.

#### 4.3.4 - Efeito Conjunto da Energia Térmica e da Energia Mecânica no Valor do CBR

Quanto ao efeito da energia térmica e da energia mecânica a temperatura de 60°C em relação a secagem ambiente, foram observadas as seguintes tendências:

Solos: MAPA, CAPI, VSMA e VGMA

Estes solos tenderam a aumentar o valor de CBR com o aumento da energia mecânica quando secos a temperatura de 60°C em comparação com a secagem ambiente.

Solos: CTPB, JPPB, MOPA, PDMA, BUPI, PIPI e CAPI.

Estes solos apresentaram sensibilidade ao efeito conjunto das energias térmica e da energia mecânica, diminuindo os valores de CBR com o aumento da energia mecânica

quando submetidos a temperatura de 60°C.

Solo TEPI, GIPI, SLMA, TEPB, SPPB e CTPB

Estes solos não apresentaram tendências definidas com o aumento da energia mecânica para a secagem a temperatura de 60°C em comparação à secagem ambiente.

Para a secagem à temperatura de 110°C, foram observados as seguintes tendências:

Solos: MAPA, JPPB, BUPI, VGMA, PDMA, CAPI e VSMA

Estes solos apresentaram aumento nos valores de CBR com o aumento da energia mecânica quando secos a temperatura de 110°C.

Solos: PIPI, MOPA e ARPB

Estes solos apresentaram diminuição nos valores de CBR com o aumento da energia mecânica quando secos a temperatura de 110°C.

Vale salientar que o solo TEPB apresentou menor valor para o CBR correspondente ao Proctor Modificado em relação ao CBR do Proctor Intermediário para a secagem ambiente, 43% e 51%, respectivamente, fornecendo, em consequência, diminuição de CBR para a secagem a temperatura de 110°C.

Assim, é possível que a ausência de correlação entre os comportamentos observados para os valores de CBR e os resultados obtidos por outros investigadores com respeito a indução das energias térmica e mecânica seja devido ao



fato de que a faixa de variação dos CBR's não seja compatível com a faixa de variação destes parâmetros. Outro fator que pode ser questionável como "provável causa" da ausência de correlação nos resultados obtidos nesta pesquisa com os resultados obtidos por outros investigadores, é o diferente grau de laterização apresentado pelos solos estudados. Como se sabe, estes solos foram selecionados de acordo com fatores como: temperatura, pluviosidade, etc, pertencentes a áreas distintas, o que acarreta solos de características diferentes. Isto também foi observado por Gidigasu e Yeboa (1972) ao estudarem solos de regiões diferentes. Estes solos não apresentaram idêntico comportamento. Isto indica a influência do clima, etc, nas propriedades dos solos lateríticos. A Tabela 3.2.3 apresenta as características dos solos estudados quanto a localização, formação geológica, etc, enquanto que as Figuras 3.2.1-A até Q mostram os perfis destes solos. Portanto, como se observa, os solos apresentam formações bastante diversificadas o que justifica os comportamentos verificados para estes solos. Finalmente, parece que a classificação pela relação sílica/sesquióxido (de ferro e alumínio) precisa ser modificada/alterada, pois apesar dos solos serem classificados como solos lateríticos isto não implica que estes possuam propriedades "idênticas" sendo, necessário, portanto, que se "chegue" a uma definição para os solos lateríticos baseado desde o conhecimento dos seus constituintes principais, separando-os em faixas de variação até aos ensaios de classificação destes solos como

também, se necessário, levar em consideração a sua formação geológica, pedologia, condições climáticas, etc, até o seu grau de laterização e desidratação das partículas concrecionárias.

#### 4.3.5 - Relação Entre os Valores de CBR Sem Imersão e Com Imersão

##### 4.3.5.1 - Introdução

Como se sabe, o ensaio para a determinação do CBR dos solos com imersão é largamente utilizado para avaliar o suporte do solo de fundação para o dimensionamento de pavimentos flexíveis. O período de imersão por 4 (quatro) dias torna o ensaio lento e dispendioso. Há que se considerar ainda o fato de que a maior parte dos sub-leitos não atinjam a umidade obtida quando da imersão dos corpos de prova, principalmente em climas quentes e muito secos, desta forma os pavimentos ficam "superdimensionados".

Pesquisas feitas por Croney (1952), mostraram que os níveis d'água subterrâneos em climas secos são muito profundos para exercerem uma influência dominante sobre o teor de umidade do sub-leito de uma rodovia. Estas mesmas conclusões foram encontradas pela Máxima Consultoria S.A. (1977), verificando as condições dos pavimentos dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Rio Grande do Sul. Dos estudos feitos por Nogueira (1979), concluiu-se que as umi

dades dos sub-leitos analisados foram sempre menores que as umidades após imersão tanto para o período anual de secas como para o período das chuvas. Observa-se, então, que a medida do valor do CBR com imersão é "inadequada" e pouco real para certas condições climáticas. Somente em casos específicos, onde for constatada a presença do lençol freático superficial como nos climas mais úmidos do litoral, pode-se justificar o uso do ensaio de CBR após imersão. Portanto, uma correlação que pode ser de grande utilidade prática, é a correlação entre o CBR com imersão e CBR sem imersão. Desta maneira esta sub-seção analisa a relação que existe entre os valores de CBR com imersão e CBR sem imersão obtidos para os solos da presente pesquisa.

#### 4.3.5.2 - Resultados Obtidos

A Tabela 4.3.1.4-A apresenta os valores de CBR's determinado no presente estudo visando avaliar a relação existente entre os valores de CBR com e sem imersão. Este estudo constou de correlação linear simples (método dos mínimos quadrados) do tipo  $y = kx + c$ . As correlações obtidas são mostradas pela Figura 4.3.5.2 para os três níveis de energia mecânica. As equações/relações obtidas foram as seguintes:

- Relações Obtidas com os Valores de CBR's Determinados com a Energia do Proctor Normal

$$CBR_{ci} = 2,4 + 0,31 CBR_{si}$$

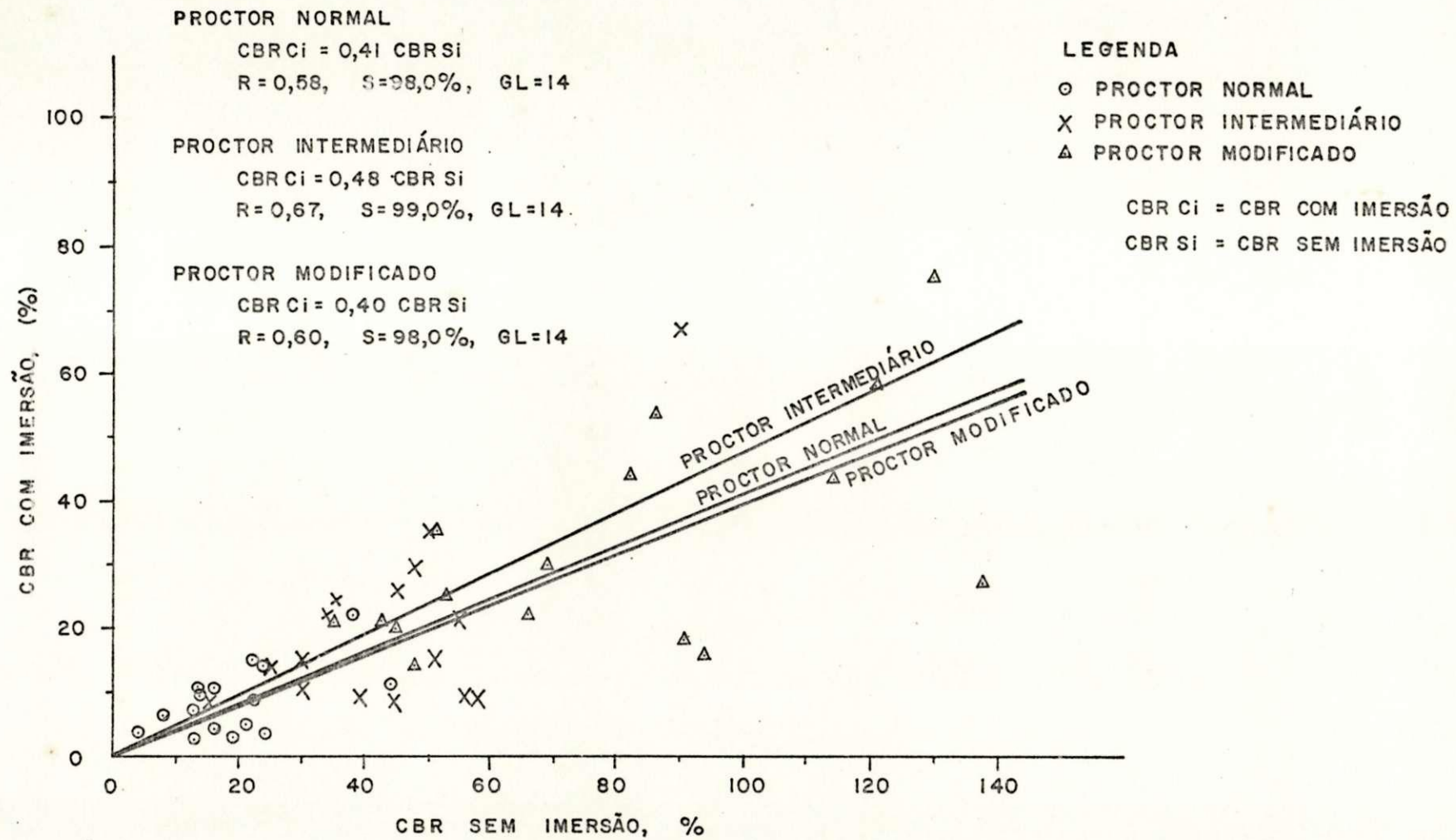


Figura 4.5.5.2 - Relação Entre CBR Sem Imersão e CBR com Imersão.

$$R = 0,58$$

$$S = 98\% \text{ (teste bilateral)}$$

$$GL = 14$$

onde

CBRci = CBR com imersão, %

CBRsi = CBR sem imersão, %

R = coeficiente de correlação

S = nível de significância

GL = graus de liberdade

Fazendo  $c = 0$ , isto é, considerando a equação do tipo  $y = kx$ , a relação obtida será:

$$CBRci = 0,41 \text{ CBRsi}$$

$$R = 0,58$$

$$S = 98\%$$

$$GL = 14$$

- Relações Obtidas com os Valores de CBR's Determinados com a Energia do Proctor Intermediário

$$CBRci = -5,2 + 0,58 \text{ CBRsi}$$

$$R = 0,67$$

$$S = 99\%$$

$$GL = 14$$

Para  $c = 0$ ,

$$CBRci = 0,48 \text{ CBRsi}$$

$$R = 0,67$$

S = 99%

GL = 14

- Relações Obtidas com os Valores de CBR's Determinados com a Energia do Proctor Modificado

$CBR_{ci} = 7,5 + 0,32 CBR_{si}$

R = 0,60

S = 98%

GL = 14

Para  $c = 0,$

$CBR_{ci} = 0,40 CBR_{si}$

R = 0,60

S = 98%

GL = 14

#### 4.3.5.3 - Conclusões

Como se observa foram obtidas para os três níveis de energia mecânica, correlações altamente significativas. Isto sugere que para os tipos de solos estudados pode-se fazer uma pré-avaliação do CBR com imersão a partir do CBR sem imersão quando for justificado o uso do CBR com imersão.

#### 4.3.6 - Avaliação da Expansão

##### 4.3.6.1 - Introdução

Durante a realização do ensaio de CBR com imersão foram também medidas as expansões dos solos estudados. Como se sabe o resultado da expansão é usado para avaliar a qualidade do material. Para o material da camada de base, compactado a 100% AASHO modificado, a expansão não deve exceder 0,5%, enquanto que, para o material de sub-base o limite é de 1,0%. Assim, necessário se faz verificar a expansão dos solos estudados para uma posterior aplicação destes solos de maneira mais racional.

##### 4.3.6.2 - Resultados Obtidos

O Apêndice 7 - apresenta os valores das expansões para os solos estudados. Como se observa, os solos apresentaram valores baixos para a expansão. Vale salientar que esta análise foi feita para a umidade ótima. Nos casos onde não se teve valores das expansões "exatamente" na umidade ótima, adotou-se o seguinte critério: tomou-se 2 pontos mais próximos da umidade ótima, sendo 1 no ramo seco e outro adotando-se como valor para a expansão, o valor médio.

Dos 16 solos estudados somente os solos TEPB e GIPI apresentaram expansão em torno de 1,0%. No entanto, os demais solos apresentaram expansões inferiores a 0,5%.

Isto era de se esperar visto que os solos lateríticos possuem baixa expansibilidade. Por exemplo, Falcão e Castro (1975) encontraram para os solos lateríticos por eles estudados valores da ordem de 0,04%. De Graft-Johnson (1968) cita como causa provável a reduzida atividade da fração fina dos solos lateríticos a qual sendo recoberta por óxido de ferro livre pode reduzir consideravelmente os valores da expansão.

#### 4.3.6.3 - Conclusão

Assim, quanto aos valores da expansão, os solos lateríticos estudados apresentaram-se de maneira satisfatória podendo estes solos serem utilizados em obras rodoviárias tanto para sub-base como para as camadas de base.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir:

1. Com Relação a Metodologia de Ensaio Utilizada para a Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR)

- A metodologia recomendada pelo DNER para a determinação do CBR mostrou a necessidade de se introduzir as seguintes modificações: i) a quantidade recomendável de solo (amostra) para a determinação da umidade de moldagem é de 500g, ii) para o traçado da curva de saturação quando da compactação torna-se necessário introduzir a densidade relativa para as partículas de dimensão superior a 2 mm.

- A metodologia recomendada pelo DNER para a determinação do CBR, apesar das modificações introduzidas, resultou em valores de CBR questionáveis devido as variações encontradas e devido a falta de estudos para a determinação da repetibilidade do ensaio de CBR.

- A metodologia para a determinação do CBR utilizando-se amostras curadas previamente ao ensaio, apresentou resultados não repetitivos sendo, portanto, impossível previsar um comportamento específico da influência da cura no valor do CBR.

## 2. Com Relação ao Efeito da Energia Térmica no Valor do CBR e Características de Compactação

- O aumento da temperatura de secagem apresentou as seguintes tendências nos valores dos CBR's:

Temperatura de 60°C

. tendência a diminuir o CBR dos solos, PIPI, CTPB, JPPB, PDMA, BUPI e GIPI

. tendência a aumentar o CBR dos solos, CAPI, MAPA, VGMA, VSMA e SPPB

. tendência a não afetar o CBR dos solos: TEPI, ARPB, SLMA, MOPA e TEPB

Temperatura de 110°C

. tendência a diminuir o CBR dos solos, PIPI, ARPB, TEPB, MOPA e SLMA

. tendência a aumentar o CBR dos solos, CAPI, MAPA, VGMA, VSMA, JPPB, CTPB, GIPI, PDMA e BUPI

. tendência a não afetar o CBR dos solos, TEPI e SPPB

- Os resultados obtidos através da compactação permitiram concluir que:

- o aumento da temperatura de secagem apresentou as seguintes tendências nos valores das umidades ótimas:

Temperatura de 60°C

. tendência a diminuir a umidade ótima dos solos ARPB, TEPB, CAPI, GIPI, MOPA, VSMA, TEPI e VGMA

. tendência a aumentar a umidade ótima dos solos PDMA e PIPI

. tendência a não afetar a umidade ótima dos solos CTPB, JPPB, SPPB, SLMA e MAPA

. não definida uma tendência na umidade ótima do solo BUPI

Temperatura de 110°C

- tendência a diminuir a umidade ótima dos solos MOPA, MAPA, BUPI, VGMA, CTPB, JPPB, SPPB, ARPB, TEPB, CAPI e VSMA

- tendência a aumentar a umidade ótima do solo PIPI

- tendência a não afetar a umidade ótima dos solos GIPI, SLMA e PDMA

- não definida uma tendência na umidade ótima do solo BUPI

- o aumento da temperatura de secagem tendeu a não afetar os valores da massa específica aparente seca máxima, visto que as variações se apresentaram dentro da repetibilidade do ensaio.

### 3. Com Relação ao Efeito da Energia Mecânica no Valor do CBR e Características de Compactação

- O aumento do esforço de compactação apresentou aumento no valor de CBR. No entanto, foi observado que o in

cremento de CBR entre os níveis de energia do Proctor intermediário e normal foi maior do que entre os níveis de energia modificado e intermediário. A seguir são mostrados os solos que apresentaram esta sensibilidade ao aumento do esforço de compactação, para as temperaturas adotadas.

. Temperatura Ambiente - Solos: MOPA, TEPI, PDMA, VGMA, PIPI, VSMA, SPPB, TEPB, CAPI, GIPI e SLMA

. Temperatura de 60°C - Solos: MOPA, TEPI, VGMA, CTPB, JPPB, ARPB, TEPB, CAPI, GIPI e SLMA.

. Temperatura de 110°C - Solos: MOPA, MAPA, PDMA, BUPI, VGMA, CTPB, JPPB, ARPB, CAPI e SLMA.

- Os resultados obtidos através da compactação permitiram concluir que: o aumento no esforço de compactação diminuiu a umidade ótima e aumentou a massa específica aparente seca máxima. Porém, os aumentos das massas específicas aparente seca máxima e as diminuições da umidade ótima, foram maiores quando se passou dos níveis de energia normal para o intermediário do que quando se passou do intermediário para o modificado. A seguir são mostrados os solos que apresentaram esta sensibilidade ao aumento da energia mecânica para os níveis de energias térmicas adotadas.

#### Umidade Ótima

. Temperatura Ambiente - Solos: MOPA, PDMA, PIPI, VSMA, JPPB, SPPB, ARPB, CAPI, GIPI, SLMA e TEPB.

. Temperatura de 60°C - Solos: MOPA, BUPI, VGMA, CTPB, ARPB e SLMA.

. Temperatura de 110°C - Solos: TEPI, PDMA, SPPB,

MOPA, TEPB, CAPI e SLMA.

Massa Específica Aparente Seca Máxima

. Temperatura Ambiente - Solos: TEPB, TEPI, VSMA, PDMA, JPPB, BUPI, CAPI e VGMA.

. Temperatura de 60°C - Solos: BUPI, CTPB, VGMA, ARPB, PIPI, CAPI, VSMA e JPPB.

. Temperatura de 110°C - Solos: MOPA, PIPI, PDMA, BUPI, VGMA, CTPB, SPPB, TEPB, CAPI e GIPI.

4. Relação entre os Valores de CBR Sem Imersão e Com Imersão

Com respeito aos valores de CBR sem imersão (X) e os valores de CBR com imersão (Y), foram observadas correlações altamente significativas para os 3 níveis de energias mecânicas adotadas. Estas relações são lineares e iguais a:

- Para a energia referente ao Proctor Normal:

$$Y = 0,41X, R = 0,58, S = 98\%, GL = 14$$

- Para a energia referente ao Proctor intermediário:

$$Y = 0,48X, R = 0,67, S = 99\%, GL = 14$$

- Para a energia referente ao Proctor Modificado:

$$Y = 0,40X, R = 0,60, S = 98\%, GL = 14$$

R = coeficiente de correlação

S = nível de significância

GL = graus de liberdade.

Estas conclusões referem-se aos resultados obtidos com os solos estudados nesta pesquisa e são portanto limitadas, não devendo ser extrapoladas indevidamente.

## CAPÍTULO VI

### SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Considerando os resultados obtidos, bem como a limitação de estudos específicos no assunto desta pesquisa, recomenda-se algumas sugestões para o desenvolvimento de pesquisas futuras:

1. Estudar estatisticamente a repetibilidade do ensaio para a determinação do valor do CBR.
2. Estudar o efeito da cura prévia no valor do CBR com um número de solos que permita uma avaliação estatística.
3. Avaliar o valor de CBR dos solos lateríticos estudados para 1, 2 e 3 dias de imersão, utilizando-se amostras não trabalhadas.
4. Avaliar o valor de CBR dos solos lateríticos estudados para 0, 1, 2, 3 e 4 dias de imersão, utilizando-se amostras trabalhadas.

Finalmente, considerando que esta pesquisa avaliou o método recomendado pelo DNER e, tendo-se em vista a modificação introduzida no que se refere a preparação das amostras para a determinação do valor de CBR, sugere-se que se faça a avaliação do valor do CBR adotando-se o método do DNER para a determinação do valor do CBR utilizando-se as recomendações no que tange a preparação das amostras.

## BIBLIOGRAFIA

- Bhatia, H.S. and Hammond, A.A., Durability and Strength Properties of Laterite Aggregates of Ghana, Project Rept. 9, Building and Road Research Institute, Kumasi, Ghana, 1970, 15 p.
- Birrell, K.S., Some Physical Properties of New Zealand Volcanic Ash Soils, Proc. 15th Aust. N.Z. Conf. S.M.F.E., Melbourne, 1952, pp. 30-34.
- Borba, G.R., Propriedades de Resistência de um Solo Vermelho do Estado da Paraíba, Tese M.Sc., UFPb, 1976, 97p.
- Brand, E.W. and Hongsnoi, M., Effects of Method of Preparation on Compaction and Strength Characteristics of Lateritic Soils, Proc. of Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, México, Vol. 1, 1969, pp. 107-116.
- Caputo, H.P., Mecânica dos Solos e Suas Aplicações, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, Brasil, Vol. 1, 1975, 242 p.
- Carvalho Borba, S.M., Estudo das Propriedades Químicas e Mineralógicas de Solos Vermelhos Tropicais do Norte e Nordeste do Brasil, Tese MSC, UFPb, 1981, 149 p.



Carvalho, J.C., Influência das Energias Térmicas e Mecânicas em Propriedades de Engenharia Seleccionadas de Alguns Solos Lateríticos do Norte e Nordeste do Brasil, Tese M.Sc., UFPb, 1981, 184 p.

Croney, D., The Movement and Distribution of Water in Soils Geotechnique, Vol. 3, pp. 1-16, 1952.

De Graft-Johnson, J.N.S., Bhatia, H.S., and Gidigas, D.M., The Engineering Characteristics of a Lateritic Residual Clays of Ghana for Earth Dam Construction Symposium on Earth and Rockfill Dams, Nat. Soc. SMFE, India, 1968.

De Graft-Johnson, J.W.S. and Bhatia, H.S., Engineering Characteristics, Proc. of Specialty Session on Eng. Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil, Mechanics and Foundation Engineering México, Vol. 2, 1969, pp. 13-43.

DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagens), Materiais para Obras Rodoviárias, Métodos e Instruções de Ensaio, Brasil, 1977.

Departamento Nacional da Produção Mineral, Levantamento de Recursos Naturais, Projeto RADAM, Brasil, 1974.

Evans, E.A., A Laboratory Investigation of Six Lateritic Gravels from Uganda, Research Note RN/3241/EAE. Road Research Lab. London, 1958.

Falcão, J.M. e Castro, G.T.; Tentativa de Correlação de Pa  
râmetros de Compactação em Solos Lateríticos. P.T.  
CPM-30/74, I.M.E., Rio de Janeiro, Brasil, 1974.

Falcão, J.M. e Castro, G.T., Estudo de Estabilização Granu  
lométrica em Solo Laterítico, P.T. CPM 31/75, IME, Rio  
de Janeiro, Brasil.

Ferreira, A.M., Influência do Tempo de Percolação e da Aci  
dez da Água nas Características de Resistência ao Cisa  
lhamento e Permeabilidade de um Solo Vermelho do Esta  
do da Paraíba, Tese M.Sc., UFPb, 1976, 83p.

Frost, R.J., Importance of Correct Pretest Preparation of  
Some Tropical Soils, Proc. First Southeast Asian  
Regional Conference on Soil Engineering, Bangkok, 1967,  
pp. 43-53.

Fruhauf, B., A Study of Lateritic Soils, HRB Proc. Vol.  
26, 1946, pp. 579-593.

Gidigas, M.D. and Yeboa, S.L., Significance of Pretesting  
Preparations in Evaluating Index Properties of Laterite  
Materials, Highway Res. Rec., nº 405, 1972, pp. 105-116

Gidigas, M.D., Identification of Problem Laterite Soils in  
Highway Engineering: A Review, Trans. Res. Record, nº  
497, 1974.

Hammond, A.A., A Study of the Engineering Properties of Some Lateritic Gravels from Kuwasi District, Project Rept. SM5, Building and Road Research Institute, Kumasi, Ghana, 1970, 17p.

Hirashima, K.B., Highway Experience with Thixotropic Volcanic Clay, HRB Proc., Vol. 28, 1948, pp. 481-494.

Lima, R.C., Estudo da Repetibilidade do Ensaio de Granulometria: Análise e Relação Existente entre Energia Térmica e Mecânica e Composição Química, Tese M.Sc., UFPb, 1983.

Little, A.L., The Engineering Classification of Residual Tropical Soil, Proc. of Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, México, Vol. 1, 1969, pp. 1-10.

Lyon Associates Inc. and Brazilian National Highway Dept. by W.J. Morin and Peter C. Todor, Laterite and Lateritic Soils and Other Problem Soils of the Tropics, Vol. 1, 1975, 369 p.

L.N.E.C. (lisboa), L.E.A. (Luanda) e L.E.M.M.S. (Lourenço Marques), As Lateritas do Ultramar Português, Memória nº 141, 1959, 157 p.

L.N.E.C. (Lisboa), L.E.A. (Luanda) L.E.M.M.S. (Lourenço Marques) e J.A.E.A. (Luanda), Portuguese Studies on Engineering Properties of Lateritic Soils, Proc. of Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, México, Vol. 1, 1969, pp. 85-96.

Lucena, F.B., A Natureza e Propriedade de Solos Vermelhos do Estado da Paraíba, Tese M.Sc., UFRj, 1976, 194 p.

Mahmood, A., Moh, Za-Chieh, Triaxial and Stabilometer Properties of a Lateritic Soil, Proc. of Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering México City, México, August, 1969.

Máxima Consultoria S.A., Dimensionamento de Pavimentos. Verificação do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Adotado pelo DNER, Relatório IPR, Contrato PG 300/75, Rio de Janeiro, 1977.

Meireles, J.M.F., Mechanical Effect on Geotechnical Properties of Lateritic Soils, Fifth Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Luanda, Angola, 1971, 3p.

Ministério da Agricultura e SUDENE, Levantamento Exploratório Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba, Boletim

tim Técnico nº 15, Série edafologia nº 8, Rio de Janeiro, Brasil, 1972.

Moh, Za-Chieh and Mozhar, M.F., Effects of Method of Preparation on Index Properties of Lateritic Soils, Proc. of Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, México, Vol. 1, 1969, pp. 23-35.

Newill, D., A Laboratory Investigation of Two Red Clays From Kenya, Geotechnique, nº 11:4, 1961, pp. 302-218.

Newill, D. and Dowling, J.W.F., Laterites in Western Malaysia and Northern Nigeria, Proc. of Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, México, Vol. 2, 1969, pp. 133-150.

Nixon, I.K. and Sripp, B.O., Airfield Construction on Overseas Soils, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 8, Section III, 1957.

Nogueira, F.L.R., Estudo das Propriedades de Engenharia e Condições de Umidade nos Subleitos de Rodovias Pavimentadas no Estado da Paraíba, Tese M.Sc., UFPb, 1979, 133 pp.

Novais-Ferreira, H. and Meireles, J.M.F., The Influence of Temperature of Humidification on the Geotechnical Properties of Lateritic Soils, Proc. of Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, México, Vol. 1, 1969, pp. 65-74.

Queiroz de Carvalho, J.B., Soil Properties Affecting the Lime Stabilization of Red Tropical Soils from North East Brazil, Ph.D. Thesis, Depart. Civil Eng. University Leeds, England, March 1979, 344 p.

Queiroz de Carvalho, J.B., Amorphous Materials and Lime Stabilized Soils, X International Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Seção 12, Estocolmo, Suécia, 1981.

Queiroz de Carvalho, J.B., Study of the Microstructure of Lateritic Concretionary Soils Using Scanning Electron Microscope, Anais II International Seminar on Lateritisation Processes, São Paulo, Brasil, 1982.

Sherwood, P.T., Classification Tests on African Red Clays, and Keuper Marl, Quarterly Journal of Engineering Geology, Geological Society, London, Vol. 1, 1967, p.47

Shuster, J.A., Mechanical Durability of Lateritic Gravels From South east Asia: Suggested Tests and Test Standards for Highway Uses. Jour. Australian Road Research Board,

Melbourne, Vol. 4, nº 405, 1970, pp. 32-44.

SUDENE, Dep. de Solos, Mapa de Regiões Bioclimáticas e Mapa de Isoietas, Recife, Brasil, 1974.

SUDENE, Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Recife, Brasil, 1977.

Tateishi, H., Basic Engineering Characteristics of High Moisture Tropical Soils, Proc. WASHO Conf., Honolulu, 1967, 19 p.

Terzaghi, K., Design and Performance of the Sasumua Dam, Proc. of the Institution of Civil Engineers, London, Vol. 9, 1958, pp. 369-395.

Townsend, F.C., Manke, G.P. and Parcher, J.V., Effects of Remolding on the Properties of a Lateritic Soils, Highway Research Record, nº 284, 1969, pp. 76-84.

Townsend, F.C., Manke, P.G. and Parcher, J.V., The Influence of Sesquioxides on Lateritic Soil Properties, Highway Research Record nº 373, 1971, pp. 80-92.

Wallace, K.B., Geotechnique 23, nº 2, 203-218, Structural Behaviour of Residual Soils of the Continually Wet Highlands of Papua New Guinea, 1973.

Wesley, L.D., Some Basic Engineering Properties of  
Halloysite Allophane Clays in Java-Indonesia, Geotechnique,  
Vol. 23, n<sup>o</sup> 4, 1973, pp. 471-494.

Winterkorn, H.F. and Chandrasekharan, E.C., Laterite Soils  
and Their Stabilization, HRB Bull 44, 1951, pp. 10-29.

Youssef, M.S., Sabry, A. and El Ramil, A.H., Temperature  
Changes and Their Effects on Some Physical Properties  
of Soils, Proc. 5th Int. Conf. on S.M.F.E., Vol. 1,  
1961, pp. 419-421.



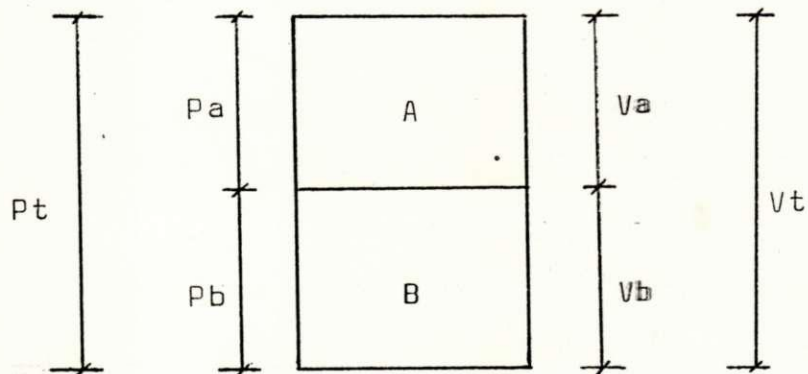
A P Ê N D I C E I

DEMONSTRAÇÃO DA EQUAÇÃO 1 UTILIZADA NO TRAÇÁ  
DO DA CURVA DE SATURAÇÃO

## APÊNDICE I

## DEMONSTRAÇÃO DA EQUAÇÃO 1 UTILIZADA NO TRAÇADO DA CURVA DE SATURAÇÃO

Seja um determinado volume,  $V_t$ , de uma massa de solo de peso,  $P_t$ , constituído de dois materiais e/ou de duas frações de um mesmo solo (A e B), representada esquematicamente na Figura abaixo.



Tendo-se em vista as anotações nela indicadas, pode-se escrever:

$$V_a = \frac{P_a}{D_{Ra} \cdot \gamma_a} \quad \text{e} \quad V_b = \frac{P_b}{D_{Rb} \cdot \gamma_a}$$

onde,

$V_a, V_b$  = Volume da parte sólida dos materiais A e B e/ou das frações A e B, em  $\text{cm}^3$

$P_a, P_b$  = Peso da parte sólida dos materiais A e B e/ou das frações A e B, em g

$D_{Ra}, D_{Rb}$  = Densidade relativa dos materiais A e B

e/ou das frações A e B

$\gamma_a$  = Massa específica da água, em  $\text{g/cm}^3$ .

A densidade relativa média ( $DR_m$ ) dos materiais A e B e/ou das frações A e B, será dada por:

$$DR_m = \frac{P_t}{V_t \cdot \gamma_a}$$

onde,

$$P_t = P_a + P_b$$

$$V_t = V_a + V_b$$

então,

$$DR_m = \frac{P_a + P_b}{\left(\frac{P_a}{DR_a \cdot \gamma_a} + \frac{P_b}{DR_b \cdot \gamma_a}\right) \gamma_a}$$

dividindo-se por  $P_t$  e multiplicando-se por 100, temos:

$$DR_m = \frac{\frac{P_a}{P_t} 100 + \frac{P_b}{P_t} 100}{\left(\frac{P_a}{P_t} 100 \frac{1}{DR_a}\right) + \left(\frac{P_b}{P_t} 100 \frac{1}{DR_b}\right)}$$

$$\therefore DR_m = \frac{\%A + \%B}{\frac{\%A}{DR_a} + \frac{\%B}{DR_b}} \quad \therefore DR_m = \frac{100}{\frac{\%A}{DR_a} + \frac{\%B}{DR_b}}$$

onde,

$\%A$ ,  $\%B$  = percentagens dos materiais A e B e/ou das frações A e B

Generalizando para n materiais, teremos:

$$DR_m = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\%X_i}{DR_i}} \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

$\%X_i$  = percentagem dos diversos materiais ou frações que compõe a mistura

$DR_i$  = densidade relativa dos diversos materiais ou frações que compõe a mistura.

## A P Ê N D I C E I I

VALORES DAS UMIDADES DE MOLDAGEM, MASSAS ESPECÍFICAS APARENTE SECA E ÍNDICES DE SUPORTE CALIFÓRNIA PARA OS ENSAIOS SEM IMERSÃO A TEMPERATURA AMBIENTE, 60°C E 110°C E PARA OS ENSAIOS COM IMERSÃO A TEMPERATURA AMBIENTE PARA AS ENERGIAS CORRESPONDENTES AOS DO PROCTOR NORMAL, INTERMEDIÁRIO E MODIFICADO.

LEGENDA APLICADA NAS TABELAS DESTE APÊNDICE:

- U - UMIDADES DE MOLDAGEM
- $\gamma_s$  - MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA
- CBR - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

## LEGENDA

TEMPERATURA			
PARÂMETRO			
PROCTOR	1º	2º	Média 3º
	"	"	"
	"	"	"
	"	"	"
	"	"	"

OBSERVAÇÃO: Os gráficos foram feitos com as médias (do 1º, 2º e 3º valor) sendo cada mé dia um ponto do gráfico.

		AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)									
TEMP. PARAF.		AMBIENTE (SEM IMERSÃO)					60°C (SEM IMERSÃO)					AMBIENTE (SEM IMERSÃO)					60°C (SEM IMERSÃO)				
		U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)					
NORMAL	10,8	11,0	1560	14,1	13,8	1564	13,8	8,4	8,5	1500	1505	3,8	2,0	4,1	1510	4,1					
	14,3	14,0	1575	44,0	45,0	1580	45,0	14,5	14,0	1612	1650	51,0	44,8	44,7	1632	44,7					
	15,1	15,1	1700	47,3	48,3	1792	48,3	17,5	17,6	1855	1823	7,9	7,2	7,5	1848	7,5					
	19,3	19,6	1730	10,8	10,2	1728	10,2	18,7	18,9	1790	1734	3,2	3,3	3,2	1770	3,2					
	21,5	22,0	1580	3,0	2,7	1677	2,7	20,2	20,1	1675	1705	2,0	1,7	1,8	1692	1,8					
	12,3	12,7	1590	51,0	49,9	1600	49,9	10,8	10,9	1547	1515	30,5	31,5	30,8	1530	30,8					
	14,5	14,6	1730	97,4	96,8	1710	96,8	13,2	13,0	1785	1498	67,1	58,4	60,0	1772	60,0					
	15,7	15,3	1820	98,4	96,6	1812	96,6	16,4	16,5	1892	1805	37,5	49,9	34,5	1850	34,5					
	17,0	17,0	1900	17,3	39,0	1910	39,0	17,5	17,9	1837	1855	16,4	17,0	17,7	1830	17,7					
	19,2	19,1	1795	3,1	2,4	1797	2,4	19,0	16,8	1692	1480	3,0	3,5	3,3	1683	3,3					
INTERMEDIÁRIO	12,5	12,8	1780	106,0	105,0	1750	105,0	6,7	6,8	1655	1477	55,8	49,0	54,2	1645	54,2					
	14,1	14,7	1908	181,8	177,8	1888	177,8	18,8	18,9	1808	1838	170,4	170,4	141,8	1838	141,8					
	17,5	17,6	1867	20,0	19,2	1845	19,2	17,0	17,1	1853	1612	22,1	21,0	21,3	1842	21,3					
	20,4	20,5	1900	4,6	4,9	1870	4,9	19,0	19,5	1777	1704	4,0	2,0	3,6	1861	3,6					
	21,8	22,0	1700	2,5	2,4	1685	2,4	22,0	21,0	1717	1710	1,5	2,9	3,0	1721	3,0					
	MODIFICADO	17,5	17,6	1867	20,0	19,2	1845	19,2	17,0	17,1	1853	1612	22,1	21,0	21,3	1842	21,3				
		20,4	20,5	1900	4,6	4,9	1870	4,9	19,0	19,5	1777	1704	4,0	2,0	3,6	1861	3,6				
		21,8	22,0	1700	2,5	2,4	1685	2,4	22,0	21,0	1717	1710	1,5	2,9	3,0	1721	3,0				

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)										AMBIENTE (COM IMERSÃO)											
	FARRA		U (%)		γs (kg/ m³)		CGR (%)		U (%)		γs (kg/ m³)		CGR (%)		U (%)		γs (kg/ m³)		CGR (%)			
110°C	PROCTOR NORMAL		12,3	10,7	11,9	1479	1375	1450	1423	20,5	17,5	19,0	14,1	14,5	14,2	1635	1600	1612	1602	0,6	1,5	1,6
	PROCTOR INTERMEDIÁRIO		12,9	13,6	13,7	1566	1502	1548	1575	59,1	33,8	55,0	16,0	16,2	16,0	1671	1504	1603	1695	2,8	2,0	2,9
	PROCTOR MODIFICADO		15,9	15,5	15,6	1810	1795	1792	1780	28,4	32,8	31,0	17,4	17,0	17,2	1760	1743	1758	1772	8,5	4,3	4,4
	PROCTOR NORMAL		17,5	17,0	17,3	1758	1722	1748	1765	7,4	3,8	7,0	16,2	16,2	18,2	1792	1803	1804	1805	3,5	6,1	3,4
	PROCTOR INTERMEDIÁRIO		15,6	19,3	19,4	1605	1715	1625	1645	5,2	4,5	5,0	19,4	20,5	20,8	1740	1725	1732	1701	1,9	1,5	1,7
	PROCTOR MODIFICADO		11,2	11,0	11,1	1658	1415	1582	1505	62,2	95,0	64,0	13,0	13,0	13,0	1658	1511	1677	1677	7,5	7,3	9,4
	PROCTOR NORMAL		13,3	12,9	13,2	1830	1715	1772	1645	141,7	101,6	115,0	14,4	15,4	14,6	1745	1730	1737	1801	14,8	14,6	14,8
	PROCTOR INTERMEDIÁRIO		15,6	15,3	15,4	1838	1795	1817	1697	53,8	47,4	49,0	16,6	16,4	16,5	1704	1855	1858	1861	9,2	8,0	9,1
	PROCTOR MODIFICADO		17,6	17,1	17,4	1805	1840	1822	1712	6,6	7,5	7,0	18,0	17,0	17,9	1771	1782	1778	1782	3,2	6,1	5,7
	PROCTOR NORMAL		19,1	18,0	19,0	1754	1612	1736	1722	3,1	3,0	3,0	20,4	20,4	20,4	1657	1582	1673	1405	3,0	3,1	3,1
	PROCTOR INTERMEDIÁRIO		11,4	10,1	11,2	1658	1656	1657	1657	60,7	74,2	59,0	13,7	12,8	13,5	1710	1685	1696	1555	13,5	13,6	13,5
	PROCTOR MODIFICADO		13,2	13,9	13,0	1798	1865	1868	1910	131,8	215,0	150,0	15,6	14,6	14,8	1835	2035	1838	1841	22,3	22,5	22,4
PROCTOR NORMAL		15,4	15,5	15,4	1852	1925	1872	1846	45,4	39,5	46,1	16,0	16,1	16,0	1939	1804	1848	1957	16,7	17,5	16,1	
PROCTOR INTERMEDIÁRIO		16,7	18,4	16,8	1845	1712	1800	1755	16,3	22,5	14,2	17,6	17,2	17,5	1912	1803	1902	1892	9,0	9,0	9,0	
PROCTOR MODIFICADO		19,0	19,7	18,8	1755	1615	1716	1676	3,8	4,0	4,0	18,4	19,2	19,3	1601	1755	1757	1737	3,0	3,1	3,1	



SOLO SPPB

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)									60°C (SEM IMERSÃO)								
PARAM.	U (%)			γs (kg/ m <sup>3</sup> )			CBR (%)			U (%)			γs (kg/ m <sup>3</sup> )			CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	14,1	14,9	14,5 14,8	1604	1536	1570 1694	85,0	120,4	84,0 83,1	14,0	14,1	14,1 14,1	1615	1577	1596 1501	55,0	49,5	52,3 33,4
	16,9	17,4	17,2 17,3	1695	1693	1705 1727	48,0	39,0	40,1 41,0	17,0	16,2	16,6 15,1	1680	1710	1695 1682	35,7	30,6	34,8 34,0
	20,1	20,7	20,4 20,2	1798	1812	1805 1890	15,8	16,7	16,2 16,1	19,0	17,9	18,7 18,4	1727	1703	1715 1692	31,7	21,0	30,2 28,7
	22,0	22,3	22,4 22,9	1740	1768	1750 1742	4,0	4,8	4,4 4,4	19,7	20,3	19,9 19,7	1763	1781	1765 1751	15,0	10,3	14,6 14,3
	24,0	23,8	24,0 24,2	1705	1710	1715 1730	2,0	2,0	2,0 1,9	21,6	21,0	21,4 21,2	1746	1843	1735 1724	2,3	2,2	2,2 2,2
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	14,2	14,3	14,3 15,1	1795	1644	1675 1705	96,5	105,0	98,5 134,7	14,1	14,2	14,2 14,6	1704	1631	1696 1687	100,4	95,7	98,0 77,4
	15,9	16,0	16,0 16,9	1789	1791	1775 1744	77,5	60,4	69,0 85,6	16,0	17,1	15,8 15,7	1790	1730	1765 1740	75,8	68,9	72,2 71,9
	18,9	19,5	19,2 19,0	1837	1843	1840 1844	34,0	26,4	30,2 7,8	18,4	18,0	18,4 18,8	1830	1824	1830 1836	25,0	22,4	24,3 25,5
	21,9	21,6	21,8 20,9	1765	1708	1737 1845	6,8	7,1	7,0 4,9	20,7	21,0	21,0 21,3	1735	1740	1740 1745	4,0	5,0	4,3 4,5
	22,1	23,9	24,1 24,3	1617	1533	1652 1687	4,6	3,9	4,2 1,5	22,6	23,7	22,8 23,0	1693	1708	1710 1727	2,2	2,3	2,2 2,2
PROCTOR MODIFICADO	13,4	14,3	13,6 13,1	1705	1714	1710 1711	195,0	98,7	100,0 101,4	14,2	15,0	14,5 13,9	1790	1890	1840 1635	160,8	195,8	151,8 142,8
	14,0	15,5	15,2 14,9	1887	1760	1755 1750	131,4	140,0	128,2 125,0	16,8	16,2	16,8 17,4	1850	1865	1860 1865	89,0	63,2	88,1 87,1
	16,6	17,0	16,6 16,2	1875	1863	1860 1842	78,0	55,0	72,0 66,0	18,0	17,9	18,2 17,4	1895	1735	1875 1590	58,2	65,0	60,0 56,8
	17,4	17,5	17,4 16,8	1821	1887	1913 1839	58,0	48,0	53,0 25,4	21,6	21,5	21,6 20,6	1804	1786	1795 1650	9,9	10,0	10,0 10,0
	15,5	18,7	19,2 19,4	1790	1793	1775 1743	4,0	5,0	4,4 4,5	23,0	21,8	22,6 22,2	1722	1635	1740 1758	4,7	5,0	5,0 5,2



SOLO ARPB

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)									
	PARAM.		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)							
PROCTOR NORMAL	14,0	14,2	14,1	1500	1513	140,0	121,4	112,0	12,0	11,7	11,8	1380	1528	1509	40,5	73,0	38,0			
	15,2	15,9	15,3	1630	1805	72,7	95,3	70,3	13,9	13,8	13,9	1630	1590	1603	71,2	63,4	67,3			
	16,0	16,3	16,2	1698	1770	24,0	57,8	60,5	16,0	15,1	15,8	1698	1740	1717	41,5	63,0	44,4			
	18,1	18,0	18,0	1680	1691	5,1	2,7	4,8	18,1	18,2	18,1	1680	1530	1688	5,7	12,8	11,2			
	19,2	19,3	19,3	1620	1629	2,9	3,1	2,8	20,3	20,9	20,2	1610	1605	1608	1,8	2,1	1,9			
	14,1	14,2	14,1	1704	1683	93,8	121,4	88,7	10,4	11,5	11,6	1604	1581	1593	78,1	48,7	52,0			
	14,8	15,2	15,0	1744	1633	62,0	64,1	63,0	12,4	12,7	12,6	1695	1684	1686	93,0	100,0	96,5			
	16,0	16,2	16,1	1815	1747	22,5	47,4	50,3	15,1	15,1	15,1	1812	1773	1792	72,4	94,2	75,3			
	17,2	17,3	17,2	1690	1698	11,4	10,7	10,7	19,8	19,6	19,7	1683	1704	1673	12,4	13,3	13,2			
	18,8	19,0	18,9	1630	1580	4,9	3,3	3,5	22,0	22,0	22,1	1585	1600	1597	6,5	7,4	7,0			
	PROCTOR INTERMEDIÁRIO	13,1	13,2	13,1	1565	1581	141,4	187,5	138,8	10,5	10,9	10,7	1704	1683	1694	106,0	138,0	122,0		
		14,4	14,1	14,2	1689	1733	91,0	110,0	100,5	12,1	12,1	12,1	1819	1742	1773	93,7	115,3	104,5		
15,4		15,3	15,3	1850	1842	89,3	64,0	82,4	14,2	14,4	14,2	1704	1831	1848	81,2	88,0	84,6			
16,0		15,9	16,0	1785	1775	36,5	40,4	38,4	17,3	18,4	18,3	1733	1785	1741	20,2	21,5	20,3			
17,4		17,1	17,2	1750	1830	6,2	6,9	6,6	20,6	20,3	20,4	1685	1704	1664	3,8	4,3	4,1			
17,9		17,9	17,9	1735	1742	4,4	4,4	4,4	20,6	20,3	19,2	1685	1704	1604	3,8	4,3	4,3			
PROCTOR MODIFICADO	14,0	14,2	14,1	1500	1513	140,0	121,4	112,0	12,0	11,7	11,8	1380	1528	1509	40,5	73,0	38,0			
	15,2	15,9	15,3	1630	1805	72,7	95,3	70,3	13,9	13,8	13,9	1630	1590	1603	71,2	63,4	67,3			
	16,0	16,3	16,2	1698	1770	24,0	57,8	60,5	16,0	15,1	15,8	1698	1740	1717	41,5	63,0	44,4			
	18,1	18,0	18,0	1680	1691	5,1	2,7	4,8	18,1	18,2	18,1	1680	1530	1688	5,7	12,8	11,2			
	19,2	19,3	19,3	1620	1629	2,9	3,1	2,8	20,3	20,9	20,2	1610	1605	1608	1,8	2,1	1,9			
	14,1	14,2	14,1	1704	1683	93,8	121,4	88,7	10,4	11,5	11,6	1604	1581	1593	78,1	48,7	52,0			

SOLO APPS

TEMP. FAVOR.	110°C (SEM IMERSÃO)										AMBIENTE (COM IMERSÃO)									
	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	12,7	13,3	12,5	1433	1605	1574	41,0	72,3	48,2	12,4	12,0	12,1	1395	1459	1506	5,8	6,1	6,1		
	13,3	13,0	12,4	1710	1805	1514	56,2	53,8	55,3	13,6	13,3	12,0	1644	1544	1554	9,2	6,1	6,3		
	15,6	15,5	13,2	1745	1810	1703	28,0	15,3	32,1	14,7	15,4	13,5	1644	1544	1648	9,2	9,2	9,2		
	16,5	16,0	13,9	1814	1793	1694	18,2	15,4	26,3	16,3	16,6	15,0	1790	1604	1782	14,6	14,5	14,7		
	17,9	17,0	15,5	1735	1735	1638	16,3	15,4	24,3	15,3	15,4	15,2	1800	1577	1775	5,0	5,1	5,0		
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	11,1	10,2	16,1	1588	1675	1639	8,7	9,8	9,5	17,5	17,1	17,8	1697	1685	1715	1,5	2,0	1,8		
	12,7	12,2	11,3	1675	1675	1504	124,0	124,0	10,1	12,2	12,1	12,2	1680	1695	1682	15,3	15,3	15,2		
	14,7	15,0	11,4	1833	1810	1626	127,4	110,4	140,8	14,2	13,7	12,4	1793	1812	1674	26,2	29,4	29,8		
	16,1	16,1	12,8	1873	1714	1827	63,1	51,0	105,8	14,6	15,0	13,9	1714	1844	1800	22,8	35,4	33,5		
	17,1	17,3	14,9	1852	1830	1838	31,9	29,7	57,0	14,7	14,5	14,7	1714	1844	1822	22,8	35,4	34,7		
PROCTOR MODIFICADO	11,4	10,9	16,1	1750	1764	1650	18,7	18,9	20,0	16,0	16,8	16,1	1681	1786	1780	10,4	9,4	10,2		
	12,9	13,3	16,9	1755	1663	1674	18,7	18,9	10,4	16,0	15,5	17,4	1755	1682	1758	5,1	5,1	5,1		
	14,4	14,1	16,5	1755	1685	1685	186,0	215,7	22,4	17,2	16,7	17,5	1755	1682	1761	5,1	5,1	5,0		
	16,0	16,1	11,2	1582	1720	1650	105,6	116,5	178,4	12,0	12,8	13,0	1795	1821	1808	26,9	27,0	24,0		
	18,9	17,3	11,1	1648	1648	1648	75,4	67,0	170,7	14,0	14,1	14,2	1795	1821	1704	26,9	27,0	20,4		



SOLC CTPB

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)						AMBIENTE (COM IMERSÃO)											
	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)						
PARAM.	9,2	9,5	9,4	1702	1814	1722	61,0	97,0	59,8	11,6	10,3	10,4	1655	1508	1672	3,7	4,4	4,0
			10,1			1650			58,6			10,5			1699			2,7
	11,4	10,2	10,8	1798	1904	1867	45,2	39,7	43,0	12,0	13,4	12,2	1695	1687	1691	5,9	6,6	6,2
			12,3			1900			44,2			12,4			1704			6,0
	12,3	12,7	12,2	1887	1975	1923	22,4	29,4	21,8	11,0	14,7	13,9	1867	1817	1835	16,3	15,3	15,7
			12,2			1907			21,2			15,3			1821			20,1
	13,1	12,8	13,1	1943	1865	1893	15,2	9,8	15,0	15,6	15,4	15,5	1841	1768	1833	15,4	14,8	15,2
			13,5			1871			14,9			15,5			1825			15,5
	15,3	16,1	14,9	1941	1764	1859	5,1	2,7	4,8	17,0	16,7	16,9	1757	1642	1768	3,1	1,2	2,5
			14,6			1517			4,6			17,0			1780			2,2
	10,1	9,1	9,2	1912	1615	1860	90,5	83,0	87,0	10,2	10,4	10,3	1641	1657	1649	9,7	15,4	10,9
			9,2			1807			117,4			10,4			1548			10,9
10,9	11,5	11,2	2080	1927	2018	81,5	63,2	80,2	12,2	12,2	12,2	1688	1781	1703	13,8	14,9	14,0	
		11,3			2047			78,9			12,3			1719			14,2	
12,7	12,1	12,4	1718	1914	2000	44,5	51,4	48,0	13,4	13,4	13,5	1849	1744	1855	23,5	18,7	22,8	
		12,5			2080			49,0			13,6			1866			22,8	
13,2	13,4	13,1	2002	1895	-819	20,2	18,5	19,0	14,9	15,1	15,0	1871	1857	1869	15,1	16,4	15,2	
		12,8			1057			18,4			15,0			1879			16,4	
15,1	14,8	15,1	1905	1785	1935	4,8	5,5	5,2	16,0	16,2	16,1	1859	1603	1843	4,7	5,9	5,3	
		15,3			1785			5,4			16,1			1827			1,2	
PROCTOR NORMAL	9,3	10,1	9,4	1812	1758	1785	131,3	85,4	119,0	10,4	10,2	10,3	1853	1980	1956	16,4	15,3	15,8
			9,4			1444			106,7			9,5			1850			9,5
	10,3	10,7	10,4	1910	2017	1934	108,3	94,5	103,8	12,2	12,3	12,2	1931	1905	1917	18,9	21,3	21,1
			10,1			1875			98,8			12,2			1903			14,5
	12,3	11,8	12,1	1987	2105	2030	49,2	31,8	52,0	13,6	13,5	13,5	1903	1917	1918	28,9	32,4	31,5
			10,9			1998			54,9			13,5			1910			32,4
	14,7	13,9	13,6	1895	1966	1958	13,2	14,1	13,5	15,1	14,8	15,0	1844	1714	1859	16,8	18,1	17,4
			13,4			2012			13,2			15,1			1861			12,4
	14,3	15,1	14,6	1895	1908	1917	4,0	3,7	3,8	15,8	16,3	16,1	1801	1833	1817	5,1	10,2	4,9
			14,5			1895			3,7			16,3			1751			4,7

SOLO TEPB

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO):										60°C (SEM IMERSÃO):									
	U (%)		γs (kg/m <sup>3</sup> )		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m <sup>3</sup> )		CBR (%)									
NORMAL	13,3	14,0	13,8	1345	1372	1355	14,0	17,0	16,5	16,1	12,9	12,8	13,0	1322	1348	1340	19,2	20,7	20,0	7,5
	16,5	16,2	16,4	1447	1453	1460	26,5	27,2	27,0	27,4	14,5	15,1	14,8	1344	1365	1355	23,8	25,0	24,0	24,0
	20,3	21,0	20,6	1612	1585	1600	21,8	23,0	22,5	22,7	17,5	17,3	17,2	1500	1492	1496	23,8	23,0	23,0	23,2
	23,3	23,2	23,4	1582	1591	1580	6,1	5,8	6,0	6,1	20,3	20,2	20,0	1624	1587	1605	17,1	14,9	15,0	15,0
	25,4	25,0	25,4	1542	1535	1540	2,4	2,0	2,0	1,7	21,3	21,0	21,2	1424	1575	1500	11,2	10,2	10,0	9,9
	13,5	14,1	13,6	1448	1456	1450	2,5	20,6	21,0	27,0	13,5	13,4	13,5	1440	1456	1470	33,0	38,0	35,0	14,2
	16,4	16,1	16,2	1580	1572	1575	37,0	34,8	36,0	36,3	16,5	15,8	15,6	1475	1510	1580	90,0	71,0	65,0	60,0
	19,9	19,8	20,0	1675	1668	1680	49,2	51,4	51,0	52,5	18,2	16,8	18,1	1620	1720	1670	44,8	50,1	48,0	49,0
	22,9	23,0	22,8	1631	1622	1640	36,4	41,6	39,0	55,3	19,3	18,8	19,0	1648	1653	1650	20,1	18,8	19,0	18,2
	25,0	24,8	25,0	1560	1571	1570	1,8	2,1	2,0	2,2	18,5	19,8	19,6	1560	1670	1620	6,9	7,1	7,0	7,1
INTERMEDIÁRIO	13,5	13,1	13,2	1567	1552	1570	105,2	98,7	103,5	47,0	11,3	11,9	11,8	1480	1495	1490	35,2	36,7	36,0	20,2
	15,7	15,0	15,2	1558	1612	1640	114,0	105,0	110,0	111,0	13,7	15,3	15,6	1657	1673	1645	34,0	55,0	50,0	50,8
	17,7	18,5	18,2	1663	1702	1680	86,5	53,2	90,0	93,4	17,7	17,4	17,6	1725	1775	1750	89,0	77,2	83,0	51,8
	18,7	20,1	19,8	1738	1737	1725	36,2	41,8	39,0	45,0	18,3	21,0	19,2	1750	1610	1730	55,0	50,0	54,0	49,1
	20,9	21,2	21,4	1686	1690	1695	20,8	19,7	21,4	23,6	21,8	21,1	22,0	1648	1717	1650	18,0	18,0	19,0	22,4
MODIFICADO	20,9	21,2	21,4	1686	1690	1695	20,8	19,7	21,4	23,6	21,8	21,1	22,0	1648	1717	1650	18,0	18,0	19,0	22,4

SOLO TERÇO

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)									AMBIENTE (COM IMERSÃO)								
	U (%)			$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )			CBR (%)			U (%)			$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )			CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	12,1	12,0	12,2 12,5	1309	1578	1357 1405	7,8	8,4	8,1 12,7	17,0	17,2	17,0 16,7	1477	1361	1498 1520	3,8	4,5	4,2 4,3
	14,4	14,4	14,2 13,9	1389	1340	1377 1401	12,7	23,2	23,2 23,1	19,5	19,1	19,3 19,4	1571	1558	1563 1561	12,3	10,8	11,0 11,3
	16,4	15,1	16,5 16,7	1512	1470	1489 1484	24,0	35,1	26,5 29,1	20,9	20,5	20,7 20,7	1637	1655	1648 1651	9,1	8,6	8,9 9,1
	19,2	17,4	18,8 18,5	1562	1610	1586 1470	17,6	21,5	18,0 18,5	23,0	22,6	22,8 22,7	1585	1623	1607 1613	3,0	2,8	2,9 3,0
	22,1	21,5	21,8 21,1	1522	1488	1505 1375	5,7	10,2	5,2 4,7	23,7	24,2	24,0 24,0	1521	1558	1534 1523	1,5	0,8	1,5 1,4
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	12,1	13,5	12,3 12,4	1477	1505	1430 1384	23,5	30,5	22,8 22,0	17,0	17,1	17,0 17,0	1593	1517	1608 1623	9,1	9,4	9,2 9,1
	13,9	13,6	13,7 14,7	1520	1405	1472 1492	39,2	47,8	35,5 31,8	17,7	17,6	17,6 17,6	1677	1544	1663 1650	12,7	13,5	12,8 12,8
	16,0	15,7	15,8 15,8	1577	1602	1590 1489	40,2	35,8	37,8 37,5	20,1	20,0	20,0 20,0	1715	1778	1703 1691	16,5	17,5	17,2 17,5
	18,6	18,4	18,5 18,4	1668	1691	1679 1415	24,0	14,4	25,7 27,4	21,0	20,7	20,8 21,7	1659	1617	1638 1637	14,4	15,5	15,0 15,0
	20,7	21,6	20,5 20,4	1415	1575	1593 1612	8,5	14,3	14,2 14,0	24,1	23,0	23,0 23,1	1607	1617	1617 1627	4,4	6,5	6,8 7,1
PROCTOR MODIFICADO	12,3	12,0	12,2 11,5	1498	1463	1483 1375	26,6	31,5	29,0 31,5	16,9	16,7	16,7 16,5	1722	1694	1708 1707	11,3	11,7	11,5 11,6
	14,5	14,6	14,4 14,3	1430	1555	1576 1598	42,6	31,0	44,4 46,3	17,6	17,9	18,0 18,2	1764	1784	1775 1777	20,3	21,4	20,8 24,4
	17,7	17,1	17,5 17,6	1700	1605	1721 1743	56,8	57,0	54,7 50,3	20,0	20,0	20,1 20,3	1705	1722	1724 1744	17,0	17,1	17,0 17,0
	19,0	19,3	19,1 18,9	1695	1610	1672 1712	45,0	39,8	40,2 21,5	21,8	22,0	21,9 21,0	1617	1655	1668 1671	11,5	11,5	11,5 11,4
	21,4	20,4	21,5 21,7	1567	1685	1595 1422	15,4	9,5	15,0 14,7	23,1	23,4	23,2 24,1	1600	1589	1594 1517	2,8	2,4	2,3 2,3



SOLO MOPA

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)									60°C (SEM IMERSÃO)								
PARAM.	U (%)			γs (kg/m³)			CBR (%)			U (%)			γs (kg/m³)			CBR (%)		
NORMAL	15,0	15,7	15,6 15,5	1400	1470	1420 1390	44,0	62,0	43,8 43,5	15,8	16,9	16,0 16,3	1504	1510	1492 1462	40,5	40,3	40,3 40,0
	18,2	18,0	18,0 17,8	1600	1520	1500 1480	31,2	35,7	33,8 34,5	18,7	12,0	18,5 18,4	1562	1569	1565 1565	33,0	30,0	31,5 14,2
	21,4	21,0	21,0 20,6	1575	1640	1600 1585	20,4	21,4	20,0 19,7	21,0	21,9	21,4 20,3	1610	1642	1626 1581	11,0	11,8	11,4 19,0
	24,1	24,7	24,2 23,8	1565	1620	1575 1540	7,0	6,5	6,2 5,9	23,4	24,6	24,0 23,5	1591	1515	1553 1655	5,0	4,8	4,9 2,7
	25,6	26,0	25,8 26,0	1475	1500	1488 1320	2,8	4,0	3,8 3,7	25,1	26,1	25,6 27,0	1452	1478	1465 1400	1,8	2,0	2,0 2,0
INTERMEDIÁRIO	15,1	15,7	15,4 14,1	1505	1545	1525 1600	100,4	77,5	96,7 93,1	16,0	15,9	16,0 16,0	1623	1608	1612 1605	95,0	90,2	92,6 84,2
	17,0	17,1	17,1 15,4	1610	1620	1615 1600	121,4	110,0	115,7 115,8	18,0	18,3	18,2 19,6	1642	1660	1651 1590	29,5	27,0	30,0 30,4
	21,0	21,8	21,4 21,4	1700	1682	1691 1691	28,7	31,3	30,0 39,9	20,0	19,7	19,8 20,2	1698	1682	1690 1647	50,9	46,8	46,0 45,2
	23,0	22,2	22,6 25,8	1675	1595	1635 1680	18,1	16,4	17,8 17,5	21,0	21,1	21,0 20,5	1675	1665	1670 1640	7,4	5,5	5,2 5,0
	23,5	24,5	24,0 22,8	1600	1550	1575 1500	5,8	6,0	6,1 6,5	22,4	22,5	22,5 23,4	1630	1650	1640 1643	5,3	2,8	2,9 3,0
MODIFICADO	13,5	15,6	15,0 14,5	1655	1675	1676 1677	158,7	200,1	167,8 177,0	12,9	13,0	12,8 12,5	1680	1705	1687 1676	125,0	138,0	132,7 135,0
	17,8	18,3	18,1 18,4	1850	1703	1625 1800	135,0	100,5	127,0 120,0	15,0	14,6	14,7 14,5	1782	1792	1762 1772	128,0	134,5	130,5 129,2
	20,9	21,0	21,0 21,0	1790	1798	1802 1818	22,1	21,4	22,0 22,5	15,0	17,8	17,1 16,4	1843	1837	1834 1831	120,0	61,4	117,5 115,0
	25,0	24,8	25,0 25,1	1660	1630	1630 1600	8,8	9,5	10,0 10,5	18,9	19,4	19,0 18,6	1746	1690	1750 1754	55,0	74,3	77,6 81,0
	27,1	27,4	27,1 26,7	1570	1605	1581 1568	4,8	3,2	4,0 2,5	19,8	20,7	20,3 20,4	1693	1670	1685 1692	61,6	54,7	56,2 20,0

SOLO MOPA

110°C (SEM IMERSÃO)												AMBIENTE (COM IMERSÃO)											
TEMP.																							
PARAM.	U (%)		$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )		CBR (%)		U (%)		$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )		CBR (%)												
PROCTOR NORMAL	15,7	14,6	14,5	1498	1425	1462	26,3	28,0	27,2	17,4	17,4	17,3	1417	1477	1477	1,7	1,9	1,6	1,9				
	17,3	17,5	17,4	1532	1430	1517	52,7	59,4	54,2	19,0	19,0	19,0	1643	1498	1548	4,3	4,7	4,3	4,3				
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	20,0	19,8	20,0	1712	1590	1598	21,8	19,5	20,3	20,1	19,7	19,9	1683	1577	1630	5,6	5,5	5,5	5,5				
	24,5	19,6	22,1	1505	1568	1537	3,7	4,7	5,1	20,4	21,8	21,0	1695	1617	1660	4,0	3,7	3,9	4,0				
PROCTOR MODIFICADO	24,0	23,1	23,8	1415	1430	1422	0,9	1,2	1,2	22,3	22,0	22,2	1643	1498	1599	1,4	1,7	1,2	1,2				
	14,2	13,7	14,3	1512	1422	1448	78,0	44,5	47,0	17,1	16,8	17,1	1578	1341	1574	2,6	2,6	2,6	2,7				
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	17,8	17,8	17,7	1652	1520	1671	80,2	76,2	75,2	19,2	19,6	19,4	1702	1648	1676	7,3	7,5	7,5	7,8				
	20,3	20,2	20,4	1425	1788	1725	16,0	10,5	16,4	20,5	20,7	20,7	1690	1681	1683	9,1	9,3	9,3	9,5				
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	22,5	22,0	22,2	1658	1680	1648	5,5	8,8	8,3	22,0	22,3	22,2	1661	1658	1660	5,4	5,3	5,4	5,4				
	23,4	24,0	23,9	1633	1517	1617	3,2	2,8	3,1	23,3	23,5	23,4	1604	1627	1617	1,5	1,5	1,6	1,8				
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	15,1	14,6	14,9	1594	1513	1558	179,0	110,8	118,0	16,1	15,8	16,0	1603	1673	1595	11,0	10,9	10,8	10,6				
	17,0	17,3	17,2	1795	1702	1748	100,5	138,4	98,0	16,9	17,8	17,0	1603	1645	1648	13,9	10,7	13,7	13,5				
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	19,3	20,4	20,5	1680	2815	1702	55,5	35,0	34,8	18,8	19,1	18,0	1681	1748	1723	22,1	16,0	15,2	15,2				
	22,5	22,5	22,5	1652	1608	1619	9,8	10,1	9,8	20,4	20,7	20,5	1707	1694	1700	9,4	9,4	9,3	9,8				
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	20,4	24,0	23,8	1538	1512	1512	4,0	4,3	4,1	22,0	21,7	21,9	1613	1665	1668	6,1	6,7	6,2	5,9				
									3,9			22,0			1671								

SOLO MAPA

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)									60°C (SEM IMERSÃO)								
	U (%)			γs (kg/m³)			CBR (%)			U (%)			γs (kg/m³)			CBR (%)		
NORMAL	14,0	13,6	13,8 13,7	1620	1640	1638 1655	35,0	18,4	33,0 31,1	11,5	12,0	11,8 11,3	1544	1603	1620 1637	82,3	78,5	80,4 115,4
	15,3	15,9	15,7 16,0	1719	1680	1710 1730	31,5	21,4	31,9 32,3	13,6	14,0	13,8 13,1	1685	1704	1656 1631	53,2	56,8	55,0 31,0
	17,3	19,4	17,2 17,2	1730	1835	1782 1610	14,0	23,0	24,1 25,2	14,7	15,1	15,3 15,5	1701	1733	1717 1685	42,8	3,8	45,0 47,2
	18,9	19,5	19,2 17,8	1700	1732	1716 1650	1,5	2,9	3,0 3,0	17,7	17,5	17,6 17,0	1891	1751	1778 1805	29,7	2,0	27,5 10,8
	20,5	19,8	20,1 21,7	1660	1652	1642 1610	2,0	2,4	2,1 2,1	19,2	19,0	21,1 22,3	1603	1580	1599 1615	2,3	2,0	2,1 2,0
INTERMEDIÁRIO	12,8	13,3	12,9 12,7	1675	1680	1660 1625	160,1	164,4	172,2 205,7	11,4	11,7	11,4 11,0	1633	1645	1629 1610	180,5	215,4	170,5 160,5
	14,5	15,3	14,8 14,7	1741	1730	1738 1740	90,5	124,8	87,0 83,5	13,8	14,1	14,0 14,0	1712	1705	1706 1700	87,4	91,5	89,4 84,0
	16,4	15,7	16,2 16,5	1807	1820	1804 1785	38,9	41,1	40,0 28,8	15,8	16,2	16,0 15,1	1805	1817	1815 1822	31,0	48,5	50,8 53,1
	17,0	17,8	17,3 17,2	1799	1830	1810 1800	28,1	31,0	29,6 9,3	17,0	17,1	17,0 16,8	1790	1805	1780 1804	9,4	12,4	13,1 13,6
	20,0	20,3	20,2 19,8	1675	1677	1640 1568	3,8	4,0	4,0 4,1	19,4	19,0	19,2 21,0	1612	1630	1614 1600	3,8	3,5	3,6 3,5
MODIFICADO	11,8	11,3	11,5 10,8	1807	1798	1802 1804	101,5	115,8	171,0 160,5	12,3	12,1	12,2 13,7	1727	1805	1806 1817	144,0	160,7	152,3 95,0
	12,8	12,4	12,6 13,1	1873	1828	1858 1970	161,0	190,8	175,8 140,0	14,0	14,3	14,1 14,0	1840	1855	1858 1680	135,7	160,8	170,8 180,0
	15,0	14,1	14,4 14,1	1900	1870	1890 1900	121,0	112,8	120,6 120,2	15,4	16,0	16,7 16,6	1610	1873	1835 1824	98,7	100,2	99,5 99,7
	15,8	16,9	16,8 17,3	1844	1890	1849 1814	14,0	13,1	13,3 13,5	18,1	18,0	18,0 19,5	1790	1805	1803 1814	11,5	12,4	12,0 10,3
	19,7	19,9	19,9 20,0	1771	1790	1775 1765	4,8	3,5	3,5 3,5	20,4	19,5	19,3 19,1	1742	1766	1754 1520	2,8	3,1	2,9 5,0

SOLO MAPA

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)						AMBIENTE (COM IMERSÃO)											
	PARAM.	U (%)	$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )	CBR (%)	$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )	U (%)	$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )	CBR (%)	$\gamma_s$ (kg/ m <sup>3</sup> )	U (%)	CBR (%)							
PROCTOR NORMAL	12,3	12,9	12,0	1555	1403	1574	58,7	74,3	63,5	13,4	12,8	12,9	1625	1585	1643	6,8	12,7	7,8
	13,3	13,4	11,6	1858	1717	1594	50,0	56,4	68,7	14,2	14,0	13,0	1717	1743	1651	13,9	23,8	8,7
	15,1	15,4	13,6	1733	1785	1742	19,8	30,2	53,2	15,0	14,7	14,1	1785	1904	1744	25,3	16,4	13,8
	16,7	16,3	15,2	1730	1719	1748	5,9	6,3	38,0	14,8	16,1	14,8	1775	1702	1803	4,4	2,1	17,7
	18,0	18,3	16,6	1715	1504	1742	1,4	1,3	22,2	18,6	19,5	16,8	1692	1711	1796	2,1	1,7	4,1
	10,8	10,9	18,1	1598	1533	1680	138,5	108,0	1,0	11,7	11,1	18,7	1713	1741	1702	7,4	4,0	1,8
	12,7	12,6	10,7	1810	1738	1587	120,0	158,4	99,8	13,0	12,9	11,6	1713	1741	1724	21,7	16,4	3,5
	13,8	14,0	10,6	1844	1805	1630	84,5	90,4	91,5	14,1	13,8	12,9	1822	1703	1698	31,4	44,2	3,0
	15,3	15,4	14,3	1845	1753	1797	47,7	33,7	112,5	14,1	15,2	14,0	1863	1733	1803	14,8	15,1	28,9
	18,2	18,1	18,0	1648	1715	1823	9,8	11,4	105,0	17,4	16,8	14,1	1795	1863	1870	6,4	5,1	26,3
	10,6	10,4	18,1	1705	1666	1687	184,5	120,3	10,1	11,9	12,0	17,2	1698	1801	1793	35,0	42,5	5,8
	12,0	12,0	10,5	1890	1943	1682	138,7	168,5	137,0	12,7	12,0	12,5	1705	1811	1802	90,2	37,2	38,8
14,3	14,7	12,3	1847	1863	1675	98,3	115,4	141,4	14,0	13,8	12,8	1831	1844	1794	51,3	57,6	18,7	
16,5	16,4	14,2	1783	1690	1868	53,8	45,7	100,0	15,0	15,1	13,7	1898	1931	1948	24,5	27,2	51,4	
18,9	18,4	16,5	1702	1748	1894	21,4	20,5	86,3	16,9	16,8	15,0	1833	1855	1916	11,4	8,7	25,3	
18,3	18,3	18,3	1702	1748	1725	17,5	17,5	49,7	17,5	17,3	17,3	1833	1855	1813	11,4	8,7	19,0	

SOLO BUPI

TEMP. PARAM.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)									
	U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)									
PROCTOR NORMAL	5,6	5,3	5,4	1776	1841	1771	40,8	37,4	47,1	8,2	8,3	8,2	1909	1960	1982	56,3	48,7	52,5		
	8,0	7,7	7,4	1795	1827	1861	30,6	31,6	31,1	9,4	10,3	9,4	2019	1995	2007	14,2	19,7	20,5		
	10,5	9,5	9,2	1880	1920	1940	36,4	38,3	37,4	9,9	10,6	10,4	1997	2024	2032	12,9	15,9	15,4		
	12,0	11,5	11,3	1971	1904	1994	9,5	19,9	18,6	13,3	11,4	11,4	2017	2019	2006	2,7	2,0	2,8		
	14,0	13,4	13,7	1928	1967	1948	8,3	4,1	7,8	11,9	11,6	11,8	1946	1982	1984	7,8	8,1	7,9		
	6,1	6,3	6,2	1852	1809	1845	62,6	62,4	62,5	7,8	8,1	7,9	1967	2003	2020	89,2	115,0	102,1		
	7,4	7,2	7,3	2025	1999	1838	117,6	106,1	55,9	9,3	9,2	8,9	2095	2066	2037	69,0	64,4	62,6		
	9,9	9,6	9,8	2042	1574	1974	94,7	41,7	117,8	10,1	10,0	10,0	2118	2117	2080	20,4	23,1	24,7		
	8,0	12,0	11,8	2032	1941	2074	4,3	4,4	45,0	12,0	12,0	12,0	2038	2028	2118	4,8	3,6	4,2		
	14,2	14,5	14,2	1835	1708	1854	4,6	1,6	4,0	13,4	13,4	13,4	1999	1971	1985	3,0	2,3	2,6		
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	5,9	5,8	5,8	1865	1785	1928	83,6	106,1	112,5	6,8	7,3	7,3	2084	2026	2057	183,7	105,0	174,3		
	7,5	7,4	7,4	2068	1973	2085	160,9	155,0	158,0	8,0	7,7	8,2	2121	2076	2098	120,6	133,7	132,0		
	10,4	10,4	10,4	2010	2045	2066	35,5	29,5	33,5	9,8	9,5	9,5	2210	2177	2135	33,5	53,7	58,2		
	12,0	13,9	12,4	2039	1559	1990	5,6	5,6	5,6	10,5	10,7	10,8	2085	2135	2110	25,0	35,8	37,0		
	13,1	13,2	13,2	1873	1919	1896	1,5	1,8	1,6	11,7	11,5	11,6	2078	2071	2074	7,9	7,0	7,4		
PROCTOR MODIFICADO	13,1	13,2	13,6	1873	1919	1896	1,5	1,8	1,6	11,7	11,5	11,6	2078	2071	2074	7,9	7,0	7,4		
	13,1	13,2	13,6	1873	1919	1896	1,5	1,8	1,6	11,7	11,5	11,6	2078	2071	2074	7,9	7,0	7,4		
	13,1	13,2	13,6	1873	1919	1896	1,5	1,8	1,6	11,7	11,5	11,6	2078	2071	2074	7,9	7,0	7,4		
	13,1	13,2	13,6	1873	1919	1896	1,5	1,8	1,6	11,7	11,5	11,6	2078	2071	2074	7,9	7,0	7,4		

## SOLO BUPI

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)									AMBIENTE (COM IMERSÃO)								
	U (%)			γ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> )			CBR (%)			U (%)			γ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> )			CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	6,4	6,0	6,4 6,3	1853	1901	1837 1901	7,7	6,0	6,8 5,4	7,5	8,4	7,5 7,5	1833	1912	1925 1938	8,0	9,9	9,0 5,9
	8,6	8,9	8,6 8,5	1924	1953	1934 1926	14,0	17,9	18,4 19,0	9,8	9,0	9,7 9,6	1929	1961	1945 1902	12,3	16,1	15,6 15,0
	10,7	10,8	10,8 10,1	2014	1947	1948 1950	30,0	22,0	31,0 42,8	11,5	11,4	11,4 10,4	1945	1996	1970 1970	2,9	3,1	2,8 2,7
	12,7	12,5	12,6 12,2	1950	1920	1935 1893	43,5	38,0	37,2 36,5	13,7	12,8	13,6 13,5	1979	1884	1886 1889	1,4	1,4	1,4 0,7
	13,3	12,7	13,2 13,2	1869	1922	1924 1926	3,4	1,0	1,0 1,1	15,6	15,1	15,4 14,1	1845	1829	1846 1863	0,0	0,0	0,0 0,0
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	4,6	4,8	4,5 4,4	1955	1911	1933 2039	69,7	96,2	99,1 02,0	6,0	6,0	6,0 6,5	1854	1874	1864 1775	1,0	1,0	1,0 0,8
	7,5	7,8	7,4 7,3	1996	1985	1994 1902	67,2	98,3	92,8 87,4	6,3	7,3	7,2 7,0	1942	1986	1965 1968	5,4	19,7	4,8 4,1
	8,2	8,7	8,4 3,9	2090	2034	2052 2032	91,3	70,2	73,0 75,9	9,1	10,3	10,2 10,2	2070	2060	2065 2064	30,6	22,0	26,3 7,9
	10,6	9,4	10,4 10,1	2032	2020	2026 2026	17,0	12,7	18,2 19,3	12,3	12,4	11,4 11,8	2017	1745	2032 2048	2,8	4,6	4,5 4,4
	10,2	12,1	12,2 12,4	1971	1954	1960 1955	6,8	5,9	5,9 5,9	3,6	14,1	13,6 13,0	1975	1973	1977 1918	1,0	0,8	1,0 1,1
PROCTOR MODIFICADO	5,2	5,1	5,2 5,9	1999	1934	2002 2004	165,4	122,0	129,0 136,0	4,9	4,8	4,8 5,9	1860	1831	1832 1805	3,3	3,3	3,3 3,4
	7,3	7,5	7,4 8,0	2102	2039	2085 2068	136,6	123,7	130,2 175,4	5,6	5,8	5,7 6,3	1961	1901	1992 2023	4,1	6,1	5,1 9,9
	10,5	9,1	10,4 10,3	2050	2109	2071 2092	27,1	39,8	40,2 40,5	8,3	8,7	8,6 8,6	2083	2092	2088 2018	14,3	39,4	44,4 49,4
	12,0	11,1	11,8 10,6	2062	1995	2038 2014	6,7	6,0	7,0 7,2	12,4	11,9	12,2 11,5	1999	2030	1993 1987	6,7	5,7	6,7 6,8
	13,8	13,0	13,4 12,6	1950	1999	1938 1926	3,0	2,6	2,3 2,0	13,4	14,2	14,3 14,2	1961	1925	1934 1916	1,0	0,8	1,0 1,1

SOLO P1P1

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)						60°C (SEM IMERSÃO)												
	PARAM.		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)								
PROCTOR NORMAL	U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)								
	4,0	3,8	3,9	1812	1779	1799	27,4	24,7	26,0	5,8	6,2	6,0	1852	1846	1848	22,1	33,3	23,8	
			4,3			1805			21,2		5,1			1847		1847		33,3	25,6
	6,3	6,0	6,1	1859	1857	1857	30,2	33,6	35,2	6,0	6,8	7,0	2036	1871	1867	33,3	34,0	33,2	
			6,0			1855			36,9		7,3			1863		1863		34,0	32,2
	7,0	8,0	7,8	1948	1978	1935	46,1	42,2	44,2	8,6	8,5	8,5	1903	1957	1957	55,5	51,0	56,8	
			7,5			1879			33,6		8,5			1958		1958		51,0	58,0
	9,8	9,2	9,8	1993	2005	1998	35,7	37,6	38,4	9,3	10,0	10,1	1986	2013	2000	30,6	25,1	27,8	
			9,8			1890			39,2		10,2			1941		1941		25,1	42,2
	11,2	12,5	11,0	1901	1964	1952	8,3	7,4	7,8	10,4	11,7	11,6	2009	1878	1980	8,2	7,7	8,0	
			10,9			1941			4,7		11,5			1952		1952		7,7	16,3
	4,6	3,9	4,0	1885	1868	1876	60,1	15,9	51,0	5,5	5,7	5,6	2041	2057	2049	79,9	102,5	97,8	
		4,0			1913			41,9		6,3			1906		1906		102,5	93,1	
6,4	6,8	6,3	1925	1962	1939	61,5	63,3	62,4	6,0	6,2	6,1	2139	2106	2082	121,2	76,2	71,5		
		6,2			1930			41,1		6,2			2106		2057		76,2	67,0	
7,8	8,4	8,5	2004	2114	2100	91,6	88,5	90,0	7,5	8,2	8,3	2149	2104	2126	51,0	27,2	47,0		
		8,6			2067			72,2		8,4			2104		2242		27,2	43,0	
9,5	10,8	10,4	2124	1977	2025	41,9	38,5	40,2	9,7	10,2	10,0	2090	2104	2097	6,6	9,3	6,9		
		10,0			2073			28,8		10,2			2104		2017		9,3	7,2	
11,6	11,6	11,6	2088	2099	2044	5,5	5,8	5,6	12,5	9,8	12,4	2011	2068	2040	3,8	4,6	4,7		
		12,3			2019			2,5		12,2			2068		1944		4,6	4,6	
4,2	5,2	4,4	1981	2071	2018	105,5	114,1	112,4	7,0	7,8	7,1	2175	2121	2148	90,6	96,4	93,5		
		4,6			2002			117,5		7,2			2121		2064		96,4	129,0	
6,1	5,6	5,8	2109	2179	2156	149,0	143,5	146,2	9,1	9,2	9,2	2136	2158	2147	59,1	77,0	61,2		
		7,6			2134			110,6		9,2			2158		2108		77,0	63,4	
8,1	8,1	8,1	2166	2154	2165	100,2	106,2	102,8	11,7	11,0	11,2	2321	2106	2118	9,5	19,0	16,0		
		10,3			2175			101,9		11,0			2106		2129		19,0	17,0	
9,1	10,8	10,0	2133	2112	2122	16,8	18,1	17,4	12,7	12,0	12,0	2092	2041	2076	9,0	20,9	8,7		
		31,3			1885			5,8		12,0			2041		2096		20,9	8,4	
11,5	11,7	11,6	2041	2058	2058	2,1	3,4	2,8	5,2	5,4	5,3	2033	2013	2023	139,0	121,0	130,0		
		13,7			2075			8,3		5,7			2013		2087		121,0	88,7	

SOLO PIPI

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)									AMBIENTE (COM IMERSÃO)								
	U (%)			$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )			CBR (%)			U (%)			$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )			CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	7,2	7,2	7,2 7,3	1980	2193	1944 1908	30,4	36,0	37,6 39,1	4,0	5,0	5,0 3,8	1746	1778	1762 1595	3,0	4,4	2,5 2,0
	8,9	8,0	9,1 9,3	1710	1999	1987 1975	41,2	34,0	40,1 39,0	5,8	5,2	5,8 5,9	1911	1895	1894 1876	9,9	9,3	9,6 7,0
	9,4	9,8	9,8 9,7	1915	1983	1990 1998	36,5	19,3	38,0 39,6	7,8	7,9	8,0 8,2	1838	1906	1916 1925	7,0	13,6	14,6 13,6
	11,0	11,1	11,0 11,6	1954	2013	1965 1976	6,3	10,4	6,3 6,3	8,6	9,2	9,2 9,2	1891	1963	1948 1934	12,0	23,1	22,0 21,0
	13,1	10,6	13,0 12,8	1796	1878	1837 1745	3,8	11,3	4,4 4,3	9,7	10,0	9,6 9,5	1945	1995	1865 1935	13,0	22,7	13,6 14,1
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	6,6	6,6	6,6 6,7	2039	2049	2044 1877	99,2	58,5	104,0 108,9	4,8	4,9	5,0 5,2	1881	1918	1901 1904	3,6	2,3	3,6 4,1
	9,2	7,9	8,9 8,6	2126	1861	2097 2068	34,0	54,2	55,0 55,7	6,5	6,8	6,5 6,4	2038	2042	2047 2061	51,2	42,9	52,0 60,3
	9,1	9,8	9,8 9,8	2060	2100	2080 1926	18,9	15,4	17,2 13,9	9,3	8,6	8,7 8,7	2100	2147	2124 1279	52,6	70,3	70,3 70,3
	10,4	10,9	10,6 9,0	1877	2067	2092 2116	10,4	11,1	10,8 19,2	9,3	8,9	9,1 9,8	2119	2067	2078 2049	60,1	32,9	39,1 45,3
	12,8	12,7	12,8 12,5	1740	1841	1897 1954	3,1	7,2	3,4 3,6	10,1	11,1	10,0 9,8	2139	1956	2013 2074	20,4	16,4	15,4 14,8
PROCTOR MODIFICADO	5,3	6,0	5,1 4,9	2058	2012	2058 2058	184,6	156,4	190,3 196,0	5,1	5,0	5,1 5,1	2000	1990	1955 1876	8,9	36,0	8,3 7,7
	7,0	7,5	6,9 6,8	2148	2263	2157 2166	166,3	120,0	127,2 134,3	6,3	7,2	6,5 6,7	2001	2125	2122 2120	33,9	10,1	39,6 49,3
	8,2	8,1	8,2 8,6	2173	2195	2184 2044	98,9	97,1	98,0 25,4	7,9	7,7	7,9 7,7	2073	2004	2092 2110	106,7	98,6	97,6 22,3
	9,6	9,3	9,4 8,9	2168	2110	2139 2098	52,0	76,2	64,4 100,2	8,6	8,7	8,6 8,5	2110	2076	2088 2099	71,6	73,0	67,3 34,0
	10,5	10,4	10,4 10,4	2077	2122	2083 2089	24,5	26,1	25,3 17,4	9,7	9,4	9,7 9,7	2017	2096	2012 2008	29,7	39,7	34,7 15,6



SOLO GIPSI

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)									
	PARAM.	U (%)		γs (kg/m³)		CGR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CGR (%)								
MODIFICADO	7,4	8,0	8,0	1590	1670	1590	24,8	26,1	25,7	7,3	7,0	7,0	1587	1610	1590	14,0	22,5	13,5		
	10,3	10,0	10,0	1670	1630	1660	30,5	24,5	28,5	8,7	9,8	8,4	1660	1635	1665	15,8	16,7	16,2		
	12,7	12,1	12,2	1723	1717	1725	19,8	20,1	20,8	12,8	11,8	13,0	1725	1680	1720	20,4	19,2	19,8		
	15,7	16,1	16,0	1740	1712	1723	11,4	9,8	10,8	15,5	16,0	15,8	1694	1761	1695	12,8	13,7	13,2		
	20,4	19,9	20,3	1638	1670	1630	3,0	2,5	2,4	17,5	18,0	17,8	1600	1622	1610	1,5	3,1	3,0		
	9,8	7,9	7,8	1710	1713	1710	67,4	100,1	66,4	8,6	9,4	9,0	1710	1635	1705	47,4	42,0	45,3		
	11,1	11,0	11,0	1748	1750	1750	47,4	45,3	46,8	11,4	10,8	11,0	1773	1768	1770	38,0	46,0	44,0		
	11,8	12,8	13,0	1850	1805	1800	38,0	44,9	45,4	13,7	14,3	14,0	1725	1773	1720	27,3	33,0	25,5		
	16,3	15,0	16,0	1750	1737	1750	14,0	13,0	13,8	16,1	16,0	16,0	1758	1740	1755	16,0	15,1	15,0		
	18,1	17,8	18,0	1886	1700	1700	6,5	5,8	6,0	17,4	17,0	17,2	1727	1723	1725	8,0	7,2	7,8		
	10,5	10,8	10,8	1805	1788	1800	78,0	78,8	78,8	7,8	7,8	7,8	1845	1885	1870	104,2	88,4	105,1		
	10,8	11,3	11,6	1863	1863	1880	47,4	55,6	51,8	12,6	12,3	12,4	1930	1892	1911	60,4	50,3	51,4		
14,5	14,1	14,3	1880	1916	1890	20,4	17,9	18,6	14,0	14,1	13,8	1839	1840	1840	25,0	23,4	24,1			
14,4	14,7	14,5	1829	1705	1830	21,8	22,8	22,4	15,7	16,0	15,8	1830	1845	1835	10,1	9,5	9,3			
16,6	17,0	16,5	1712	1720	1730	5,0	4,2	4,6	17,3	16,7	17,0	1730	1768	1749	4,8	4,5	4,5			

SOLO GIPI

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)									AMBIENTE (COM IMERSÃO)								
	U (%)			γs (kg/ m <sup>3</sup> )			CBR (%)			U (%)			γs (kg/ m <sup>3</sup> )			CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	10,9	10,3	11,2 11,5	1595	1398	1533 1471	38,5	25,8	26,2 26,7	12,7	12,8	12,7 10,6	1606	1616	1604 1589	4,1	3,6	3,8 2,5
	12,8	13,1	12,7 12,2	1592	1704	1648 1395	33,3	38,2	33,0 32,4	14,4	13,8	14,3 14,2	1661	1504	1642 1623	5,7	7,0	5,3 4,9
	15,1	14,3	14,6 14,4	1782	1705	1748 1757	36,8	36,7	34,8 32,9	15,7	16,0	15,9 16,0	1695	1681	1677 1655	5,0	4,7	4,9 5,0
	17,5	16,7	17,1 17,1	1712	1632	1695 1741	10,2	9,6	9,8 9,5	17,3	17,3	17,2 17,0	1618	1625	1622 1533	1,8	2,9	2,0 2,3
	19,4	18,0	19,0 18,6	1595	1428	1623 1651	1,9	0,9	2,1 2,3	19,6	21,4	19,5 19,5	1403	1547	1551 1556	0,8	1,1	1,0 1,0
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	10,1	9,8	9,9 7,4	1340	1684	1617 1550	35,1	51,4	34,8 34,5	12,3	12,5	12,3 12,0	1678	1495	1666 1655	7,8	10,7	7,1 6,5
	12,3	11,5	11,6 11,7	1760	1745	1752 1420	46,2	53,7	42,0 37,8	13,5	13,6	13,5 13,5	1558	1644	1740 1723	9,4	9,1	9,3 9,5
	13,1	12,8	13,0 13,2	1670	1612	1840 1632	28,0	41,4	40,0 38,7	15,2	14,6	15,0 14,9	1763	1735	1757 1772	8,9	9,2	9,0 9,0
	15,2	15,6	15,3 15,1	1757	1804	1772 1755	30,4	29,8	30,1 17,7	16,5	16,0	16,2 16,0	1636	1685	1669 1669	5,2	2,3	4,9 4,6
	16,0	17,4	17,1 16,9	1595	1312	1668 1741	14,9	9,8	15,2 15,6	18,2	18,9	18,0 17,9	1595	1403	1600 1605	2,1	2,0	1,9 1,7
PROCTOR MODIFICADO	9,5	9,8	9,0 10,1	1715	1545	1698 1682	46,6	61,4	44,7 42,8	11,2	10,9	11,0 11,0	1754	1704	1718 1695	7,4	7,1	7,2 6,7
	11,3	12,0	11,6 11,6	1920	1832	1870 1858	61,4	57,7	59,8 60,4	12,2	12,4	12,3 12,7	1735	1805	1797 1855	10,8	9,8	10,9 10,9
	14,0	13,8	14,0 14,3	1925	1795	1875 1904	42,0	40,3	39,9 37,4	14,3	14,0	14,2 13,6	1844	1911	1878 1771	14,6	14,0	14,3 12,5
	15,9	15,5	15,8 16,1	1845	1774	1812 1817	21,2	18,0	19,8 20,2	16,2	15,9	16,0 16,0	1854	1820	1837 1704	10,9	11,2	10,7 10,5
	19,0	17,5	18,7 18,4	1696	1753	1724 1438	7,0	4,8	7,2 7,3	17,6	17,4	17,5 18,1	1703	1655	1727 1751	4,3	5,8	3,9 3,5

SOLO TEPI		60°C (SEM IMERSÃO)																	
TEMP.		AMBIENTE (SEM IMERSÃO)					60°C (SEM IMERSÃO)												
PARAP.		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)							
PROCTOR NORMAL	7,2	7,0	7,1	1642	1661	1639	27,6	24,9	28,9	12,0	14,2	12,1	1874	1777	1780	33,3	34,0	33,6	
			7,0		1613				30,2		12,2				1774		26,3		
	10,2	9,9	10,0	1695	1676	1685	31,7	30,8	31,2	15,0	15,2	15,1	1918	1805	1896	8,6	8,2	9,4	
			10,0		1617				21,6		14,6				1873				9,0
	13,6	13,5	13,5	1759	1733	1737	19,7	25,6	26,6	15,8	16,4	16,6	1620	1775	1775	3,1	2,8	3,0	
		12,6		1713				27,6		16,9				1775				3,0	
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	17,3	17,3	17,4	1806	1756	1786	2,8	3,2	3,1	17,3	17,4	17,3	1749	1705	1727	1,0	1,0	1,0	
			17,5		2004				3,0		18,2				1445			1,0	
	21,0	20,0	20,9	1697	1662	1683	1,0	1,0	1,0	19,9	20,6	19,8	1670	1686	1678	0,7	0,7	0,7	
			20,8		1690				1,0		19,8				1531				0,7
	8,0	8,0	8,0	1713	1741	1727	56,0	57,3	56,6	10,0	9,4	9,4	1669	2129	1654	49,3	48,6	49,5	
		8,0		1676				49,1		10,0				1640				50,6	
PROCTOR MODIFICADO	10,0	10,0	10,0	1655	1682	1676	60,1	46,1	62,6	11,0	11,0	11,0	1674	1699	1686	56,7	84,0	58,6	
			10,0		1691				65,2		11,7				1640			60,6	
	14,0	14,0	14,1	1798	1895	1878	30,1	40,9	41,4	12,1	13,2	12,0	1819	1845	1835	22,6	48,6	46,0	
			14,1		1860				41,9		12,1				1840				43,5
	17,0	17,5	17,0	1854	1906	1846	7,3	6,5	6,9	15,6	14,7	15,5	1867	1747	1851	16,7	9,7	10,0	
		17,0		1638				3,9		15,4				1835				10,4	
PROCTOR MODIFICADO	19,0	19,5	19,0	1746	1774	1751	0,8	1,2	0,8	17,7	16,4	17,5	1816	1758	1924	4,1	8,6	4,5	
			19,0		1656				0,7		17,3				1831			5,0	
	8,3	8,6	8,2	1805	1810	1808	61,2	112,3	63,4	11,2	10,9	11,3	1903	1708	1690	195,9	88,4	179,3	
			8,1		1661				65,7		11,4				1671			162,7	
	11,2	10,4	10,6	1939	1833	1926	69,1	82,2	72,4	13,2	13,2	13,2	1937	1905	1921	67,0	85,0	82,4	
		10,7		1913				101,4		13,2				1832				79,8	
PROCTOR MODIFICADO	13,6	13,9	13,8	1775	1942	1959	66,8	65,4	65,1	15,6	15,3	15,6	1887	1789	1890	15,0	14,3	14,2	
			13,4		1959				53,0		15,7				1673			14,1	
	16,7	17,5	16,6	1825	2081	1832	9,0	6,0	5,6	18,7	18,2	18,7	1674	1705	1744	3,8	3,7	3,8	
			16,5		1830				5,1		18,8				1784				3,8
	20,7	19,9	20,6	1654	1721	1712	1,0	2,1	1,1	20,5	20,4	20,4	1590	1622	1606	1,3	1,1	1,3	
		20,4		1703				1,2		19,7				1503				1,4	

SOLO TEPI

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)										AMBIENTE (COM IMERSÃO)													
	PARÂMETRO		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)											
PROCTOR NORMAL	12,7	11,9	12,5	12,4	1755	1644	1680	1716	61,6	64,2	62,9	69,0	10,4	11,0	11,0	11,1	1494	1504	1499	1571	0,7	1,0	1,7	1,7
	13,9	13,6	13,8	13,2	1704	1738	1721	1795	26,1	17,4	33,5	38,9	12,4	12,8	12,8	12,7	1537	1539	1533	1586	0,7	2,7	2,7	2,0
	15,4	15,4	15,3	15,1	1701	1777	1794	1811	1,5	6,2	5,9	5,6	14,6	14,7	14,6	15,1	1680	1726	1704	1165	2,4	5,0	5,2	5,4
	17,2	17,8	17,5	16,5	1560	1777	1775	1773	2,2	2,2	2,2	3,7	17,0	17,2	17,1	17,6	1800	1746	1738	1728	2,4	3,1	3,1	2,8
	19,1	20,7	20,5	20,4	1704	1703	1704	1646	1,0	1,4	1,2	1,1	18,8	19,7	18,6	19,4	1687	1732	1637	1592	1,8	1,7	1,7	1,4
	13,2	12,9	13,0	13,0	1809	1743	1776	1654	70,0	65,3	70,0	70,0	10,7	11,0	11,0	11,0	1602	1632	1544	1657	1,7	2,7	2,8	3,0
	11,3	11,1	11,2	11,3	1759	1717	1738	1815	66,6	134,3	123,6	113,3	13,0	12,7	13,0	13,0	1701	1740	1757	1774	6,4	11,6	12,0	12,4
	15,0	13,9	14,9	14,9	1812	1868	1861	1854	32,4	75,1	40,2	48,0	15,6	15,2	15,2	15,3	1912	1932	1922	1794	15,0	10,3	10,4	10,6
	16,4	16,7	16,6	16,4	1866	1795	1860	1853	9,5	10,0	10,0	10,0	16,8	16,6	16,7	16,1	2008	1804	1850	1696	4,4	4,4	4,4	4,5
	19,2	18,8	18,5	18,5	1751	1613	1736	1722	5,9	3,0	3,2	3,4	19,0	18,7	18,7	18,8	1726	1764	1745	1703	10,5	10,9	11,1	11,3
	12,0	12,1	12,1	12,1	1744	1841	1858	1875	86,6	100,2	93,4	154,0	10,5	10,9	11,1	11,3	1737	1727	1745	1741	4,4	4,1	4,2	4,2
	11,9	13,0	13,3	13,6	1926	1914	1922	1926	48,9	48,9	103,4	117,3	13,8	13,8	13,1	12,6	1893	1897	1913	1848	38,8	38,3	38,1	38,1
13,0	14,3	14,9	14,9	1931	1897	1914	1913	8,2	7,7	8,0	3,0	15,6	15,2	15,4	14,7	1963	1683	1978	1993	14,5	21,4	19,5	17,3	
15,7	17,3	16,3	16,2	1767	1795	1791	1704	6,1	3,6	6,2	6,4	16,8	17,0	17,1	17,2	1895	1754	1814	1834	5,0	4,1	4,3	3,1	
17,4	19,4	17,5	17,7	1995	1793	1751	1709	2,0	2,5	2,2	2,1	19,2	18,5	19,2	19,2	1710	1732	1721	1630	2,0	1,4	1,5	1,7	

PROCTOR MODIFICADO

PROCTOR INTERMEDIÁRIO

PROCTOR NORMAL

SOLO CAPI

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)									
	PARAM.	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)				
NORMAL	11,3	11,7	11,5	1830	1891	1850	57,0	45,0	51,0	9,8	10,0	9,8	1705	1782	1773	51,8	43,4	47,4		
	13,0	12,8	12,9	1923	1934	1928	26,0	29,4	27,0	11,0	10,3	11,1	1950	1750	1900	18,9	21,2	19,7		
	13,4	13,6	13,3	1985	1990	1972	23,1	27,0	26,4	13,0	13,1	13,2	1975	1925	1917	13,1	12,2	12,6		
	14,1	13,8	14,2	1975	1985	1980	12,8	14,1	13,5	14,9	14,8	14,8	1900	1835	1868	5,0	4,7	4,8		
	16,0	16,1	16,3	1940	1835	1933	1,8	2,8	3,0	16,4	15,7	16,0	1773	2000	1775	3,0	2,5	2,8		
	10,7	10,7	10,5	1935	1907	1921	151,4	119,8	135,6	11,4	9,5	9,8	1870	1750	1817	140,4	141,7	141,0		
	11,8	11,7	11,5	1970	1855	1985	45,0	39,7	42,3	11,4	12,2	12,0	2092	2005	2040	44,8	83,2	75,0		
	13,4	12,9	12,9	2030	2094	2071	33,0	41,0	35,4	13,9	14,1	13,8	2035	2000	2012	26,8	14,5	29,5		
	12,5	14,3	14,0	2060	2030	2037	34,0	31,0	32,8	15,8	15,9	16,0	1942	1927	1940	5,8	6,0	6,0		
	14,8	15,0	14,7	1887	1925	1947	4,8	5,0	4,2	18,0	16,5	17,9	1900	1895	1897	3,0	2,8	2,7		
	6,4	5,8	6,5	1910	1782	1850	40,1	36,5	39,8	8,4	8,1	8,5	1950	1915	1882	220,0	187,5	170,0		
	6,9	7,1	7,0	1945	1945	1947	158,7	161,5	160,1	10,1	10,9	10,4	2088	2005	2095	170,1	160,0	165,0		
9,8	10,3	10,0	2062	2131	2097	50,8	54,5	51,3	11,8	12,0	11,7	2120	2080	2115	60,3	55,4	59,4			
13,7	13,8	13,6	2053	2042	2048	11,2	9,2	10,2	12,1	11,8	12,3	2030	2020	2008	20,1	18,9	19,6			
14,3	14,5	14,4	1925	1966	1962	10,1	9,5	9,6	13,9	14,0	13,9	2000	1430	1887	7,4	8,0	7,5			
					1995			9,3						1995				7,2		
INTERMEDIÁRIO																				
MODIFICADO																				

SOLO CAPI

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)										AMBIENTE (COM IMERSÃO)									
	FAZEND.		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)							
PROCTOR NORMAL	9,6	10,7	9,8	1925	1947	1948	33,0	39,5	36,2	10,2	10,9	10,2	1863	1953	1908	6,4	7,9	7,1		
	11,3	11,0	11,1	2044	2017	2007	57,4	78,4	61,3	12,1	12,0	12,0	1903	1948	1960	10,7	15,8	16,6		
	12,2	12,5	12,2	2068	2005	2053	24,7	17,5	23,8	13,3	13,8	13,2	1917	1978	1995	16,5	11,1	10,5		
	13,3	13,1	13,2	2003	2033	2018	9,1	8,3	8,5	14,1	14,2	14,2	1933	1885	1947	2,4	0,8	2,6		
	14,0	13,7	13,9	1961	1936	1946	4,8	5,3	5,2	14,8	15,1	15,0	1893	1857	1886	1,6	1,6	1,7		
	8,6	9,0	8,9	1987	2005	2023	21,5	44,3	38,3	9,8	10,1	10,0	1878	1941	1923	9,9	9,6	10,0		
	10,1	10,2	10,2	2102	2154	2085	98,4	115,0	104,0	11,3	11,1	11,2	1965	1901	1971	18,9	20,7	19,8		
	11,9	11,1	11,2	2136	2174	2149	92,4	81,5	87,0	12,8	12,3	12,2	2010	2055	2032	26,8	27,7	25,2		
	12,4	12,3	12,3	2139	2101	2126	44,1	53,8	49,0	13,1	13,2	13,3	1984	2028	2023	21,9	23,1	22,5		
	13,5	13,3	13,4	2047	2003	2051	19,8	19,9	19,8	14,4	14,7	14,5	1973	1933	1953	6,5	8,1	7,2		
	8,1	8,0	8,1	2080	2035	2058	38,5	59,0	65,7	10,1	9,8	10,0	1968	1928	1948	18,3	16,3	17,3		
	9,1	9,1	9,3	2112	2147	2123	105,4	131,0	120,5	10,3	11,0	10,8	2091	2004	2098	35,8	26,9	27,7		
10,9	10,4	10,4	2175	2177	2183	110,3	147,0	137,5	11,4	11,6	11,5	2098	2115	2067	40,5	31,4	38,9			
11,8	11,7	11,8	2181	2158	2170	83,7	76,4	80,0	12,7	12,7	12,7	2024	1987	2051	32,3	28,7	30,5			
13,0	12,8	12,9	2060	2003	2074	15,1	16,5	14,0	13,7	13,9	13,8	1957	1989	1973	10,2	18,1	17,2			

SOLC PDMA

TEMP. AMBIENTE (SEM IMERSÃO)	60°C (SEM IMERSÃO)																			
	PARAM.	U (%)	γs (kg/m³)	CBR (%)	U (%)	γs (kg/m³)	CBR (%)	U (%)	γs (kg/m³)	CBR (%)										
TEMP. AMBIENTE (SEM IMERSÃO)	PROCTOR NORMAL	11,0	10,9	11,0	1622	1542	1582	26,2	42,9	23,8	9,8	9,6	9,7	1713	1663	1688	58,4	68,0	58,9	
		12,7	12,6	12,6	1758	1585	1738	29,4	29,9	29,6	11,4	11,7	11,6	1677	1765	1806	40,1	55,0	35,2	
		13,2	13,0	13,1	1905	1902	1897	13,6	14,1	13,8	13,4	13,2	13,3	1706	1770	1814	18,0	25,4	18,2	
	PROCTOR INTERMEDIÁRIO	14,6	14,4	14,5	1800	1884	1842	9,7	7,7	8,7	12,5	14,5	14,8	1869	1987	1896	9,0	15,0	15,9	
		16,0	15,8	15,8	1703	1765	1773	3,2	4,4	3,6	15,3	15,5	15,4	1865	1887	1858	3,3	7,5	7,7	
		9,2	11,0	10,8	1673	1681	1677	42,4	83,9	80,9	8,6	10,2	10,1	1586	1645	1684	21,5	27,6	26,2	
	PROCTOR MODIFICADO	12,3	13,0	12,3	1820	1845	1832	57,1	57,1	77,5	10,7	10,2	10,0	1836	1735	1842	54,9	74,9	80,2	
		13,1	13,2	13,1	1983	1966	1980	42,5	53,5	48,0	11,7	12,0	11,8	1903	1885	1894	80,0	48,5	39,5	
		14,6	14,2	14,4	1882	1895	1888	38,9	37,1	38,0	14,2	13,7	14,6	1943	1805	1916	5,9	12,7	12,0	
	TEMP. AMBIENTE (SEM IMERSÃO)	PROCTOR NORMAL	17,4	17,0	17,2	1810	1870	1840	2,6	4,1	2,8	14,7	15,6	15,8	1933	1883	1852	1,4	4,6	4,1
			9,8	10,7	9,5	1808	1807	1808	76,1	125,1	79,4	10,4	10,1	10,3	1982	1794	1839	165,3	169,0	167,2
			11,9	11,0	11,2	1891	1875	1878	116,6	139,4	82,6	11,5	11,4	11,4	1906	1987	1873	200,6	187,9	154,2
PROCTOR INTERMEDIÁRIO		12,2	11,9	12,0	1972	1964	1868	99,3	91,4	136,4	12,1	11,7	12,0	1961	1927	1944	66,3	177,4	67,4	
		13,6	13,2	13,4	1960	1969	1859	18,0	64,6	127,6	14,5	12,6	14,4	1944	1977	1995	11,8	30,0	68,5	
		15,5	14,2	14,4	1907	1921	1951	8,0	10,5	57,4	16,2	14,5	16,2	1763	1845	1804	6,8	22,7	12,2	
PROCTOR MODIFICADO		15,5	14,2	14,4	1907	1921	1951	8,0	10,5	57,4	16,2	14,5	16,2	1763	1845	1804	6,8	22,7	12,2	
		15,5	14,2	14,4	1907	1921	1951	8,0	10,5	57,4	16,2	14,5	16,2	1763	1845	1804	6,8	22,7	12,2	
		15,5	14,2	14,4	1907	1921	1951	8,0	10,5	57,4	16,2	14,5	16,2	1763	1845	1804	6,8	22,7	12,2	

SOLO POMA

TEMP.	110°C. (SEM. IMERSÃO)										AMBIENTE (COM IMERSÃO)									
	PARAM.	U (%)	γs (kg/ m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	γs (kg/ m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	γs (kg/ m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	γs (kg/ m <sup>3</sup> )	CBR (%)							
PROCTOR NORMAL	5,3	9,9	9,2	1700	1821	1710	21,3	14,0	23,0	10,4	10,4	10,3	1766	1656	1664	1,1	1,6	1,1		
	10,7	10,7	10,7	1669	1635	1652	43,3	42,6	43,0	11,8	11,6	11,6	1675	1676	1675	3,1	4,1	3,6		
	11,6	11,0	11,7	1786	1852	1854	52,9	37,8	52,6	13,3	13,0	13,2	1759	1705	1745	5,9	5,4	5,6		
	13,8	13,6	13,7	1879	1890	1877	16,6	12,5	14,6	14,3	13,9	14,3	1816	1857	1834	8,4	5,4	8,9		
	13,4	14,4	14,4	1837	1815	1826	12,3	11,8	12,0	15,6	15,7	15,6	1833	1850	1841	6,6	5,7	5,7		
	8,2	8,1	8,2	1725	1686	1706	57,9	55,7	56,8	9,9	10,4	10,0	1773	1971	1796	0,9	3,0	3,9		
	10,7	10,6	10,7	1718	1829	1814	122,7	131,9	123,7	10,7	11,2	11,3	1815	2184	1829	12,9	18,6	19,7		
	12,6	12,7	12,6	1900	1914	1930	84,0	65,1	61,9	12,6	12,4	12,5	1843	1894	1868	23,3	24,1	23,7		
	14,2	14,5	14,4	1879	1899	1895	9,0	18,1	9,8	13,8	13,4	13,8	1940	2100	1961	29,7	29,1	29,4		
	16,0	16,1	16,0	1847	1803	1825	3,0	6,0	4,5	15,0	14,9	15,0	1905	1931	1918	1,2	1,8	1,5		
	5,0	9,6	9,2	1795	1824	1855	222,7	217,6	221,1	9,9	10,8	9,8	1683	1907	1798	13,1	18,7	20,7		
	10,7	10,0	10,0	1869	1931	1936	169,0	200,9	192,4	11,8	10,8	11,5	1998	1923	1940	32,4	44,4	34,7		
12,1	12,5	12,1	1937	1836	1966	116,1	99,2	95,8	12,2	12,7	12,4	2035	1969	1979	42,6	45,3	44,4			
14,6	13,8	13,8	2075	1919	1940	19,2	32,2	18,3	10,6	13,8	13,6	2053	1936	1938	9,7	10,6	10,2			
14,6	14,8	14,5	1817	1953	1876	10,4	9,0	8,9	14,4	14,5	14,5	1886	1868	1877	4,5	5,7	5,1			

PROCTOR MODIFICADO

PROCTOR INTERMEDIÁRIO

PROCTOR NORMAL



SOLO VGMA		60°C (SEM IMERSÃO)															
TEMP.	PARAM.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)						60°C (SEM IMERSÃO)									
		U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)				
NORMAL	PROCTOR	6,7	8,6	8,8	1660	24,9	15,9	24,3	8,0	8,4	8,2	1781	1797	1776	63,3	59,1	61,2
			8,9	8,9	1675	23,7		23,7	7,9		7,9		1750	1750	1750	61,2	
		11,4	11,1	11,2	1739	24,7	31,3	30,8	10,3	10,2	10,3	1750	1836	1755	45,9	47,6	45,7
		10,6	10,6	1758	30,4		30,4	30,4	10,3	10,3	10,3	1759	1759	1759	43,6		43,6
		13,4	14,6	13,4	1777	17,5	18,3	18,3	10,9	11,1	11,0	1768	1833	1770	40,9	42,6	41,2
		13,5	13,5	13,5	1837	18,4		18,4	11,0	11,1	11,0	1771	1771	1771	40,1		40,1
INTERMEDIÁRIO	PROCTOR	17,6	16,4	17,4	1850	3,9	4,6	4,2	11,5	12,6	12,6	1965	1903	1930	18,9	20,2	18,3
			17,3	17,3	1830	6,0		6,0	11,5	12,6	12,6	1922	1903	1922	17,7		17,7
		20,2	19,6	20,5	1714	1,4	1,6	1,5	14,6	14,0	14,3	1729	1789	1759	7,5	6,8	7,2
			20,8	20,8	1800	0,9		0,9	15,0	15,0	15,0	1908	1789	1908	10,2		10,2
		7,7	6,8	7,5	1778	53,9	53,3	53,1	8,3	8,4	8,4	1891	1910	1899	110,0	96,6	103,2
			7,3	7,3	1786	69,1		69,1	8,3	8,4	8,4	1873	1910	1873	103,0		103,0
		10,7	9,8	10,6	1925	54,9	48,2	53,5	10,3	9,8	9,8	1877	1901	1924	66,4	78,6	80,1
		10,5	10,5	1966	52,1		52,1	10,3	9,8	9,8	9,8	1947	1901	1947	81,6		81,6
		13,0	13,4	13,2	1947	26,9	21,9	27,3	12,0	12,6	12,0	2007	1995	2001	32,2	23,1	27,1
		14,4	14,4	14,4	1963	27,7		27,7	12,0	12,6	12,1	2063	1995	2063	42,0		42,0
		15,4	15,1	15,2	1958	6,6	4,4	7,0	12,6	13,5	13,7	1851	1911	1940	20,4	21,3	20,8
		15,2	15,2	15,2	1959	7,3		7,3	12,6	13,5	13,9	1851	1911	1968	16,3		16,3
MODIFICADO	PROCTOR	16,6	17,4	17,4	1881	5,6	6,7	5,4	15,6	15,4	15,5	1278	1949	1898	7,7	3,6	8,0
			17,4	17,4	1891	5,3		5,3	15,6	15,4	15,1	1278	1949	1919	8,4		8,4
		6,3	6,2	6,3	1882	59,0	58,2	55,8	8,2	8,7	8,6	1898	1947	1912	138,0	165,0	169,2
			6,3	6,3	1891	53,4		53,4	8,2	8,7	8,5	1925	1947	1925	173,4		173,4
		8,6	8,3	8,2	1937	84,7	25,3	102,9	10,3	10,1	10,2	1937	2022	1925	112,9	79,5	11,3
			8,1	8,1	1901	121,1		121,1	10,3	10,1	10,1	1914	2022	1914	69,0		69,0
	10,7	11,4	11,6	1980	74,7	87,1	87,1	11,3	11,9	11,1	2081	2027	2054	24,5	49,0	53,4	
	11,7	11,7	11,7	1958	87,1		87,1	11,3	11,9	11,0	1988	2027	1988	57,8		57,8	
	13,9	14,4	14,0	1976	13,3	16,0	16,6	12,9	12,4	12,4	1283	2032	2030	25,4	22,7	20,0	
	14,0	14,0	14,0	1943	16,6		16,6	12,9	12,4	12,4	1991	2032	2028	32,9		32,9	
	17,7	16,5	17,7	1856	3,2	3,0	3,1	13,2	13,6	13,6	1975	1991	1983	23,6	21,3	23,3	
	17,7	17,7	17,7	1847	2,3		2,3	13,2	13,6	13,7	1921	1991	1921	23,0		23,0	

SOLO VGMA

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)						AMBIENTE (COM IMERSÃO)											
	U (%)		$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )		CBR (%)		U (%)		$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )		CBR (%)							
PROCTOR NORMAL	10,2	10,7	10,0	1804	1868	1887	47,0	43,1	45,0	12,0	12,8	12,0	1686	1742	1744	4,1	1,7	2,1
			9,9			1906			77,5						1746			2,4
	11,5	11,6	11,6	1909	1927	1918	40,8	38,4	38,4	14,9	15,0	15,0	1843	1810	1819	5,1	3,0	5,1
			11,9			1865			38,4						1804			5,2
	13,2	12,7	13,0	1923	1972	1948	7,7	13,0	12,8	15,9	16,4	16,4	1877	1829	1839	3,0	3,4	3,3
			12,2			1695			12,7						1812			3,1
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	17,2	17,9	17,2	1817	1801	1811	2,0	1,6	2,3	19,0	18,0	18,1	1743	1809	1783	2,0	1,6	2,0
			17,2			1824			2,3						1797			2,0
	19,3	20,0	19,2	1720	1727	1742	1,0	0,7	0,7	10,6	11,0	10,3	1649	1697	1645	1,7	1,7	1,7
			19,0			1778			0,7						1632			2,0
	13,0	10,1	10,0	1888	1858	1873	59,0	67,0	63,0	10,5	10,5	10,5	1656	1873	1864	7,9	17,0	3,4
			10,5			1803			85,0						1856			6,7
PROCTOR MODIFICADO	13,9	11,0	11,2	1910	1983	1922	42,5	45,8	44,2	12,0	12,0	12,0	1946	1973	1960	15,9	18,6	19,3
			11,4			1934			52,0						1902			20,0
	12,0	12,9	12,4	1990	1946	1968	41,2	42,0	41,6	13,8	14,2	14,2	1948	2023	1928	13,6	24,1	12,5
			11,1			1901			24,5						1908			11,6
	14,2	14,9	14,6	1890	1886	1888	3,6	3,1	3,6	15,7	16,0	16,0	1903	1975	1910	4,1	3,1	2,8
			16,1			1814			3,6						1918			2,5
PROCTOR MODIFICADO	17,7	17,0	17,7	1861	1701	1830	2,0	5,4	2,4	18,7	19,3	19,3	1788	1905	1782	1,6	1,1	1,5
			17,7			1798			2,7						1776			1,4
	10,4	10,7	10,5	1985	1917	1923	82,2	90,4	86,3	10,1	10,0	10,0	1923	1966	1943	6,9	25,6	6,6
			10,4			1929			131,0						1940			6,4
	12,3	12,1	12,1	1987	1994	1981	70,5	85,1	65,5	13,1	12,3	12,3	1985	1998	1991	20,9	30,4	26,8
			12,0			1963			60,5						1915			24,9
PROCTOR MODIFICADO	15,0	18,1	15,0	1912	1877	1891	6,7	8,1	7,4	14,8	13,8	13,8	1633	2111	1999	8,1	18,1	8,1
			15,6			1804			14,5						1970			8,2
	16,4	17,5	16,6	1917	1868	1854	2,6	1,0	2,7	17,0	16,6	16,6	1846	1802	1836	2,8	3,4	3,3
			16,8			1839			2,8						1860			3,1
	17,7	17,4	17,6	1814	1860	1837	1,8	1,8	1,8	18,0	18,7	18,8	1777	1760	1761	1,3	1,3	1,3
			16,8			1755			4,4						1747			1,3

SOLO VSMA

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)										
	PARAM.		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)		U (%)		γs (kg/m³)		CBR (%)								
PROCTOR NORMAL	10,5	10,3	10,4	9,9	1766	1785	1772	27,2	33,7	34,1	34,5	10,3	10,4	10,3	10,2	1671	1605	1702	35,7	35,3	35,5
	11,8	13,0	13,0	13,1	1733	1890	1834	34,0	37,2	35,2	33,6	10,6	11,0	11,4	11,8	1782	1890	1888	47,6	23,1	24,0
	12,6	13,6	13,6	13,8	1821	1860	1869	21,3	15,4	14,2	13,1	11,8	12,6	12,4	12,3	1782	1874	1908	14,3	11,1	12,5
	18,9	15,2	15,0	14,7	1732	1821	1826	1,7	2,7	2,2	5,2	13,0	14,3	14,2	14,1	1898	1804	1885	4,8	3,0	3,4
	19,2	19,3	19,2	19,2	1730	1764	1752	0,7	0,6	0,7	0,7	15,4	15,0	15,2	15,3	1755	1821	1817	1,6	1,4	1,5
	9,6	10,8	10,9	11,0	1769	1871	1734	77,4	43,6	46,6	49,7	10,2	9,2	8,9	8,6	1886	1713	1747	64,0	67,0	65,5
	12,0	12,6	12,3	11,8	1990	1985	1978	26,8	34,3	32,3	30,3	10,0	13,5	10,2	10,3	1890	1860	1887	58,3	63,9	61,1
	14,6	14,3	14,4	12,8	1923	1885	1936	3,0	2,9	3,0	5,3	11,5	11,1	11,2	11,3	1848	1978	1967	18,9	28,6	29,3
	16,5	16,7	16,5	17,3	1826	1937	1832	1,4	1,4	1,4	1,4	14,5	13,8	13,5	13,2	1916	1925	1928	3,0	3,1	3,1
	12,7	19,0	20,0	20,2	1633	1804	1652	0,7	0,3	0,7	0,7	14,6	15,2	15,2	15,2	1932	1786	1924	2,0	2,0	2,0
	9,2	9,1	9,1	9,1	1898	1830	1864	119,8	77,1	81,0	85,0	10,8	10,4	10,8	10,7	1893	1757	1890	151,6	146,6	160,7
	10,4	10,6	10,5	11,3	1982	2005	1996	56,2	53,7	55,0	62,4	11,6	10,6	11,7	11,8	1900	2004	1994	32,3	44,4	35,4
11,0	11,3	11,2	11,4	2037	2036	2037	36,4	44,8	38,0	39,6	13,4	13,4	13,4	14,4	1934	1961	1948	8,9	11,3	10,1	
13,6	14,1	13,6	13,5	1931	2023	1977	4,8	3,6	4,8	3,4	15,0	13,4	15,1	15,2	1924	1999	1908	3,1	2,0	3,4	
15,0	14,9	15,0	15,0	1878	1990	1873	1,1	1,3	1,1	1,0	9,2	9,0	9,1	8,5	1865	1821	1843	114,5	121,5	118,0	

PROCTOR INTERMEDIÁRIO

PROCTOR MODIFICADO

SOLO VSMA

TEMP.	110°C (SEM IMERSÃO)									AMBIENTE (COM IMERSÃO)								
PARAM.	U (%)			γs (kg/ m³)			CBR (%)			U (%)			γs (kg/ m³)			CBR (%)		
PROCTOR NORMAL	8,2	8,4	8,3 7,7	1858	1807	1842 1861	50,1	49,1	54,6 46,8	9,2	9,2	9,2 9,2	1651	1597	1660 1668	1,4	1,0	1,4 1,4
	8,8	9,0	8,9 9,0	1803	1845	1891 1894	22,8	49,5	51,3 53,1	9,5	9,6	9,6 9,7	1780	1749	1766 1769	3,4	3,8	3,6 4,3
	9,8	9,8	9,8 9,7	1965	1920	1842 1816	48,0	42,4	38,8 49,6	10,5	10,9	10,8 10,8	1835	1896	1865 1768	5,4	5,7	5,6 3,4
	10,0	10,6	10,3 9,8	1900	1898	1903 1898	29,6	25,1	28,4 27,2	13,4	12,8	12,9 12,9	1898	1935	1942 1948	5,9	8,2	9,6 10,9
	13,4	11,5	11,6 11,6	1930	1860	1868 1877	8,2	6,8	6,7 6,6	15,3	14,7	14,8 14,8	1899	1841	1870 1767	1,7	2,8	1,8 1,8
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	8,1	7,9	8,0 8,5	1975	1996	1868 1960	73,7	108,9	101,8 94,7	8,8	8,1	8,2 8,4	1651	1876	1850 1824	6,4	6,4	6,5 6,5
	8,7	8,5	8,6 8,5	1952	1924	1938 1901	82,0	90,4	86,2 67,0	10,3	9,3	9,4 9,6	1803	1917	1904 1890	20,6	24,7	22,6 8,6
	10,1	10,4	10,6 10,7	1930	1966	1980 1995	24,0	22,6	23,4 23,5	10,4	10,7	10,6 9,5	1942	1917	1958 1973	35,0	27,2	26,8 26,4
	13,4	14,0	13,4 13,5	1895	1873	1884 1649	2,7	3,1	3,1 3,1	12,8	12,3	12,4 12,4	2074	1985	1978 1971	3,4	8,6	4,0 4,5
	14,0	14,4	14,2 13,6	2097	1858	1874 1889	1,4	2,0	2,2 2,5	13,5	13,5	13,5 13,6	1894	1872	1886 1972	2,0	2,3	2,2 1,5
PROCTOR MODIFICADO	7,3	7,9	7,2 7,0	1792	1952	1918 1885	166,8	273,1	175,0 183,2	8,3	8,3	8,3 8,4	1885	1846	1866 1901	5,7	7,1	6,4 9,1
	8,3	11,2	8,9 9,5	2098	1977	2081 2064	112,5	113,8	113,2 145,2	9,6	9,8	9,7 10,4	2001	1908	1994 1986	29,0	28,1	24,7 21,7
	10,7	11,6	11,2 12,7	2053	1982	2018 1882	25,3	24,3	24,5 14,3	10,7	11,0	11,2 11,4	1949	2034	2049 2064	20,7	21,1	20,3 21,7
	12,5	12,8	12,7 12,3	1977	1933	1955 1858	4,8	3,9	4,6 4,4	13,0	13,0	13,0 12,3	1992	1947	1992 1991	8,5	5,2	7,6 6,8
	13,7	13,2	13,4 14,1	1955	1833	1930 1904	3,8	3,0	3,4 5,0	14,4	14,5	14,5 14,7	1871	1928	1928 1927	1,1	2,8	2,6 2,4

SOLO SLMA

TEMP.	AMBIENTE (SEM IMERSÃO)										60°C (SEM IMERSÃO)										
	PARAM.	U (%)	U (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	CBR (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	CBR (%)	
NORMAL	5,3	5,3	5,5	5,9	1867	1845	1842	1815	41,0	38,0	40,0	41,0	7,4	7,7	1800	1885	1910	40,0	39,4	35,7	27,2
	8,3	8,4	8,4	7,3	2057	1963	2000	1980	35,5	39,3	37,4	27,4	9,0	9,2	1994	1920	2140	16,4	19,0	18,7	18,8
	9,5	9,6	9,7	10,1	2085	2077	2771	2073	7,6	8,0	7,9	8,1	9,7	9,3	2074	1870	2070	20,3	19,7	20,2	20,7
	10,6	11,0	11,0	11,2	2053	2046	2047	2041	2,3	5,2	5,0	4,8	10,8	10,5	2003	2017	2008	10,8	11,8	11,3	5,5
	12,3	12,3	12,3	12,4	1987	1979	1983	1983	1,8	2,2	2,0	2,0	11,8	11,5	1856	1840	1878	2,9	2,8	3,0	3,0
	5,4	5,0	5,0	4,7	1883	1893	1894	1905	52,0	56,0	54,0	67,5	7,5	7,3	1850	1930	1855	135,0	100,0	110,0	120,0
	7,3	7,6	7,4	7,4	2030	2036	2033	2033	77,8	78,2	78,0	80,0	8,3	8,3	2000	2057	1910	81,0	72,0	77,3	79,0
	9,7	9,5	9,6	9,7	2095	2129	2103	2085	30,0	61,0	56,0	51,0	9,3	9,5	2085	2073	2086	47,0	40,0	45,2	46,6
	10,7	10,1	10,5	10,6	2090	2120	2090	2092	7,7	8,3	8,0	4,5	11,2	9,6	2025	2018	1830	32,0	51,0	45,5	40,0
	12,1	8,3	11,7	11,3	2030	2051	2034	2020	5,0	4,6	4,8	2,0	12,0	11,8	1950	1968	2045	5,5	4,3	5,2	5,8
	5,5	5,8	5,6	5,5	1860	1875	1958	1940	106,8	110,4	106,8	103,2	5,0	5,2	1900	1887	1887	48,0	38,1	43,0	43,0
	6,6	6,3	6,4	6,4	2048	2002	2053	2110	180,2	158,8	189,5	205,6	8,3	6,5	2020	2028	2015	155,5	210,2	150,0	150,0
8,3	9,9	8,5	8,4	2140	2173	2144	2120	64,0	71,5	68,7	70,6	8,3	8,0	2154	2156	2210	74,0	67,0	70,0	35,0	
9,8	9,7	9,9	10,1	2115	2097	2102	2095	14,2	11,0	12,3	20,2	9,3	9,2	2100	2140	2062	14,4	16,0	15,5	16,0	
10,7	11,3	11,0	11,1	2065	2055	2068	2064	8,0	7,2	7,4	7,0	10,5	10,5	2000	1997	2070	1,2	2,8	3,0	3,3	
MODIFICADO																					

SOLO SLIMA

TEMP.	1100C (SEM IMERSÃO)						AMBIENTE (COM IMERSÃO)											
	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	Ys (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)						
PARAM.	PROCTOR NORMAL			PROCTOR INTERMEDIÁRIO			PROCTOR MODIFICADO			PROCTOR MODIFICADO								
	6,0	6,5	6,3	1895	1304	1937	61,4	58,2	59,8	7,3	7,7	7,5	1907	1933	1920	2,8	1,4	3,0
	7,4	7,1	7,2	1995	1977	1983	68,4	33,5	38,0	8,1	8,1	8,2	2017	2009	2030	17,7	16,5	16,6
	8,8	9,7	8,5	2070	1995	2032	20,0	23,5	22,4	9,2	10,8	9,6	2068	2077	2075	6,5	4,2	4,0
	10,5	10,2	10,3	2038	2022	2024	4,4	1,2	4,2	10,4	10,6	10,4	2001	2035	2040	2,3	2,7	2,5
	11,3	10,9	11,5	1985	1960	1973	1,8	1,2	1,5	11,4	11,4	11,5	2032	2001	2013	1,3	1,3	1,5
	5,7	6,7	6,5	1898	1915	1902	184,5	72,6	95,0	6,6	6,4	6,5	1981	1913	1970	12,4	12,7	12,5
	7,7	7,6	7,6	2078	1957	1892	54,5	54,5	117,0	8,1	8,4	8,2	2048	2061	1960	18,9	19,1	18,4
	6,8	8,6	8,6	2098	1944	2049	68,3	41,5	44,2	9,2	9,1	9,0	2087	1986	2055	9,3	11,5	9,7
	9,9	10,0	10,0	1810	2090	2073	17,8	15,4	16,2	10,0	10,1	10,0	2037	2037	2045	3,6	3,2	3,5
	12,5	11,4	11,3	2000	2017	2055	5,0	6,5	15,5	11,6	11,5	10,9	1993	2018	2061	2,7	2,4	2,5
	6,4	6,3	6,3	2018	2098	1998	108,8	163,8	6,1	6,0	5,8	11,5	1994	1844	2005	2,7	2,4	2,5
7,0	7,4	7,3	2198	1958	2058	107,0	137,5	176,3	6,9	7,2	7,0	1994	2007	1950	26,1	27,9	27,0	
7,3	8,3	8,4	2110	2212	2045	68,5	80,2	244,3	8,6	8,5	8,5	2147	2163	1987	28,9	30,0	24,4	
9,9	10,6	9,5	2215	2095	2172	27,4	29,7	44,5	9,3	9,6	9,5	2127	2120	2155	7,4	7,7	7,5	
11,3	11,0	11,2	1933	2040	2135	8,3	7,9	30,0	10,1	9,7	10,0	2085	2115	2130	5,8	9,5	5,2	
		12,8			2174			35,8			10,2			2144				
					2023			8,1						1988				
					2005			7,4										

### A P Ê N D I C E I I I

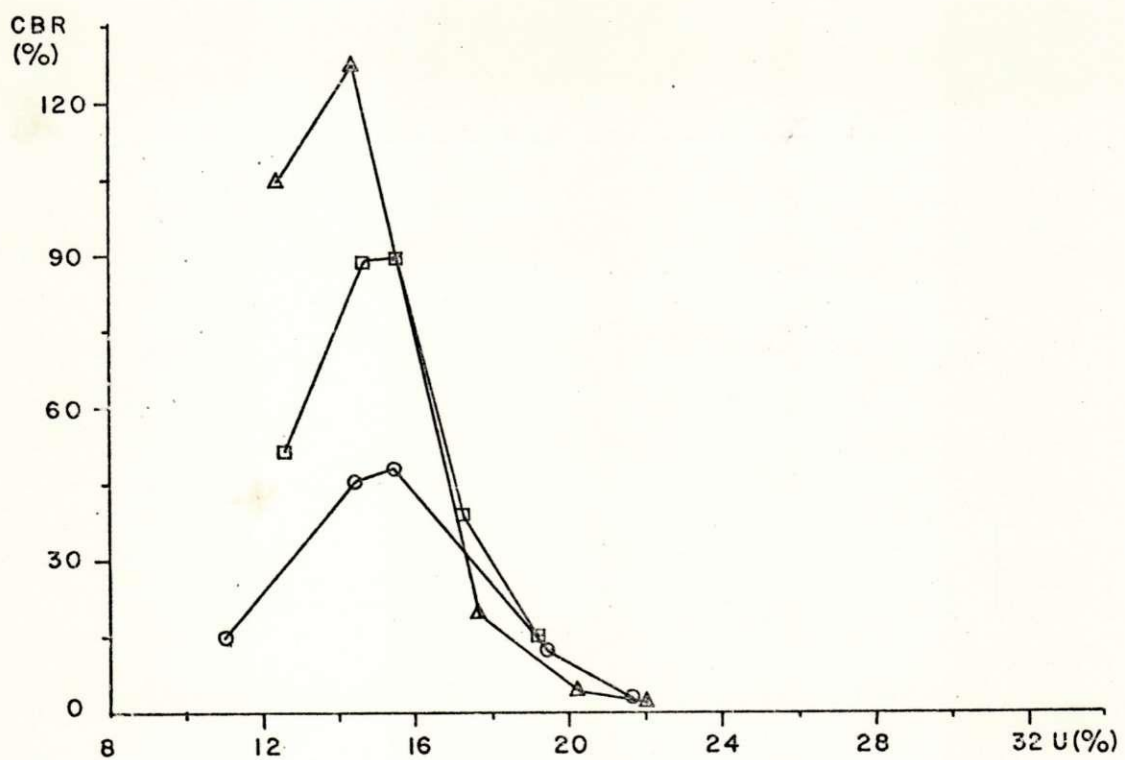
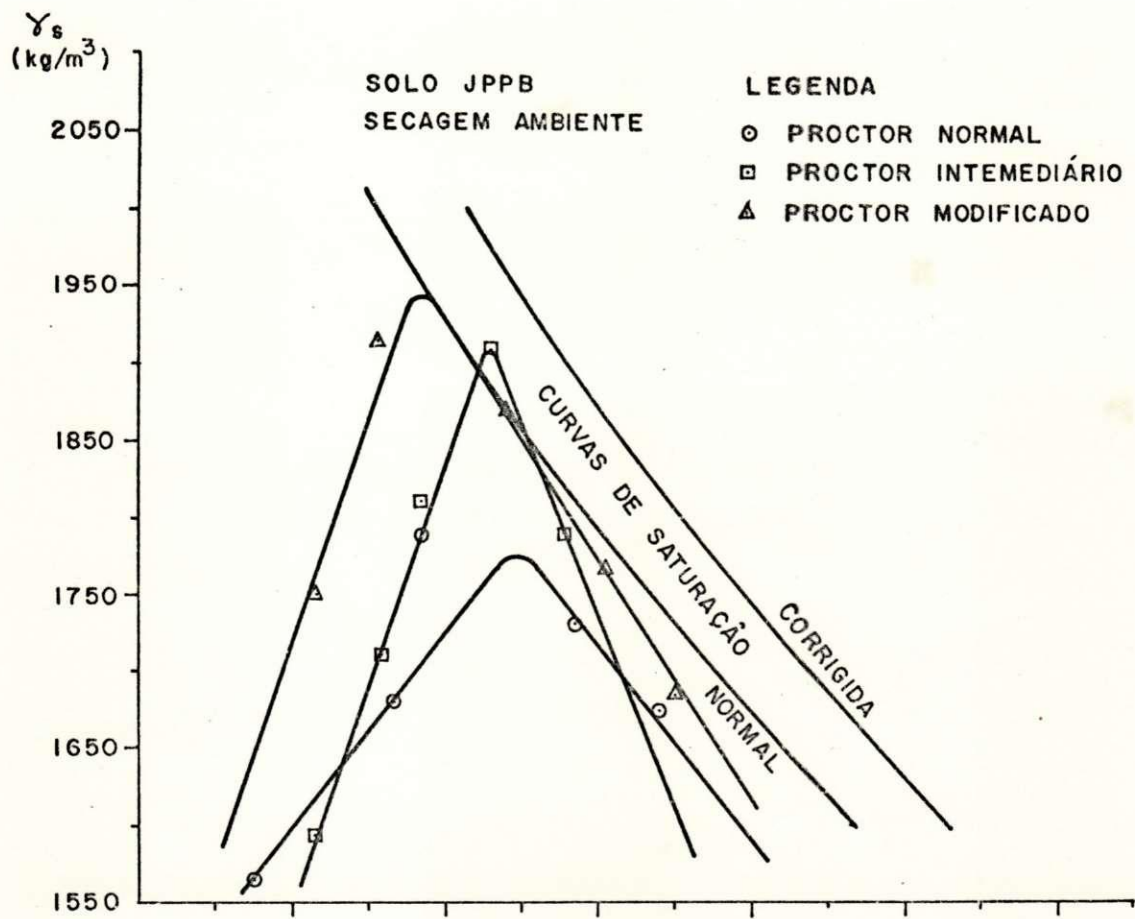
RELAÇÃO ENTRE UMIDADE VERSUS MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA SEM IMERSÃO PARA AS TEMPERATURAS AMBIENTE, 60°C E 110°C E COM IMERSÃO PARA A TEMPERATURA AMBIENTE VERSUS UMIDADE E RELAÇÃO UMIDADE VERSUS EXPANSÃO.

LEGENDA APLICADA AS FIGURAS DESTE APÊNDICE:

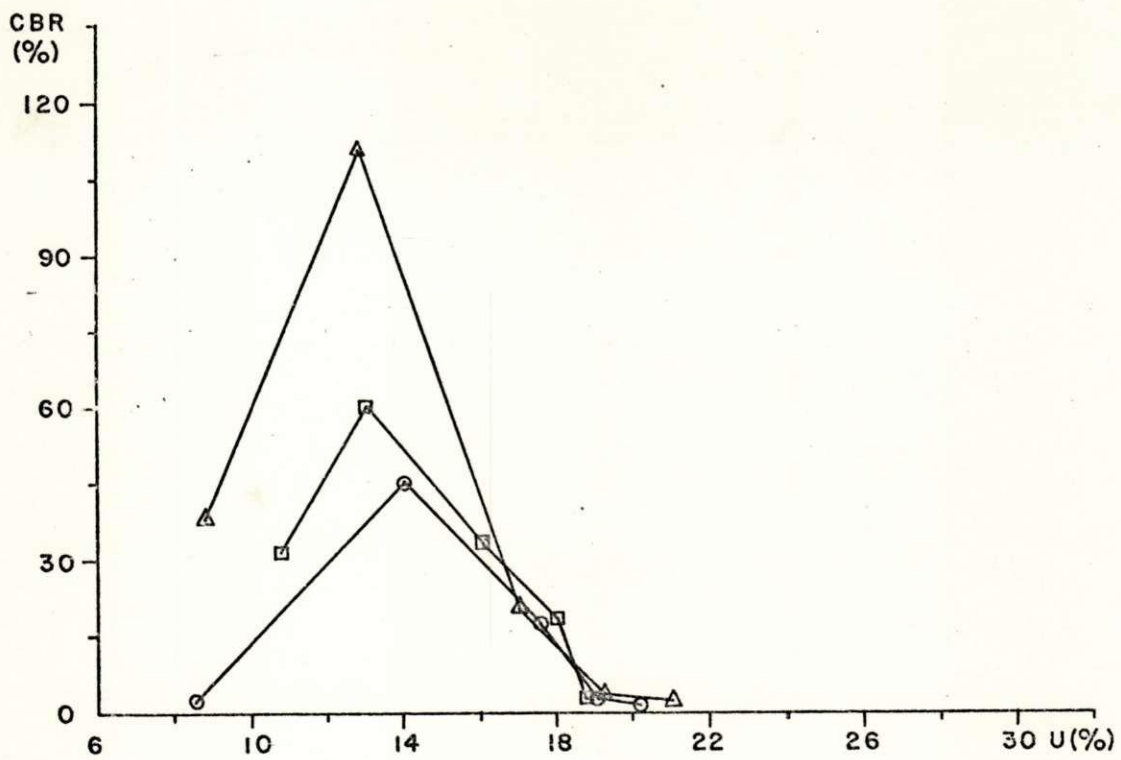
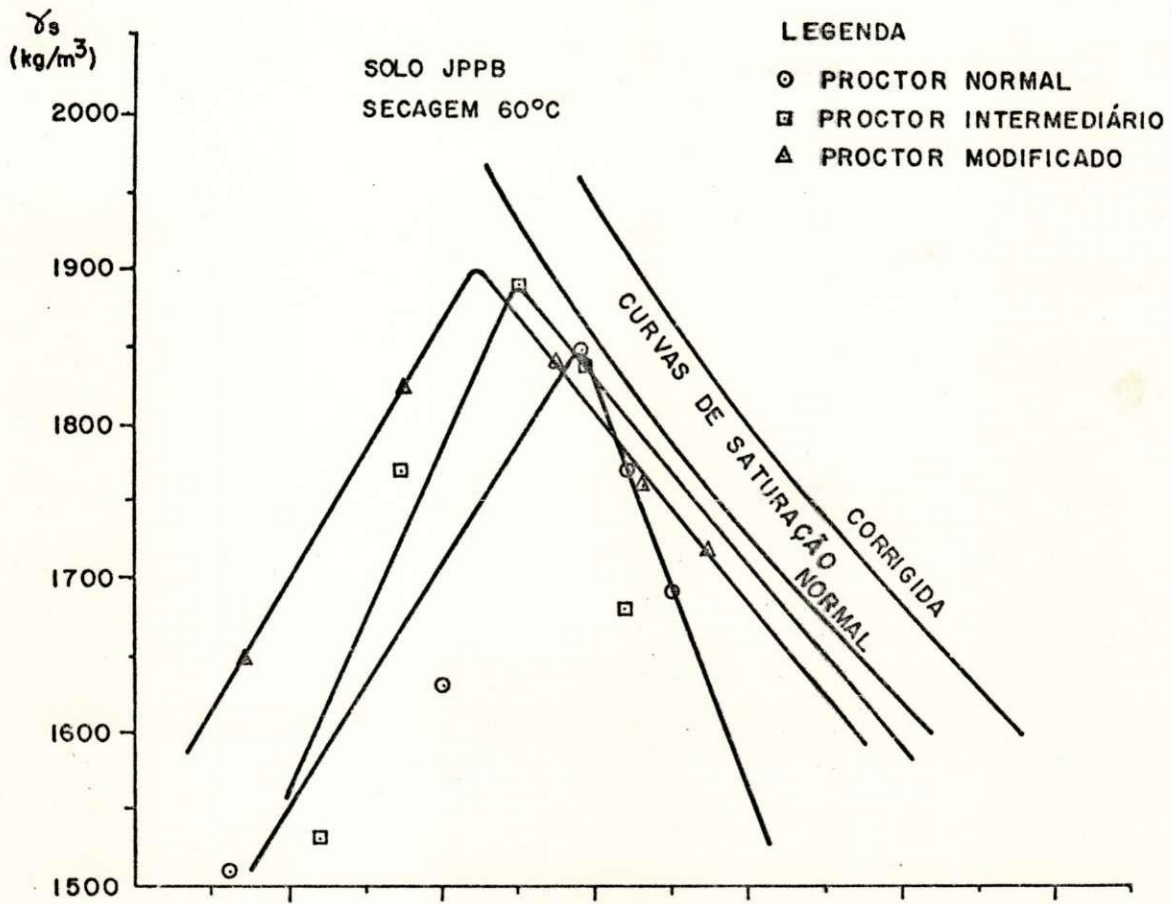
U - UMIDADE

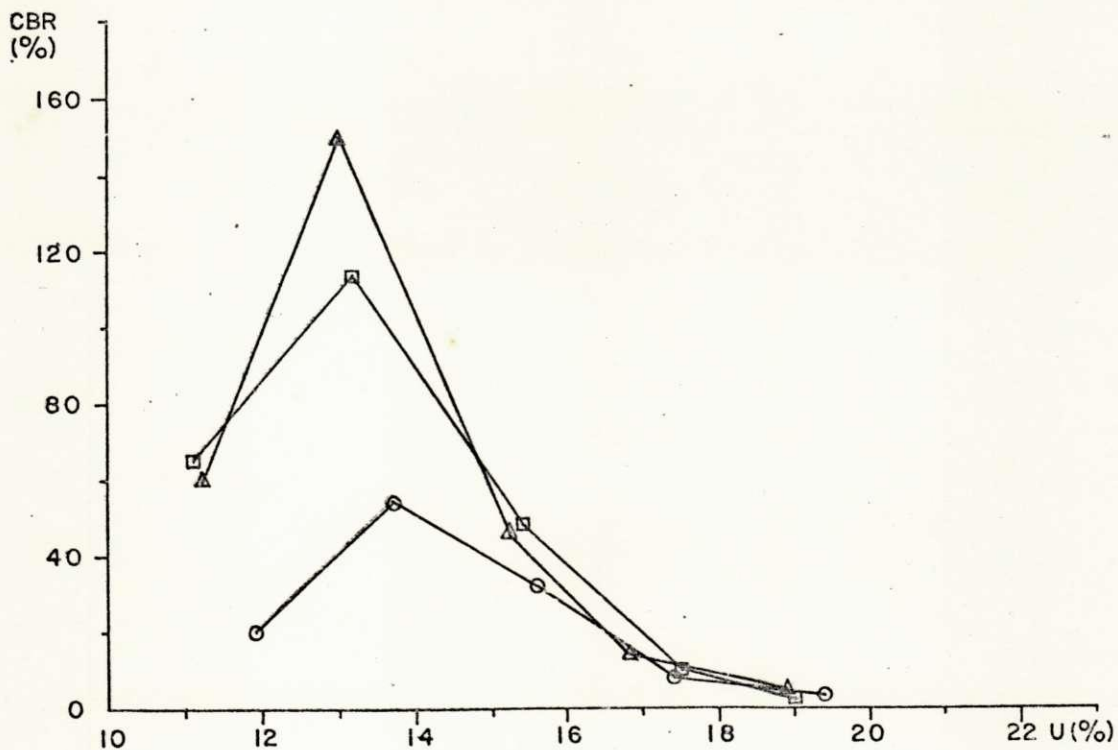
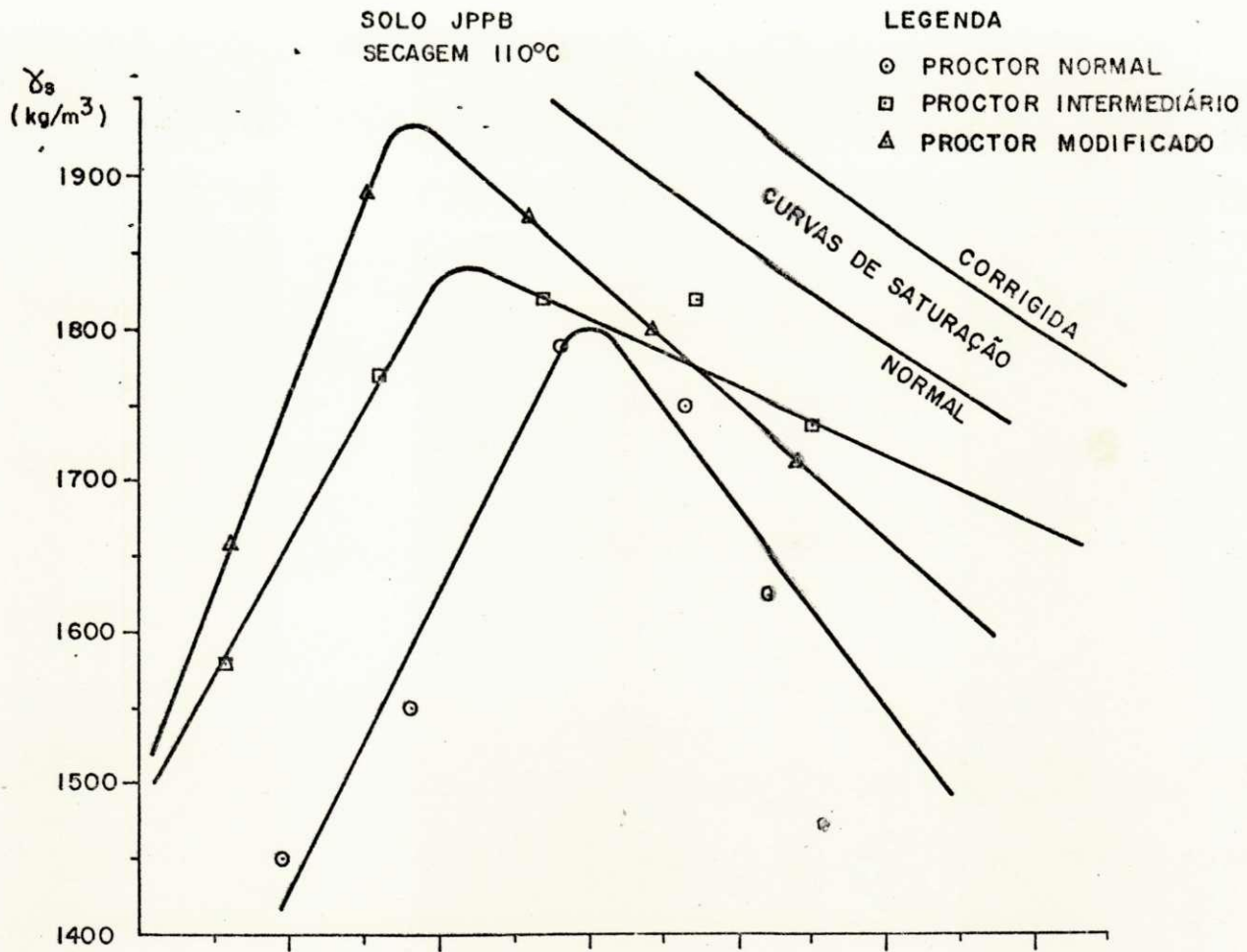
$\gamma_s$  - MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA

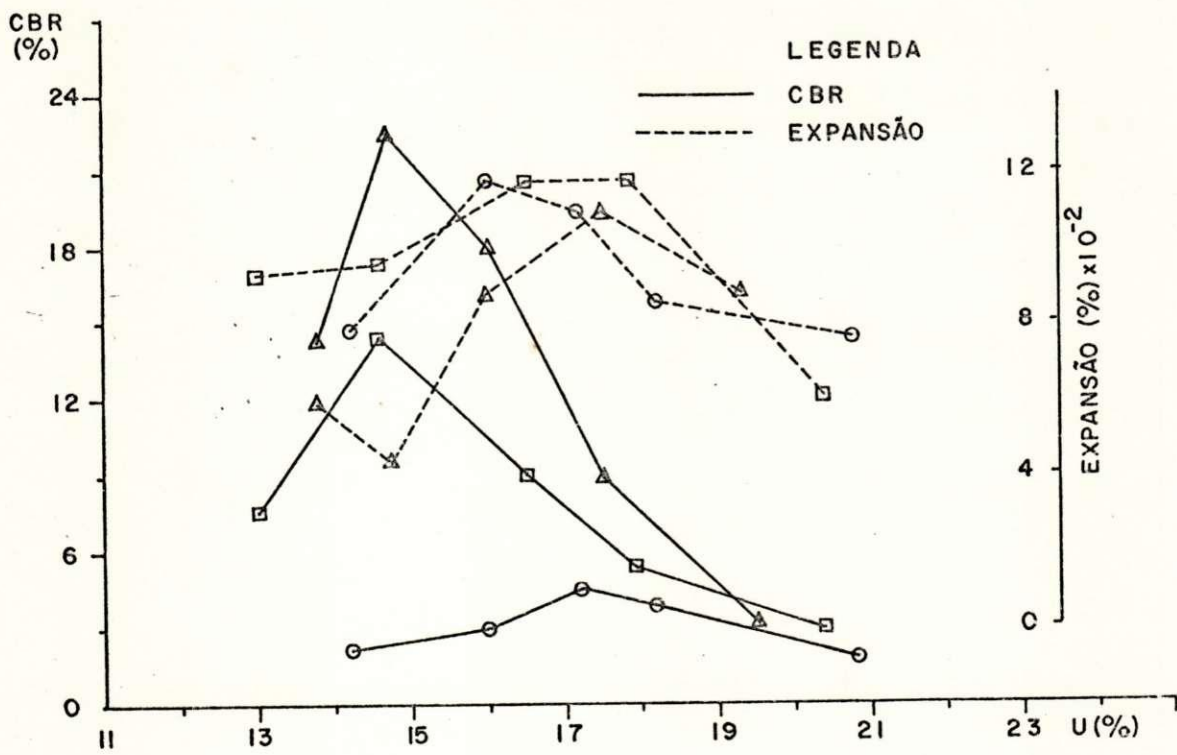
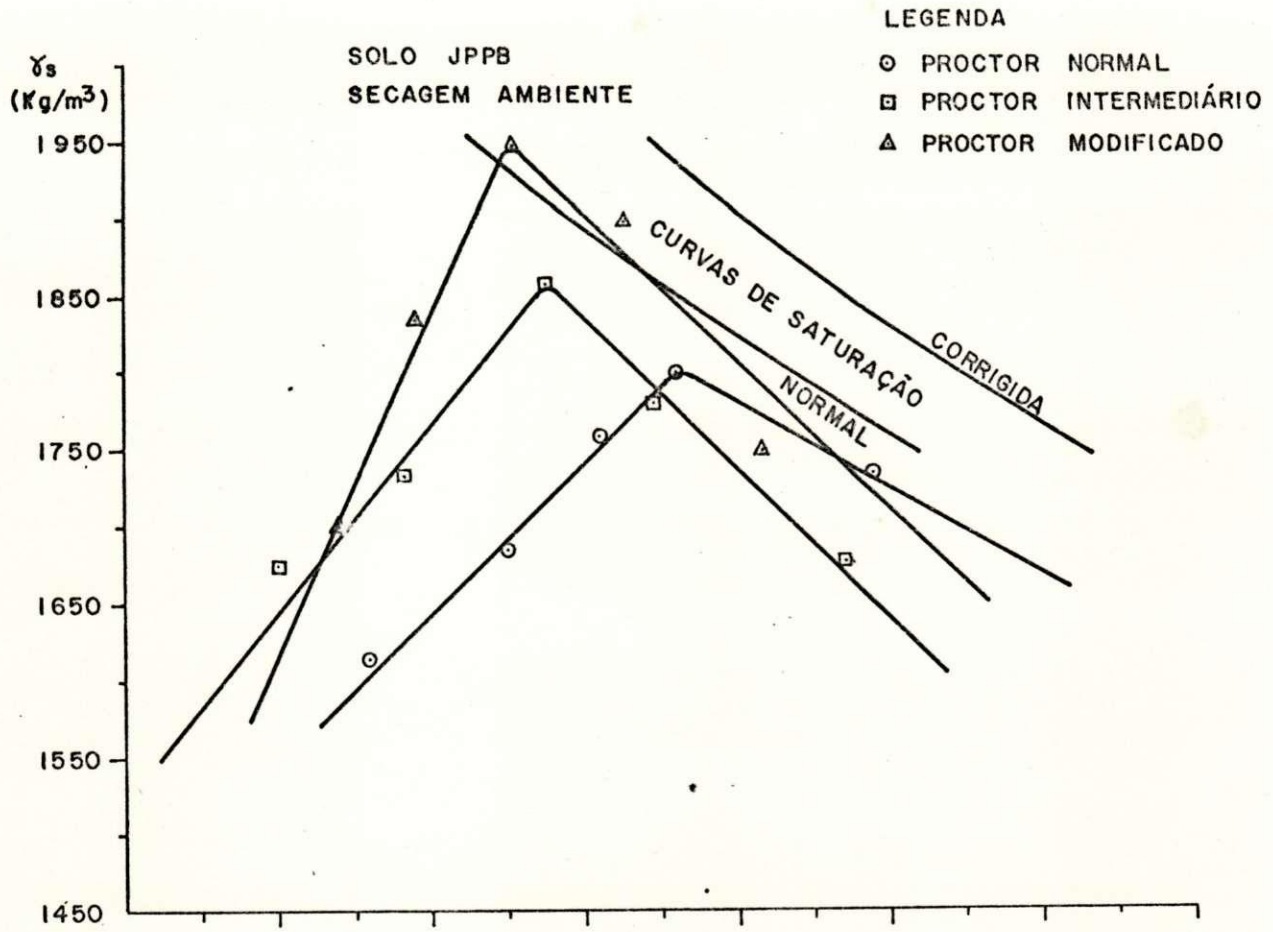
CBR - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

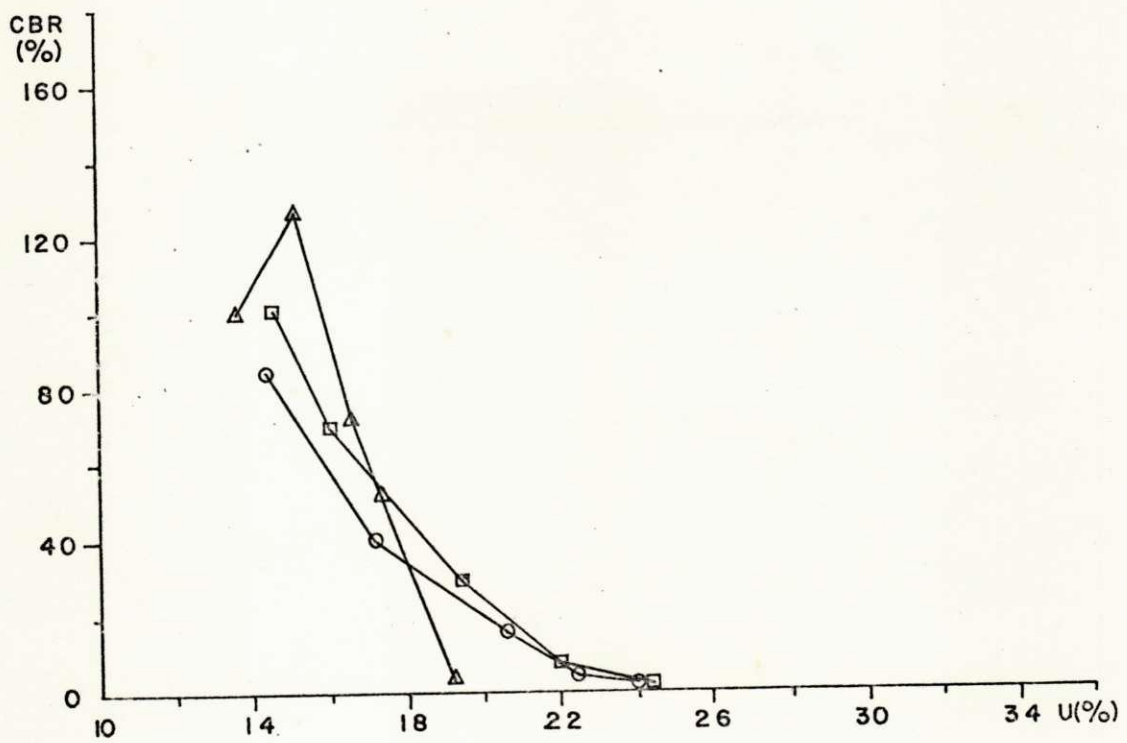
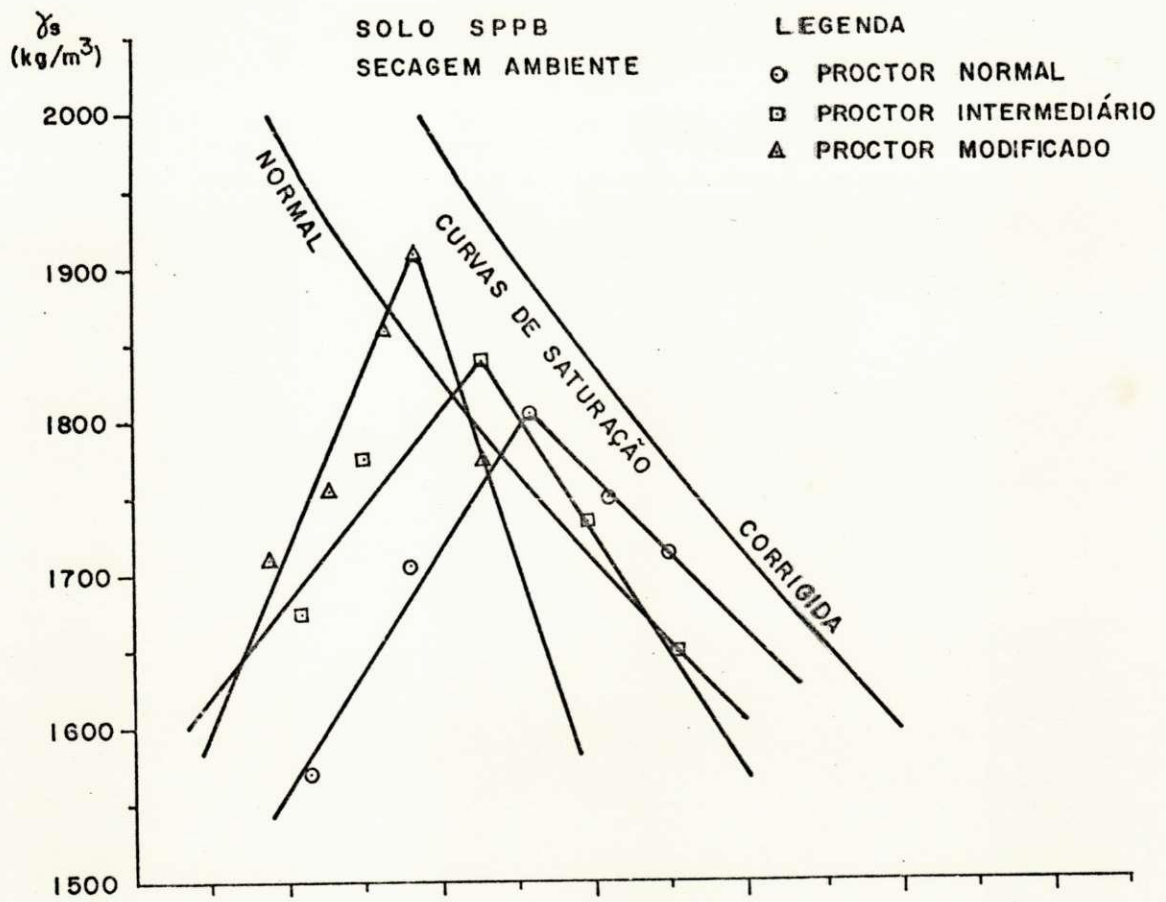


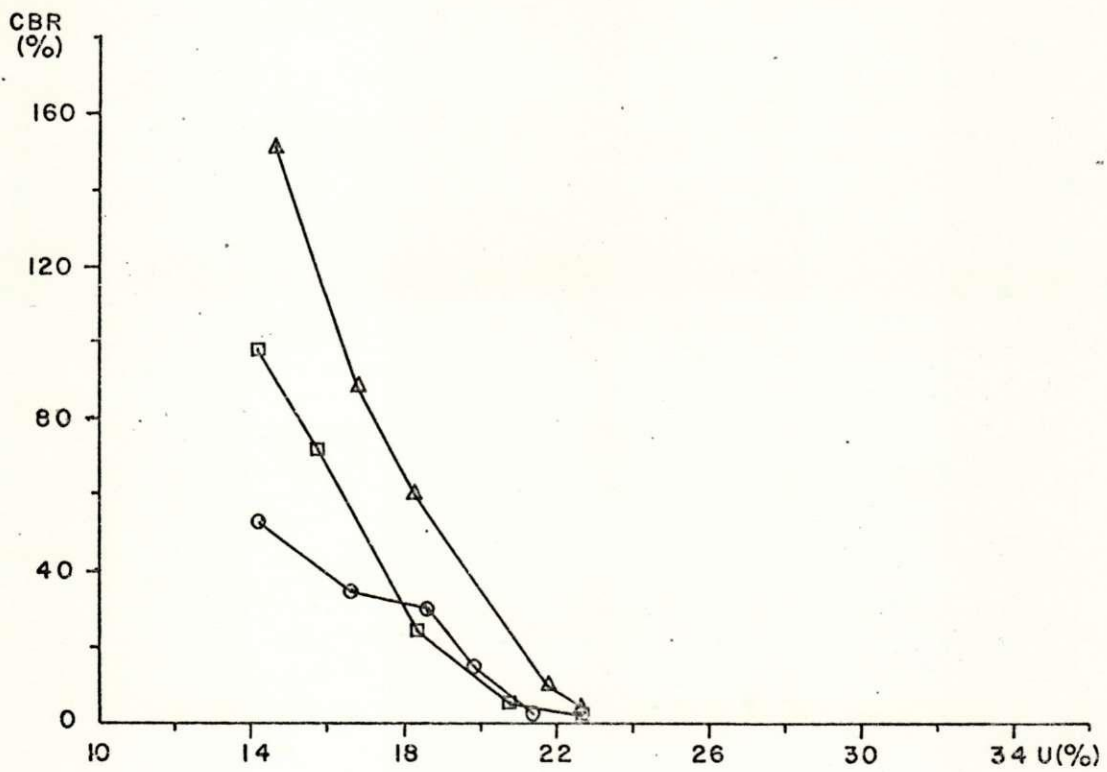
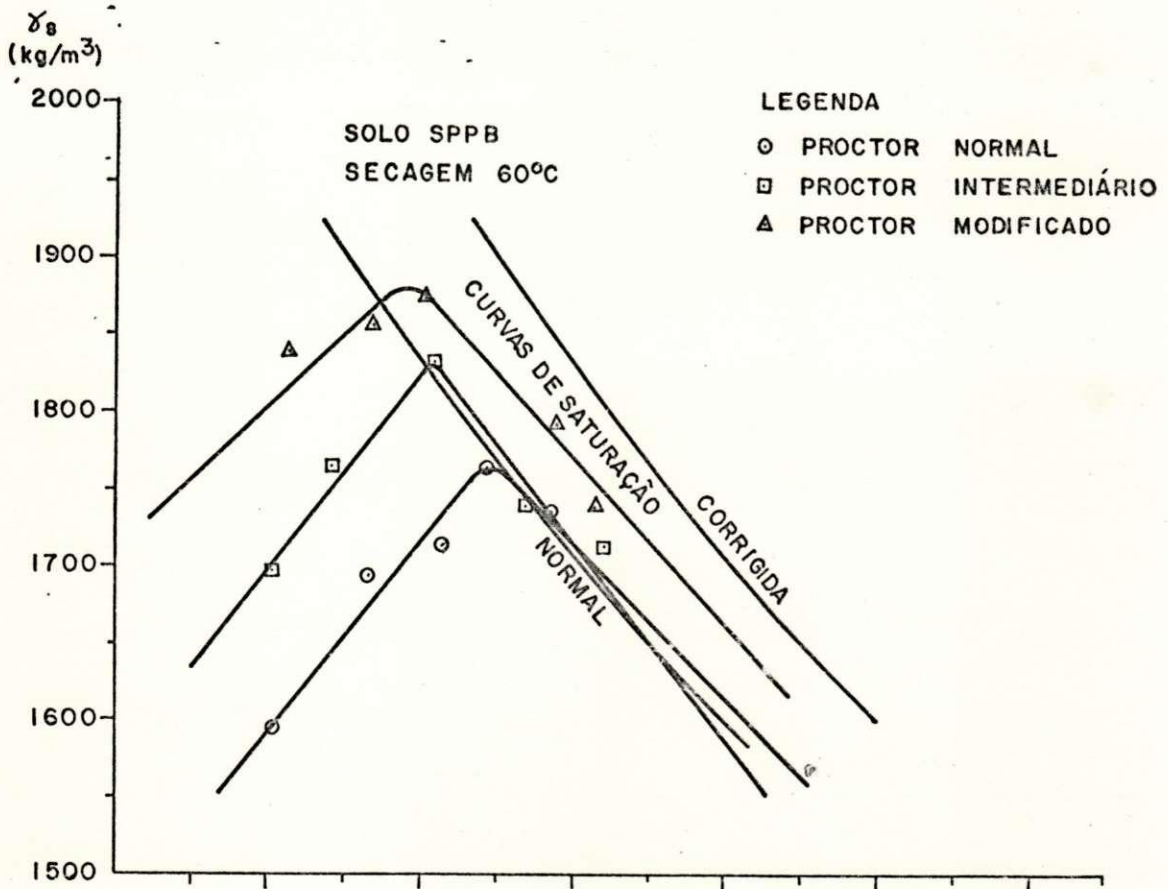


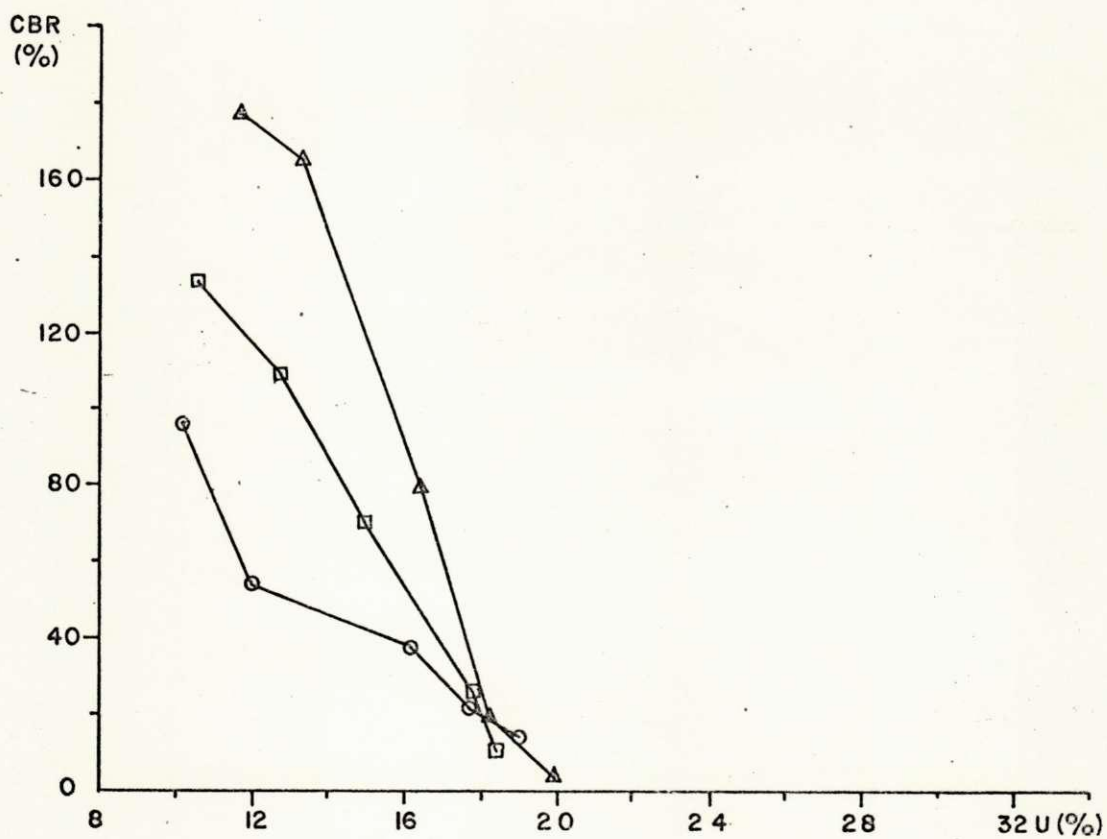
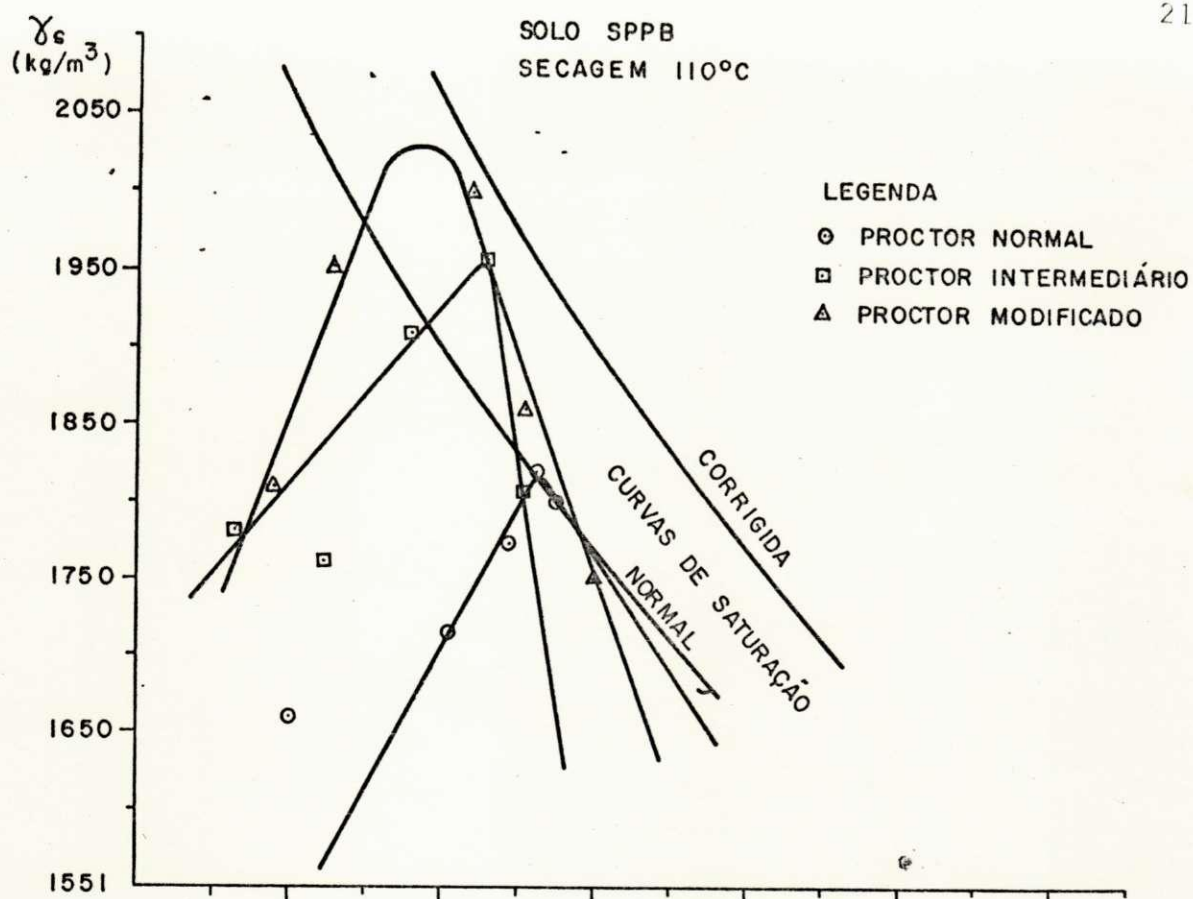


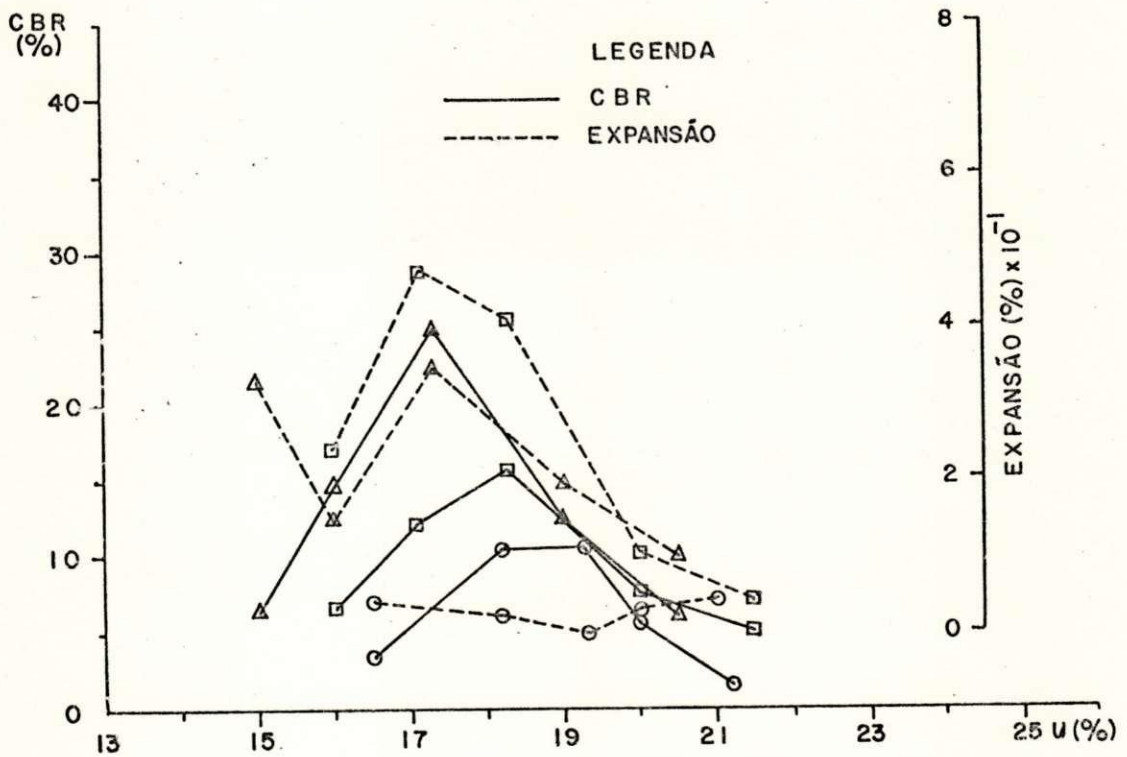
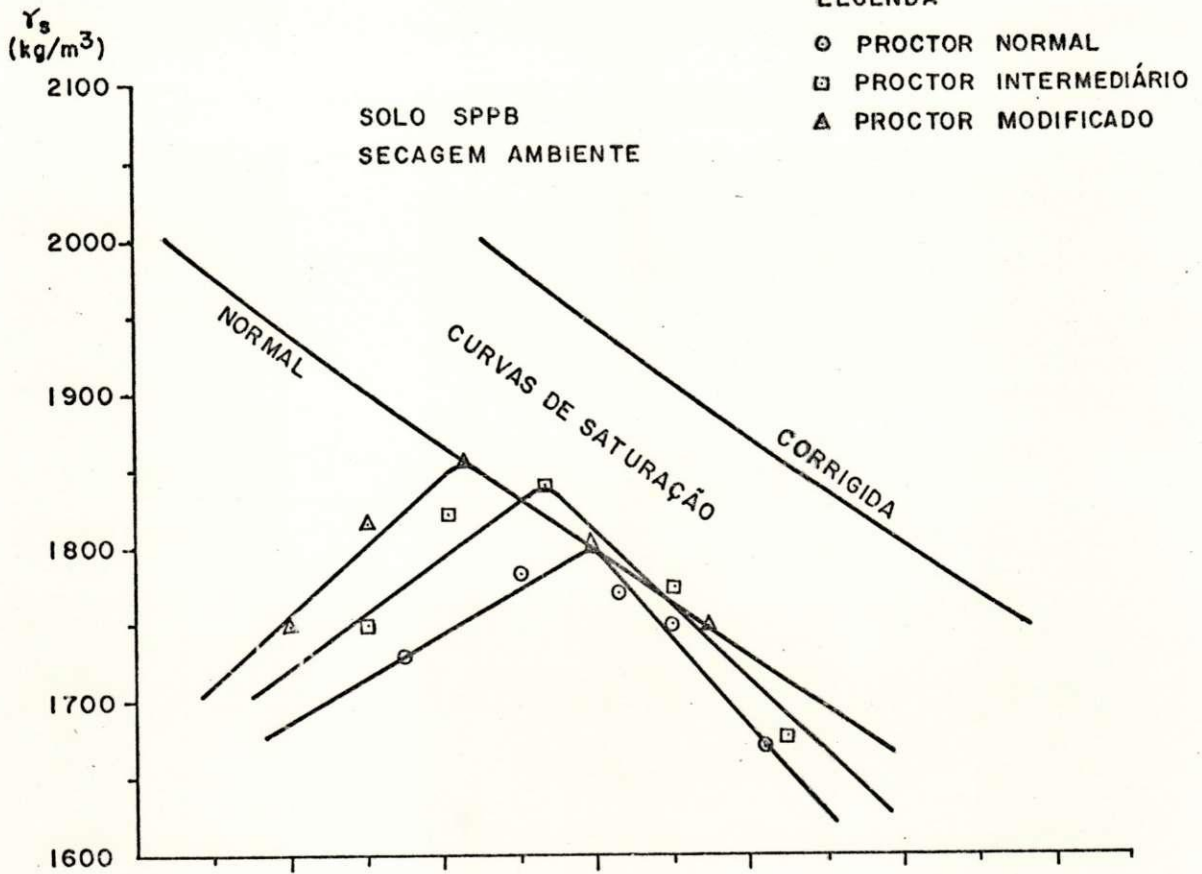


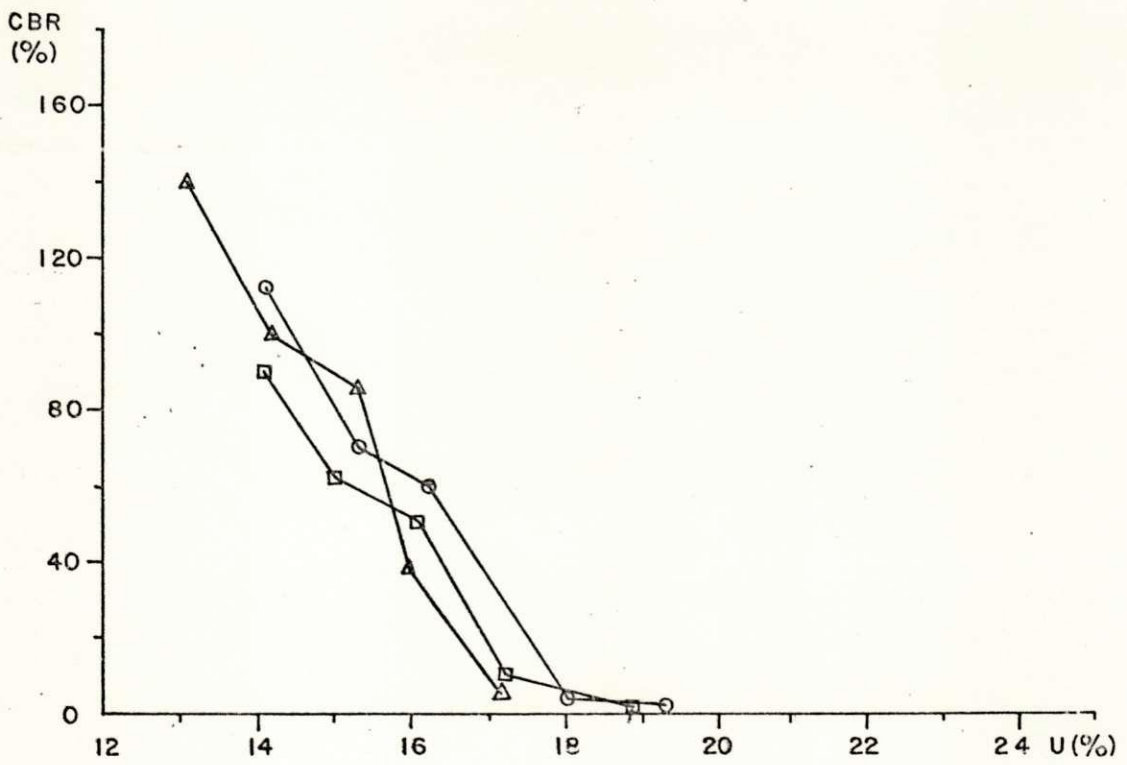
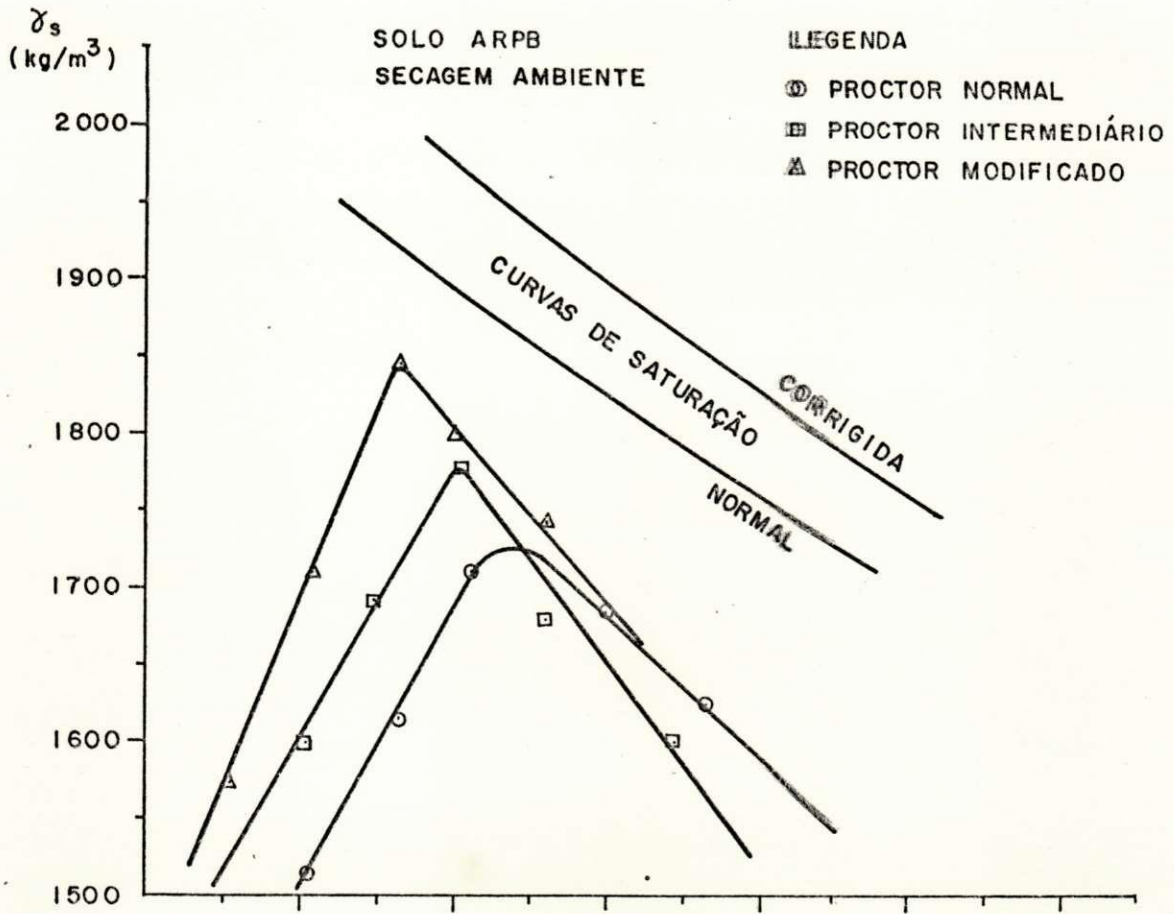




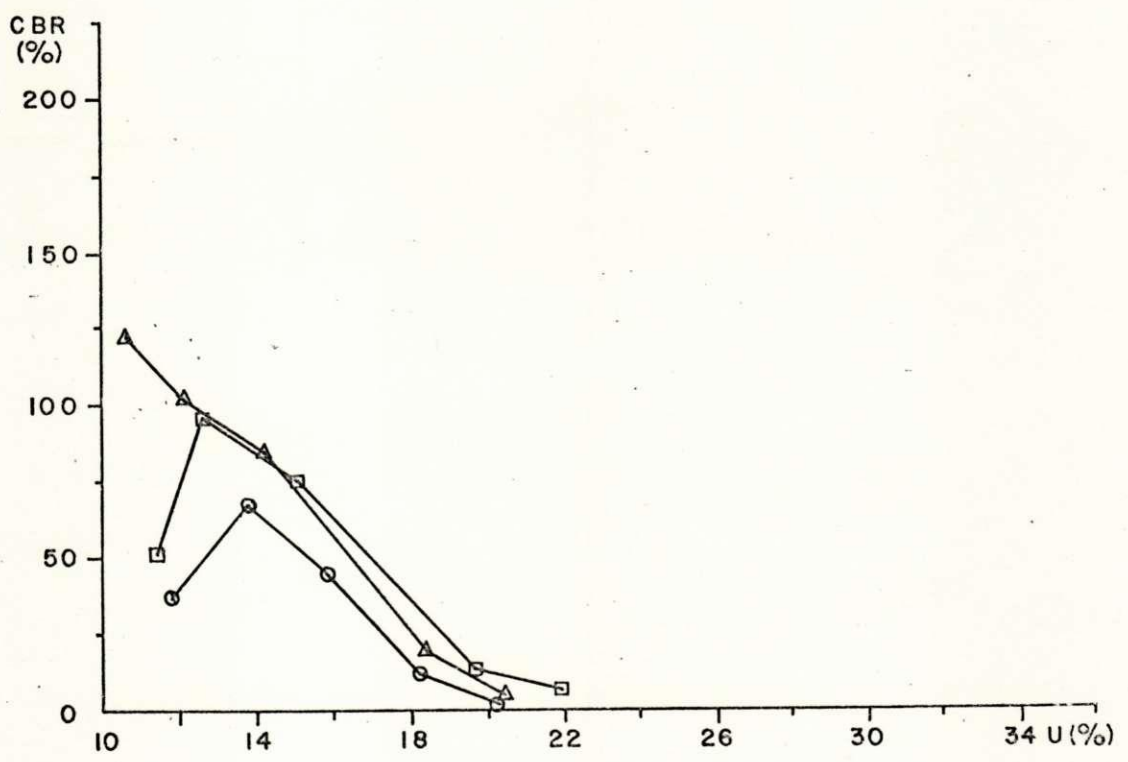
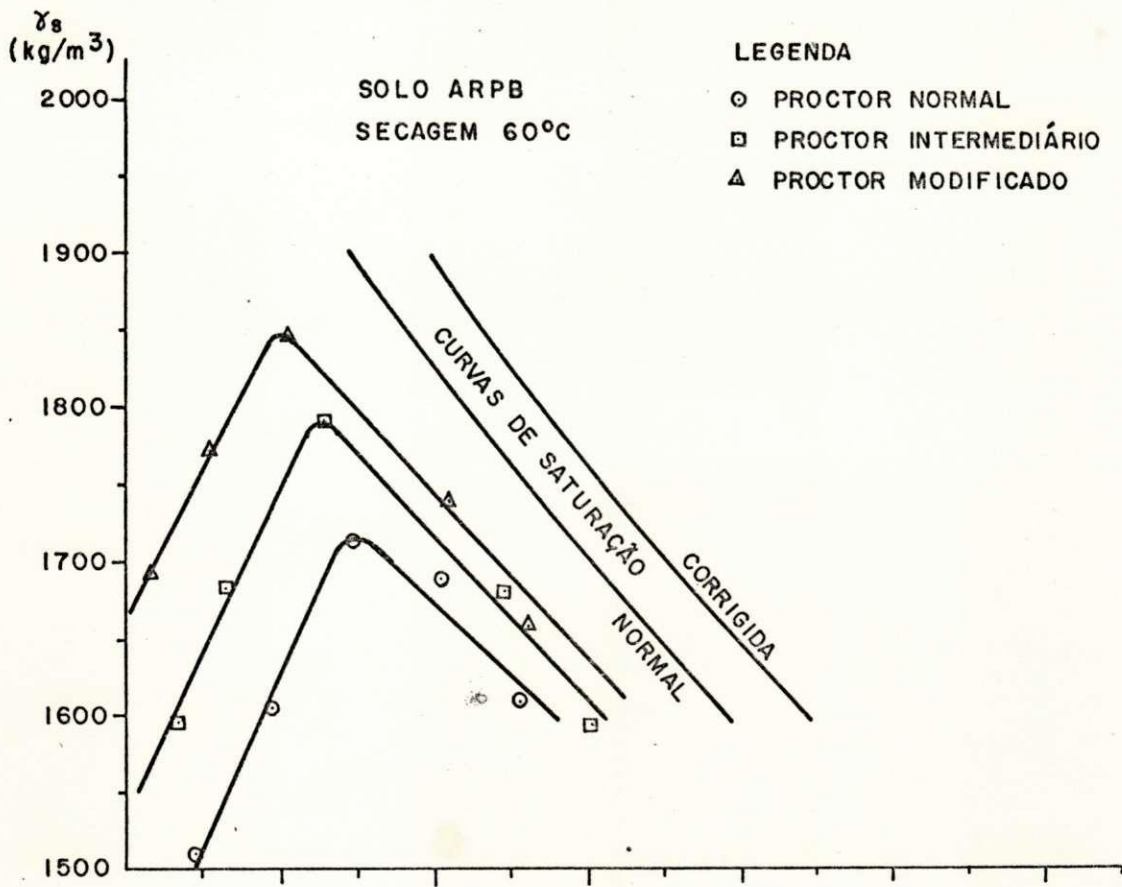




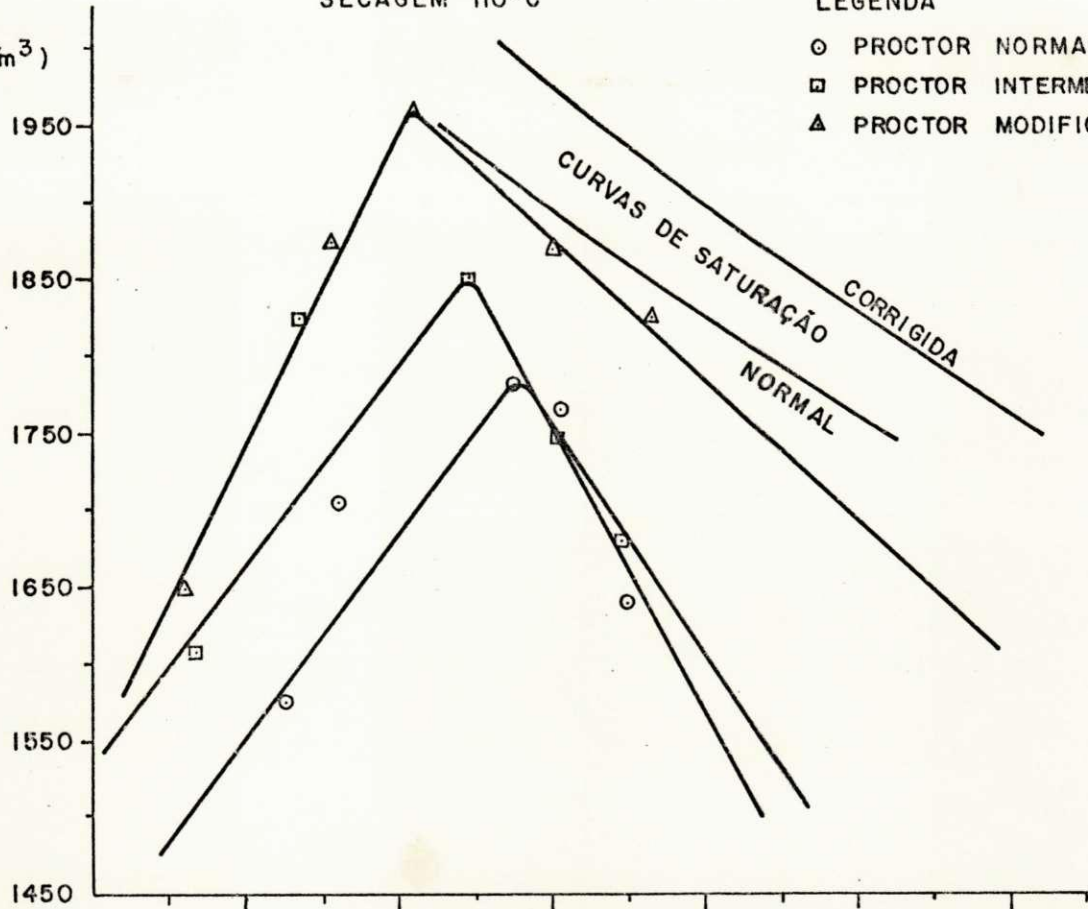




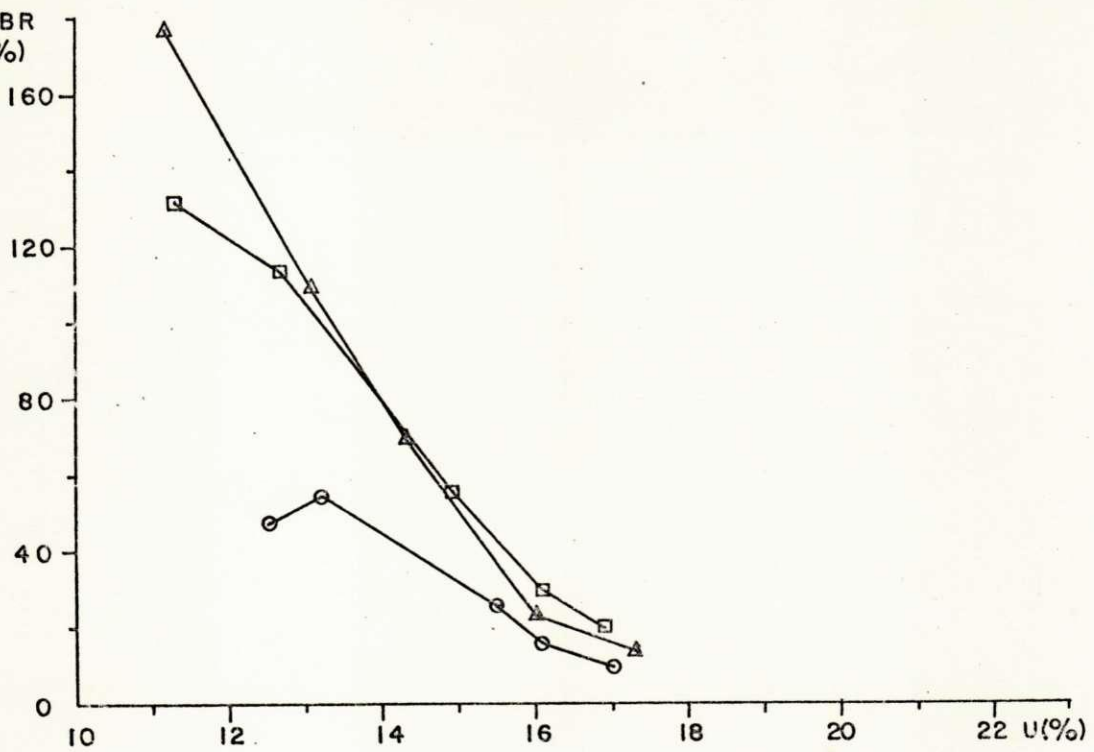


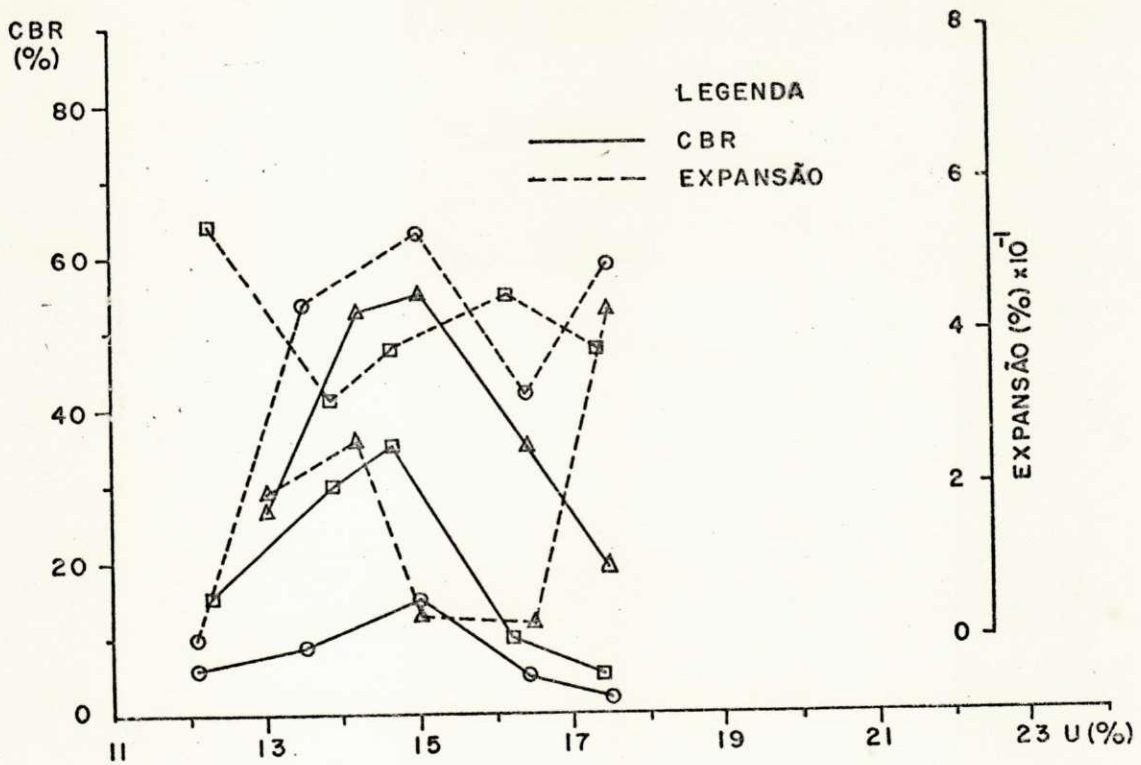
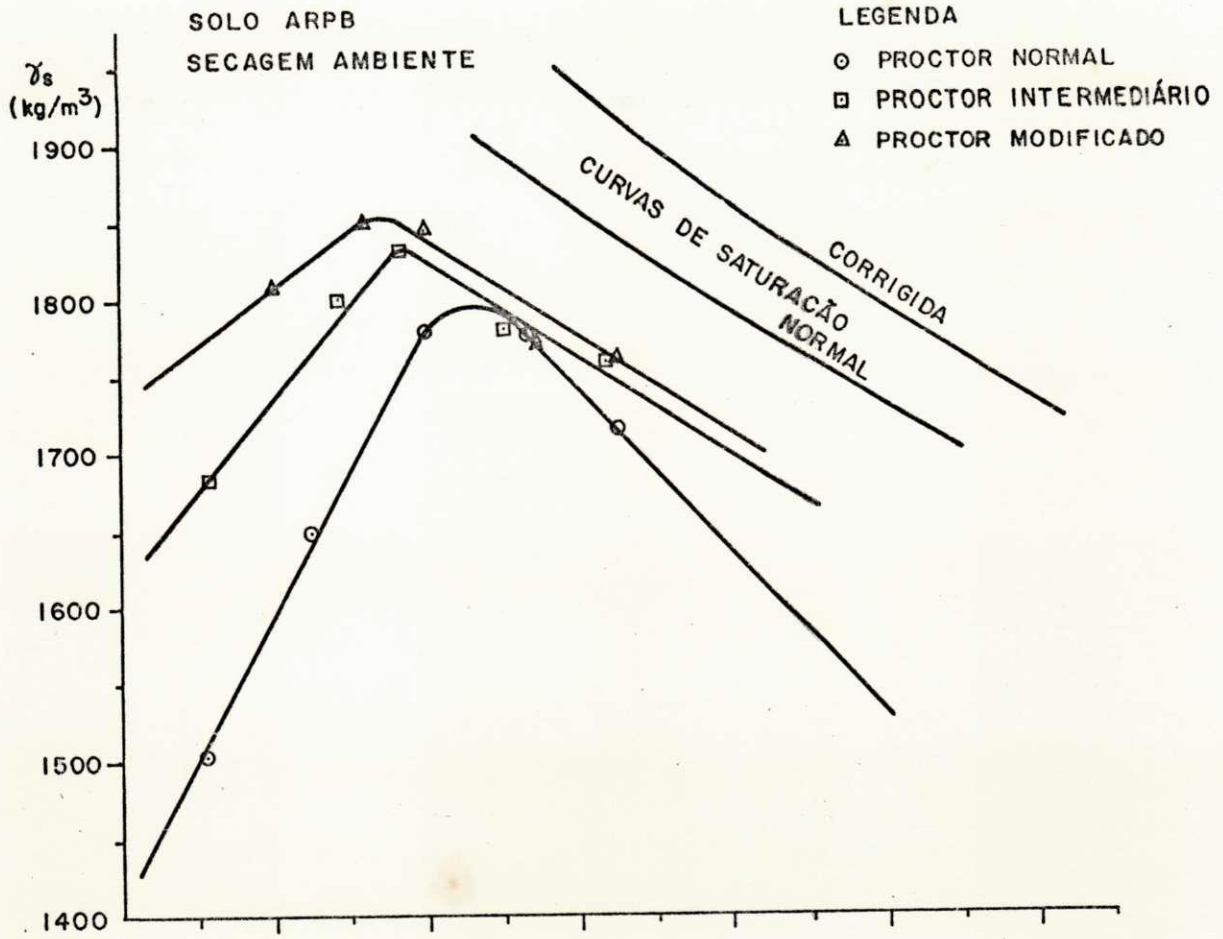


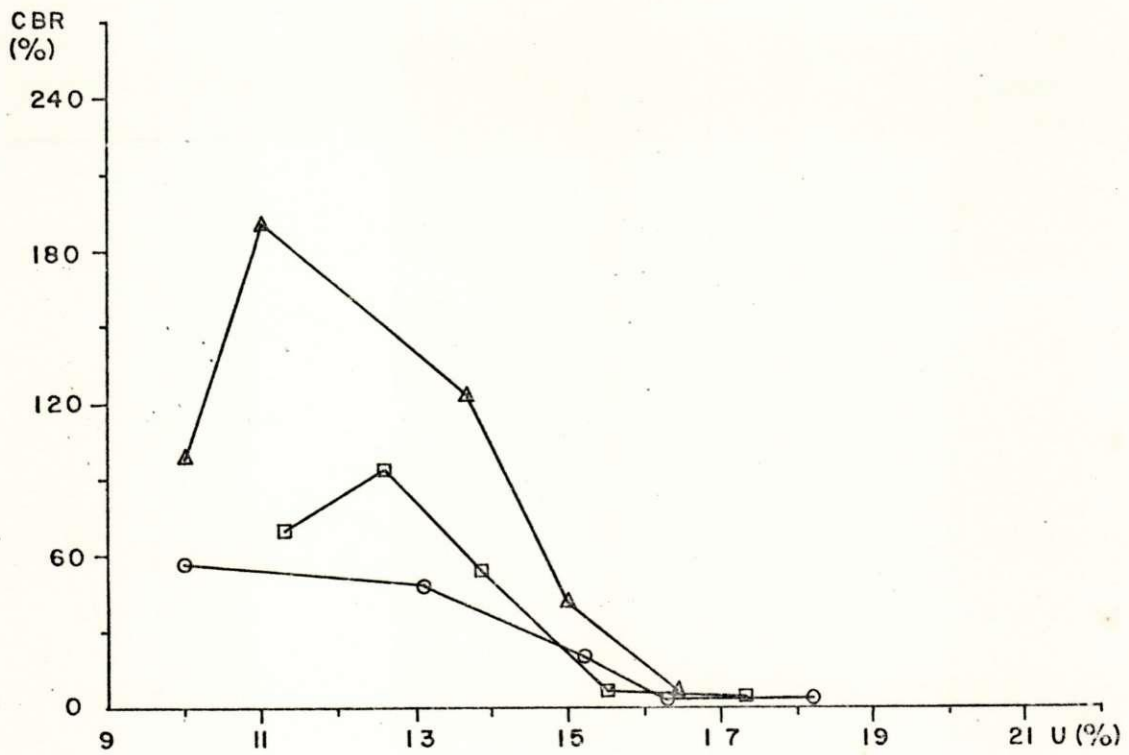
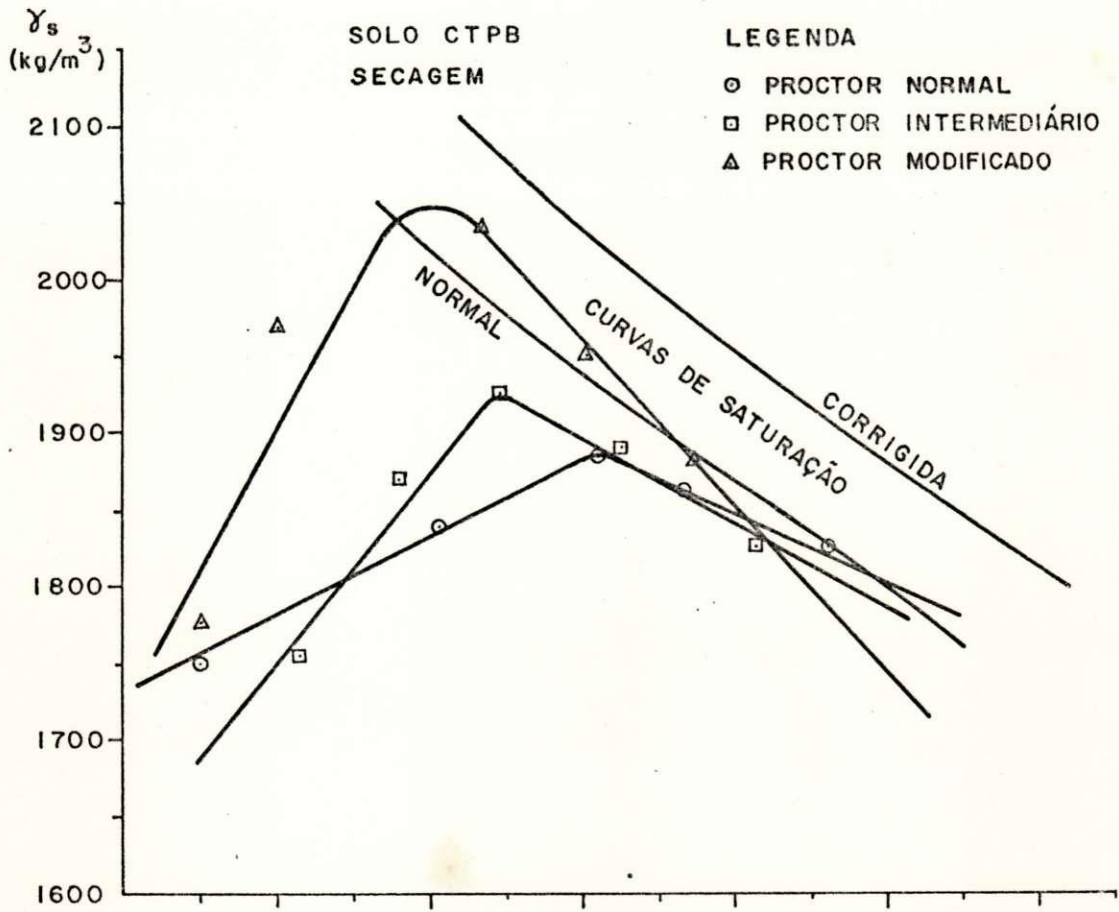
$\gamma_s$   
(kg/m<sup>3</sup>)

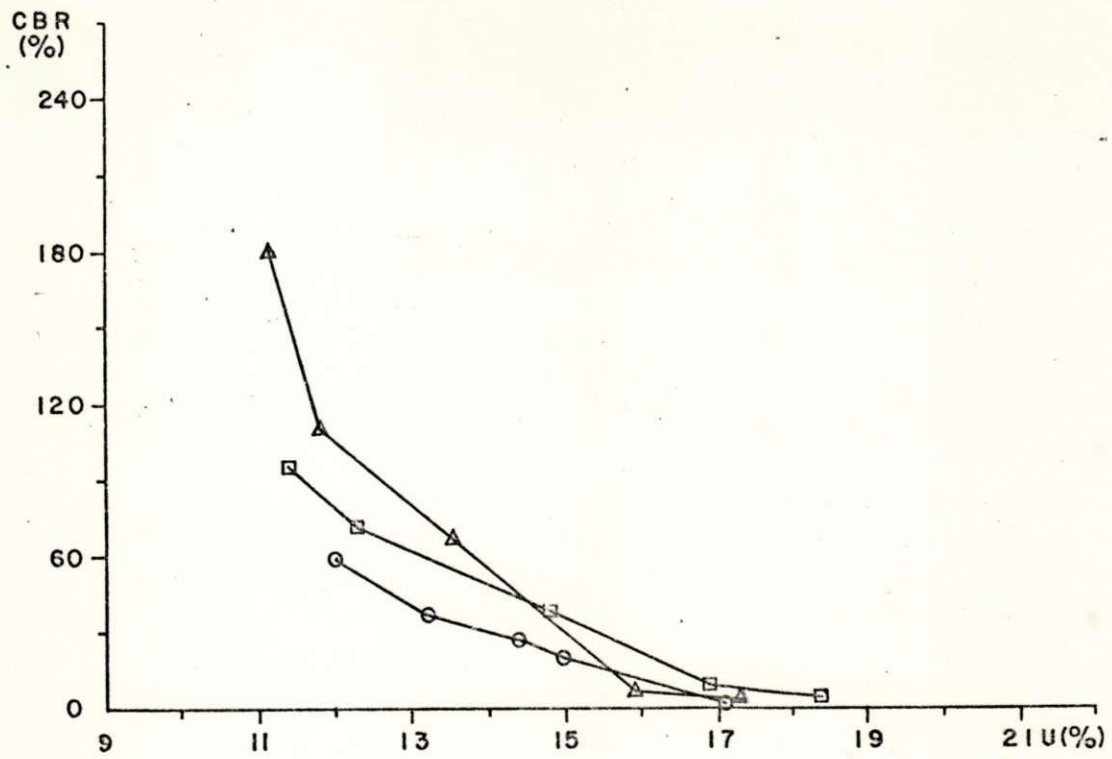
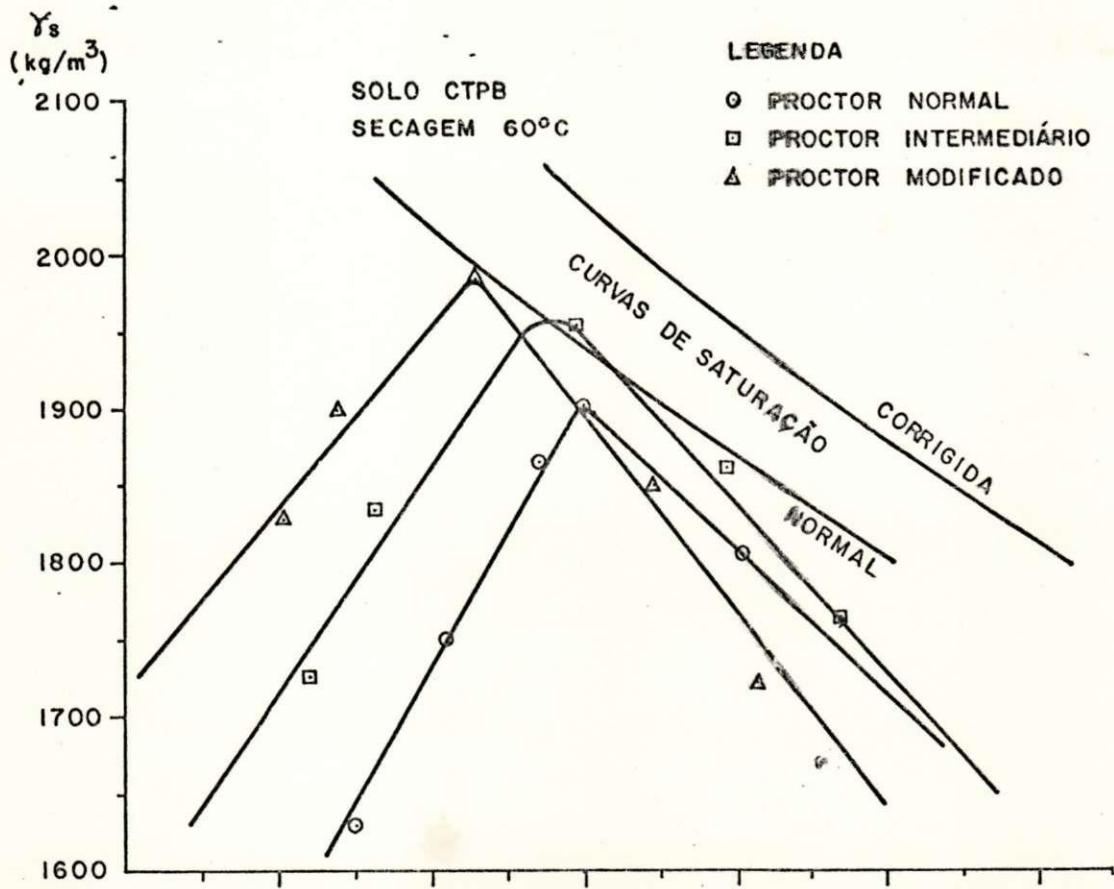


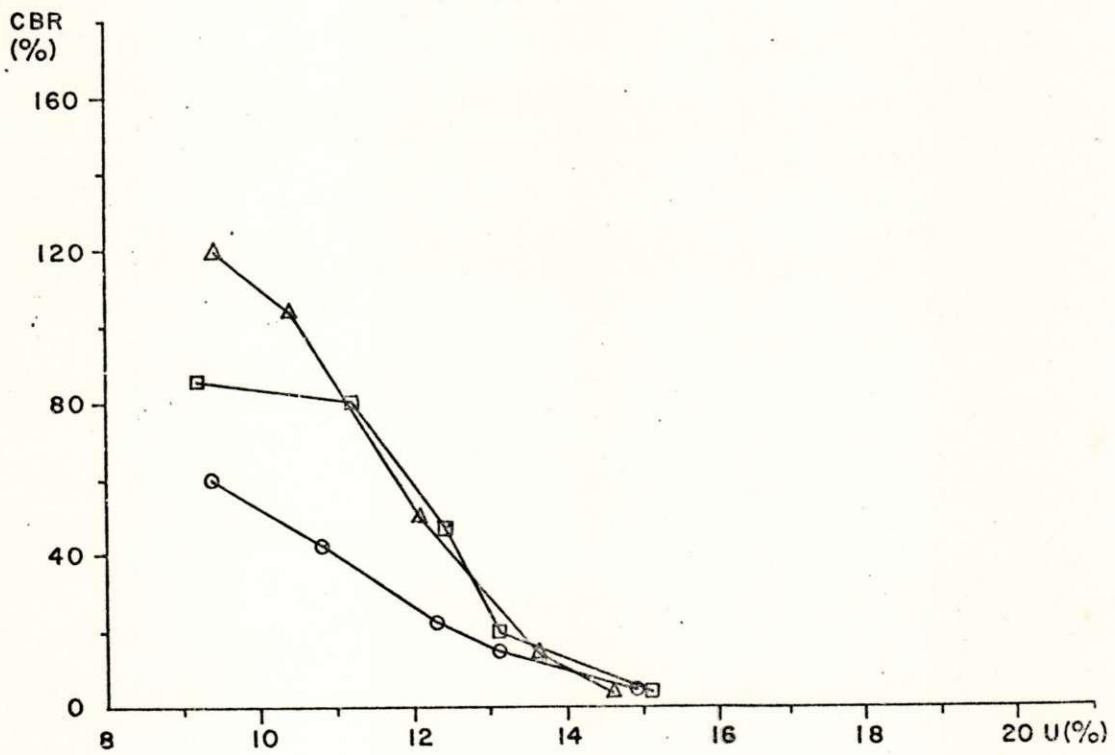
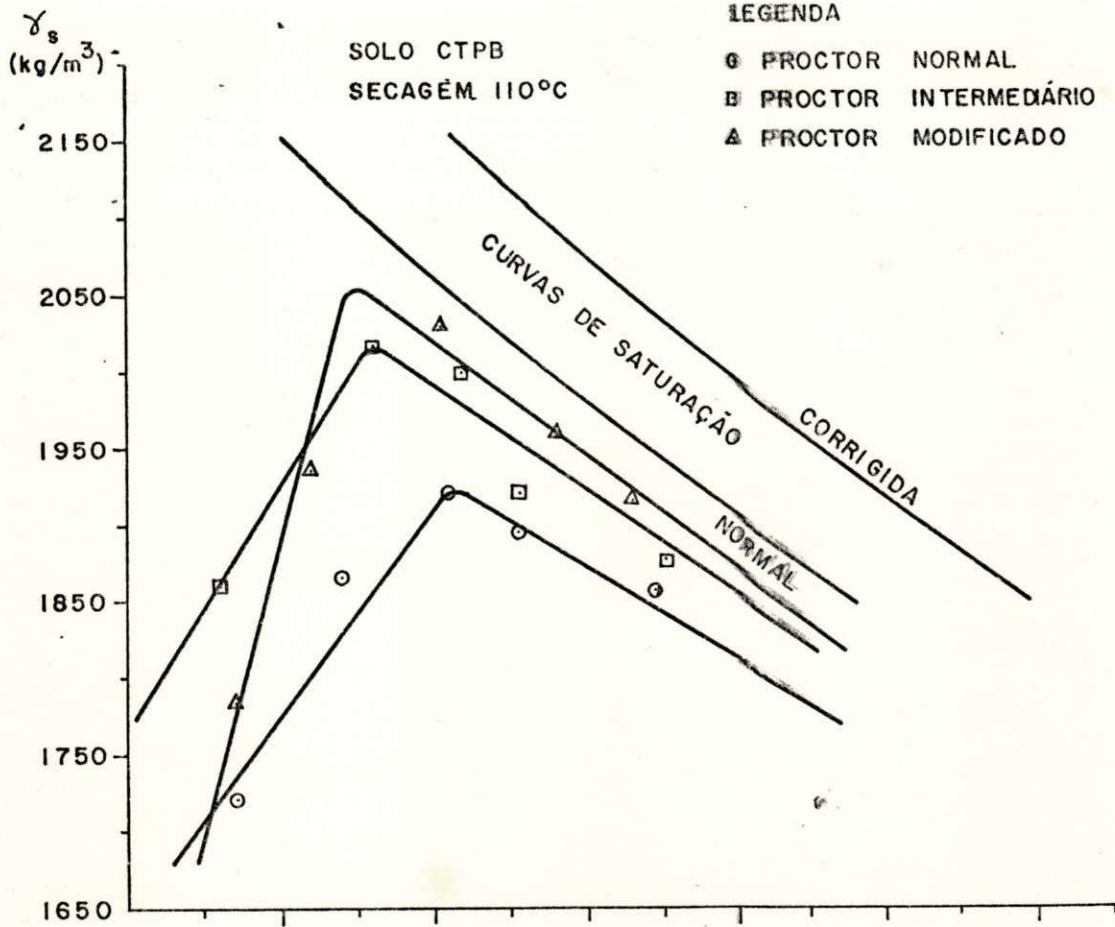
CBR  
(%)

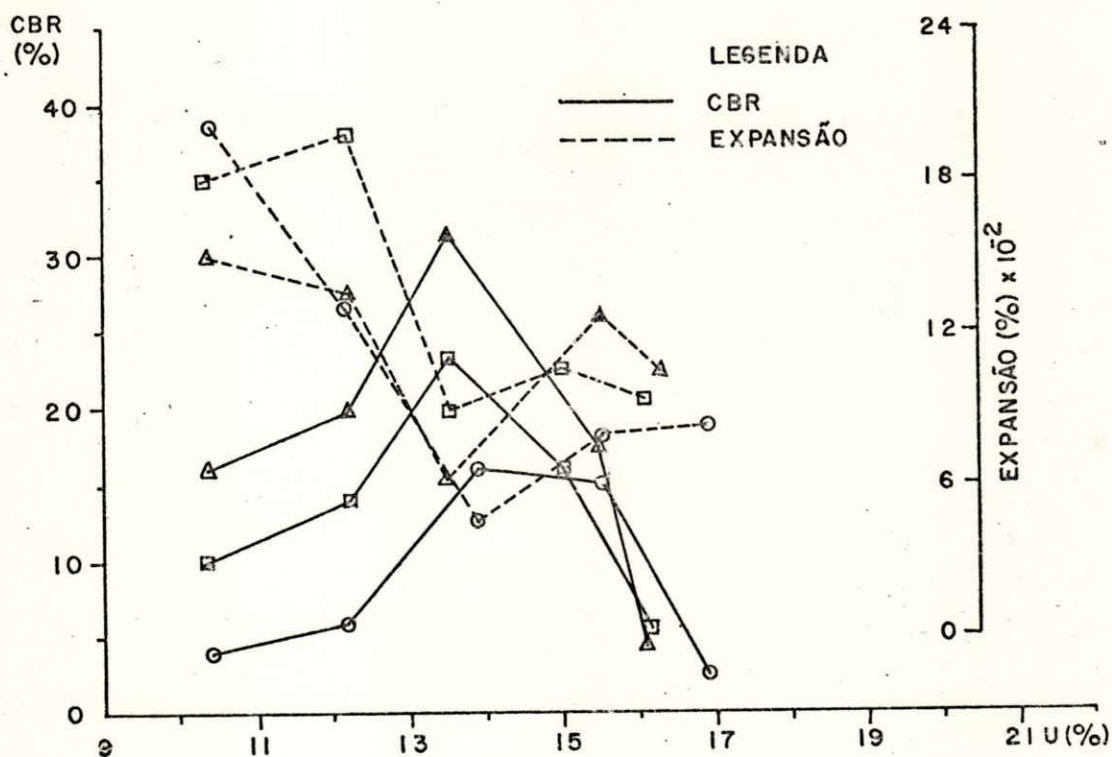
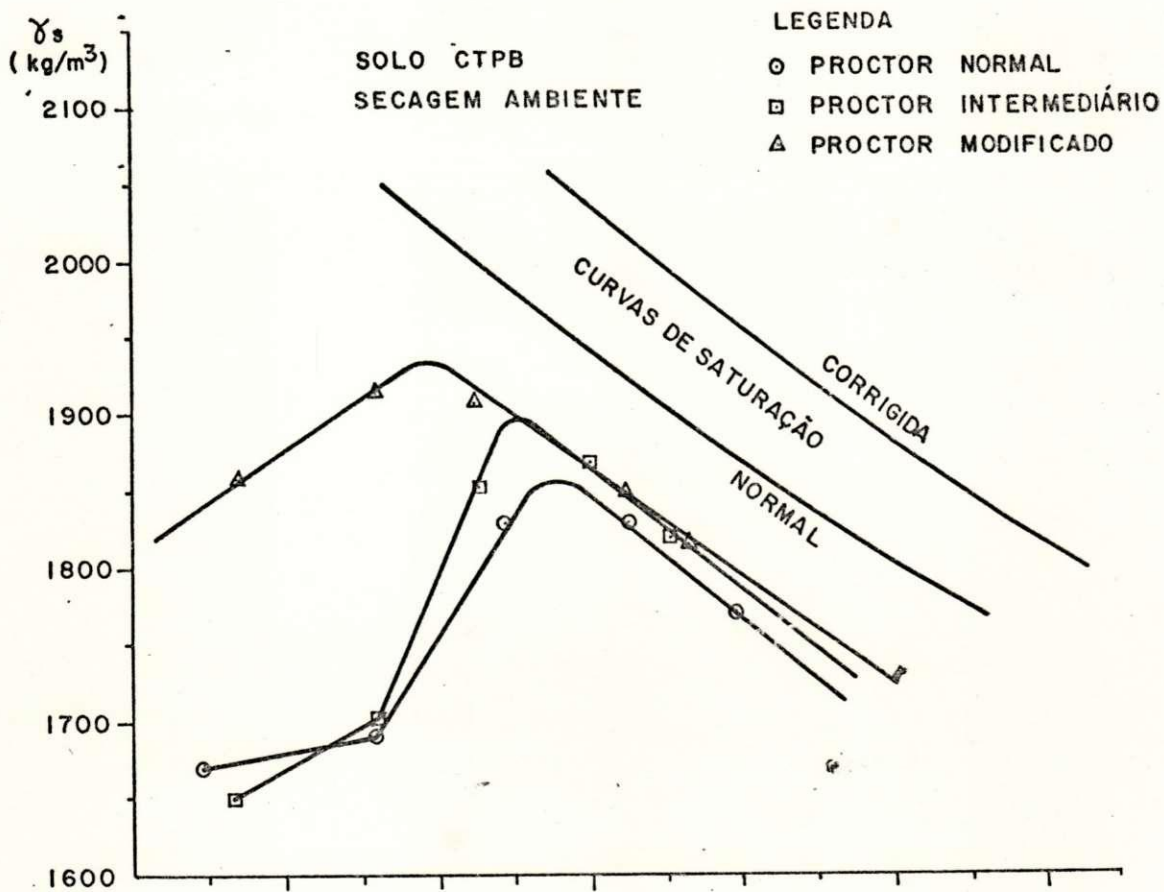


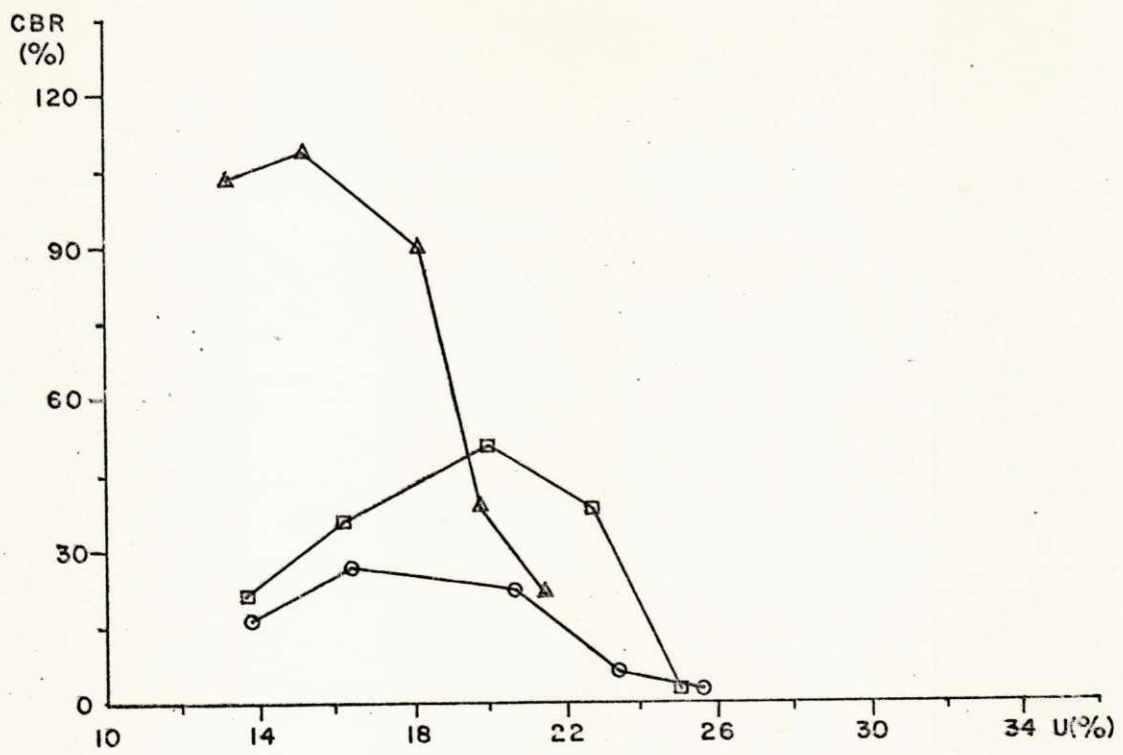
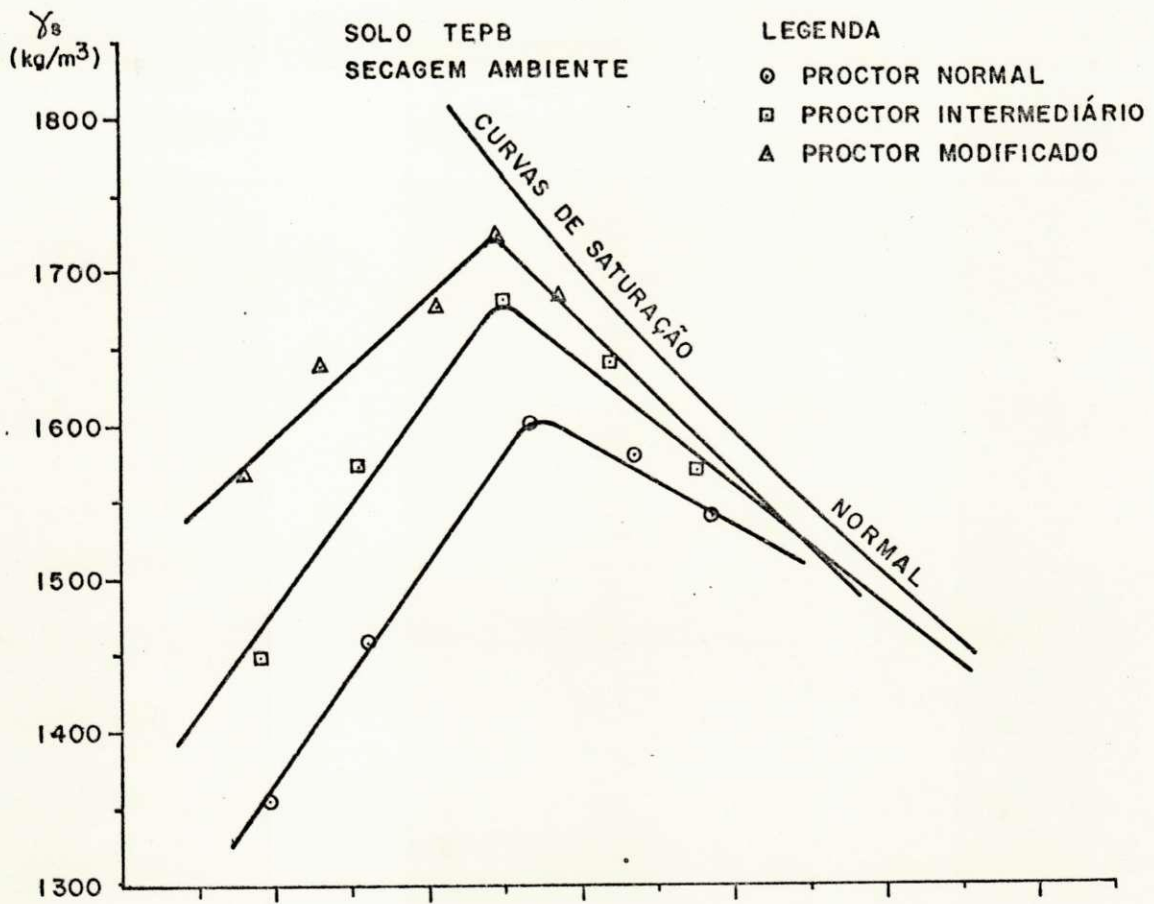




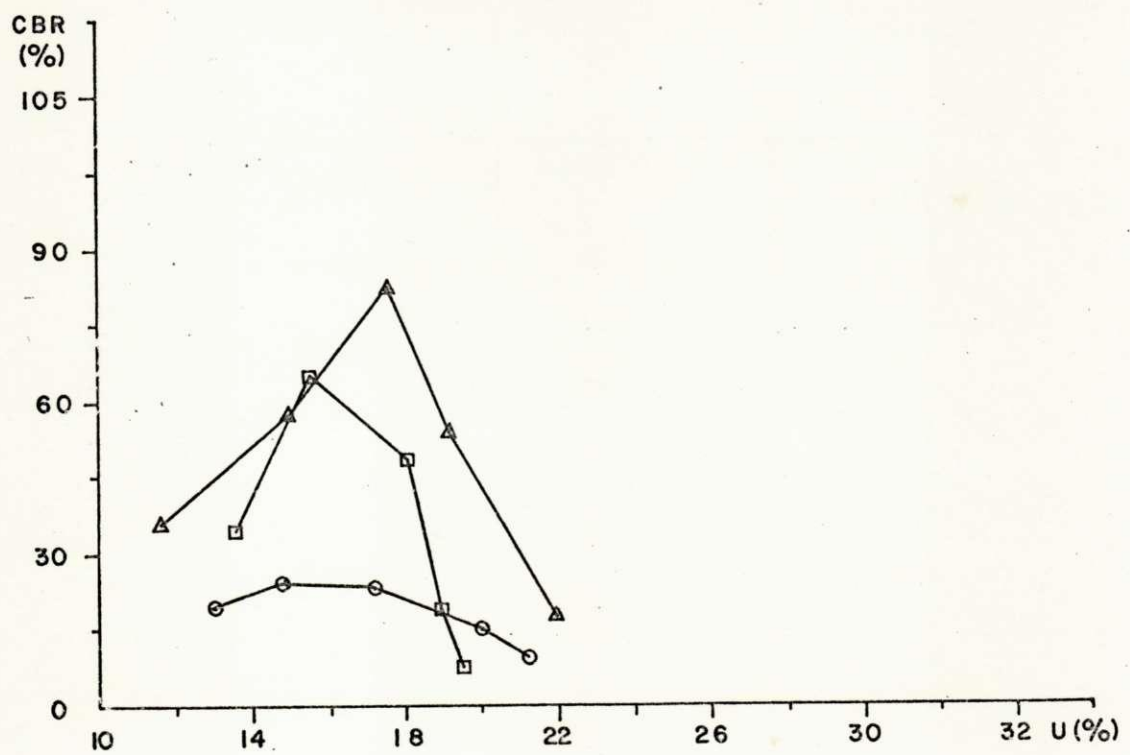
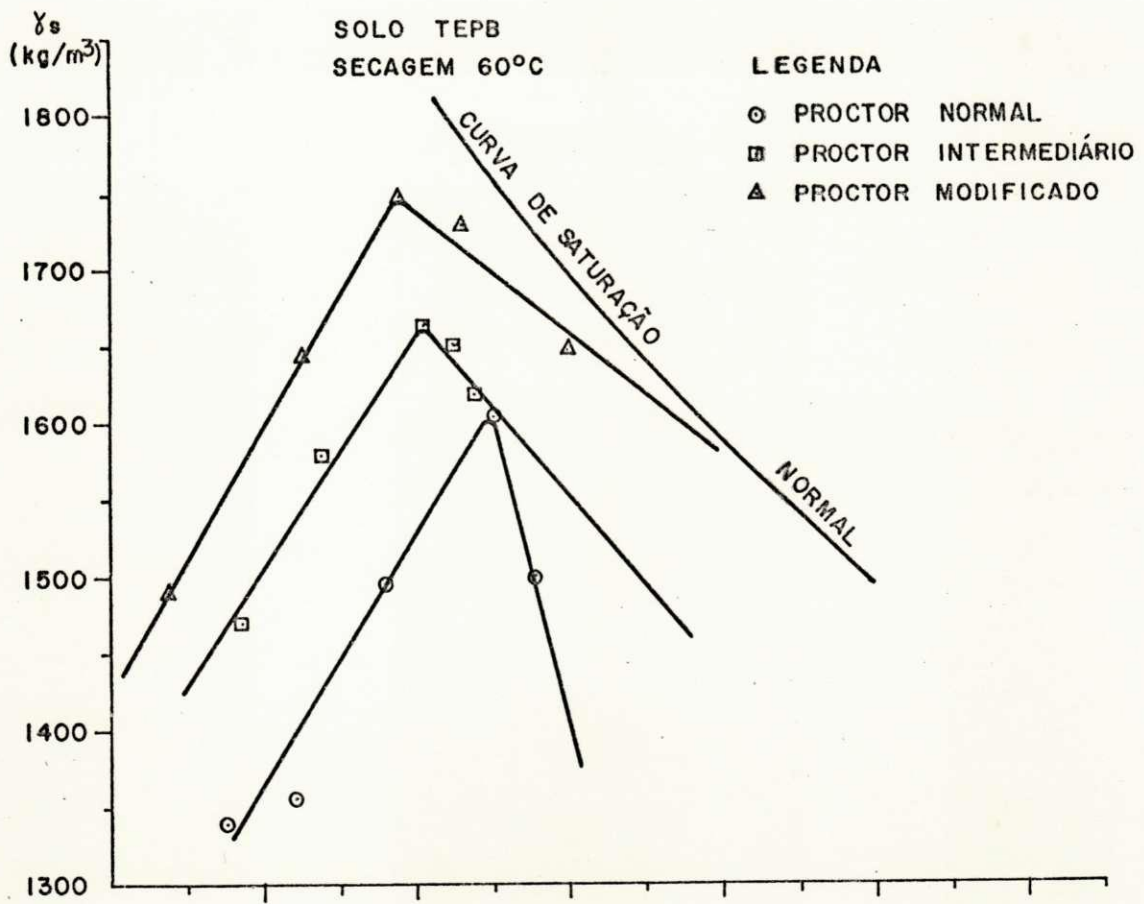


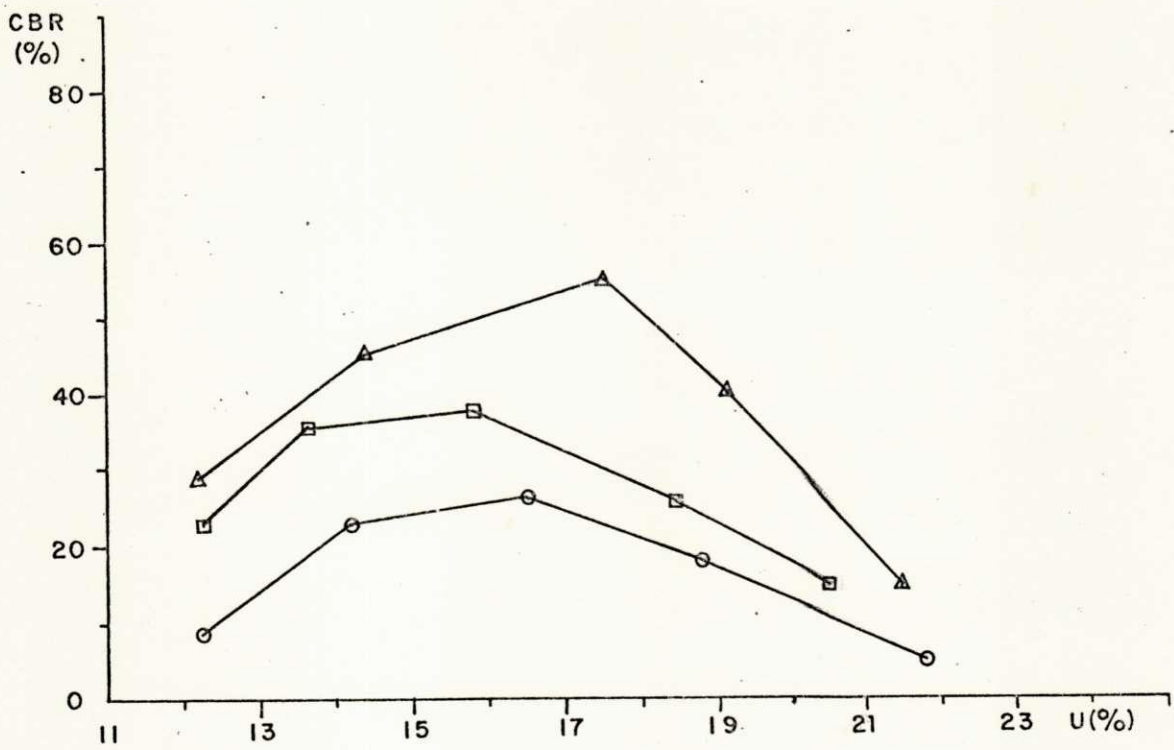
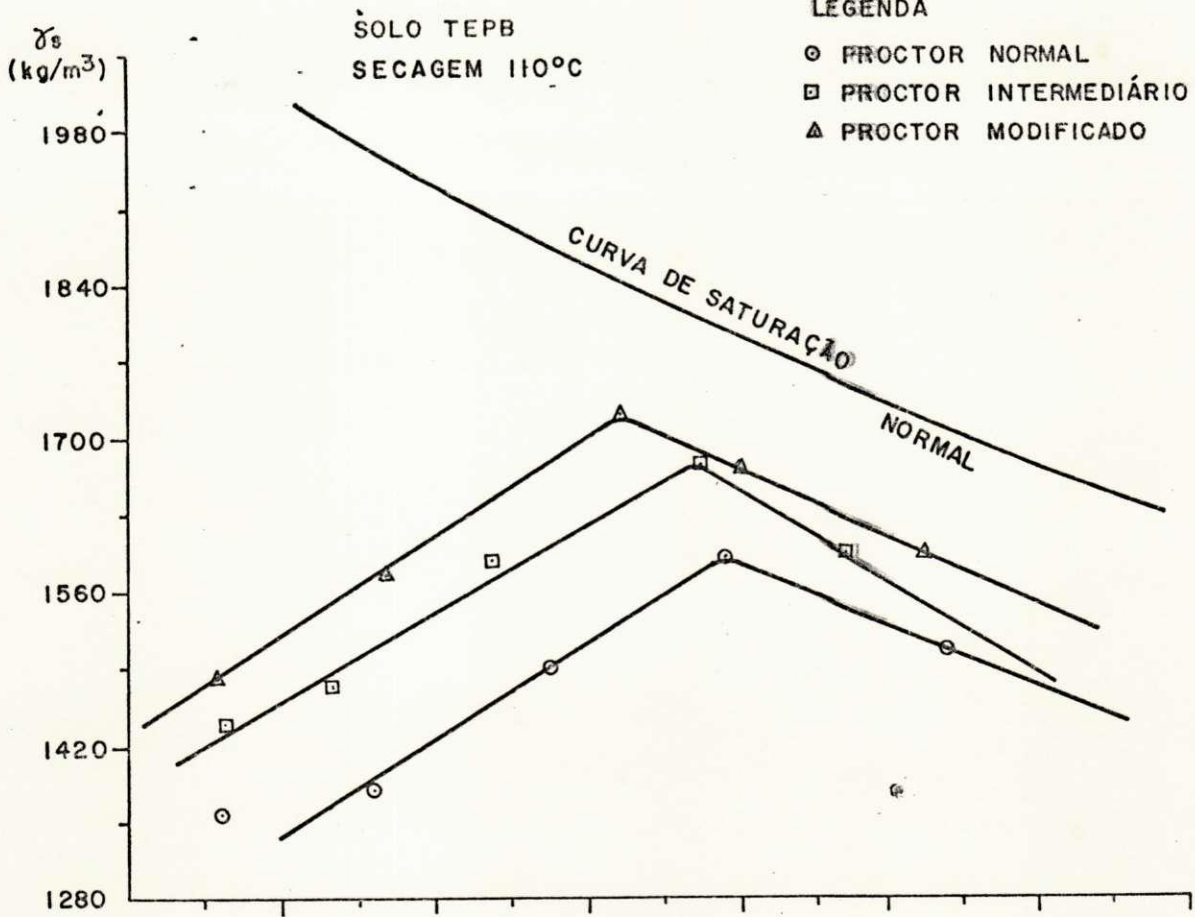


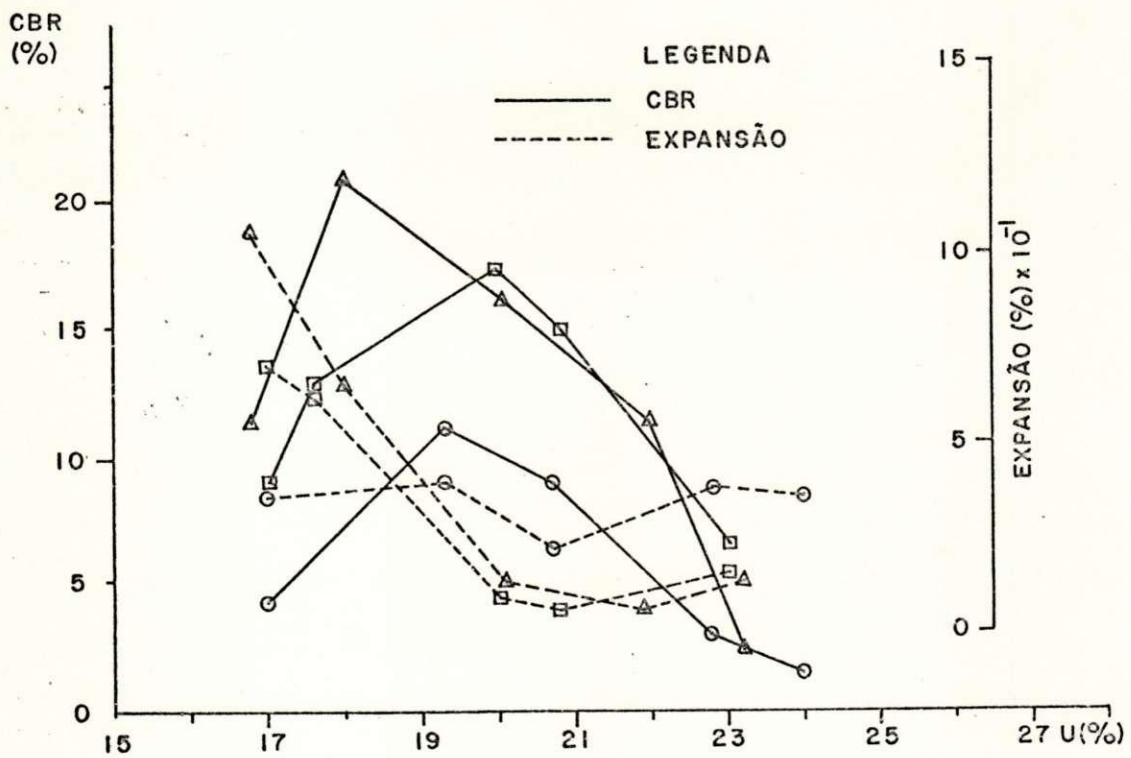
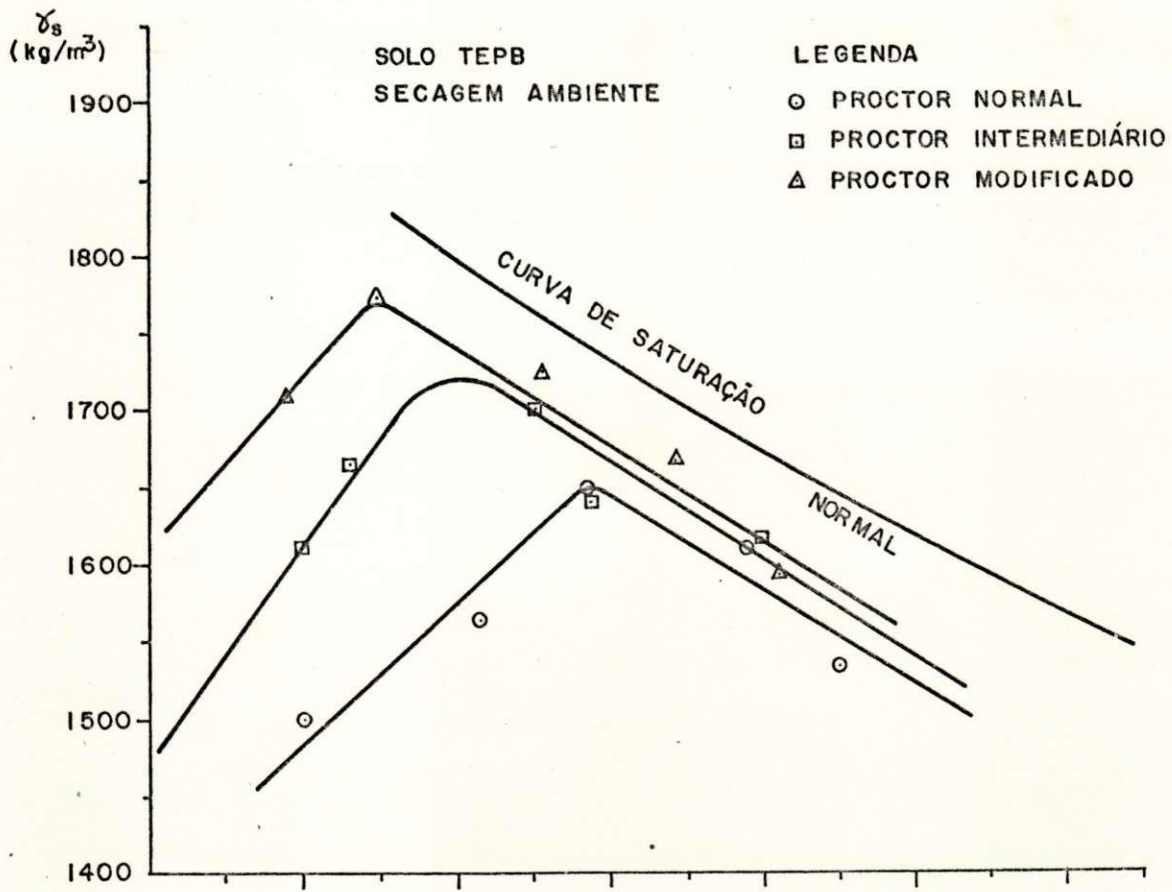


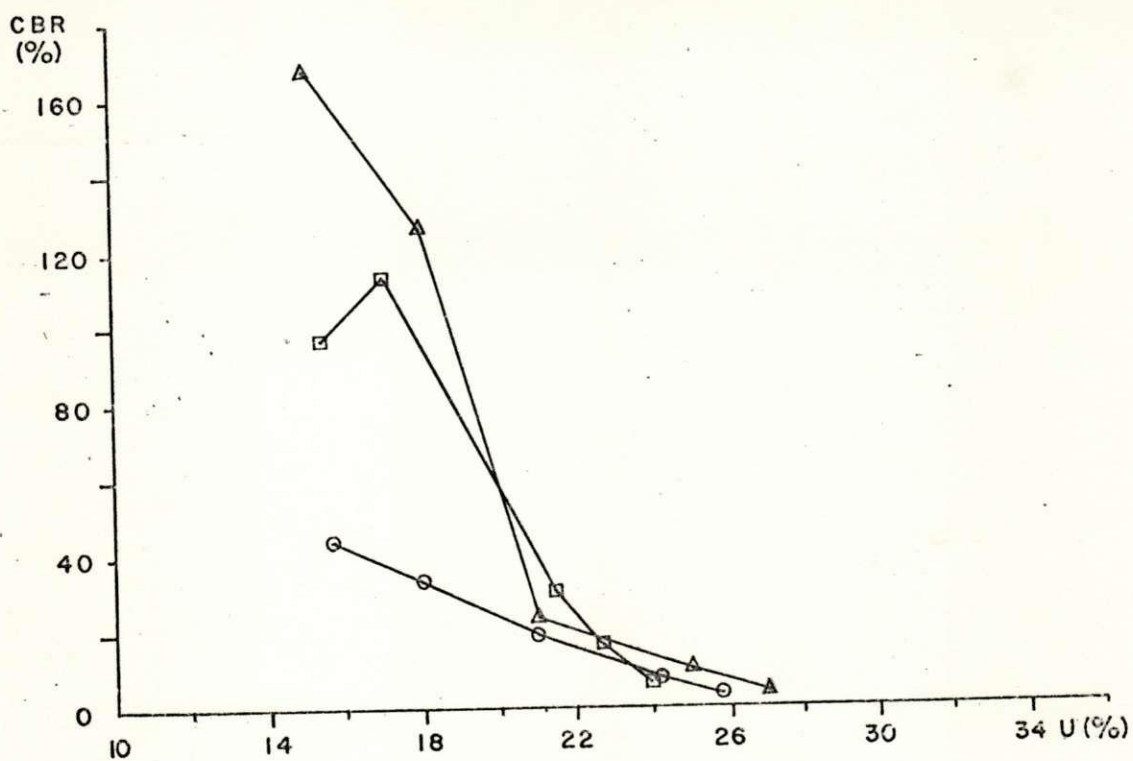
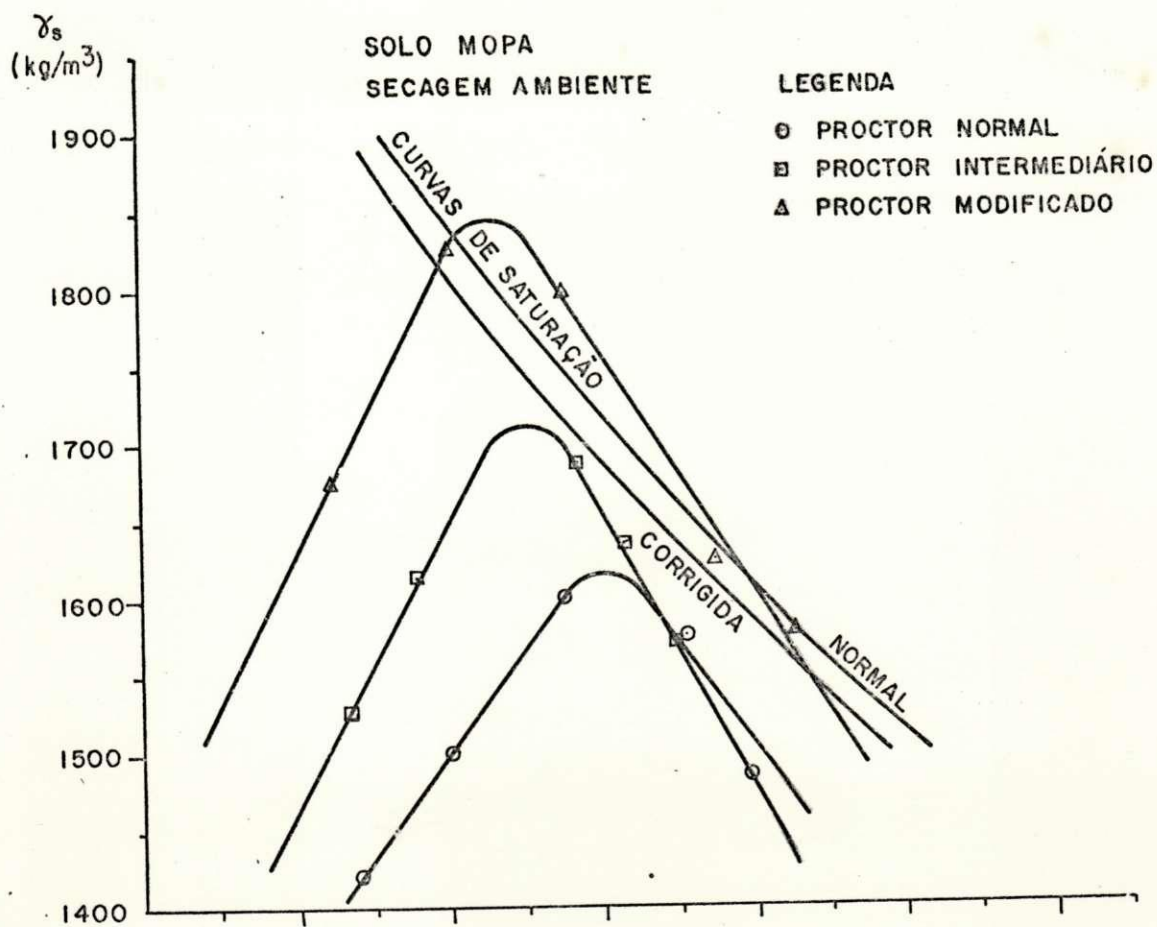


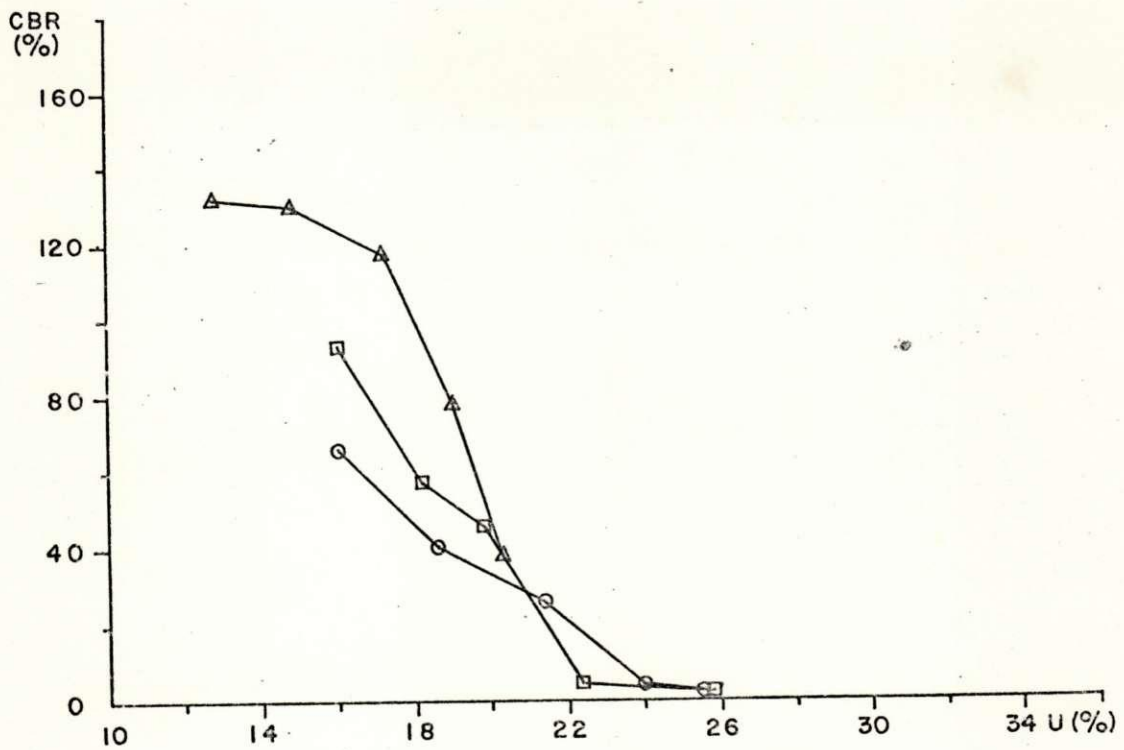
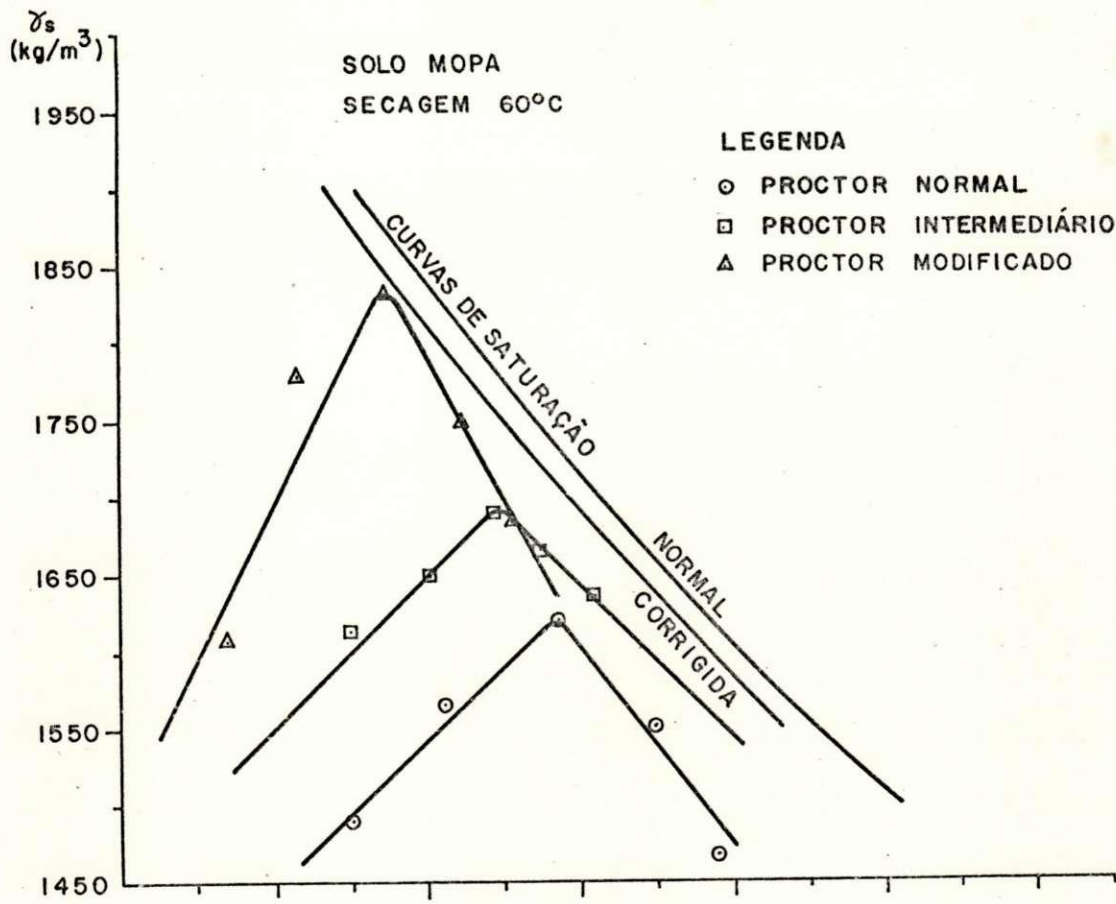


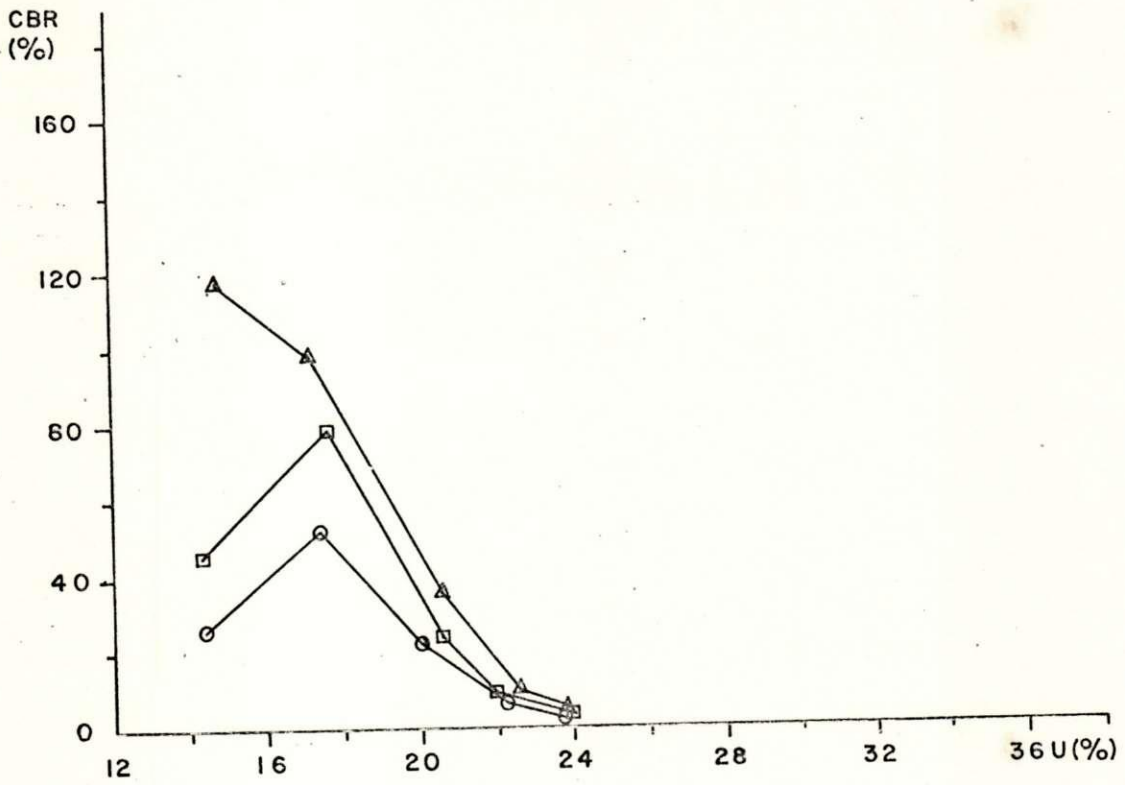
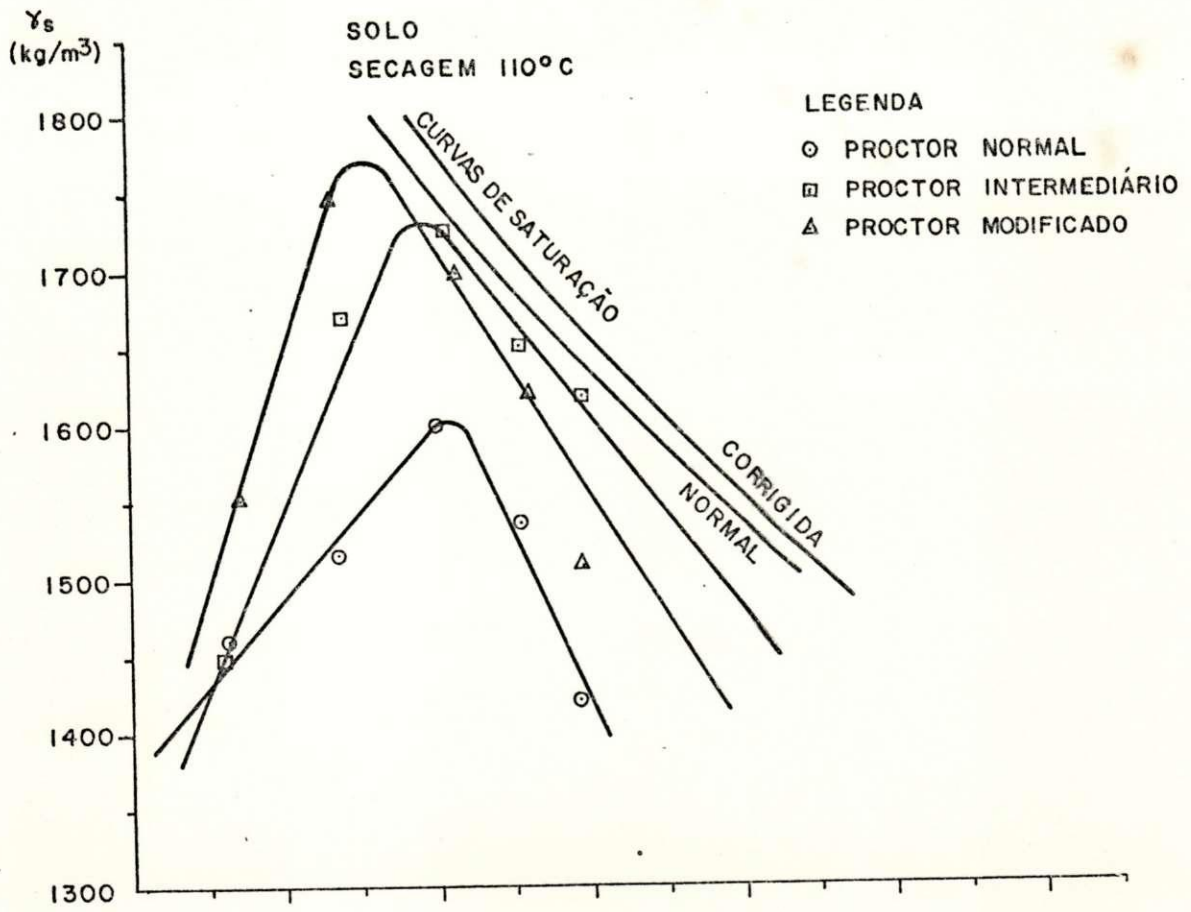


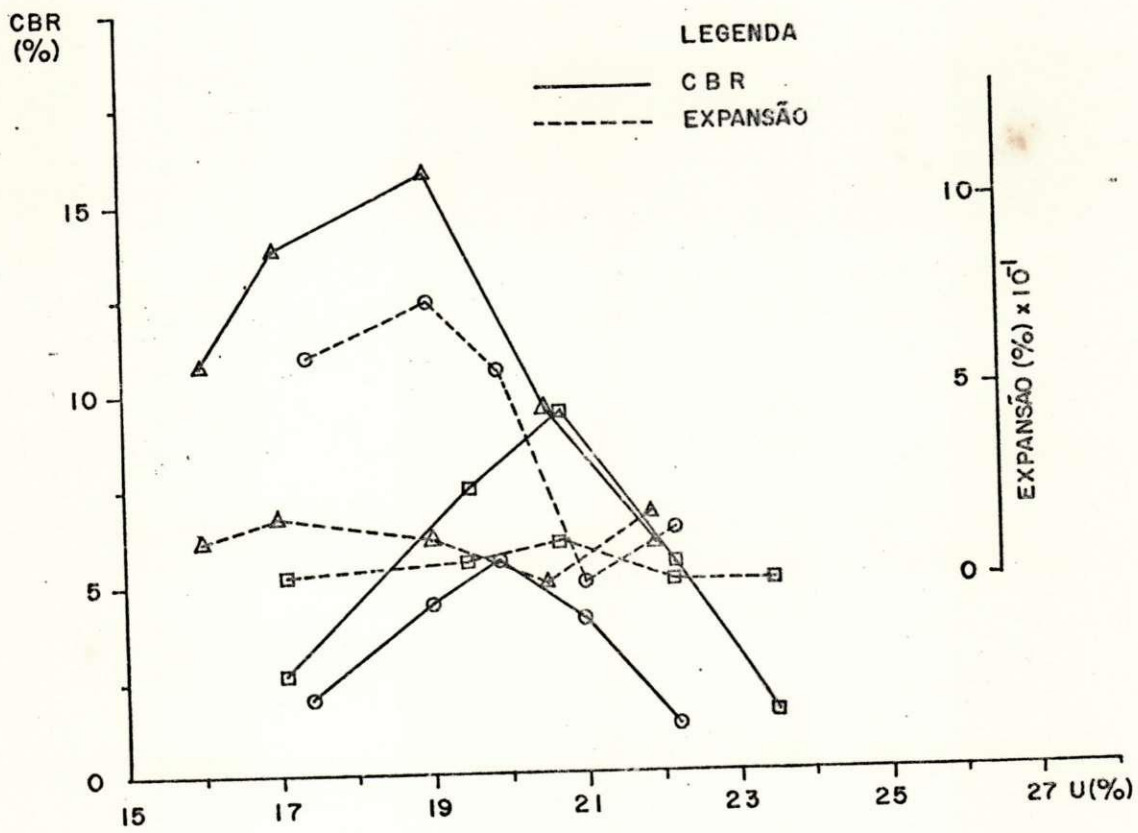
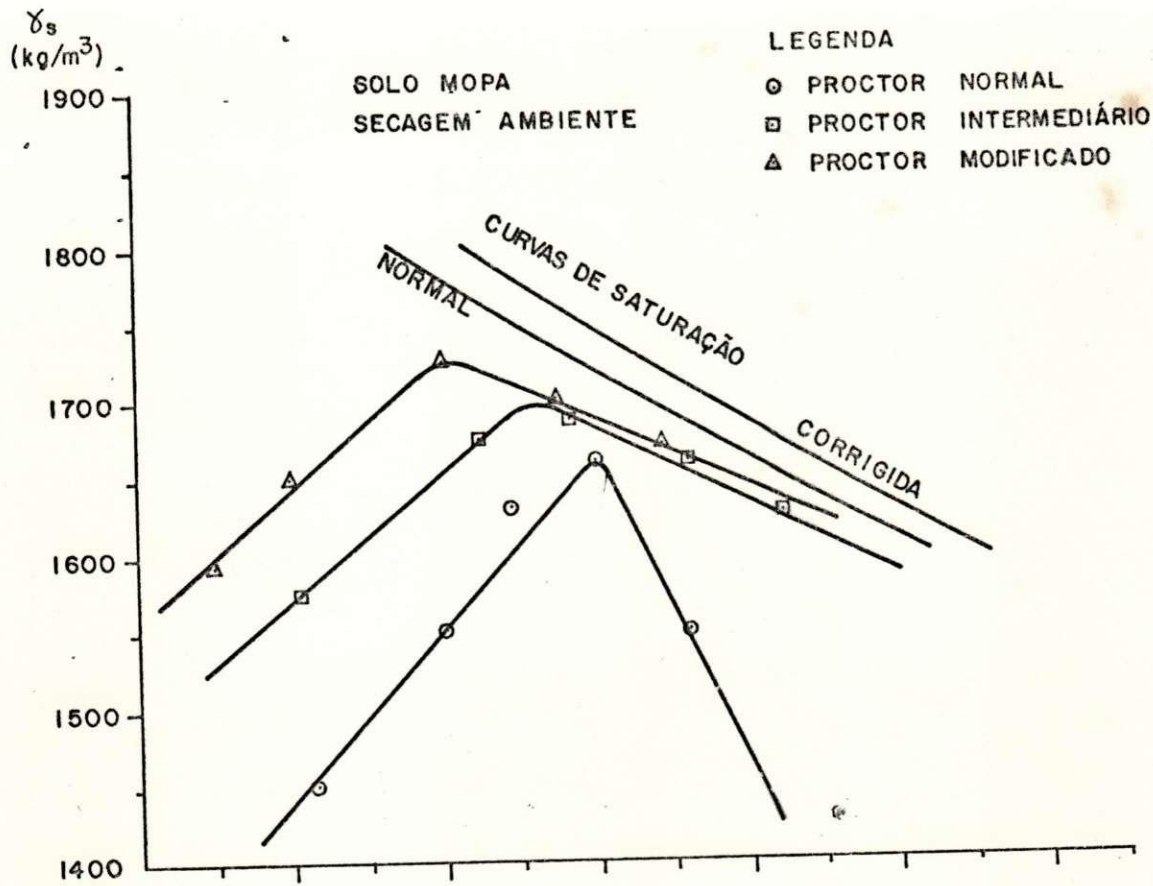


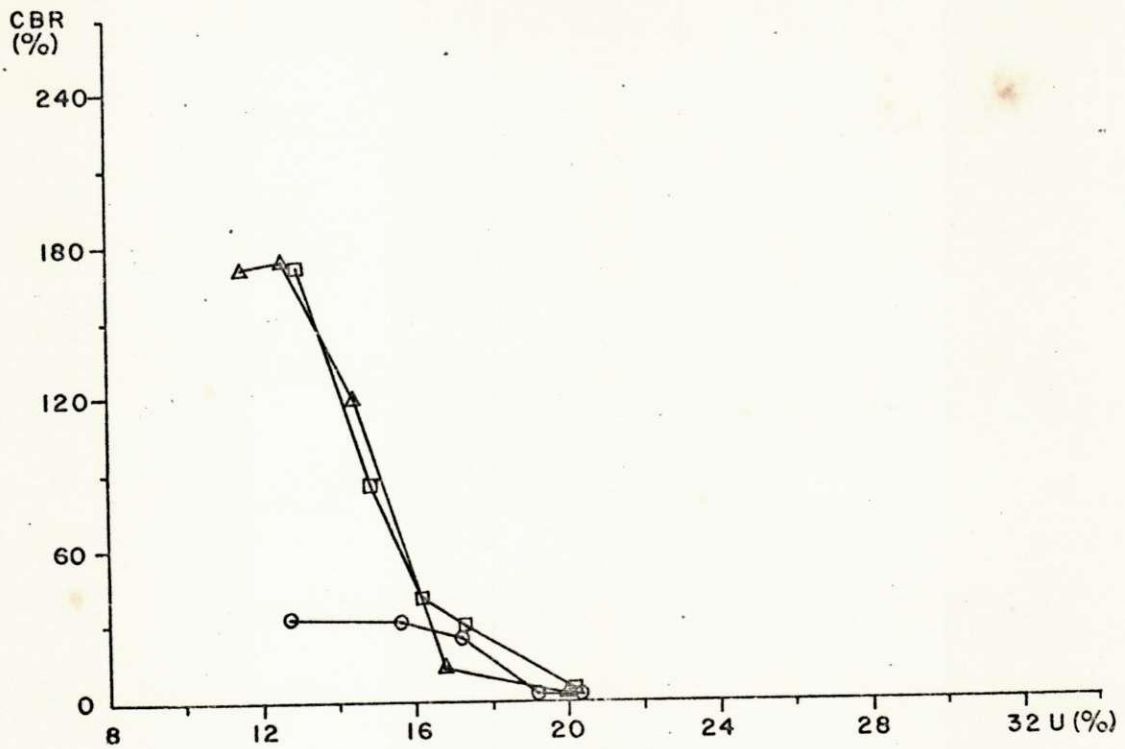
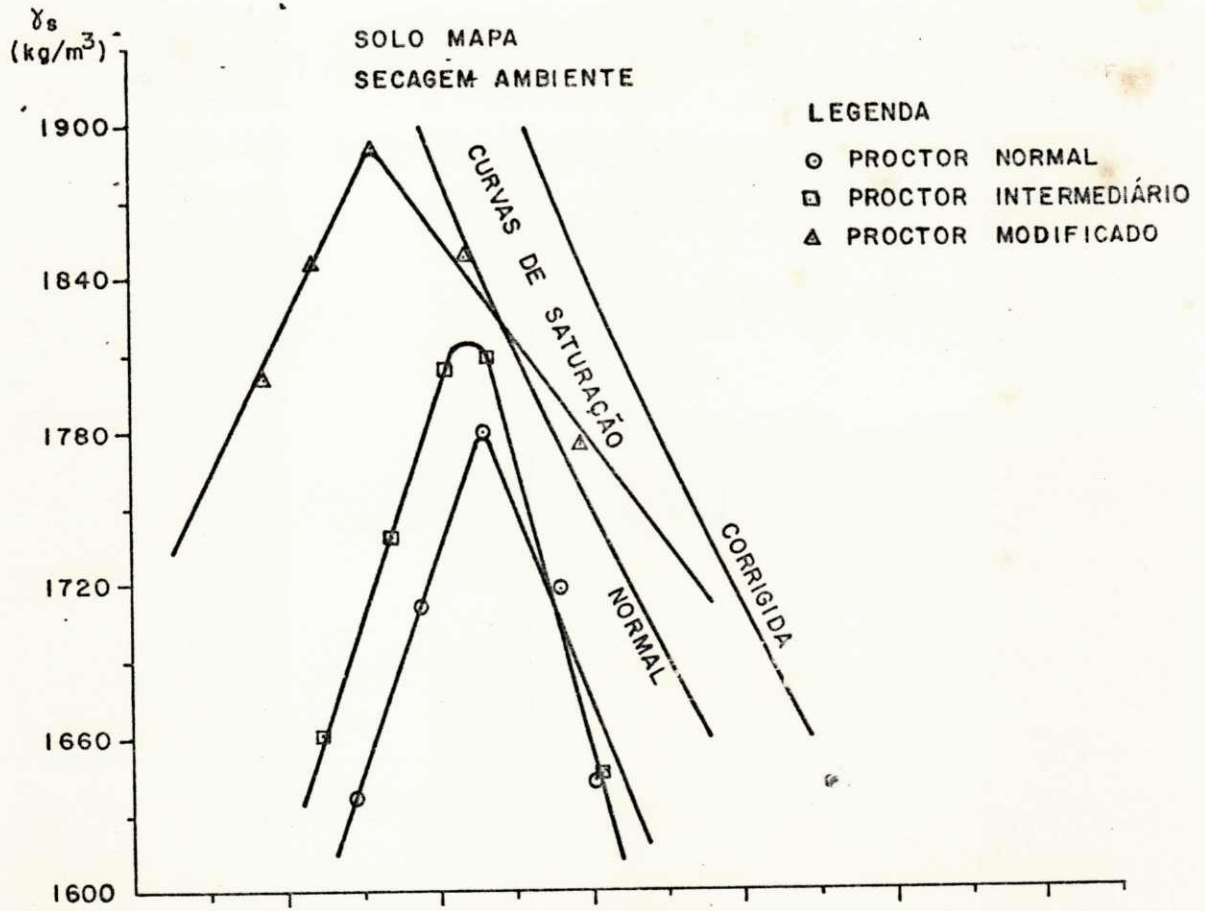




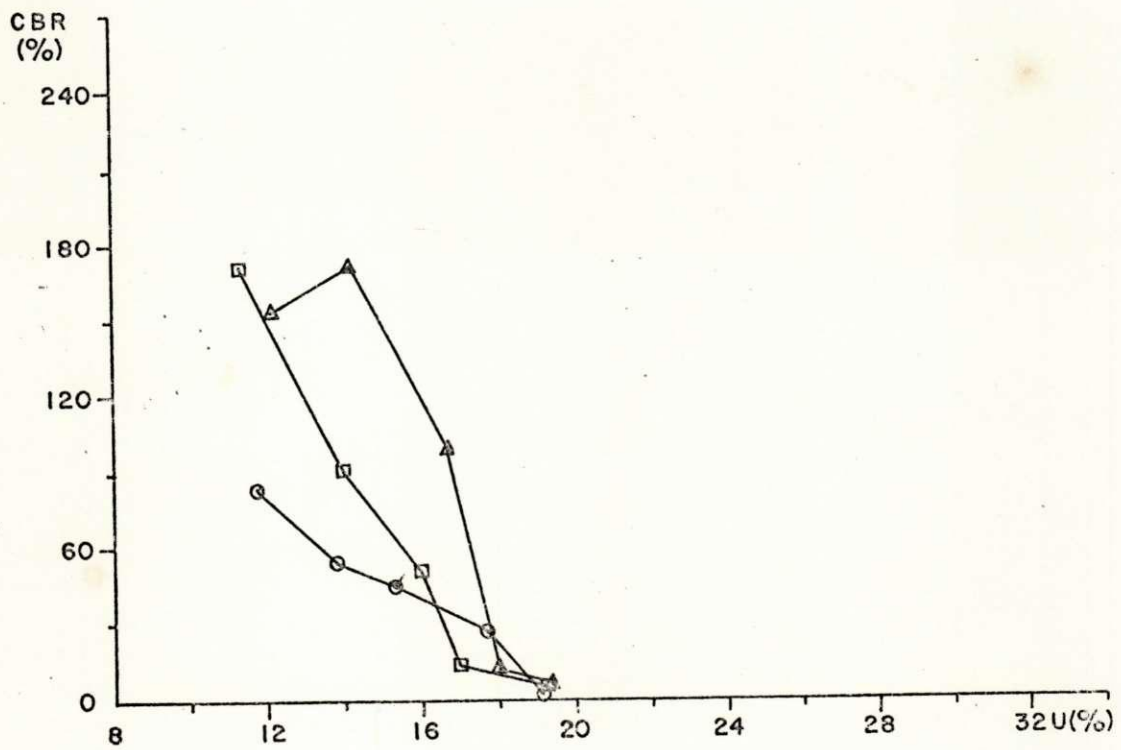
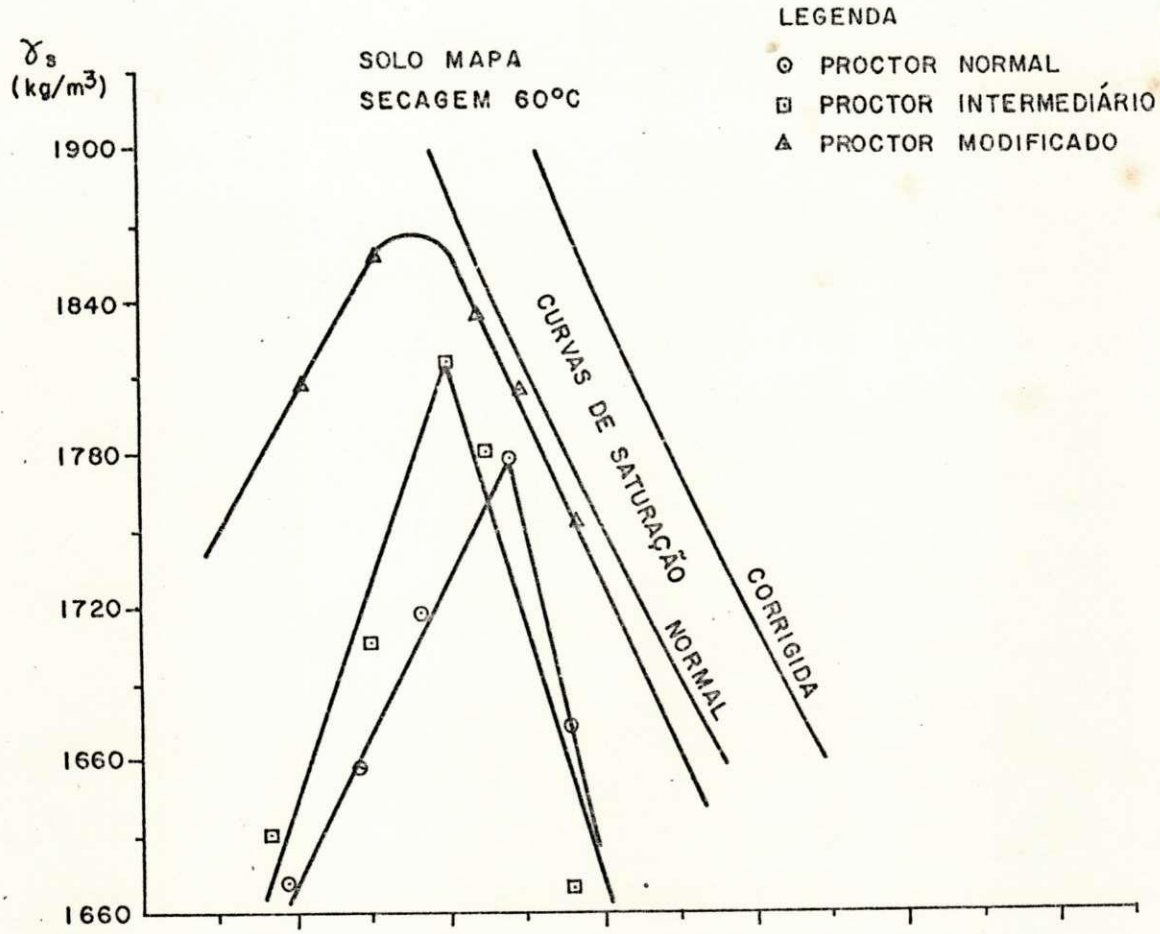


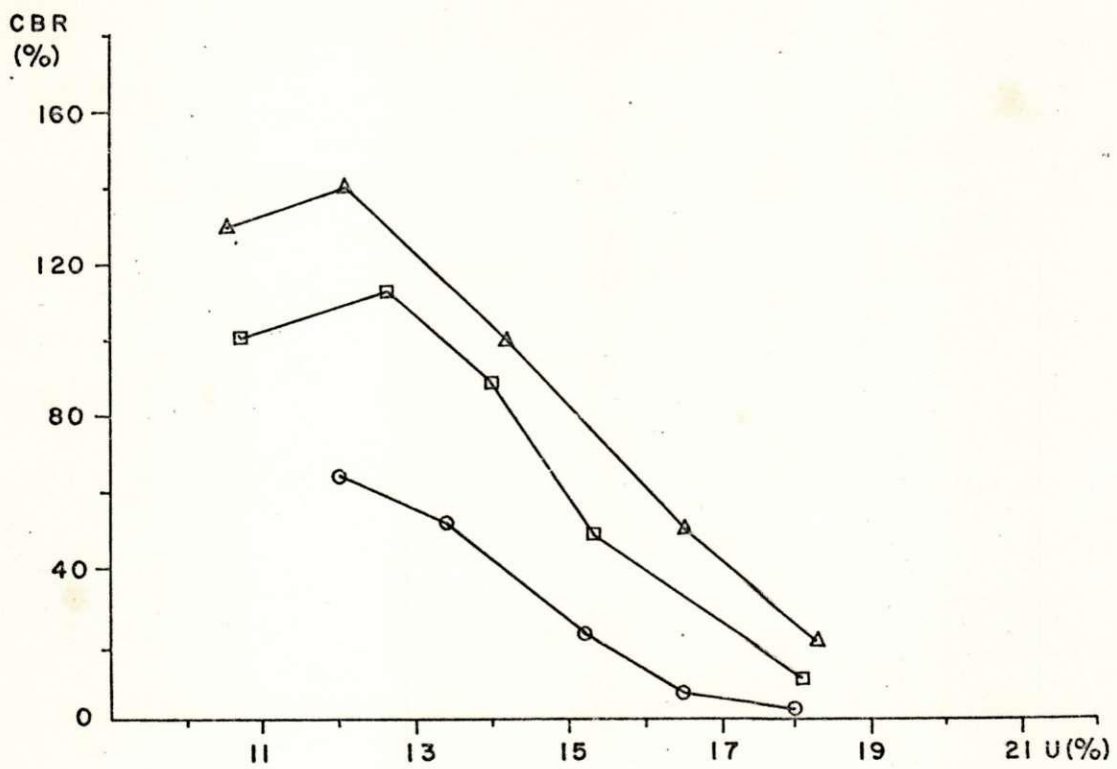
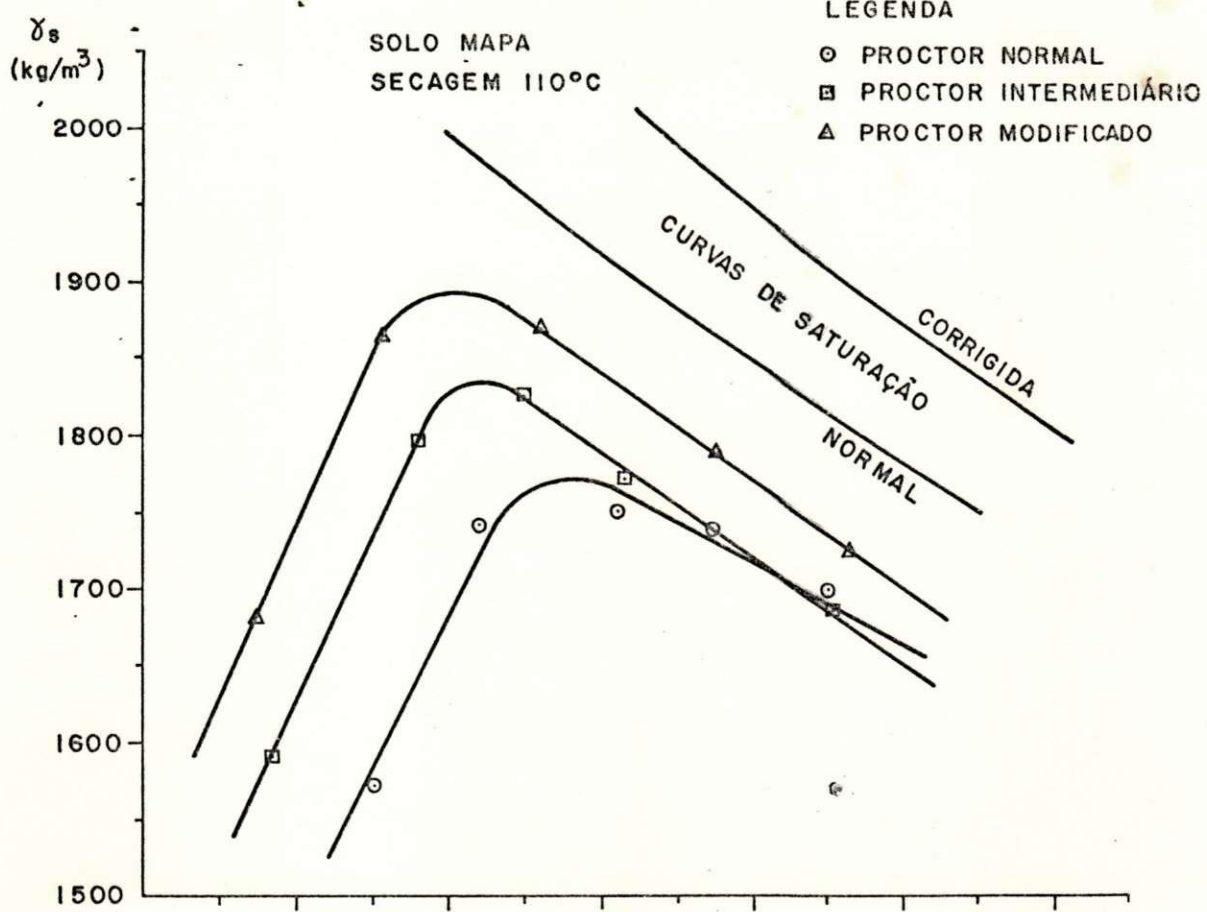


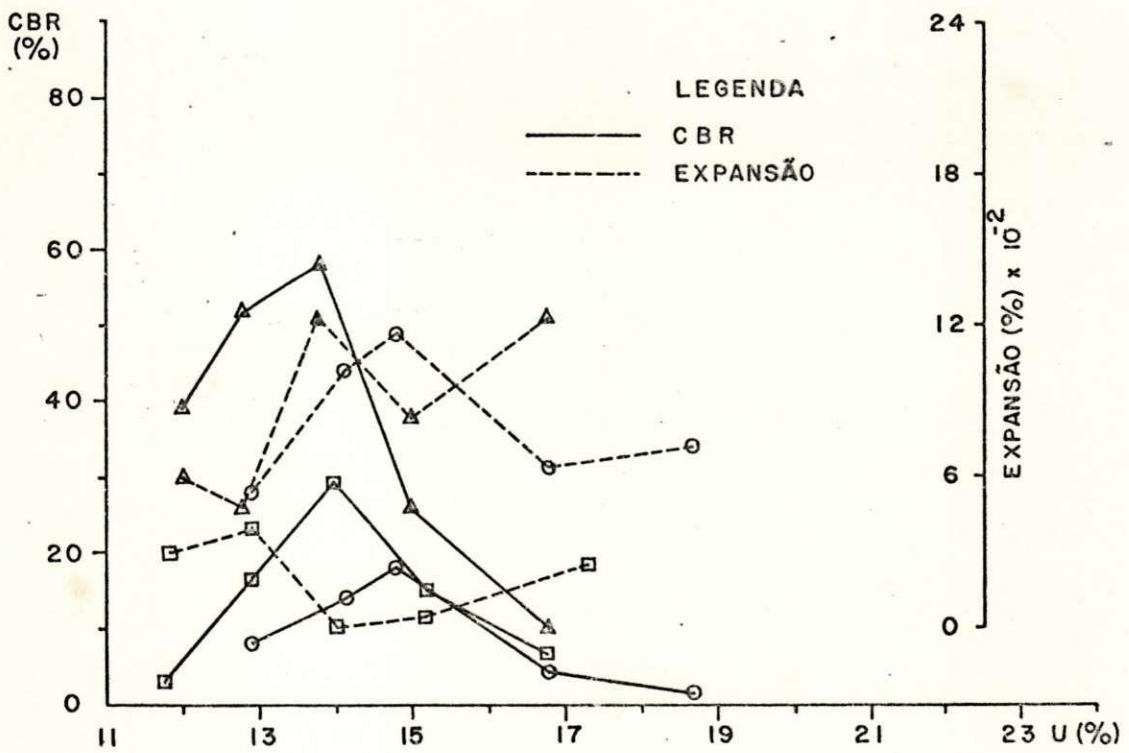
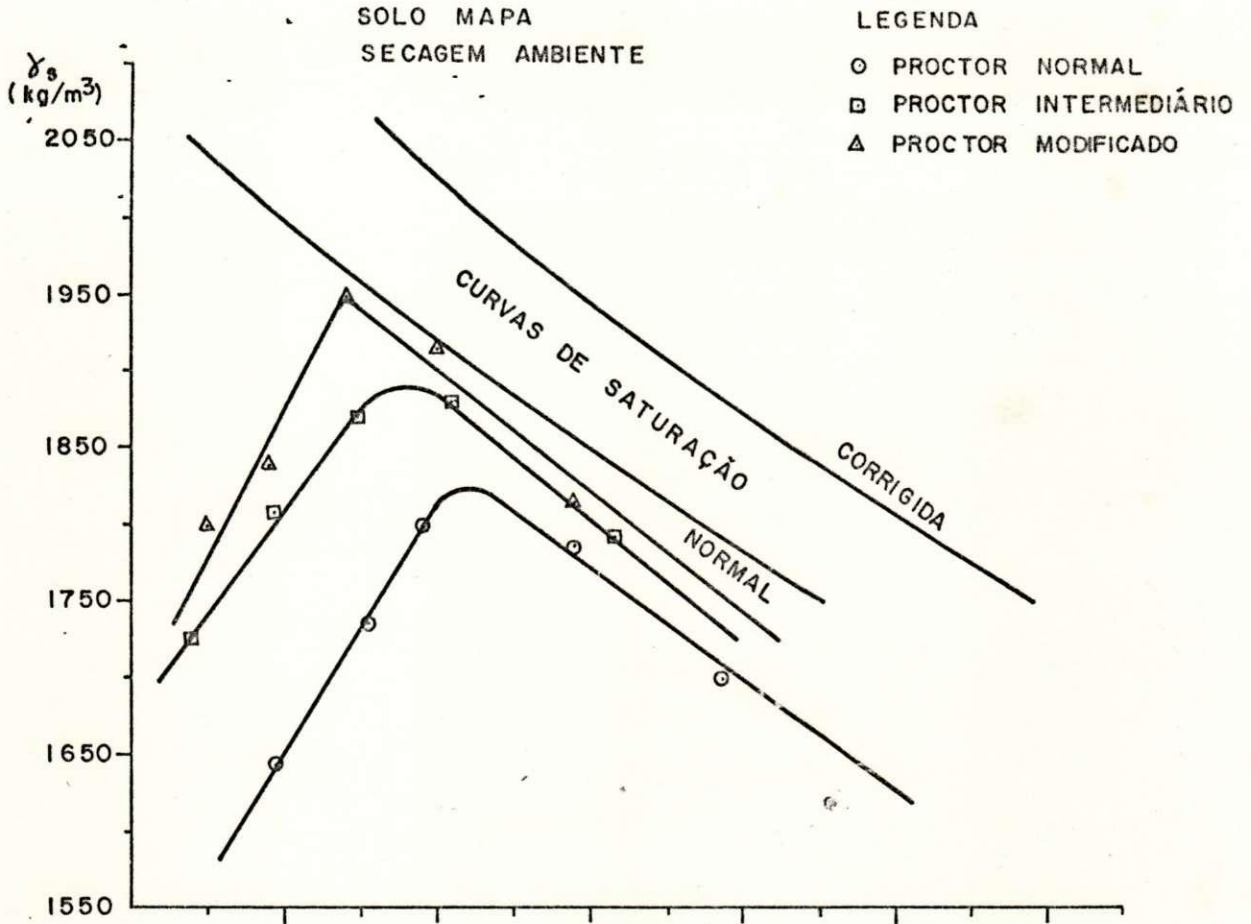








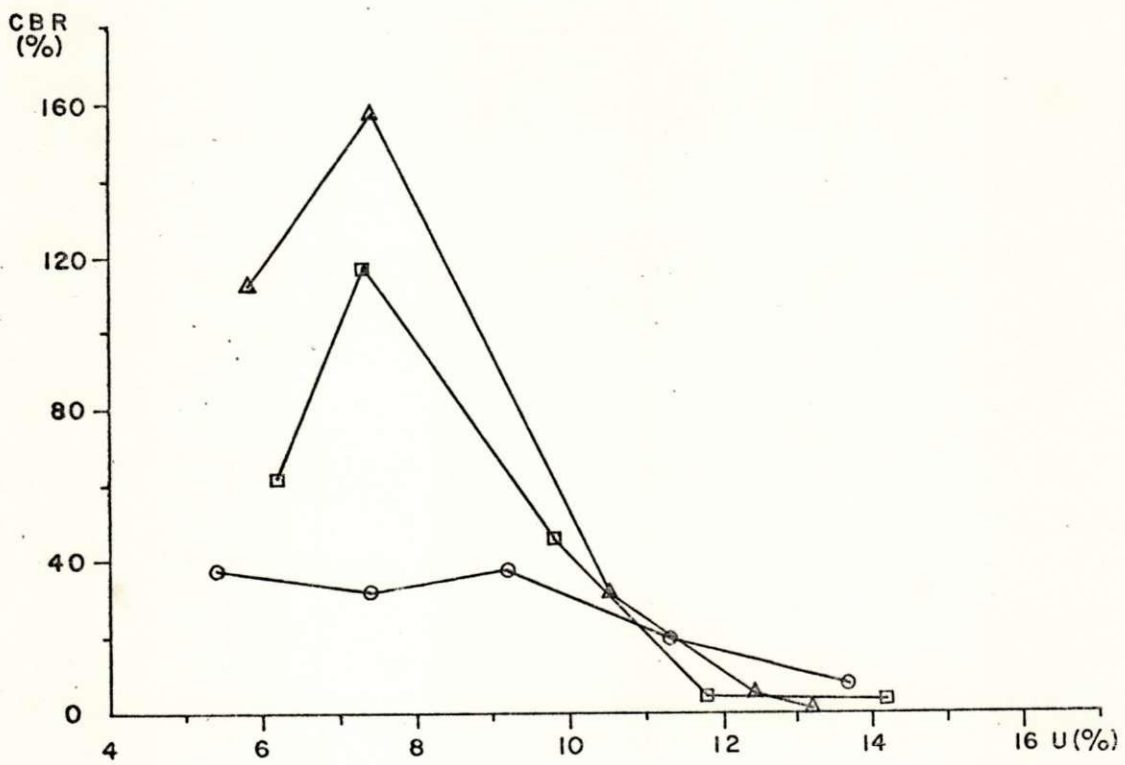
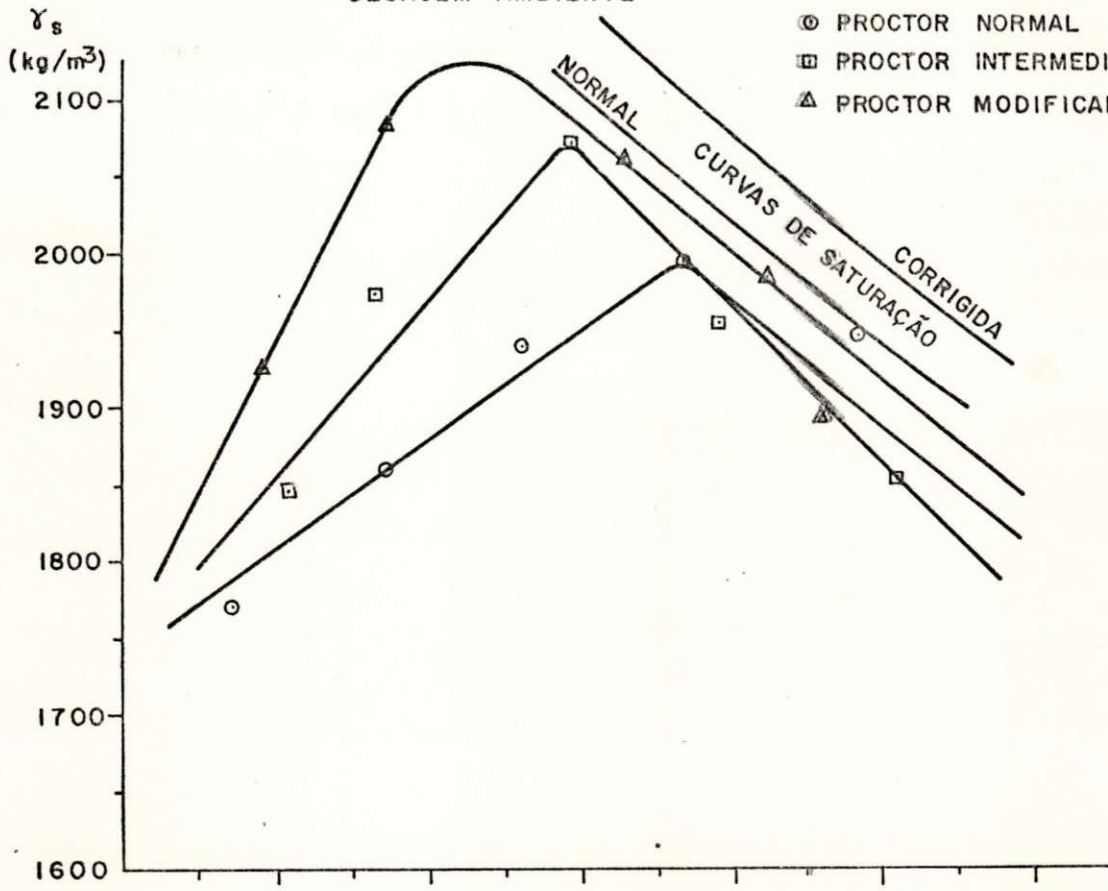


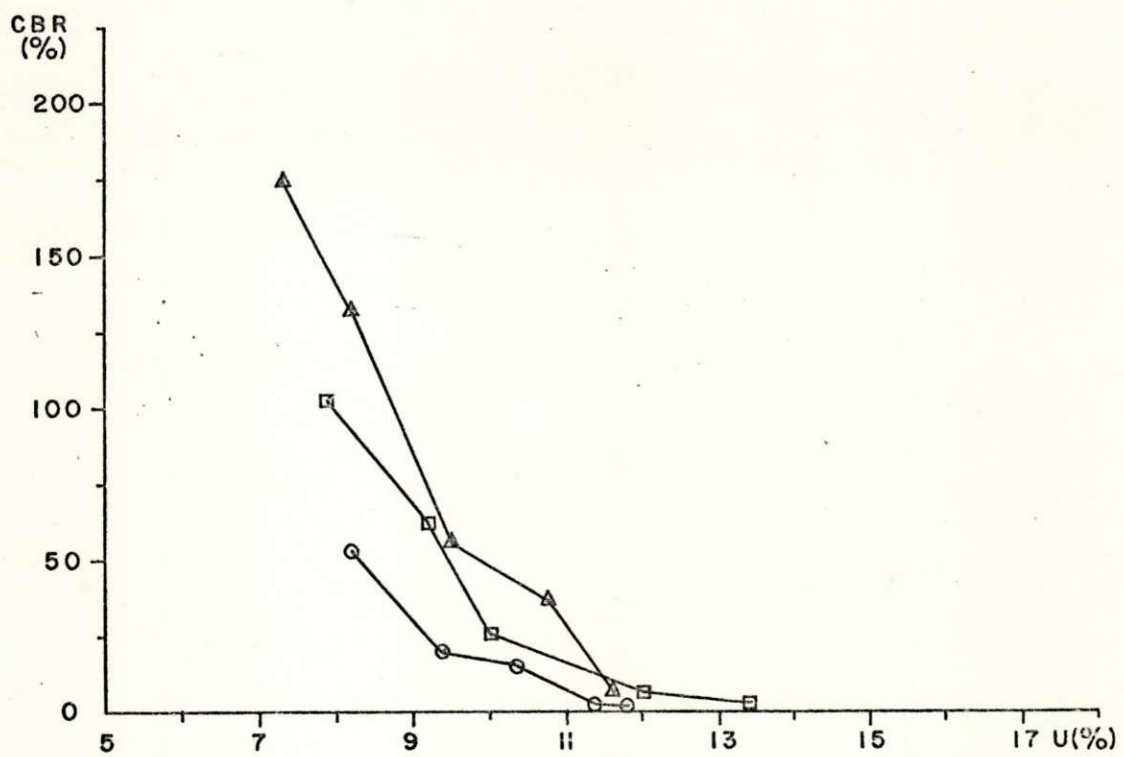
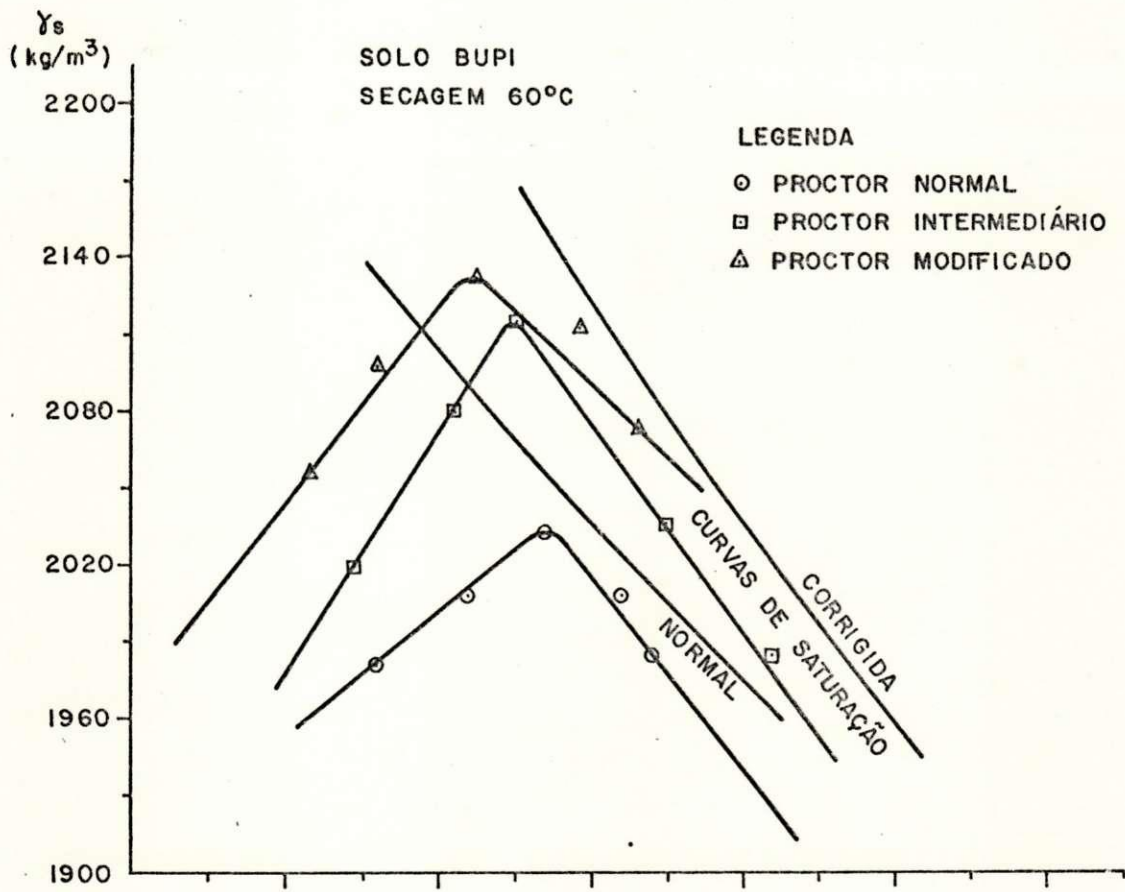


SOLO BUPI  
SECAGEM AMBIENTE

LEGENDA

- PROCTOR NORMAL
- PROCTOR INTERMEDIÁRIO
- △ PROCTOR MODIFICADO



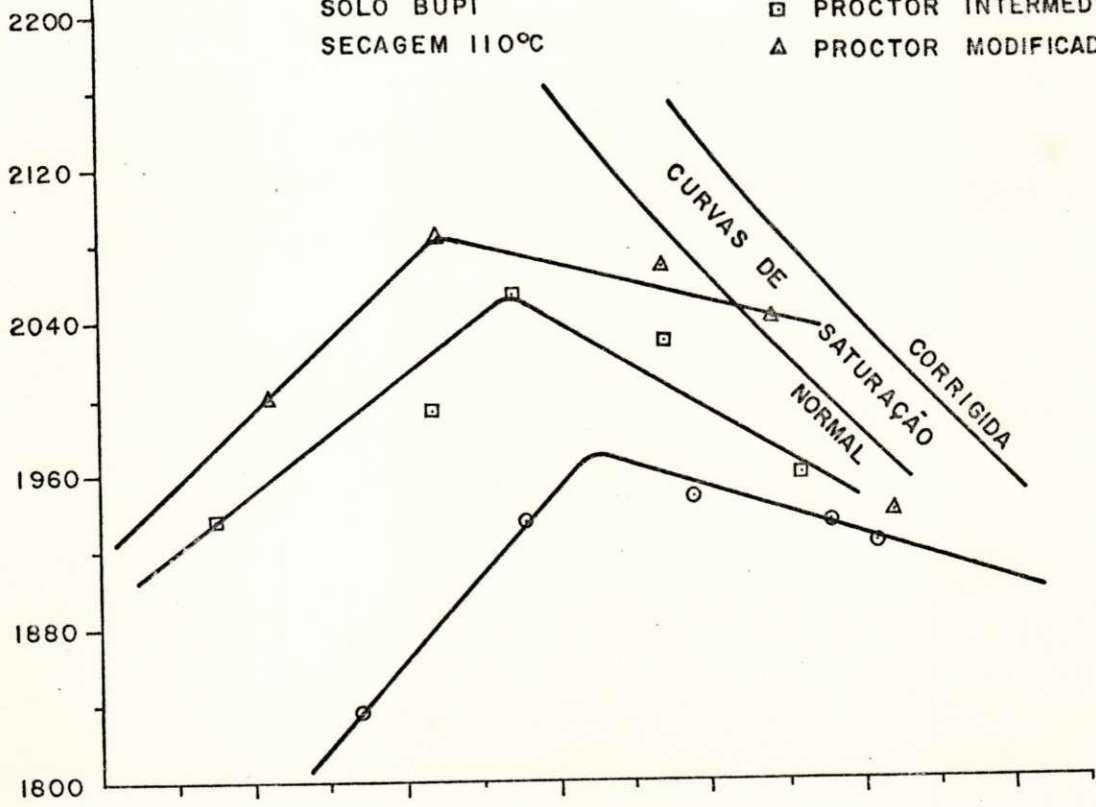


$\gamma_s$   
(kg/m<sup>3</sup>)

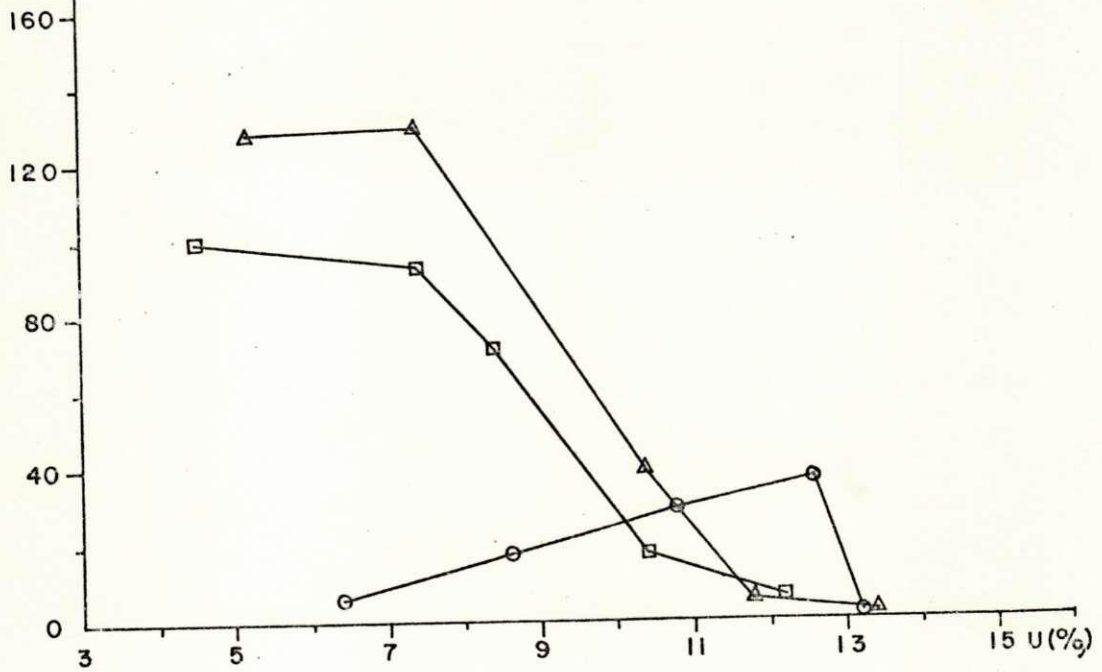
SOLO BUPI  
SECAGEM 110°C

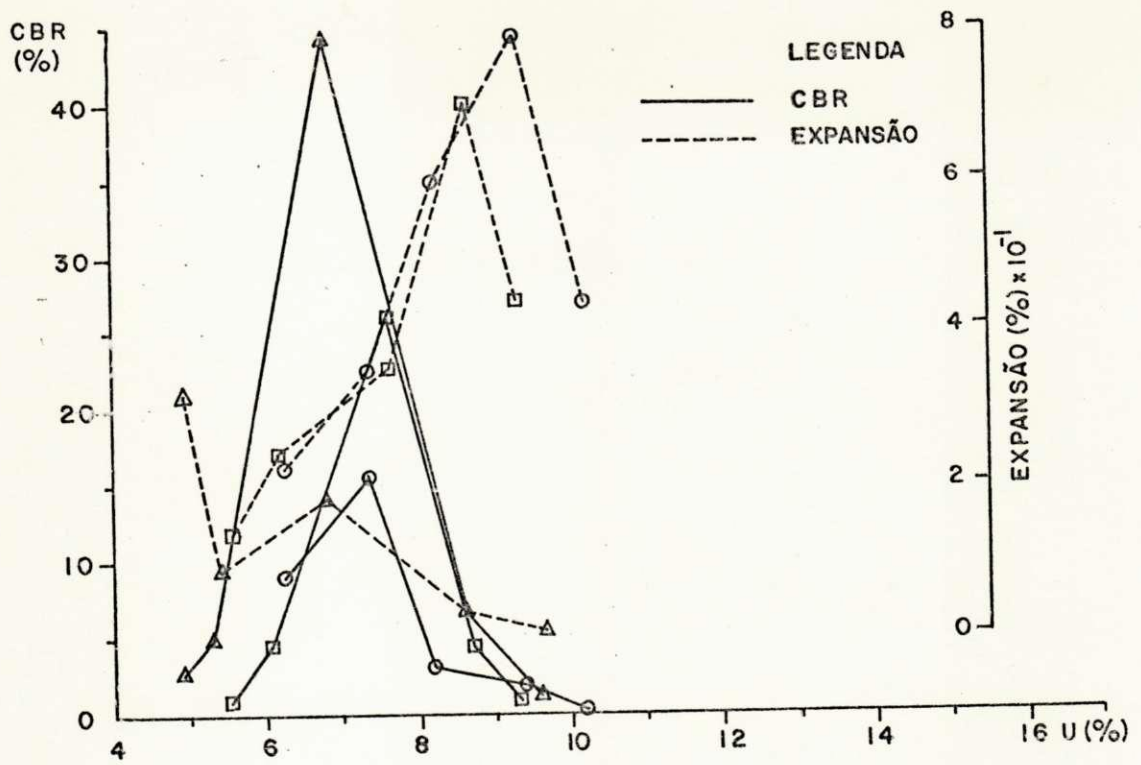
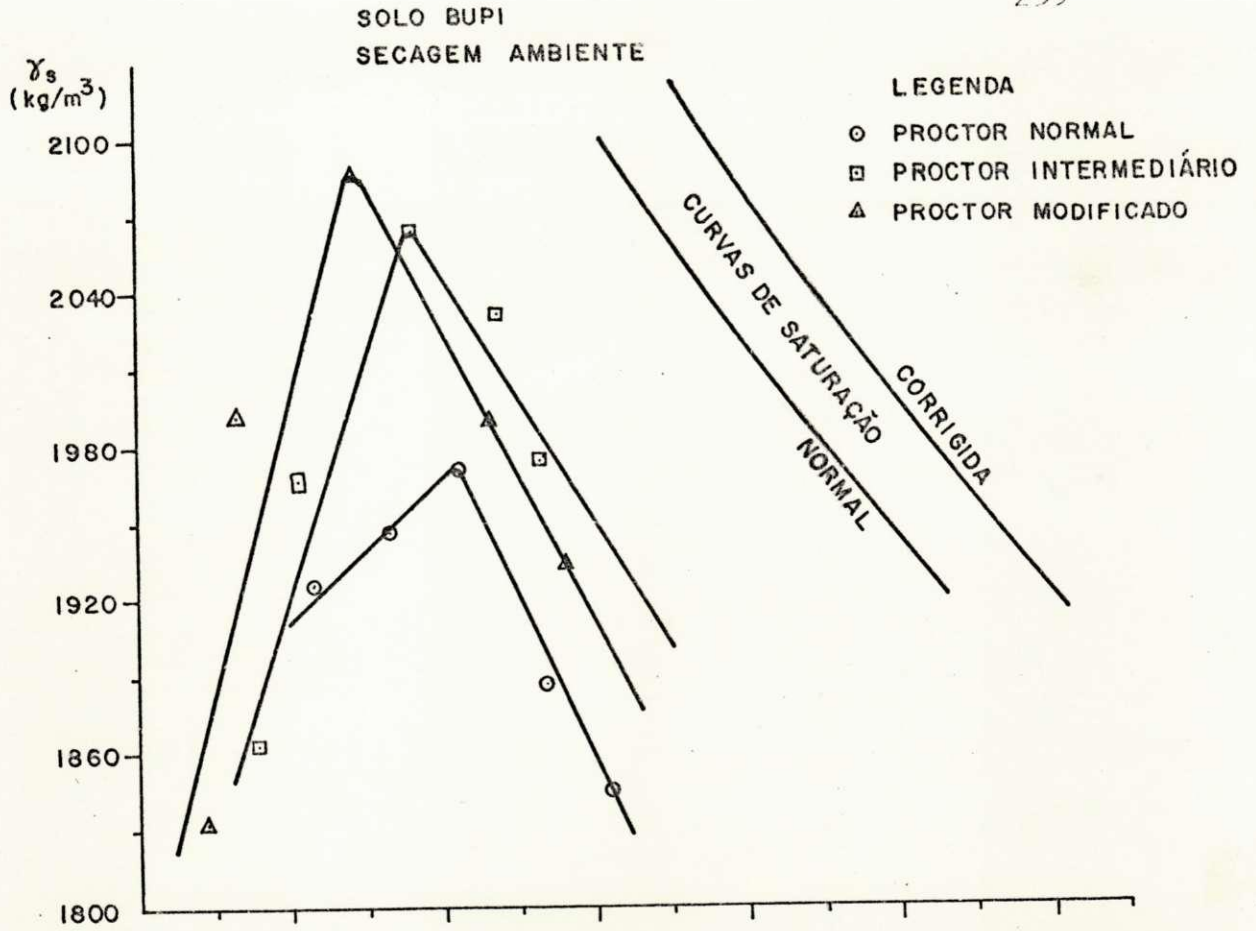
LEGENDA

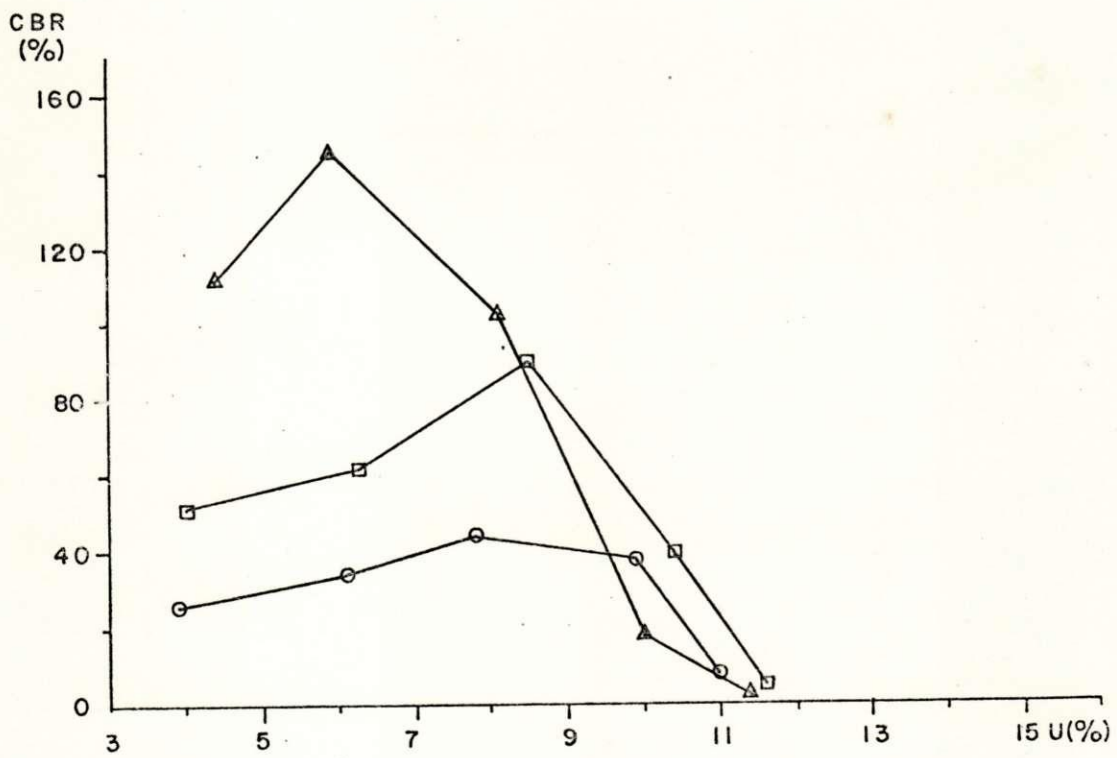
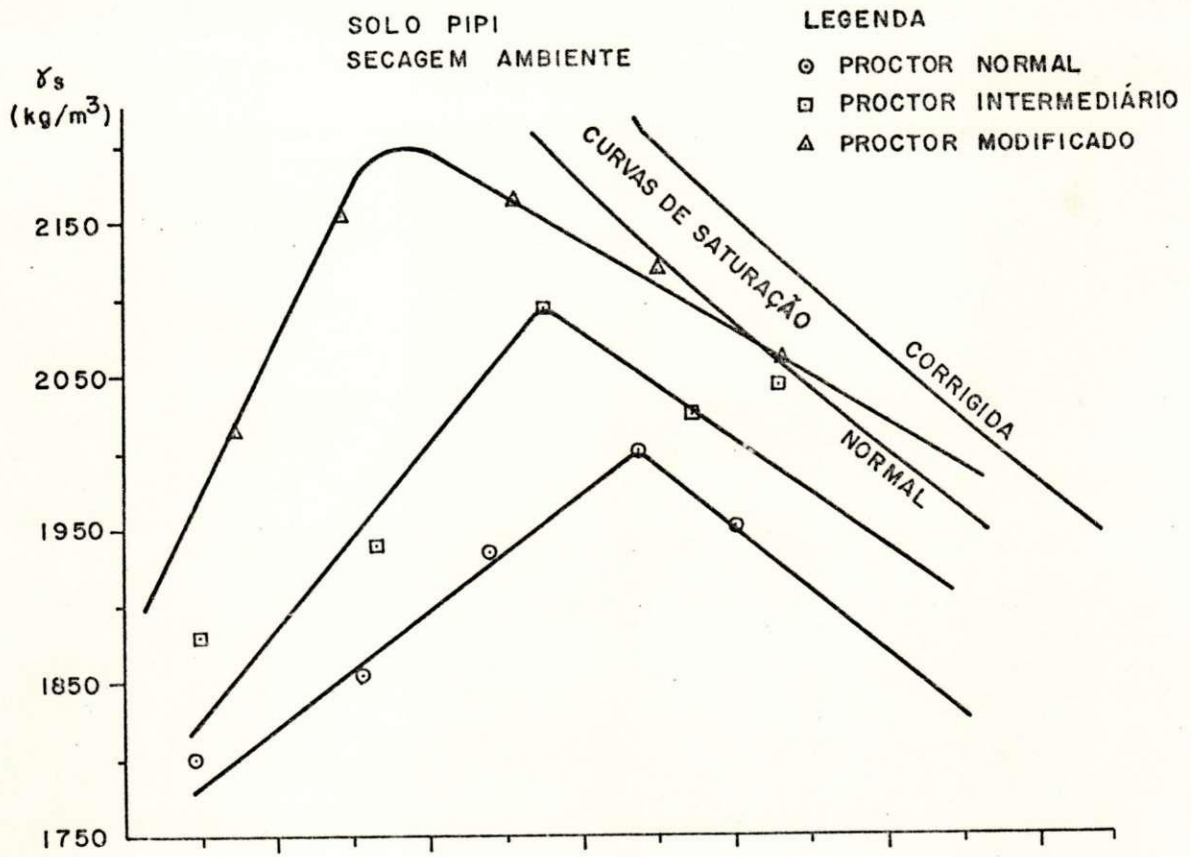
- ⊙ PROCTOR NORMAL
- ⊠ PROCTOR INTERMEDIÁRIO
- △ PROCTOR MODIFICADO



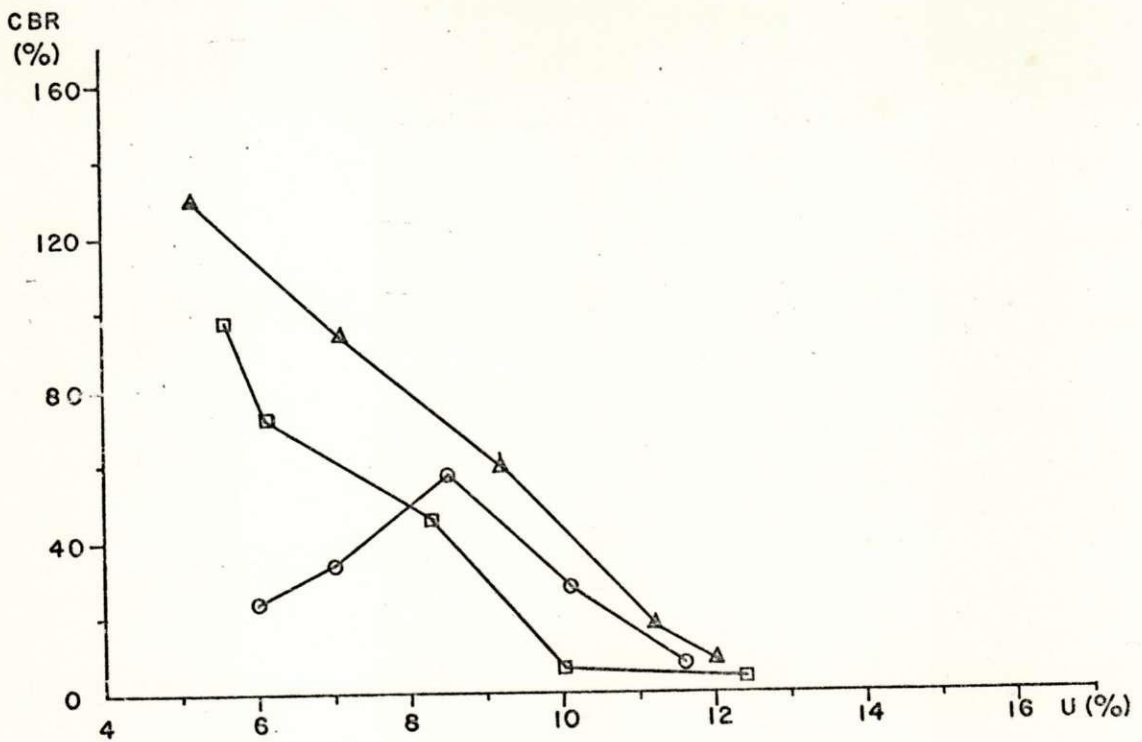
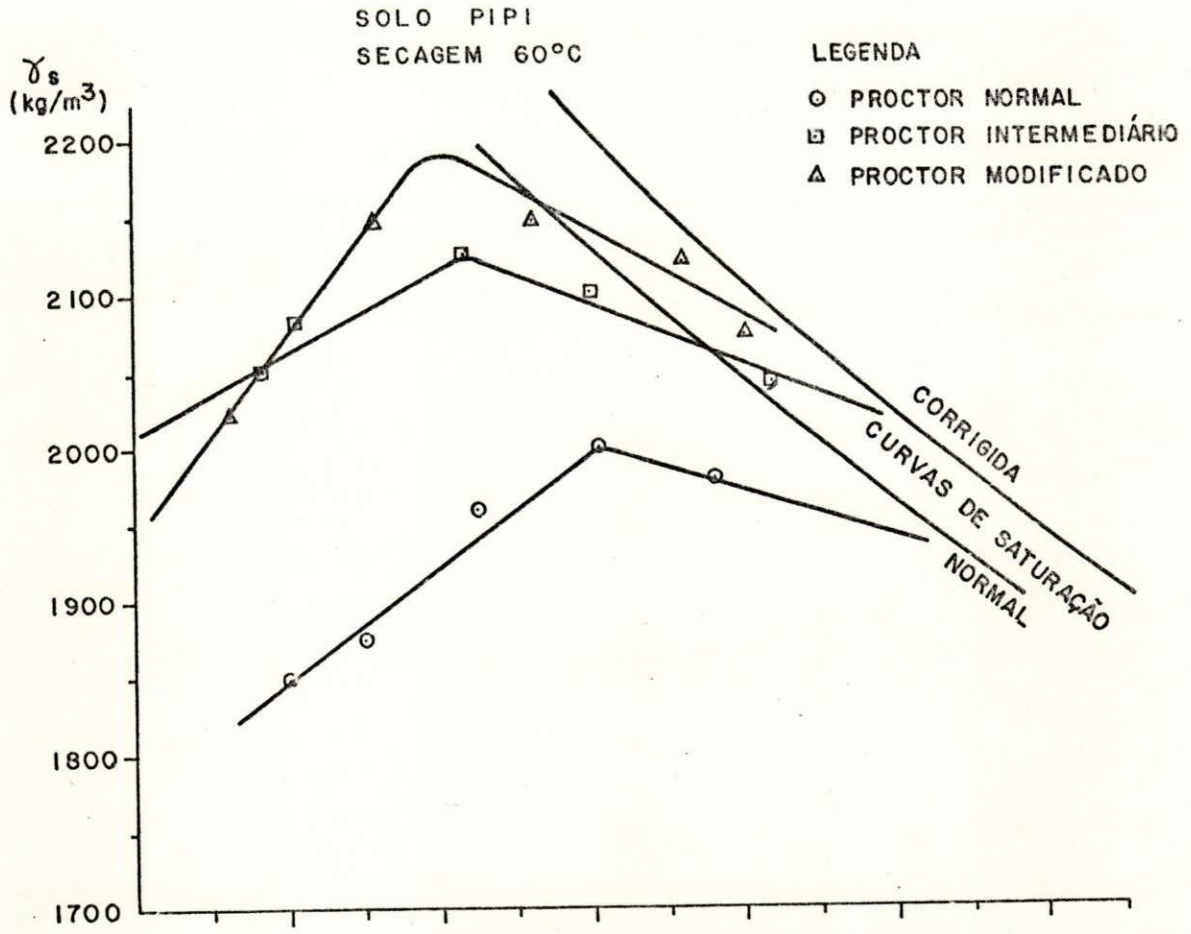
CBR (%)







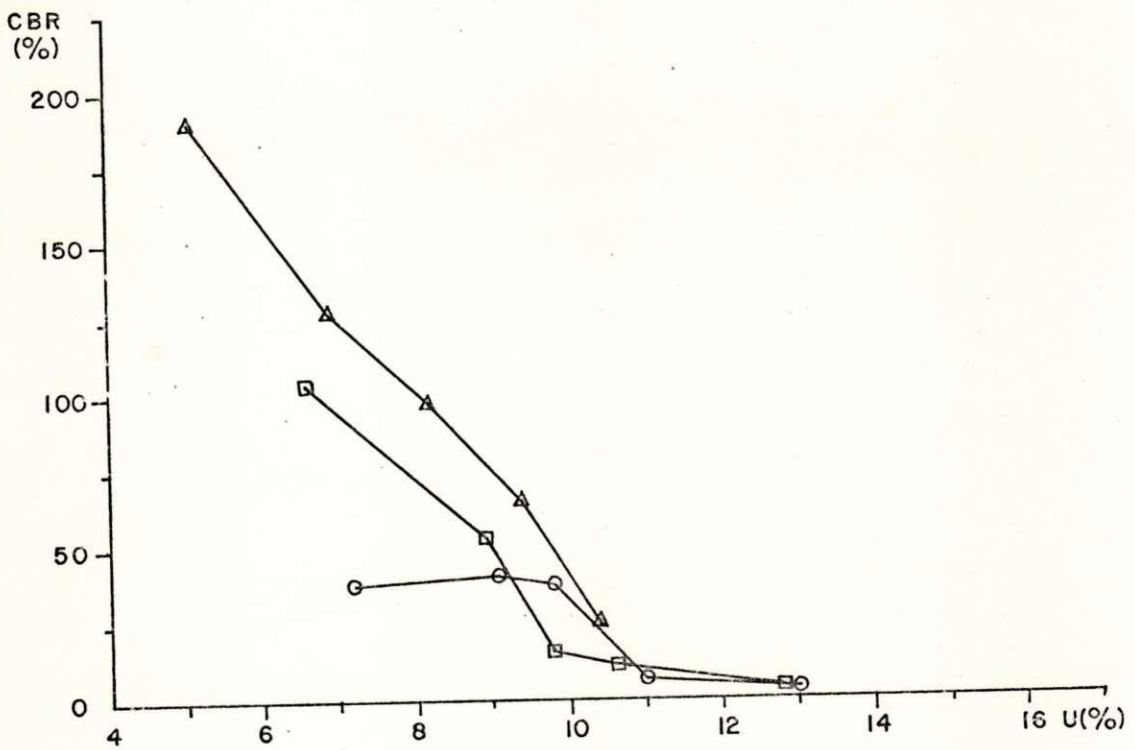
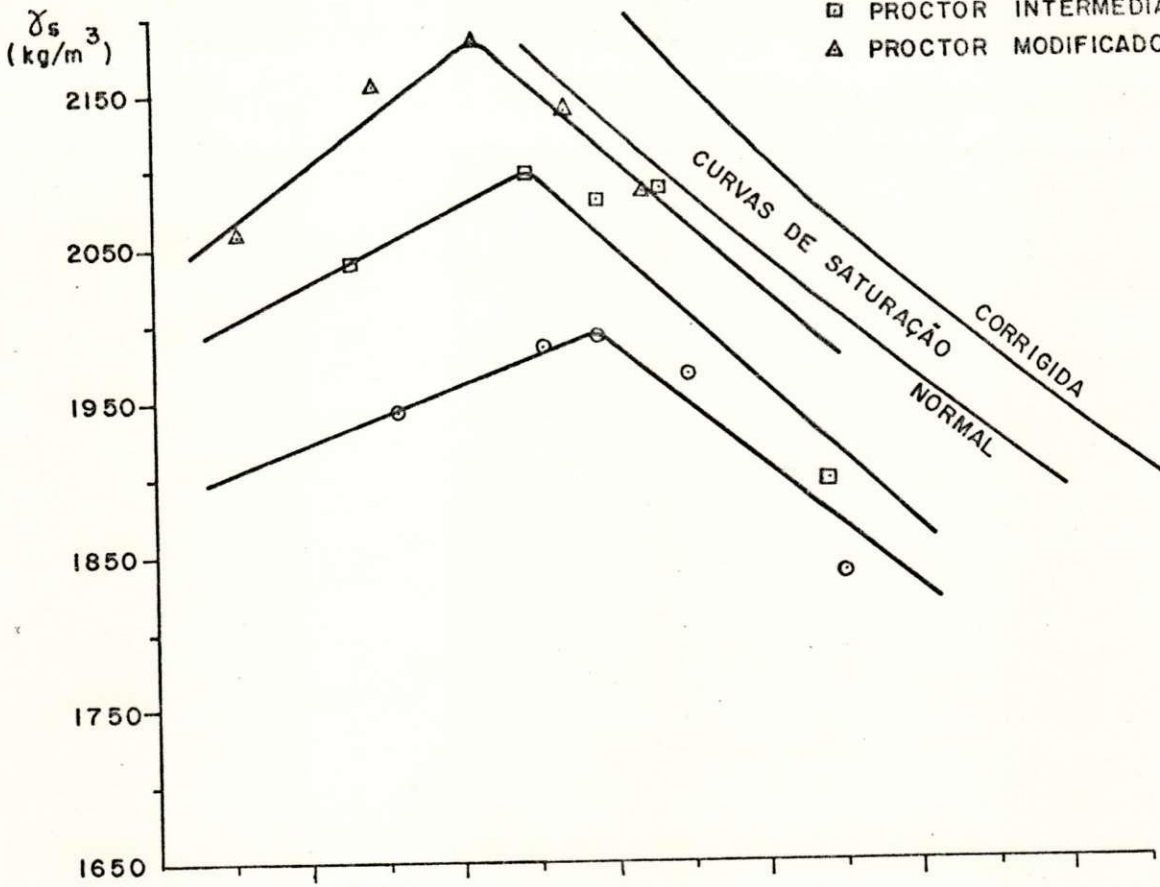


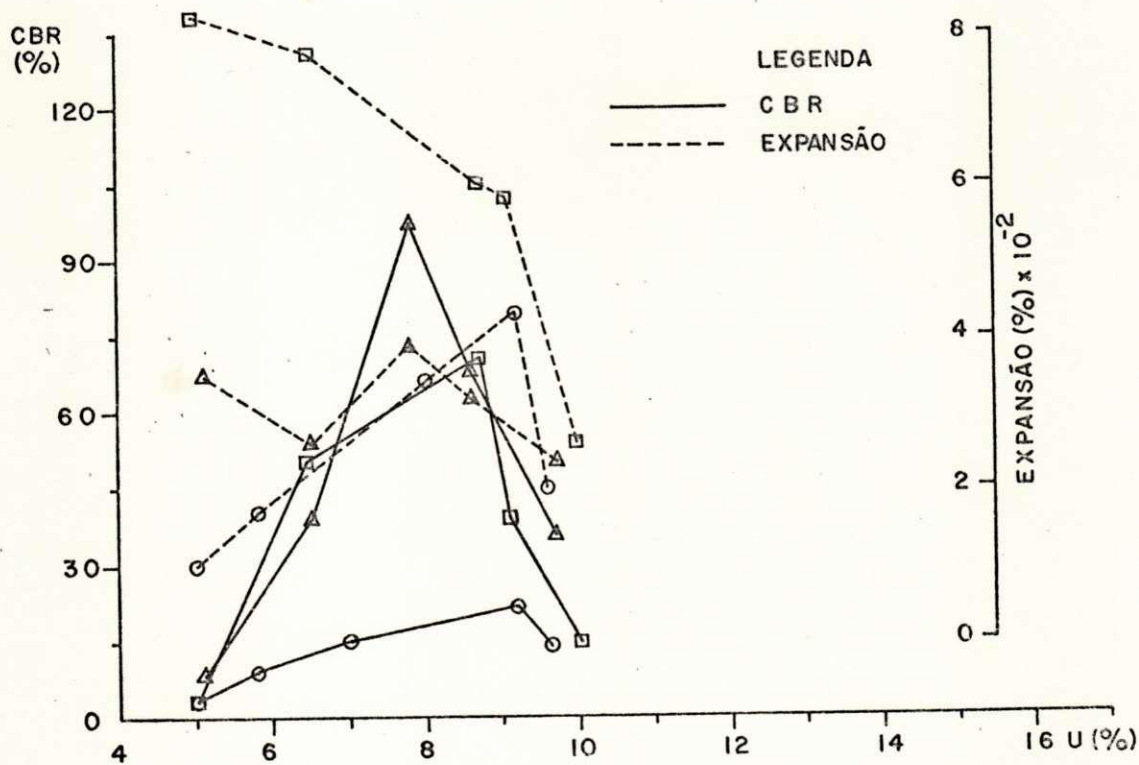
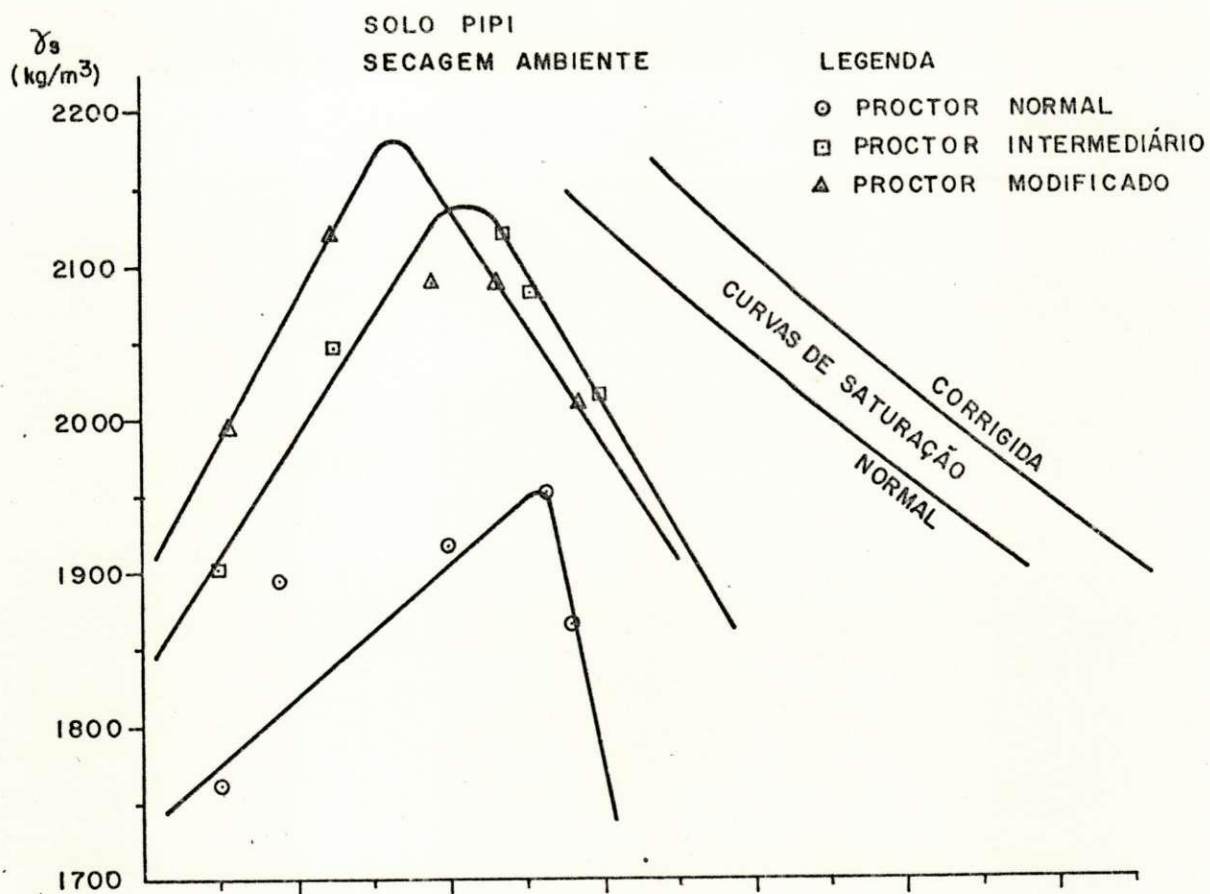


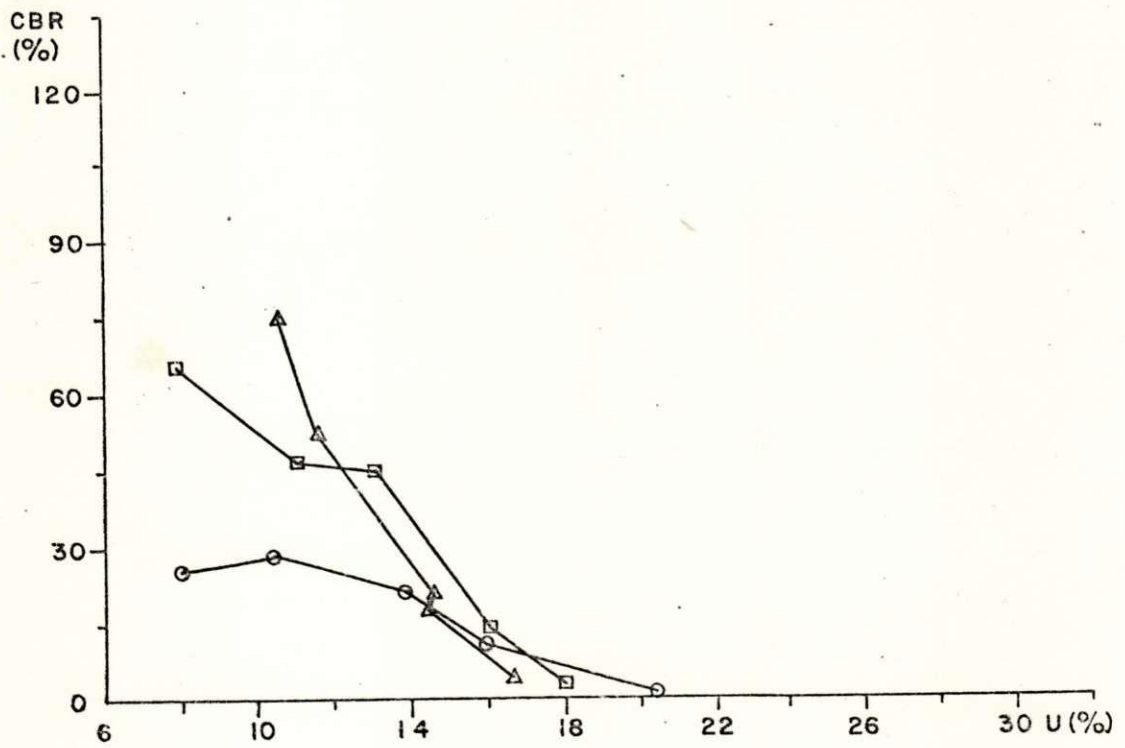
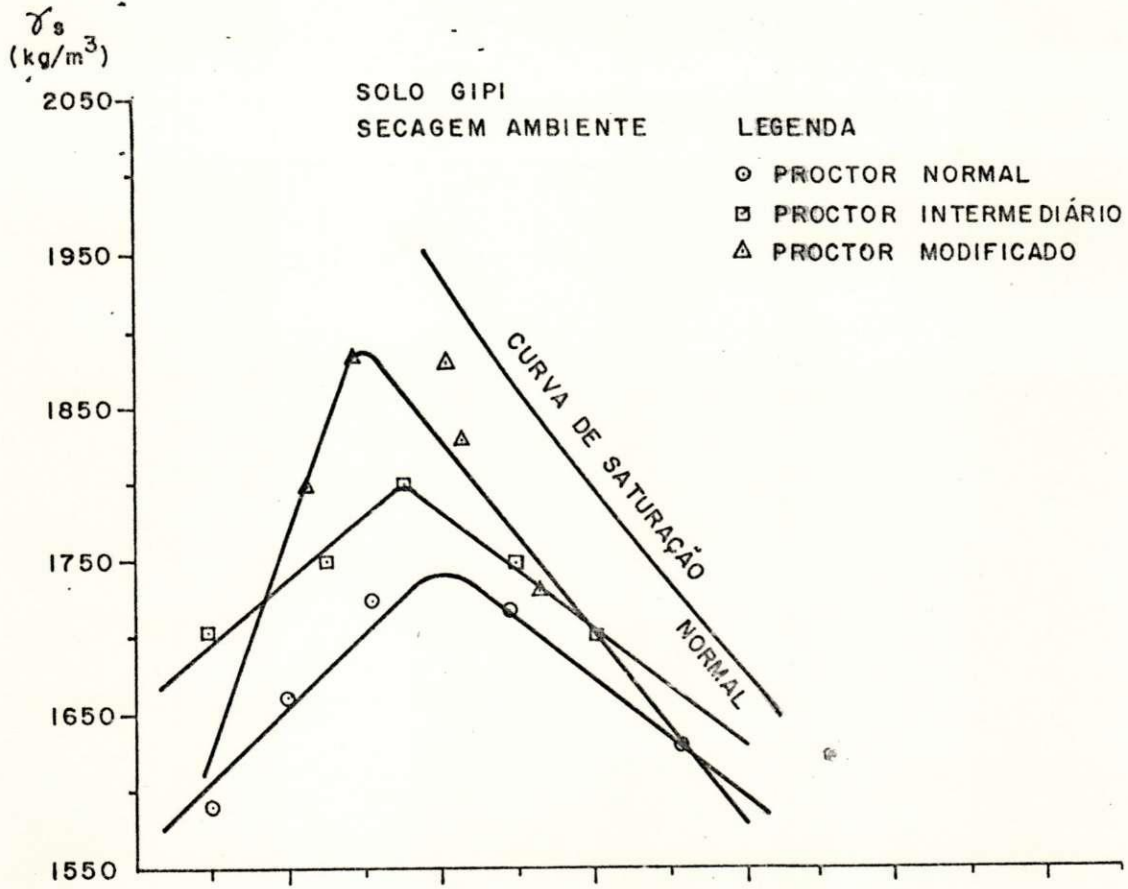
SOLO PIPI  
SECAGEM 110°C

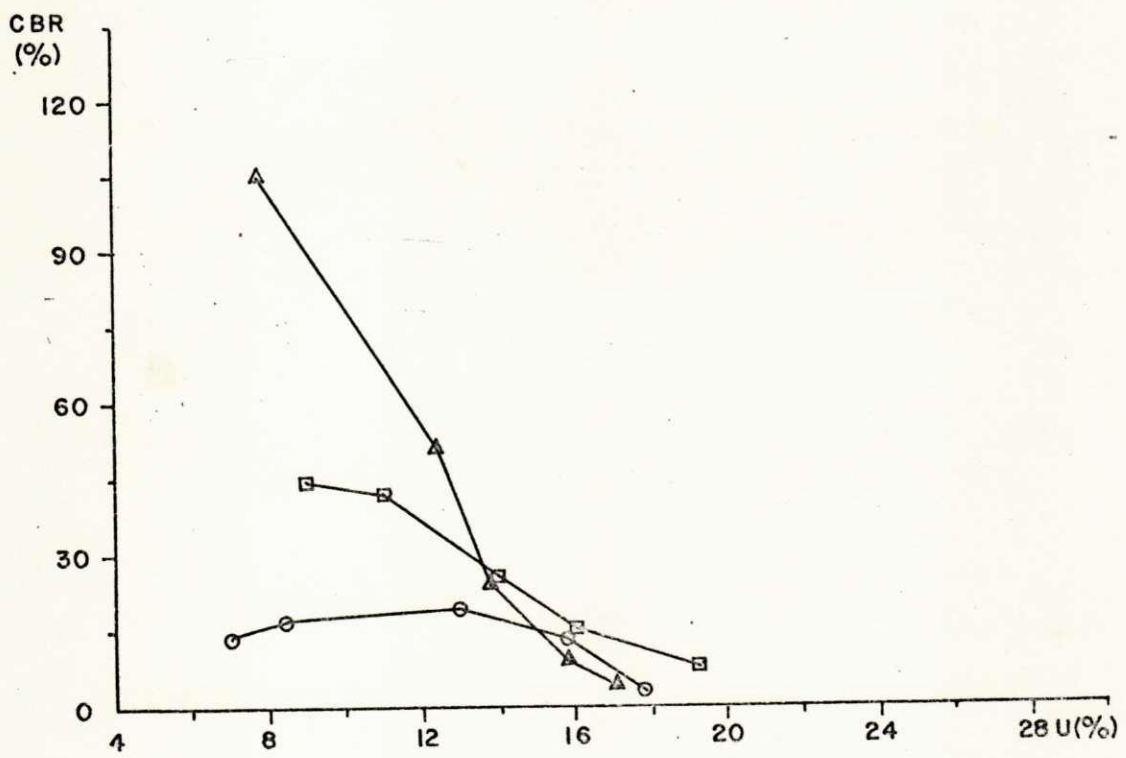
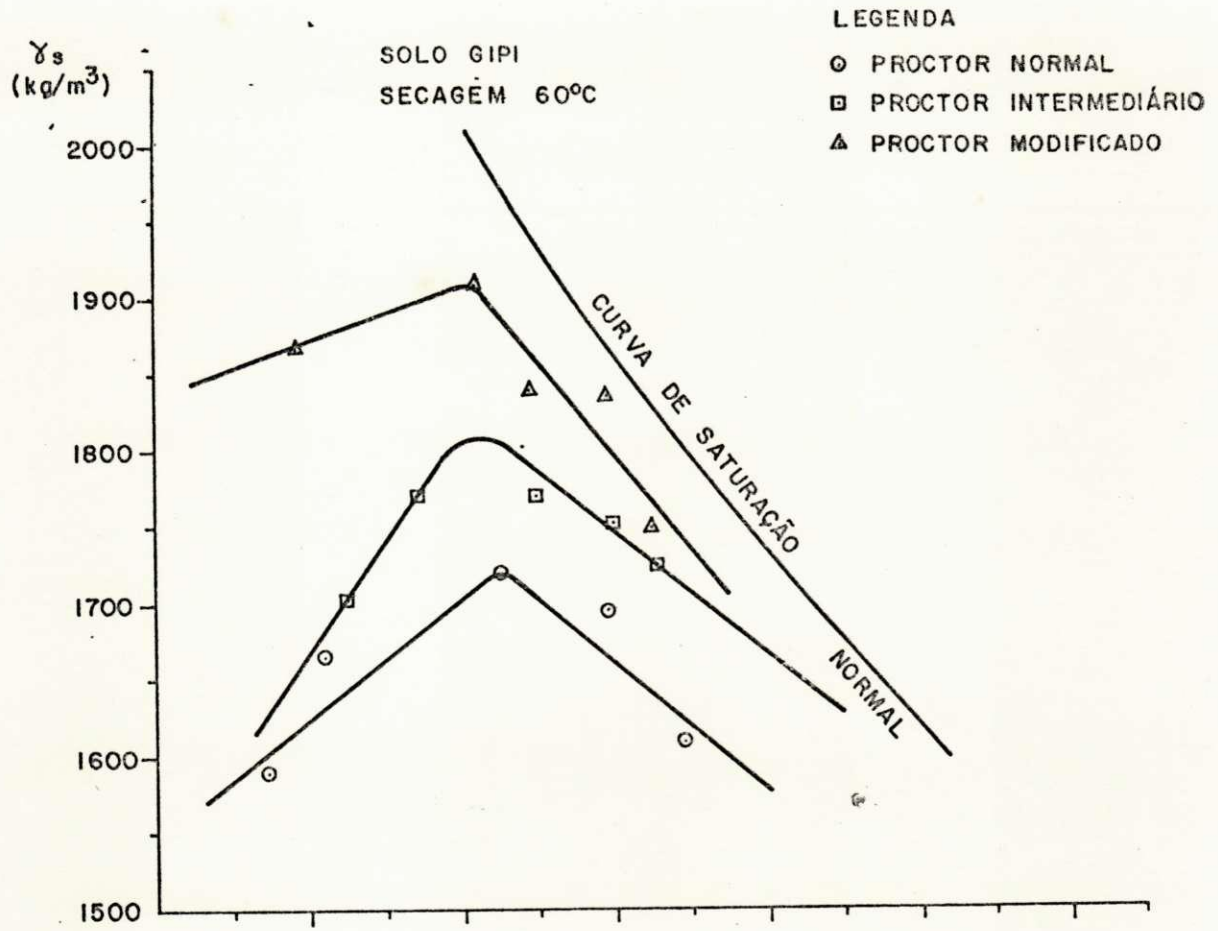
LEGENDA

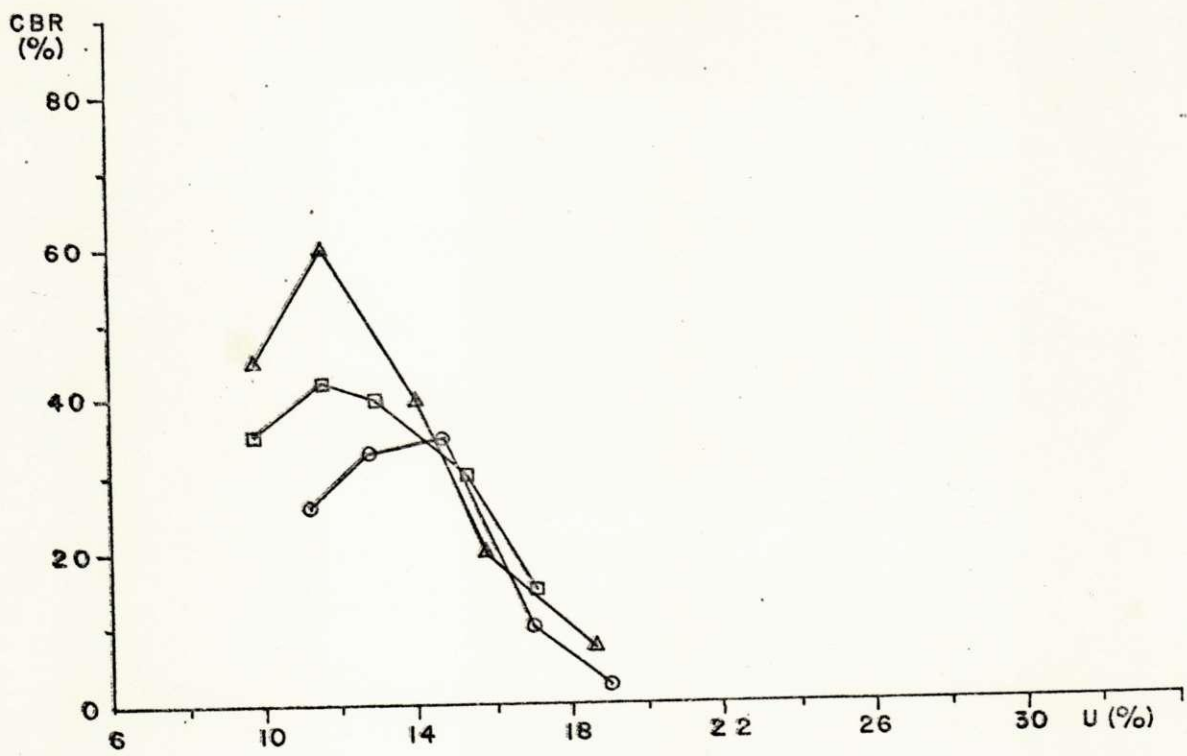
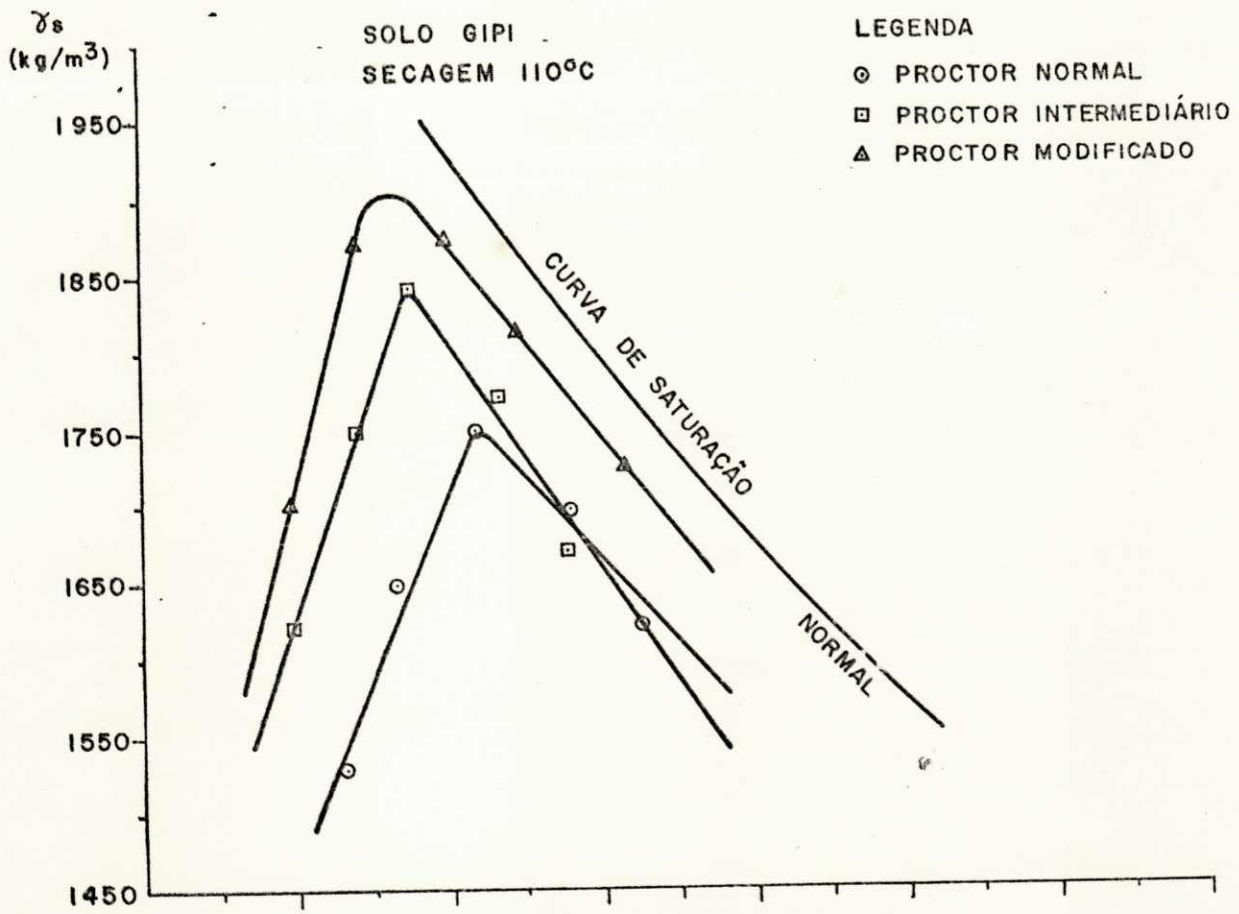
- PROCTOR NORMAL
- PROCTOR INTERMEDIÁRIO
- △ PROCTOR MODIFICADO

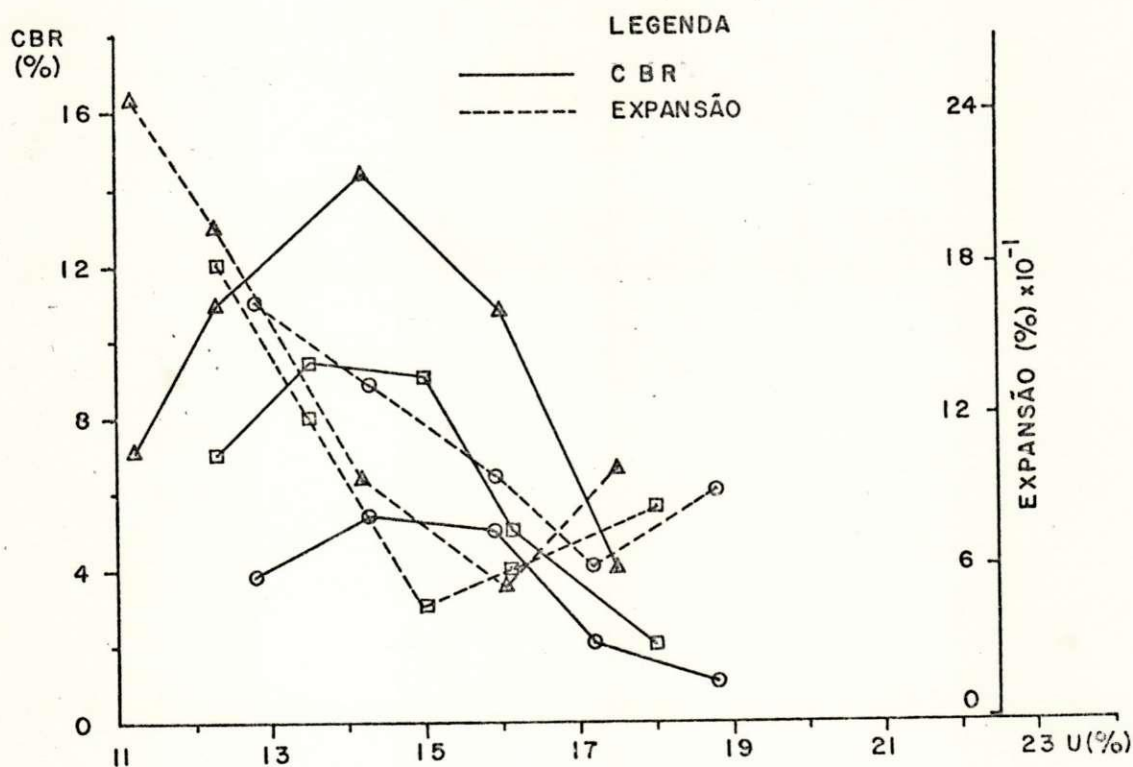
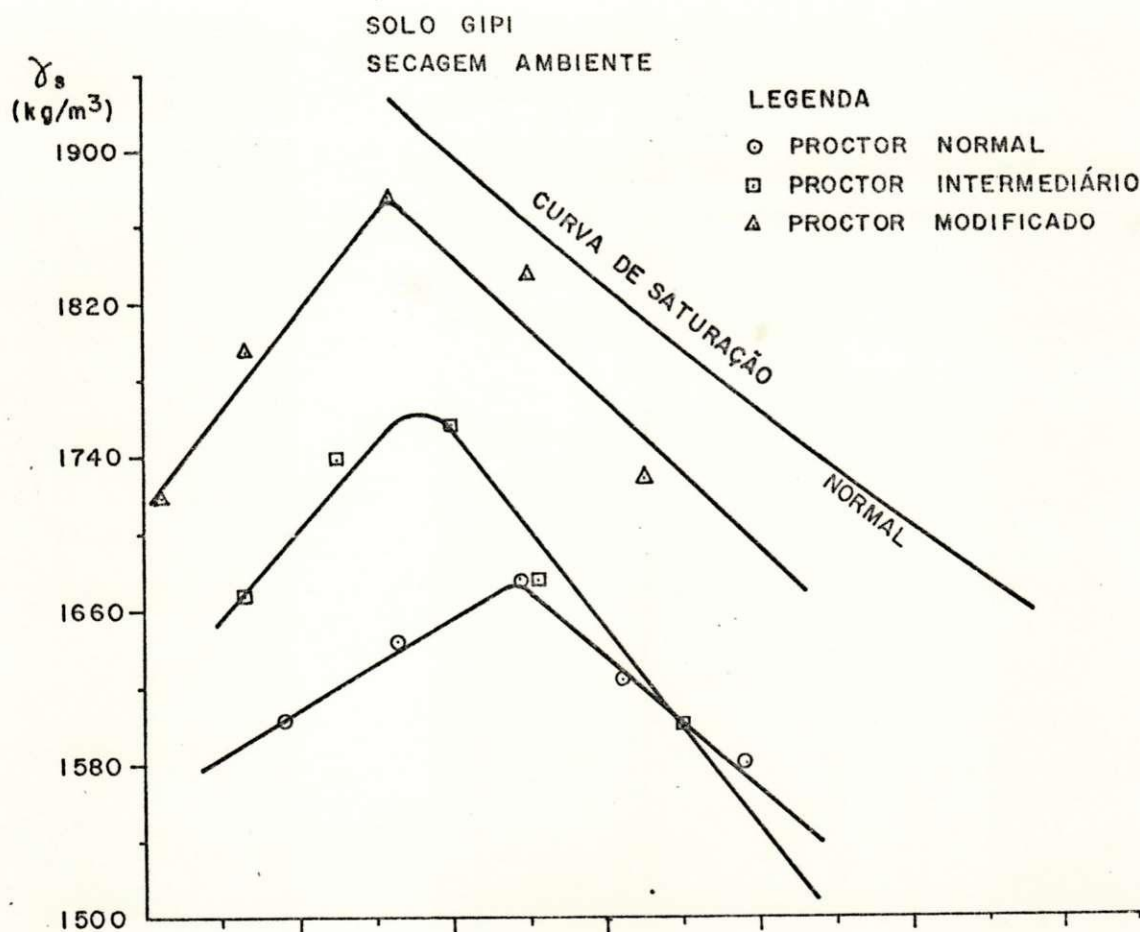


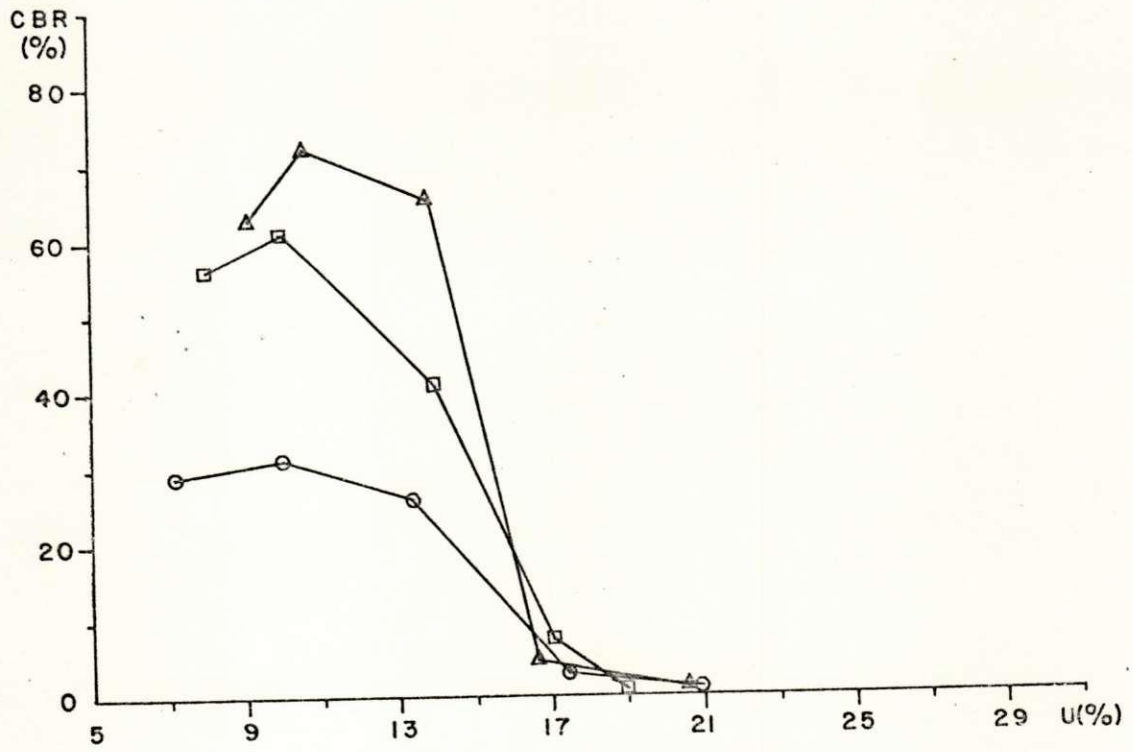
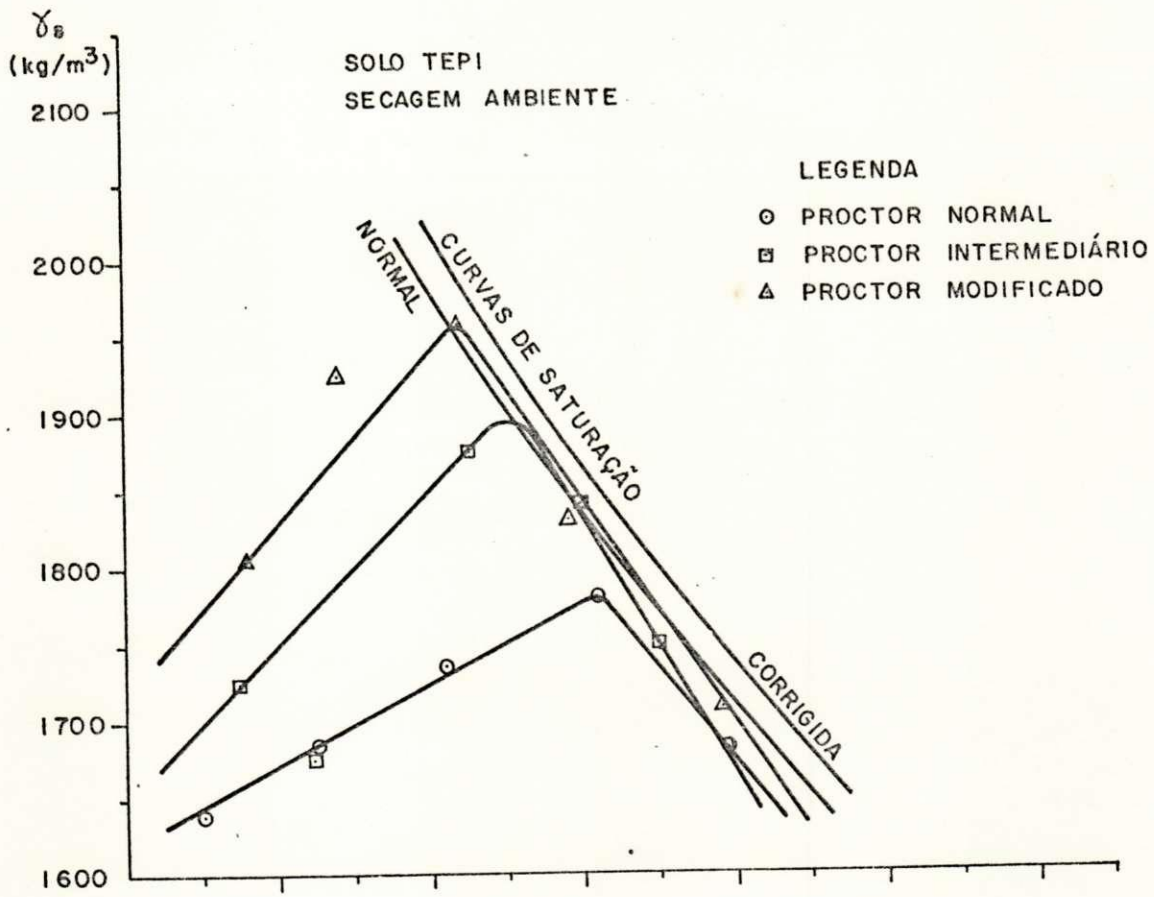




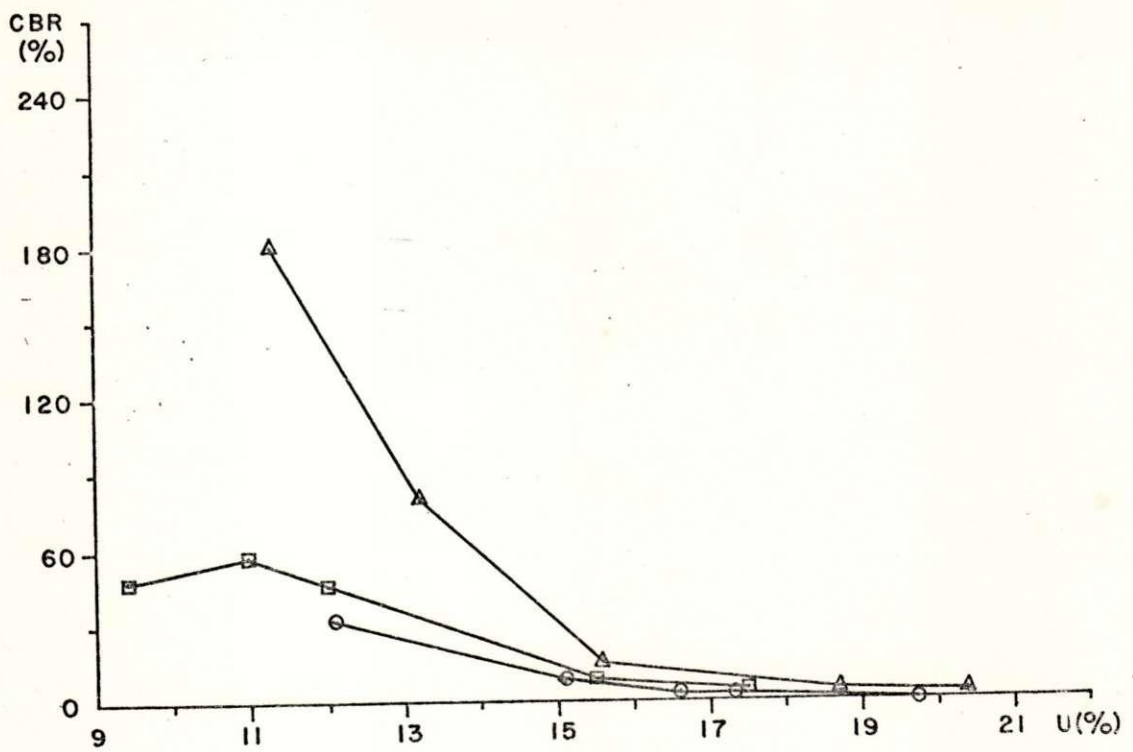
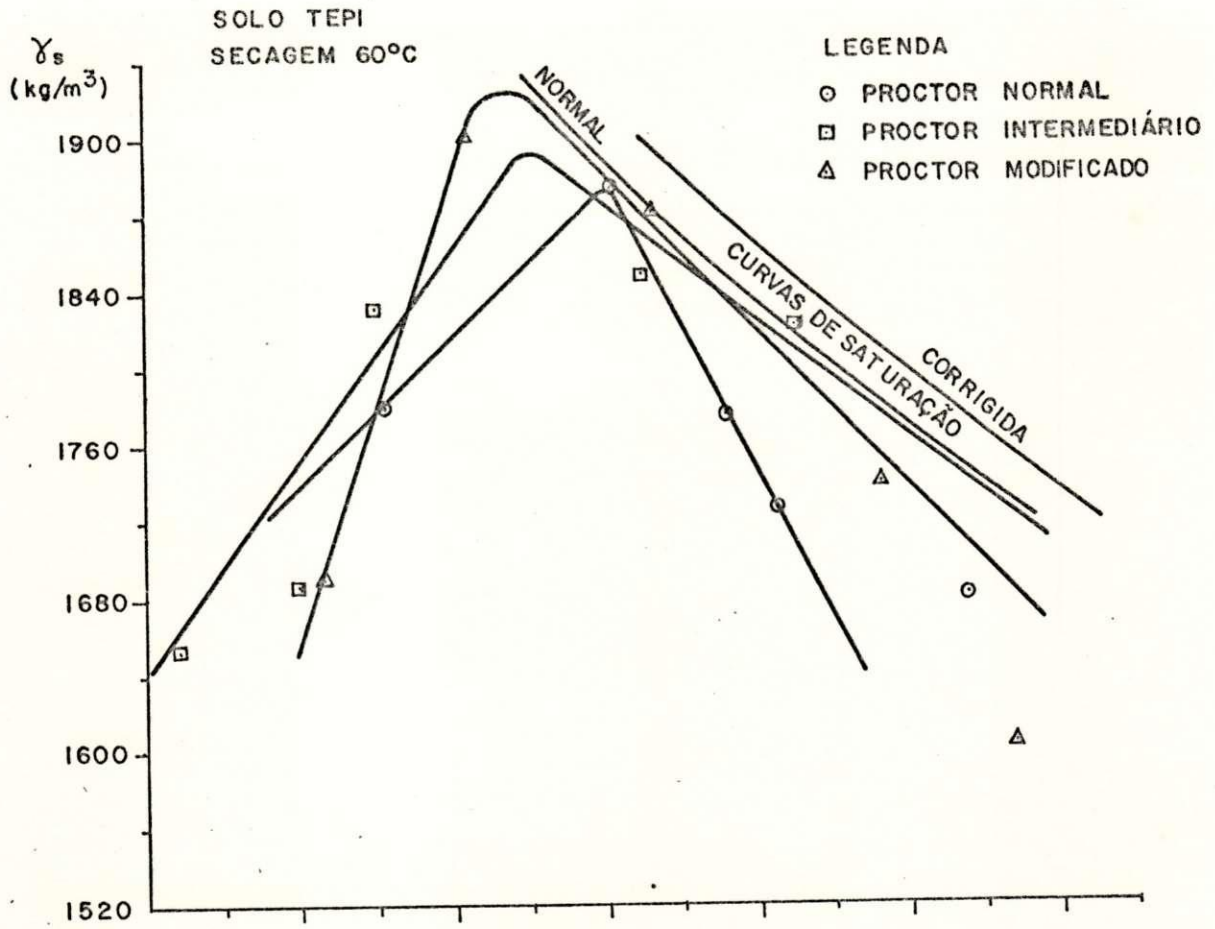




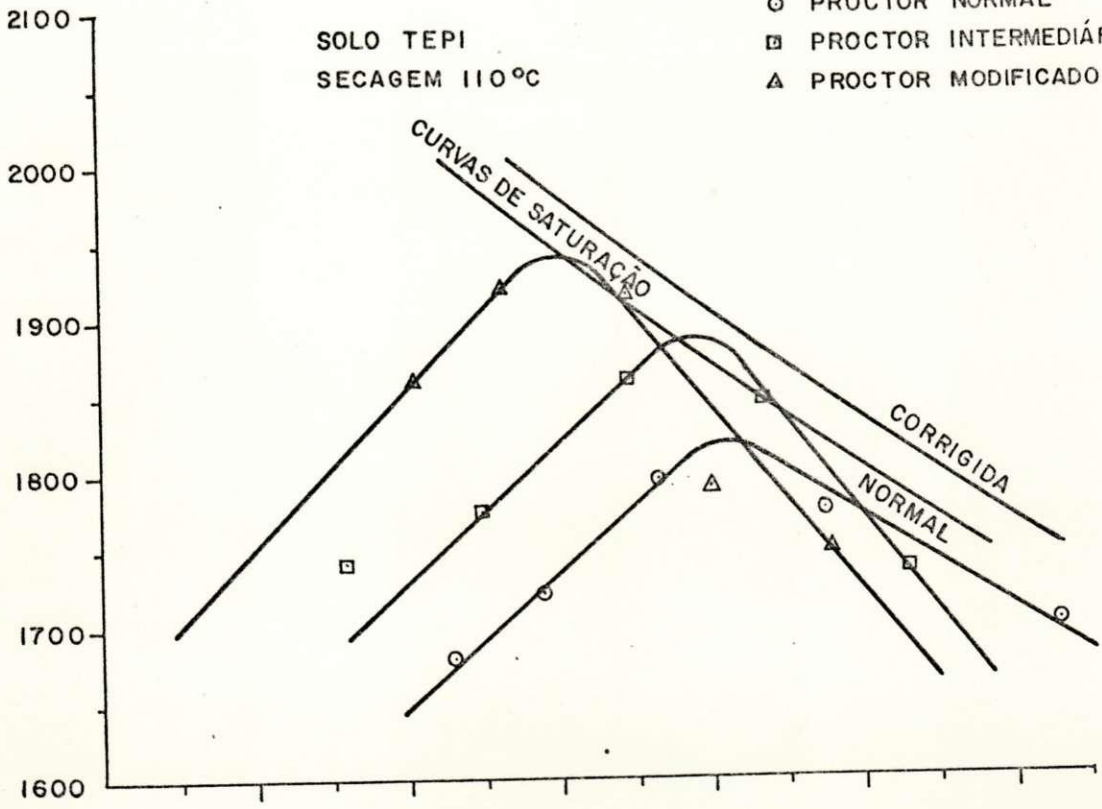




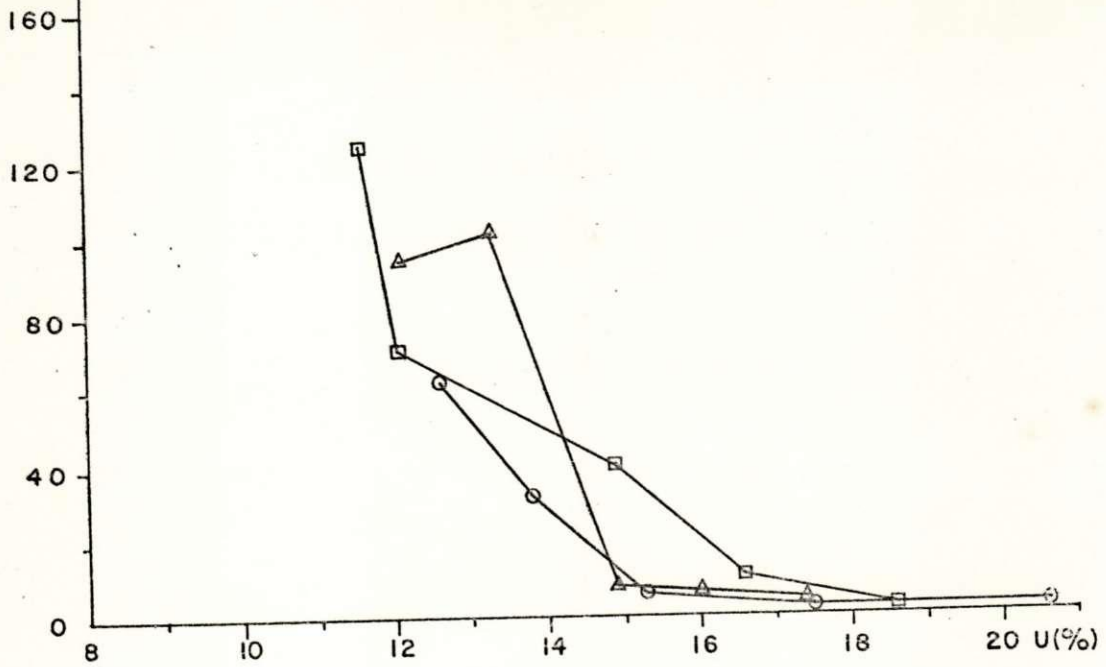


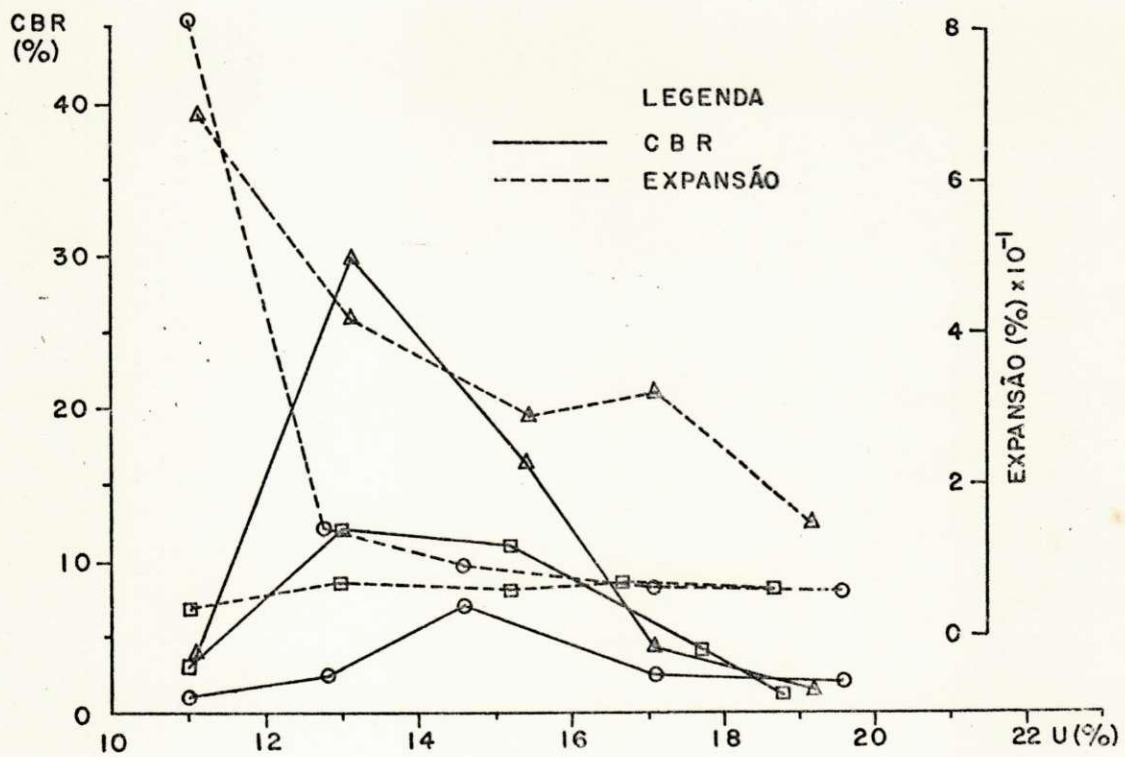
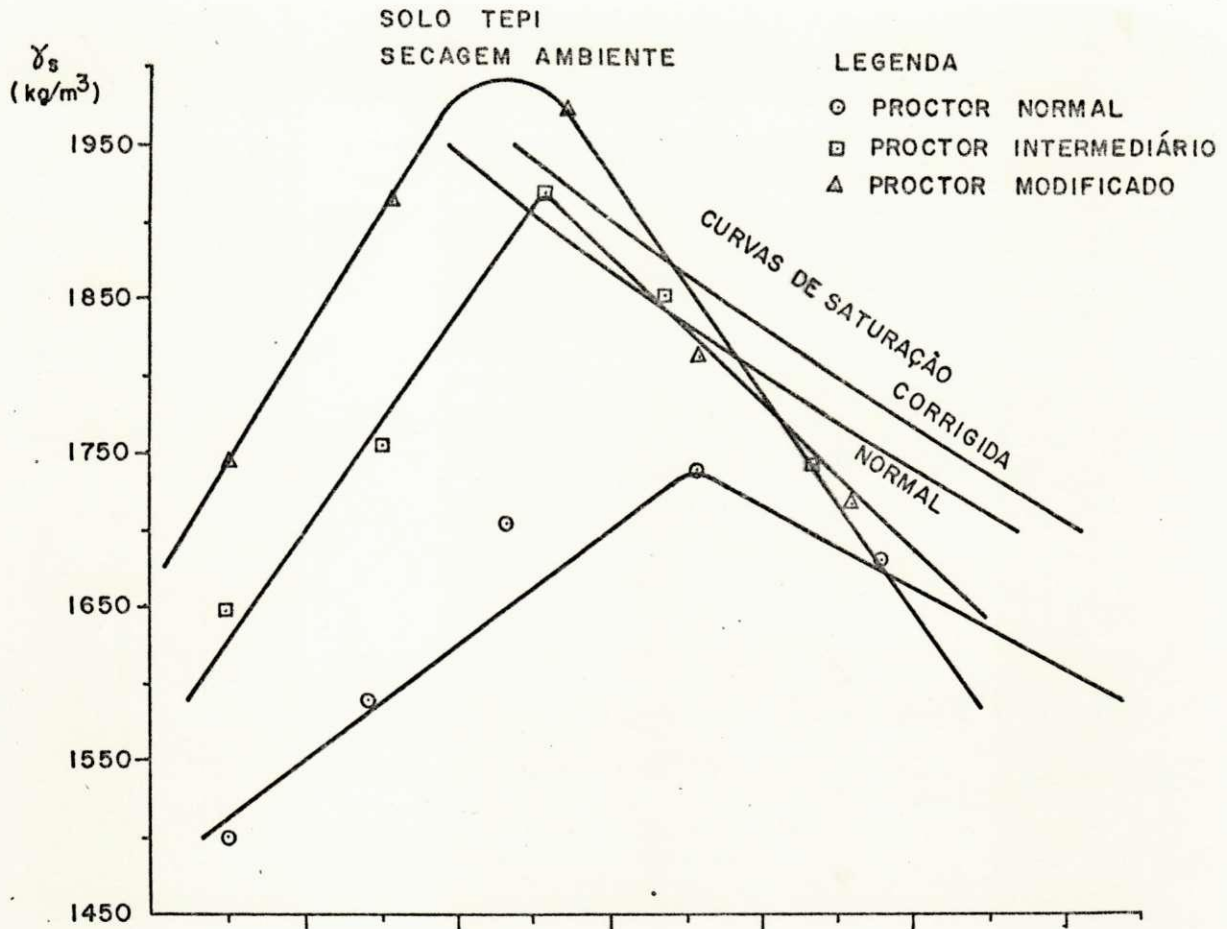


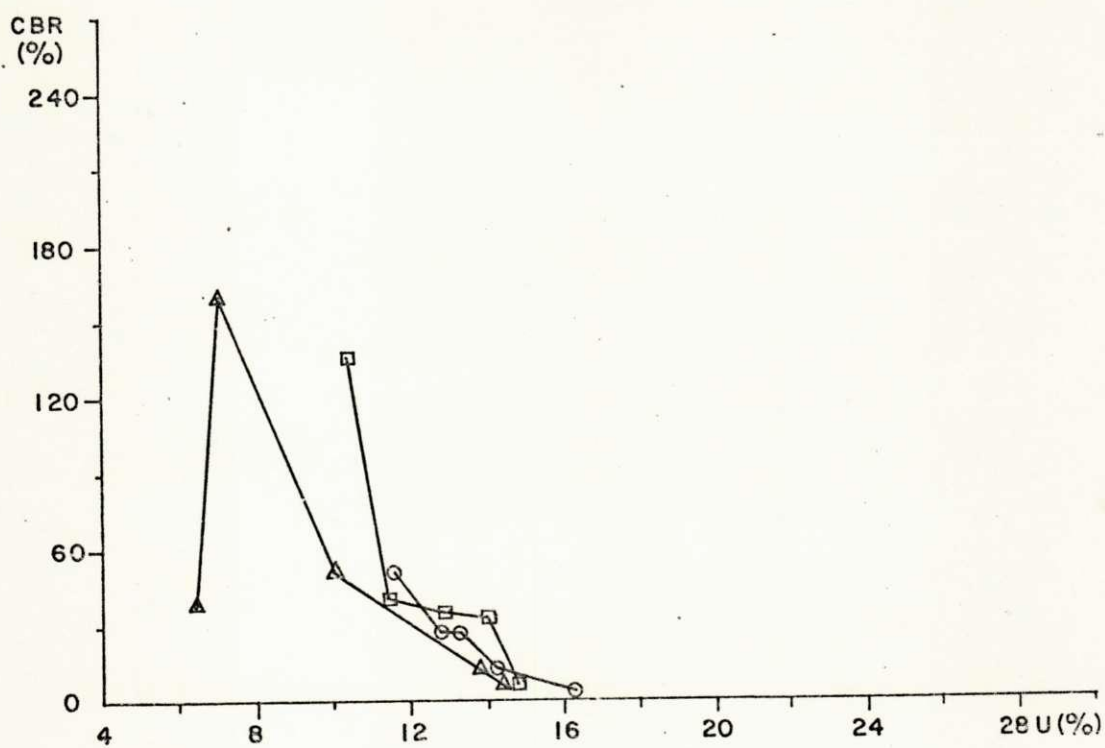
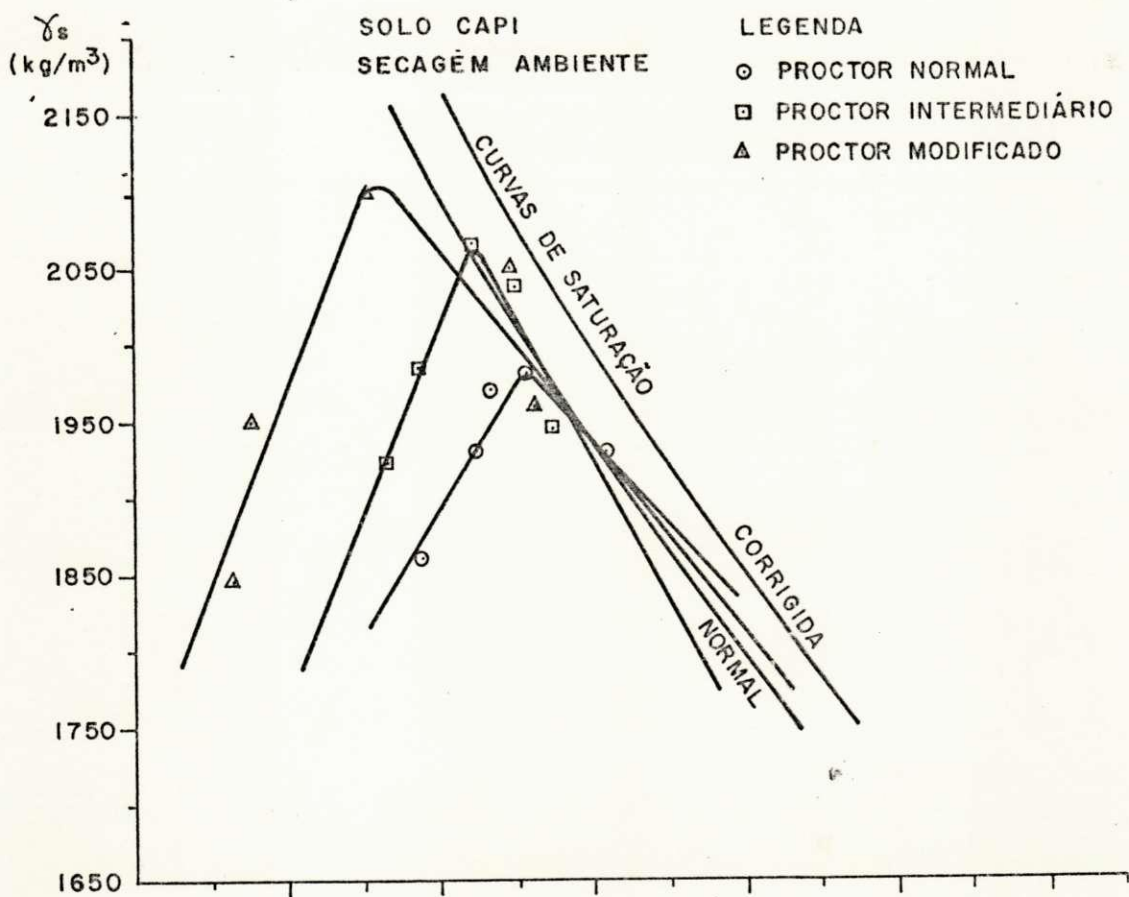
$\gamma_s$   
(kg/m<sup>3</sup>)

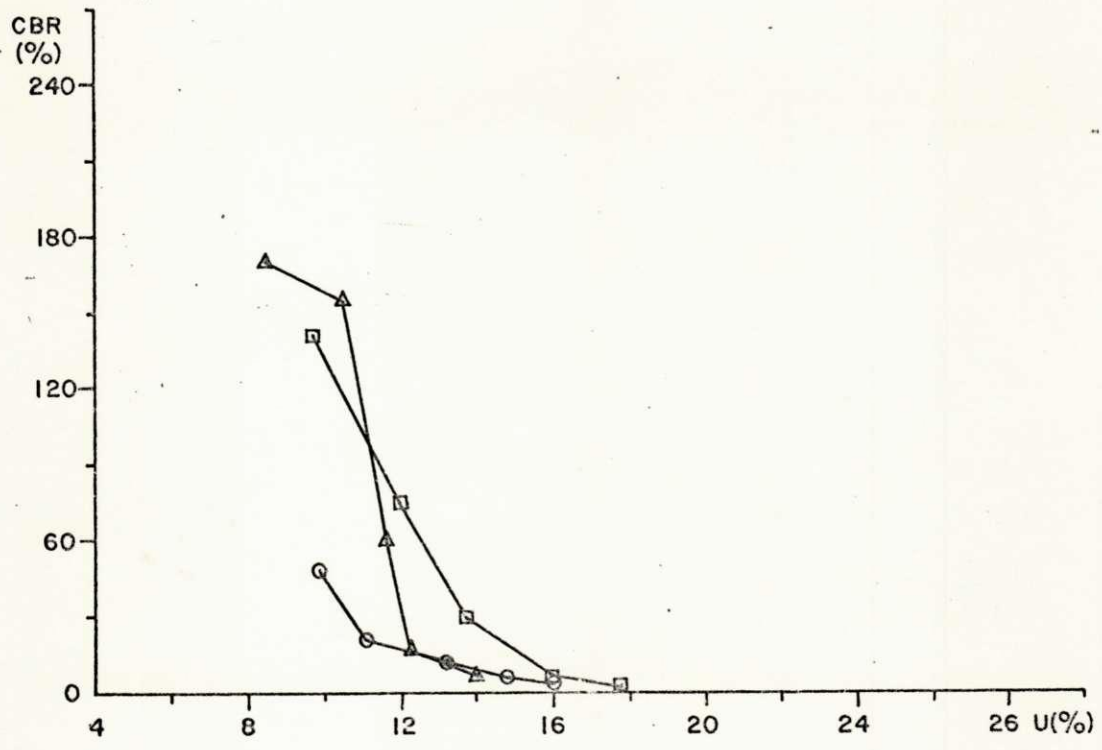
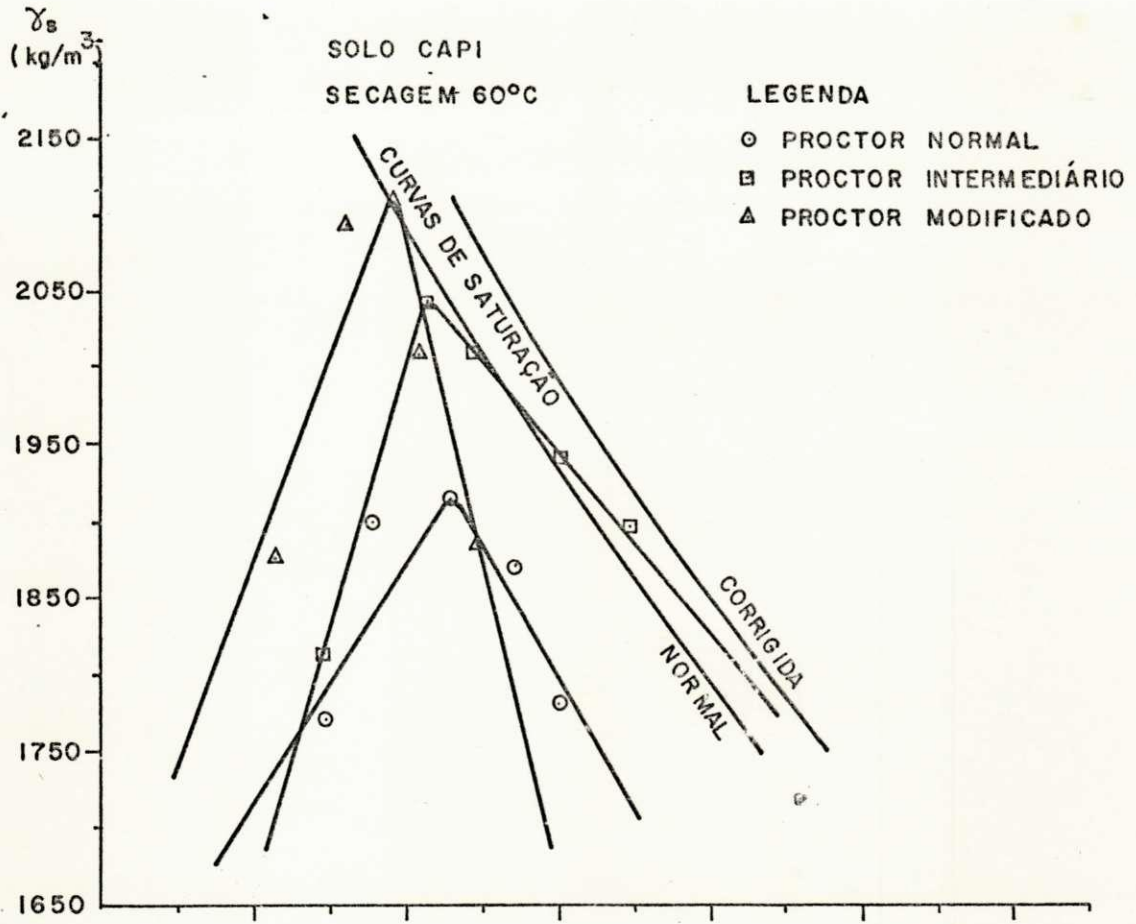


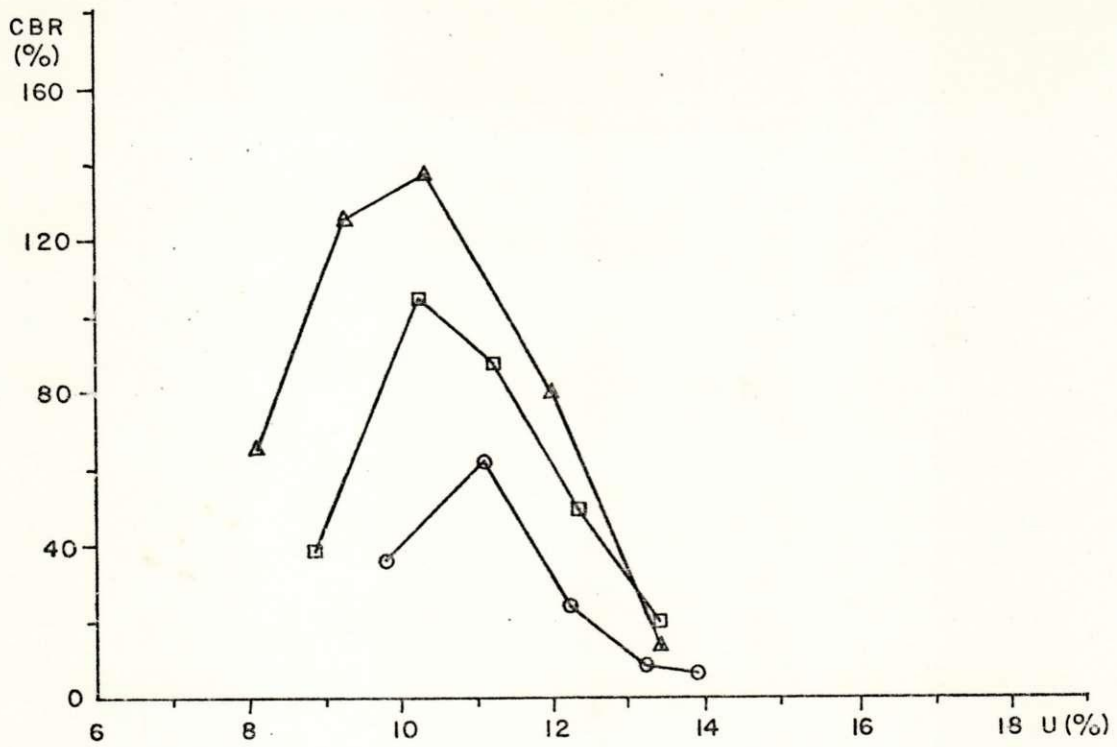
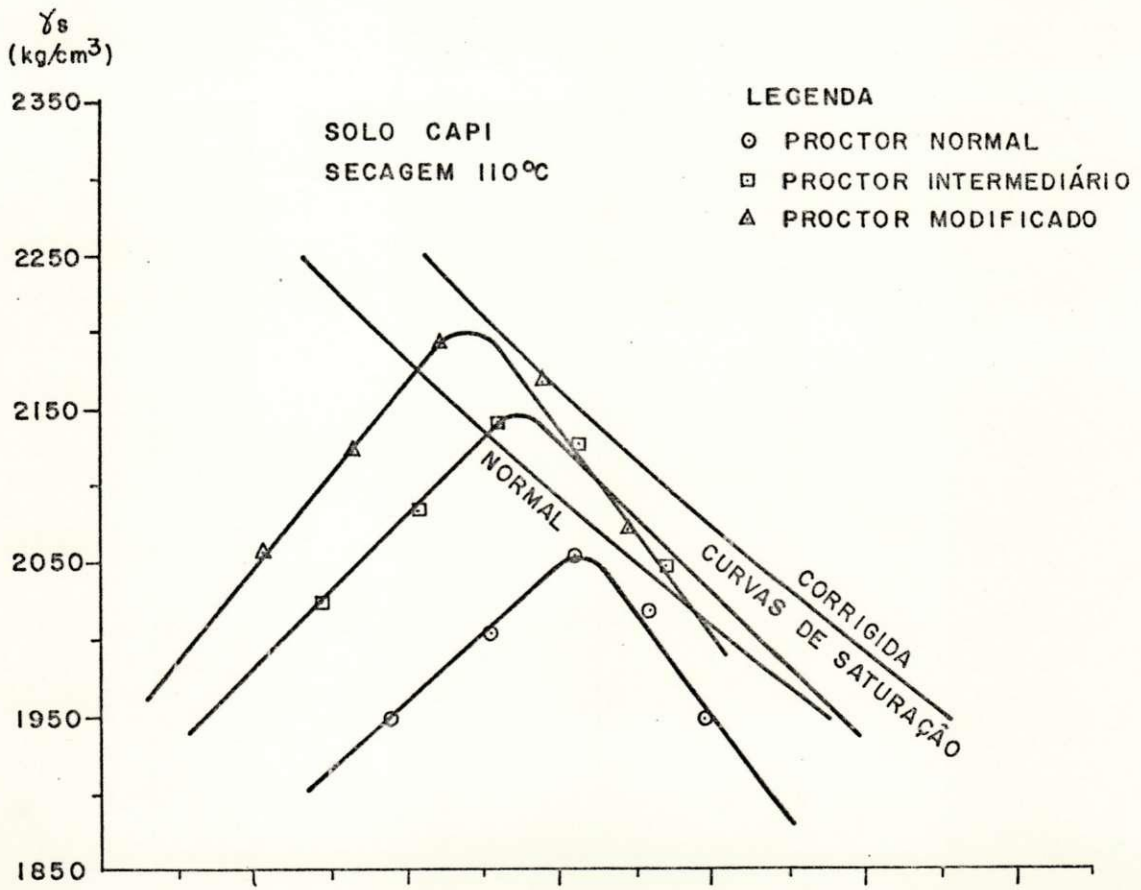
CBR (%)

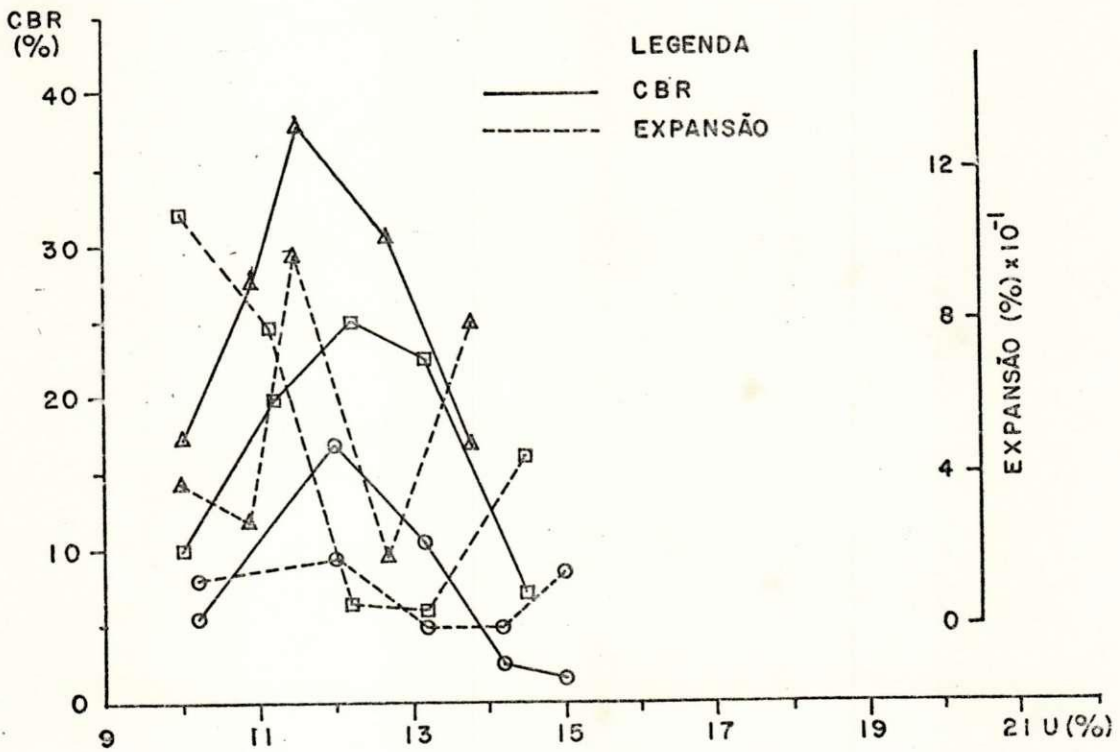
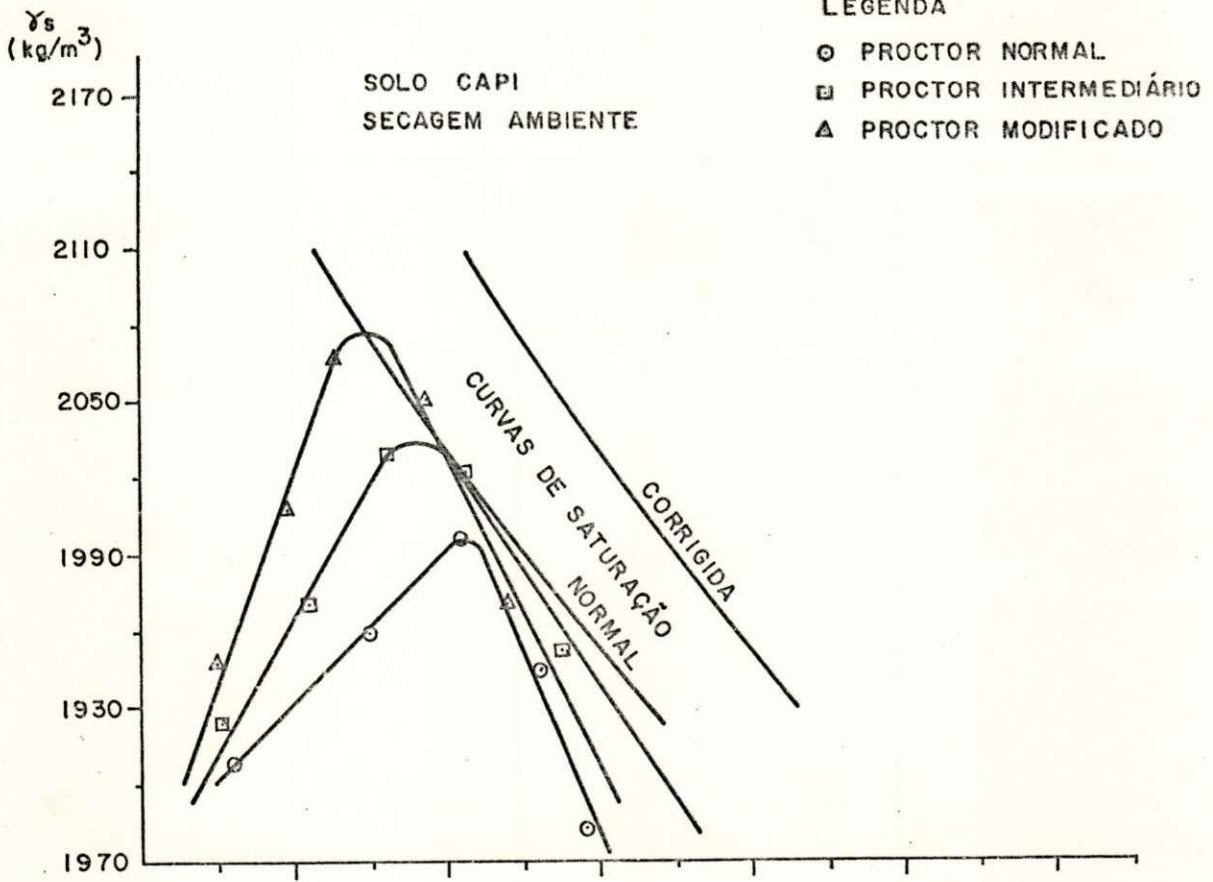


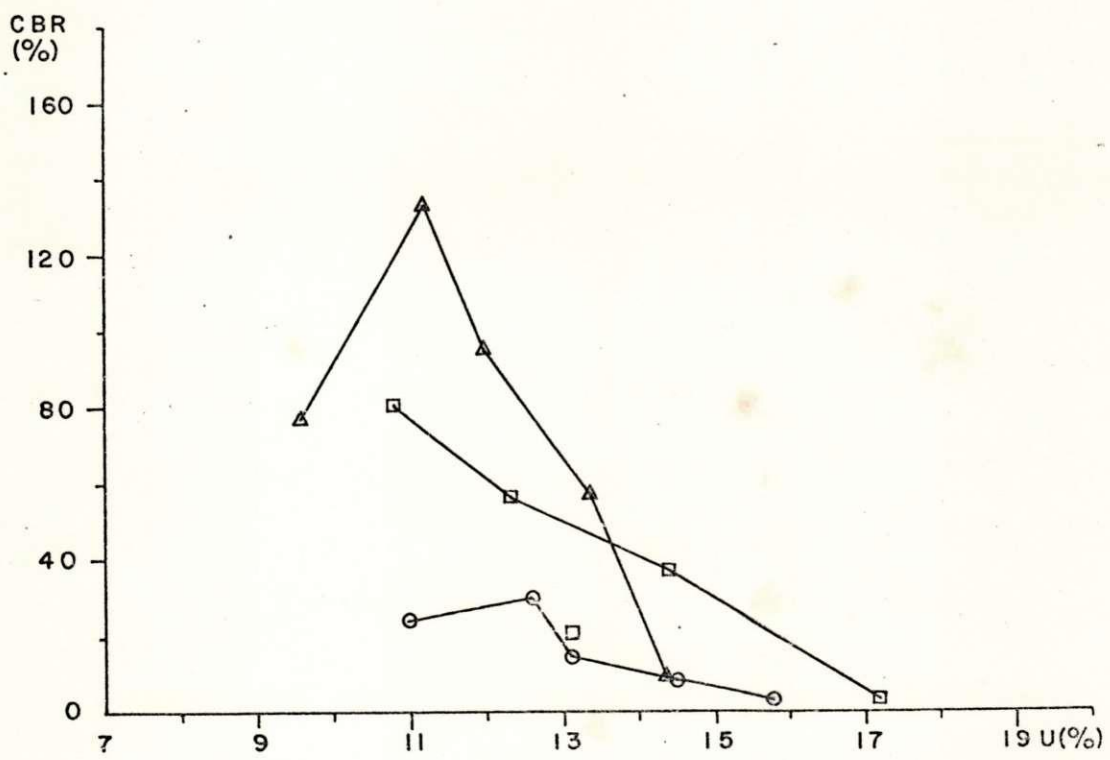
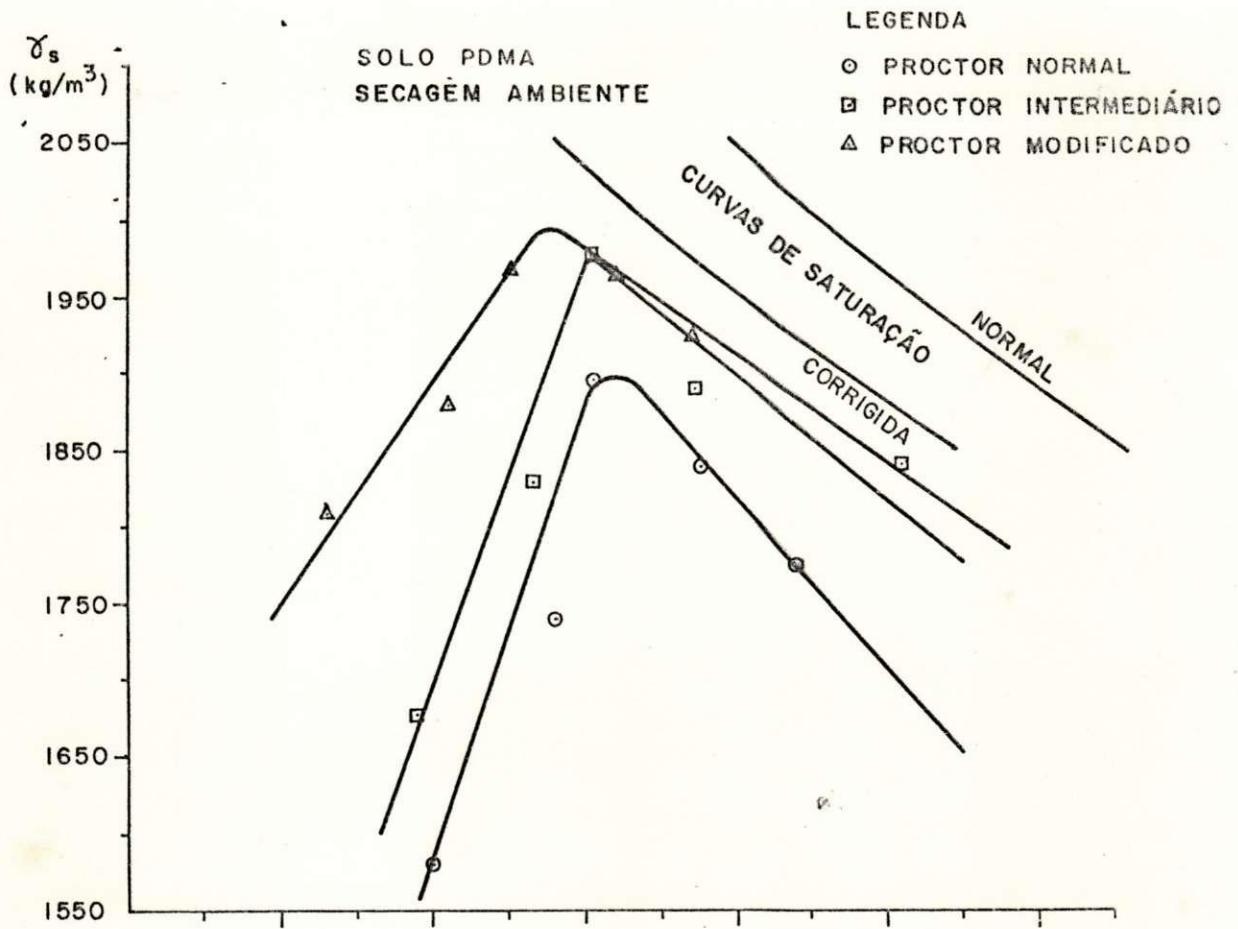




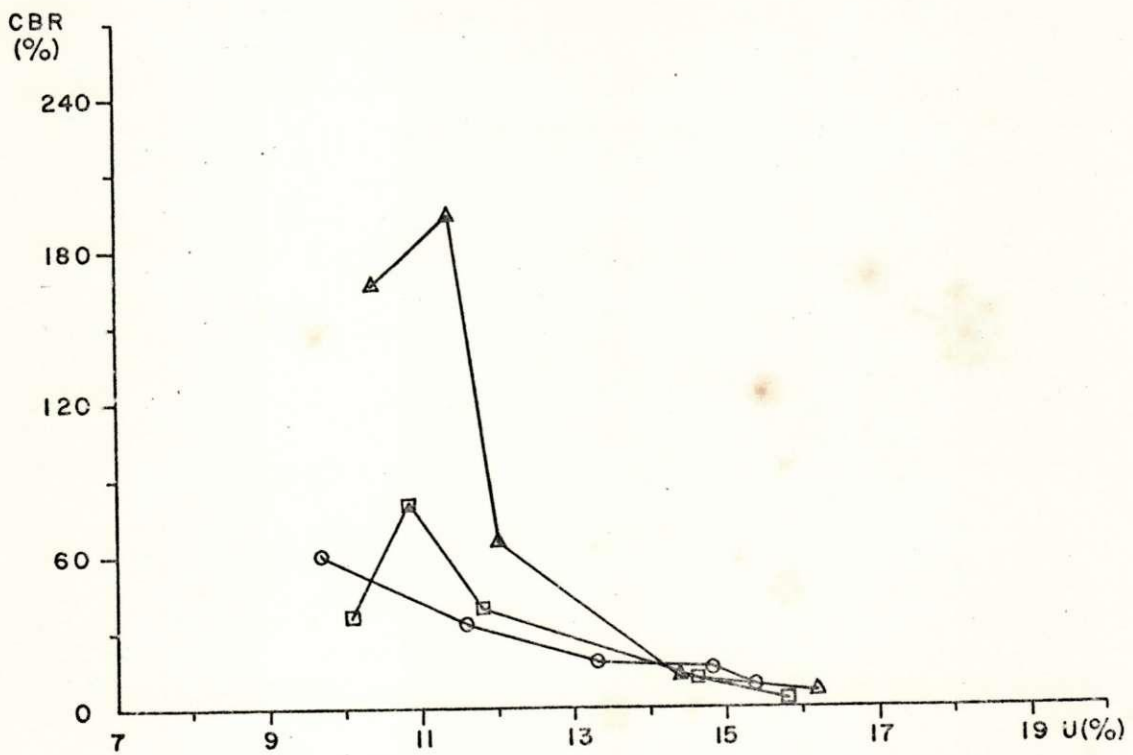
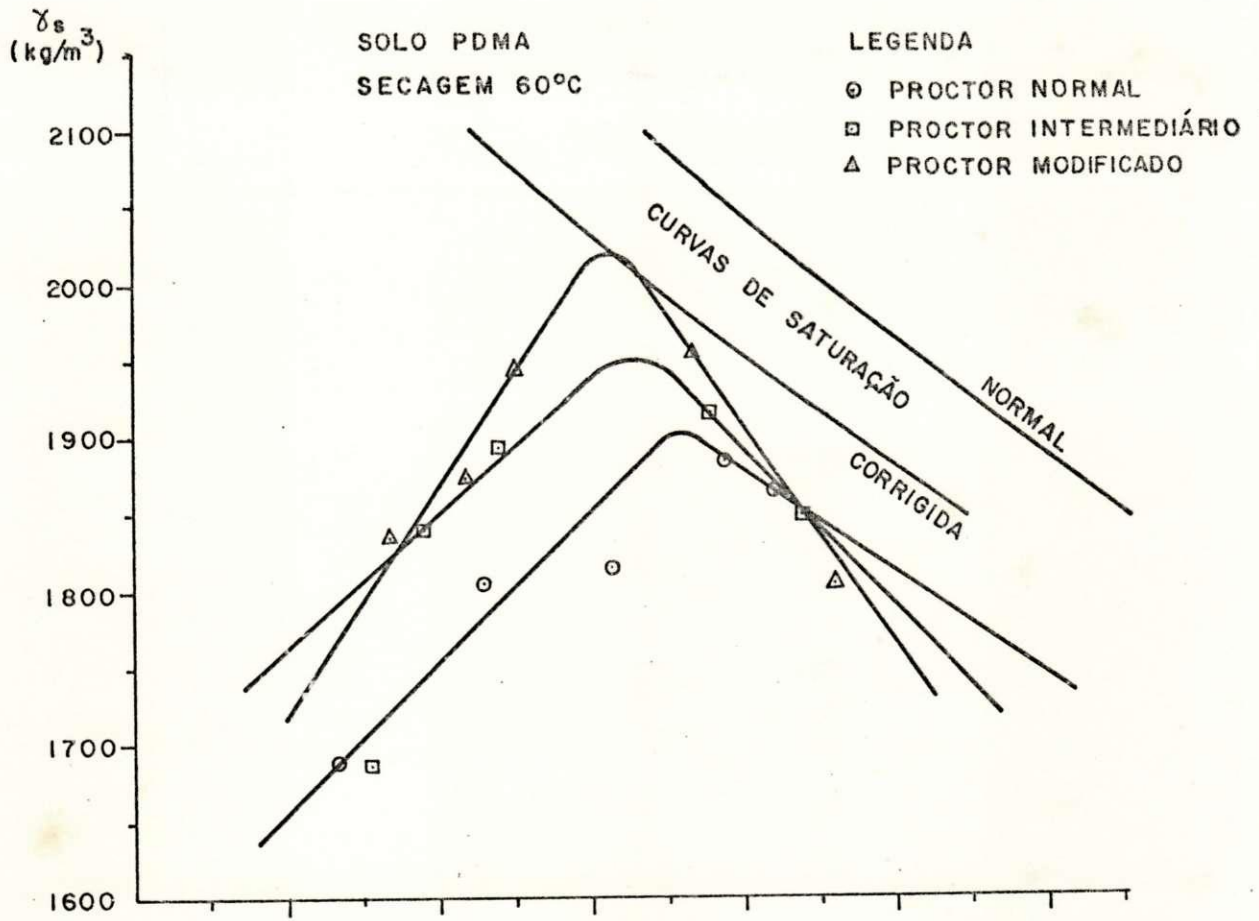


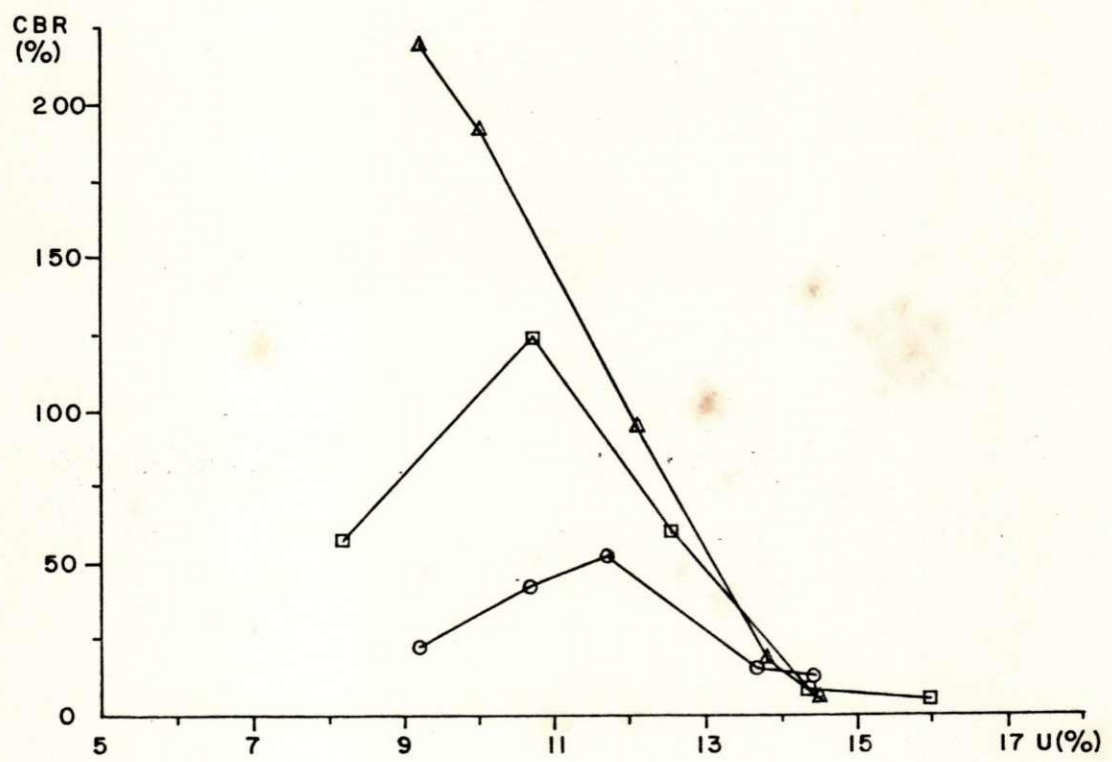
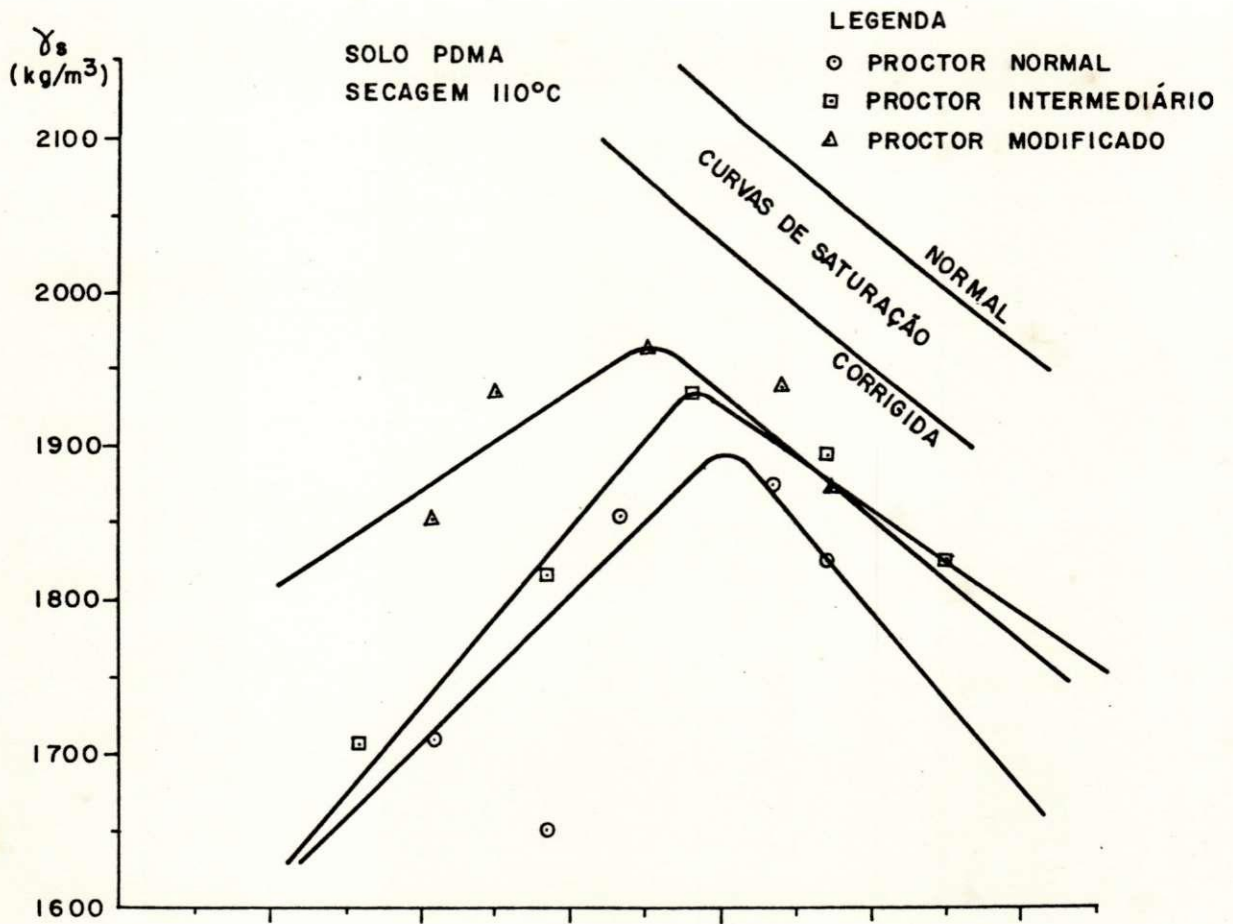


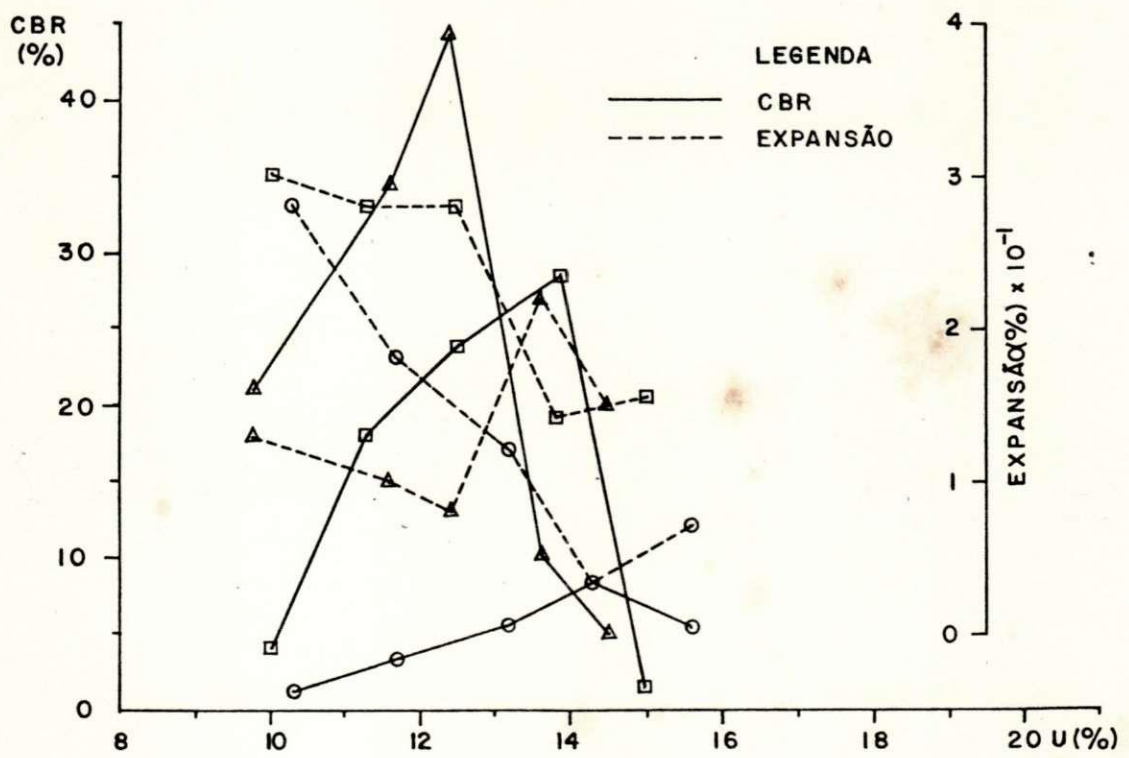
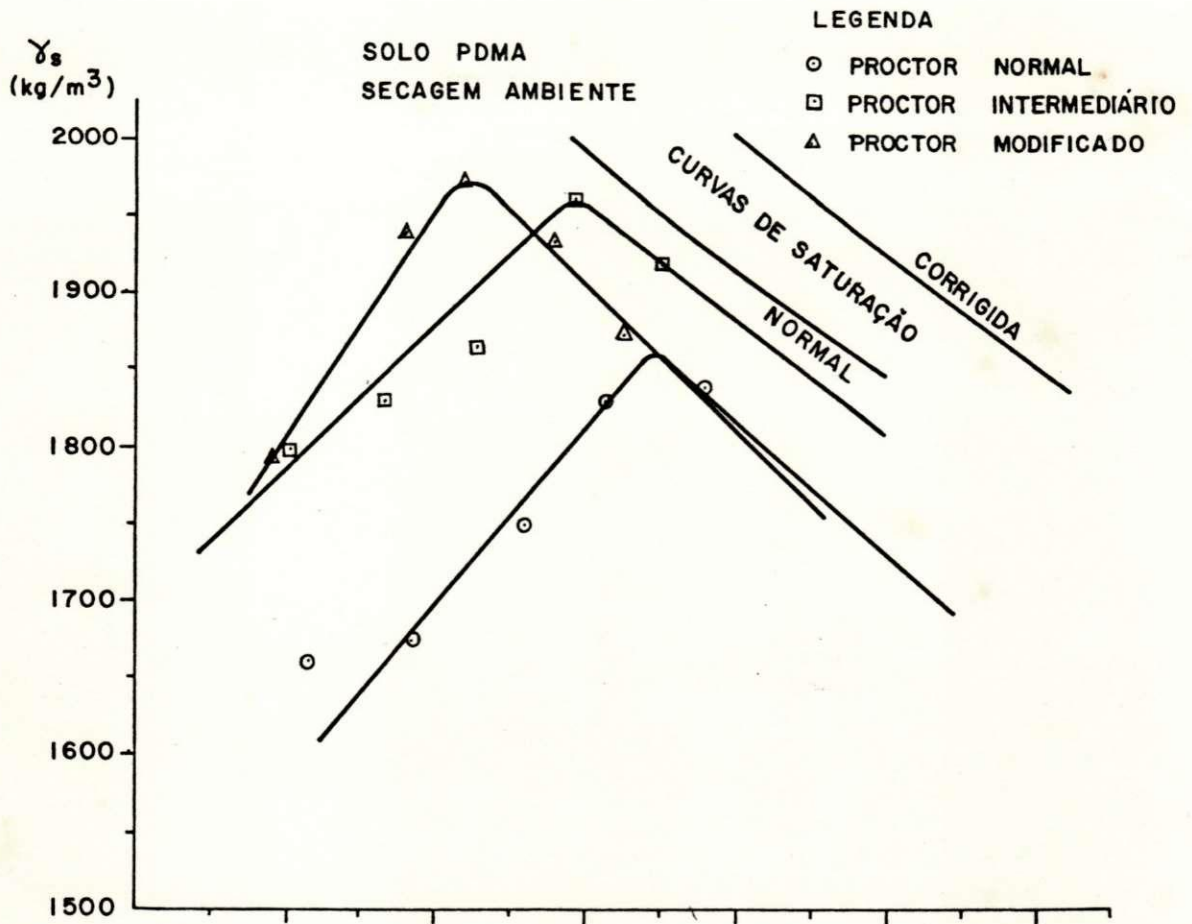


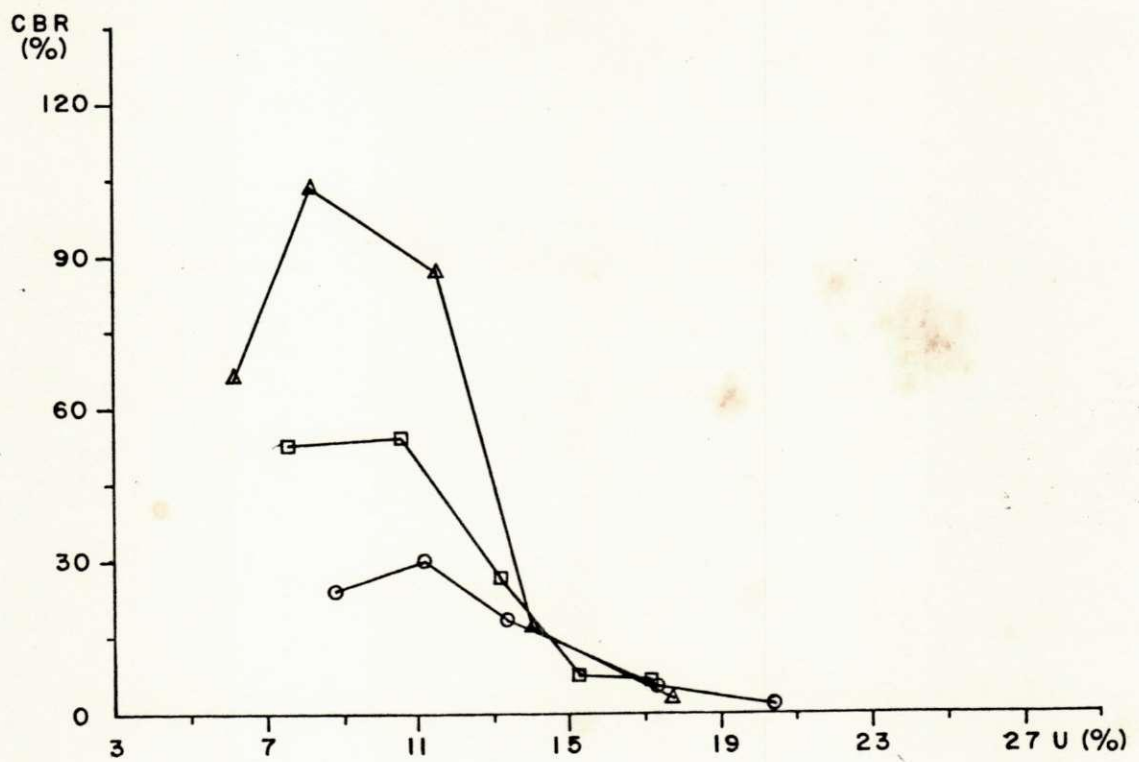
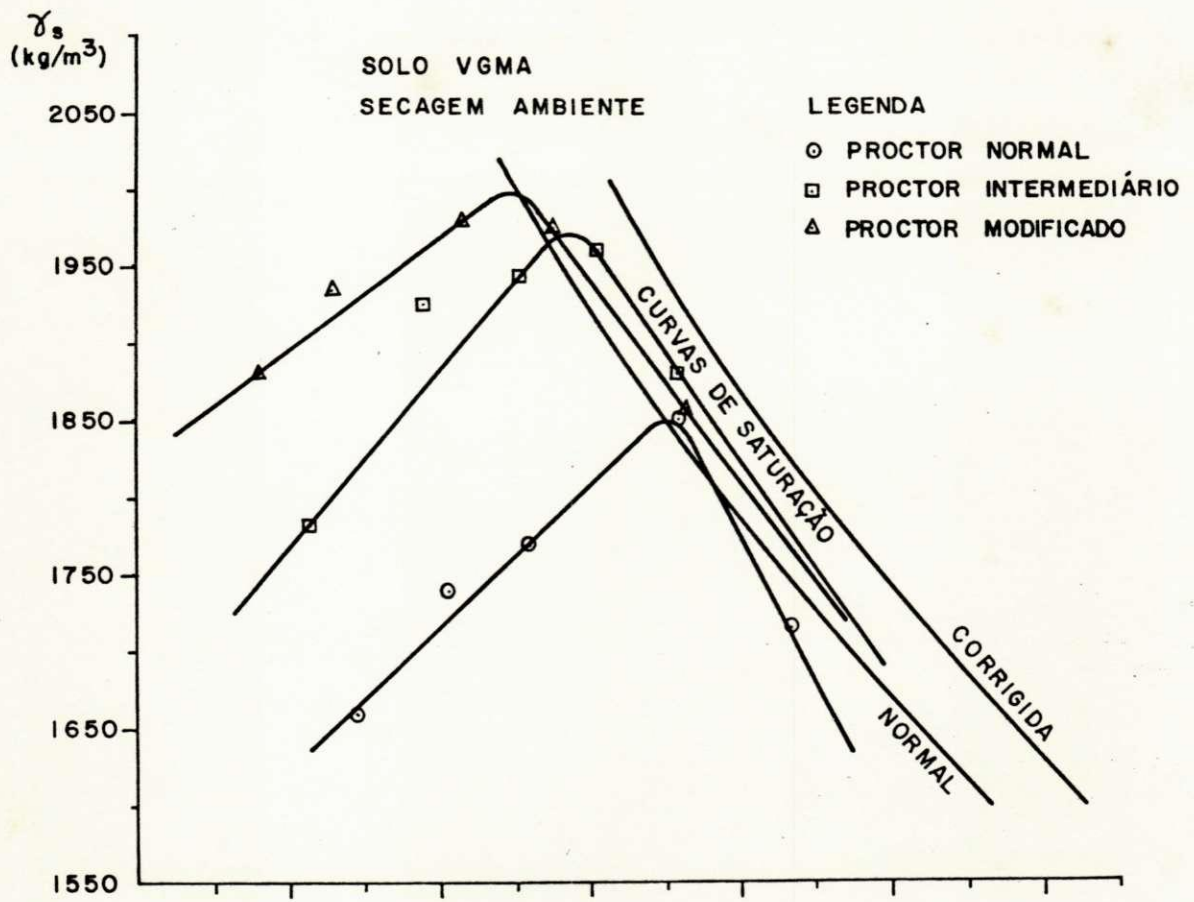


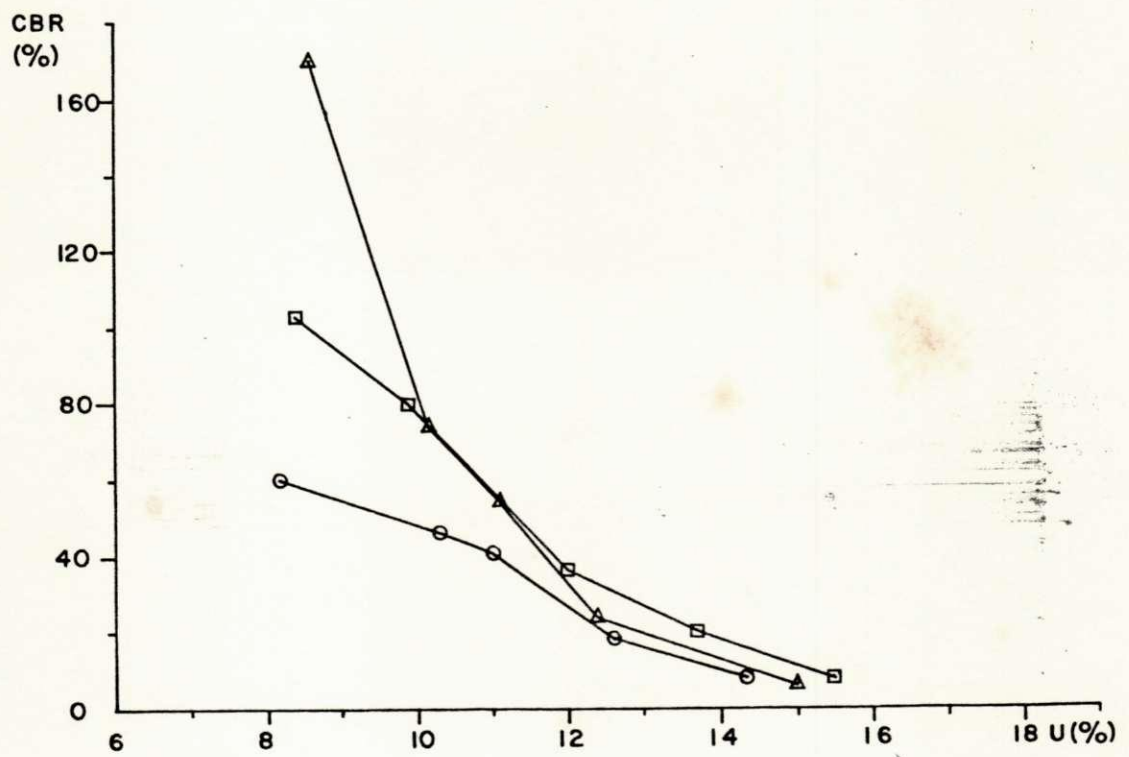
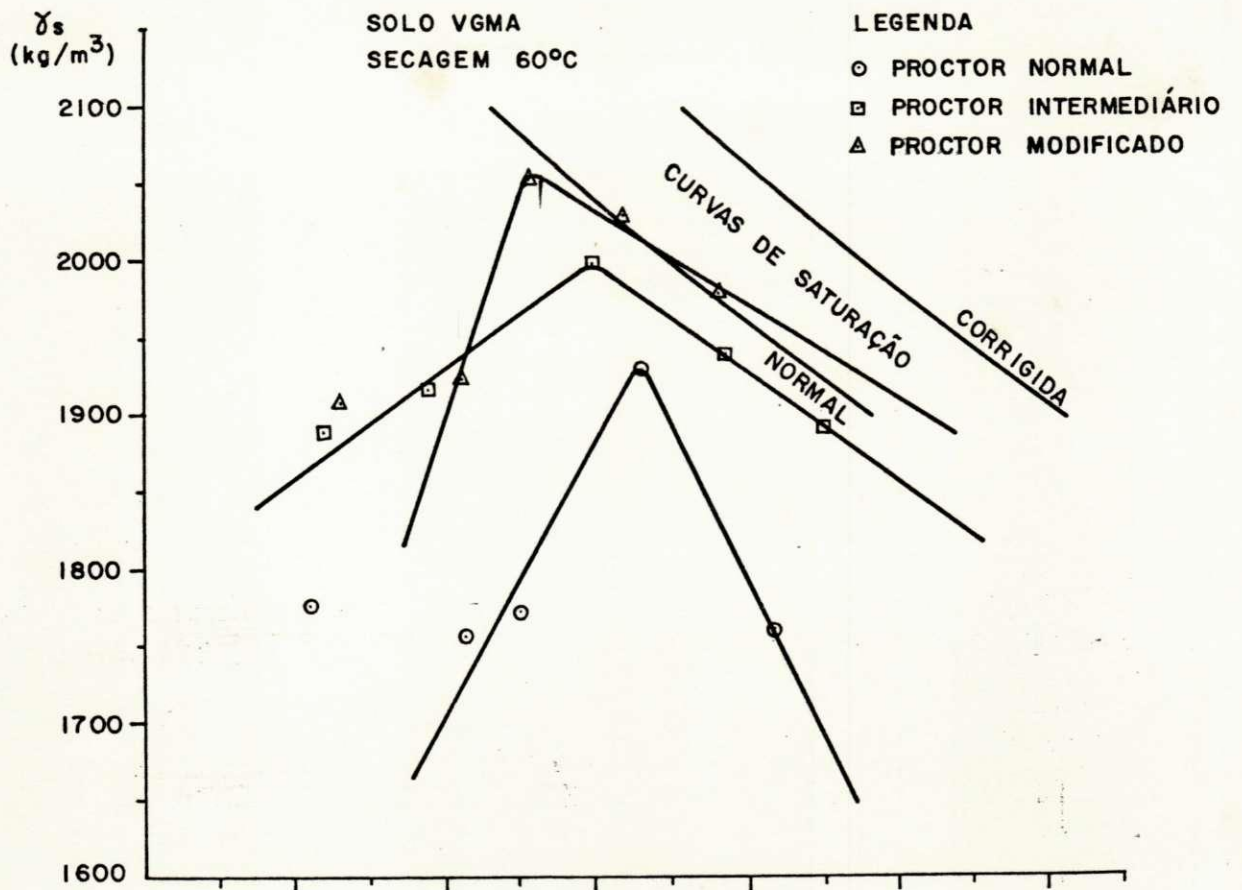


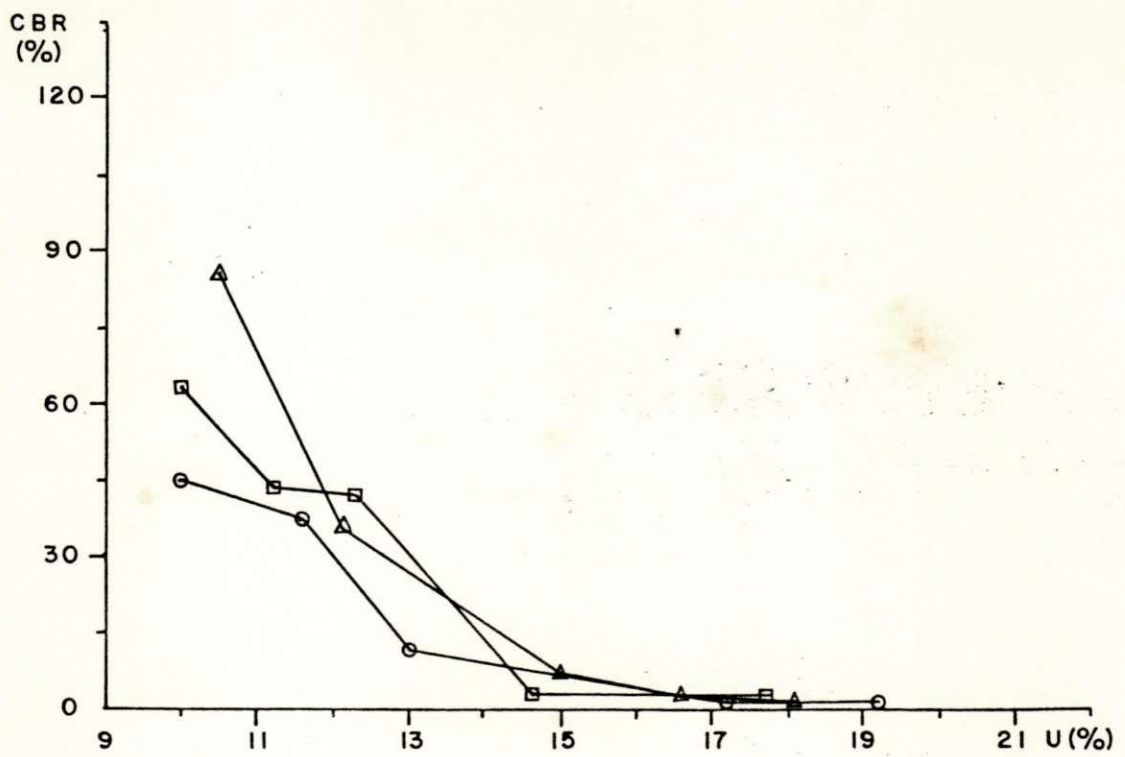
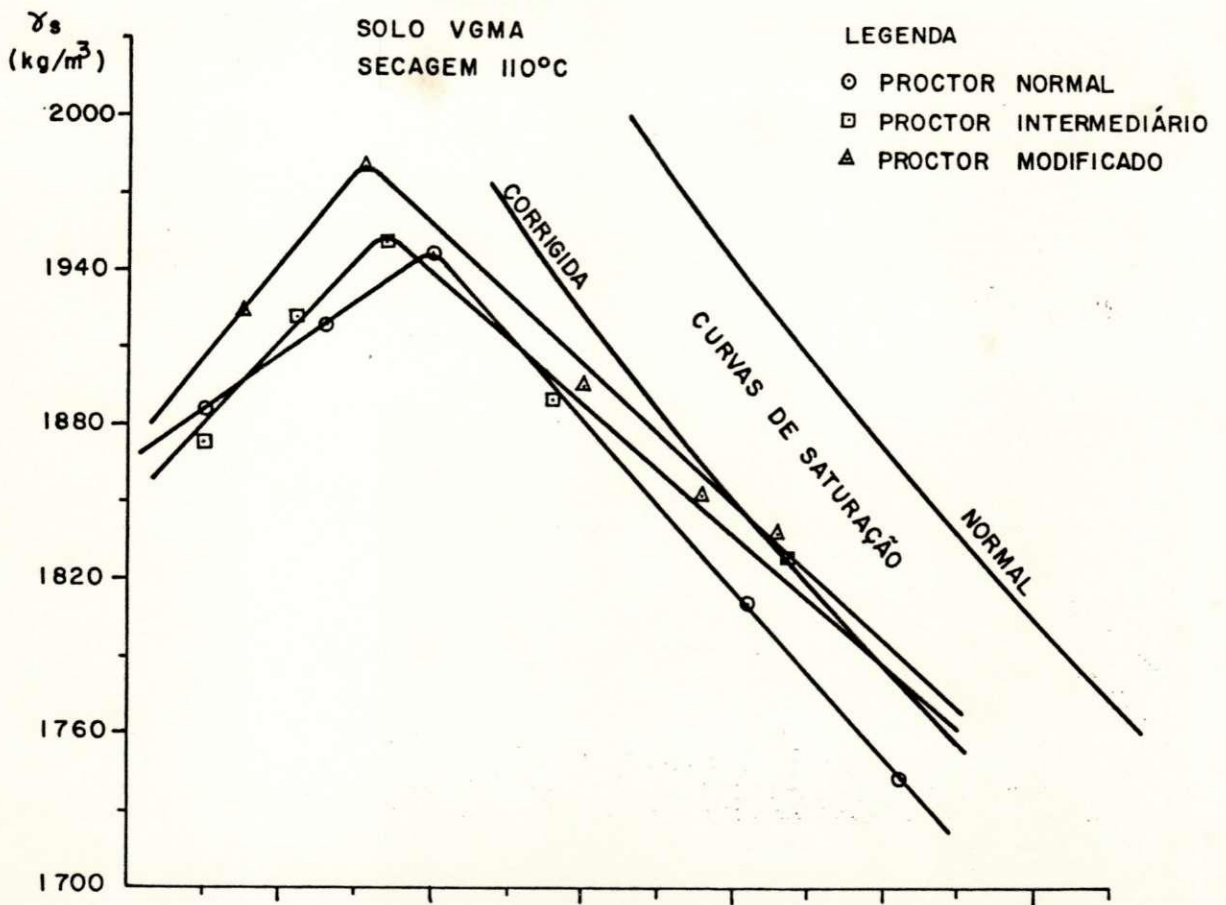


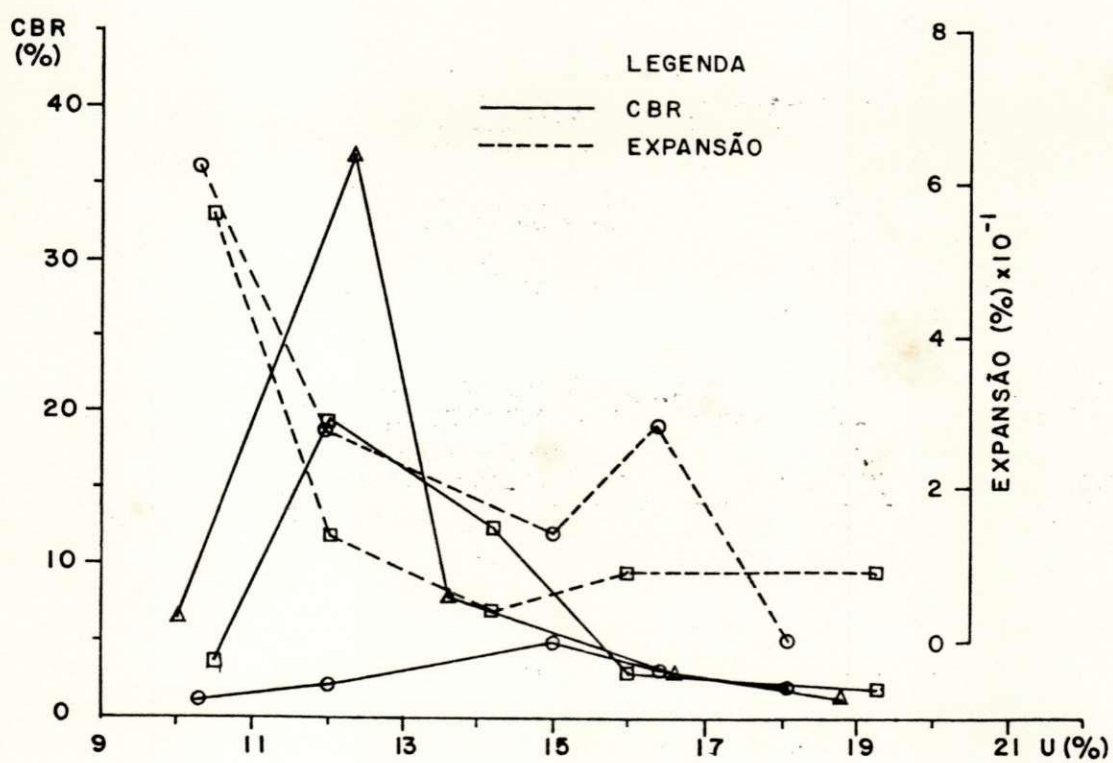
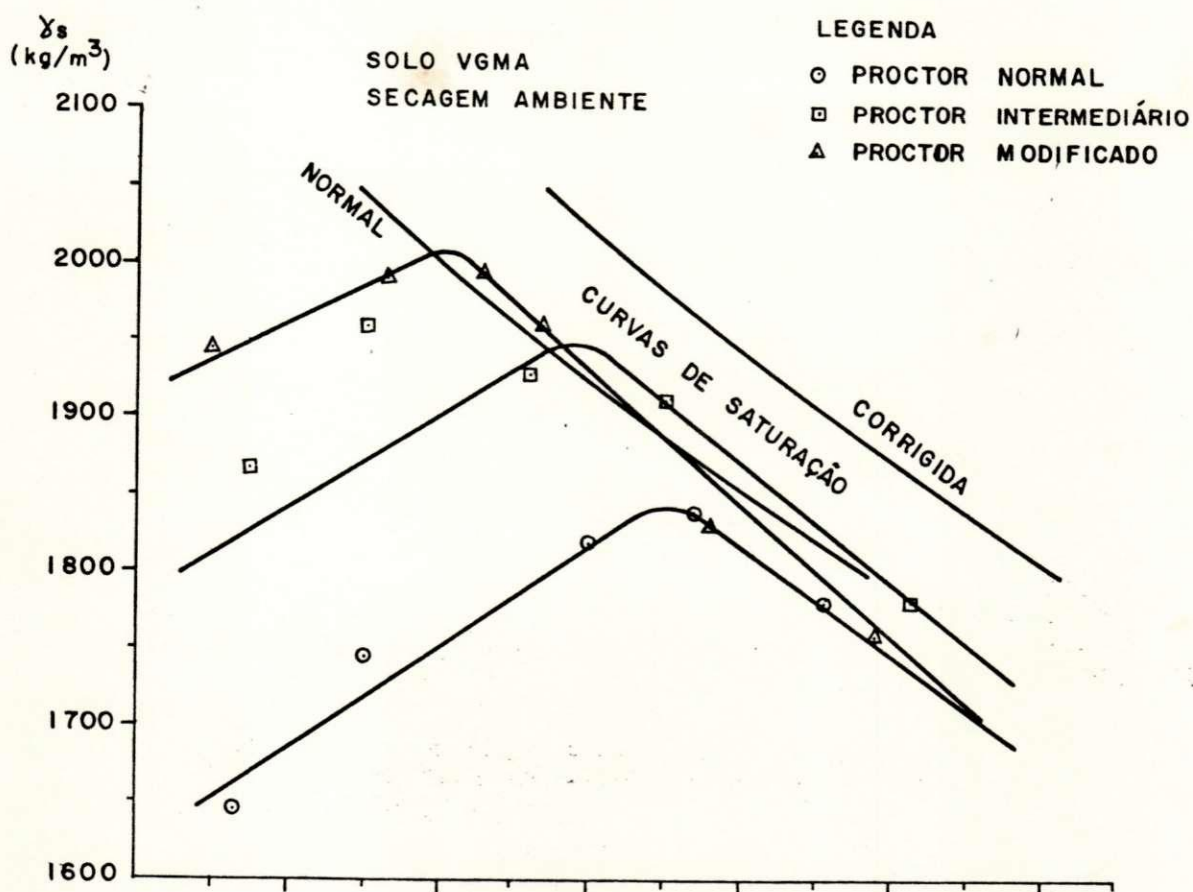


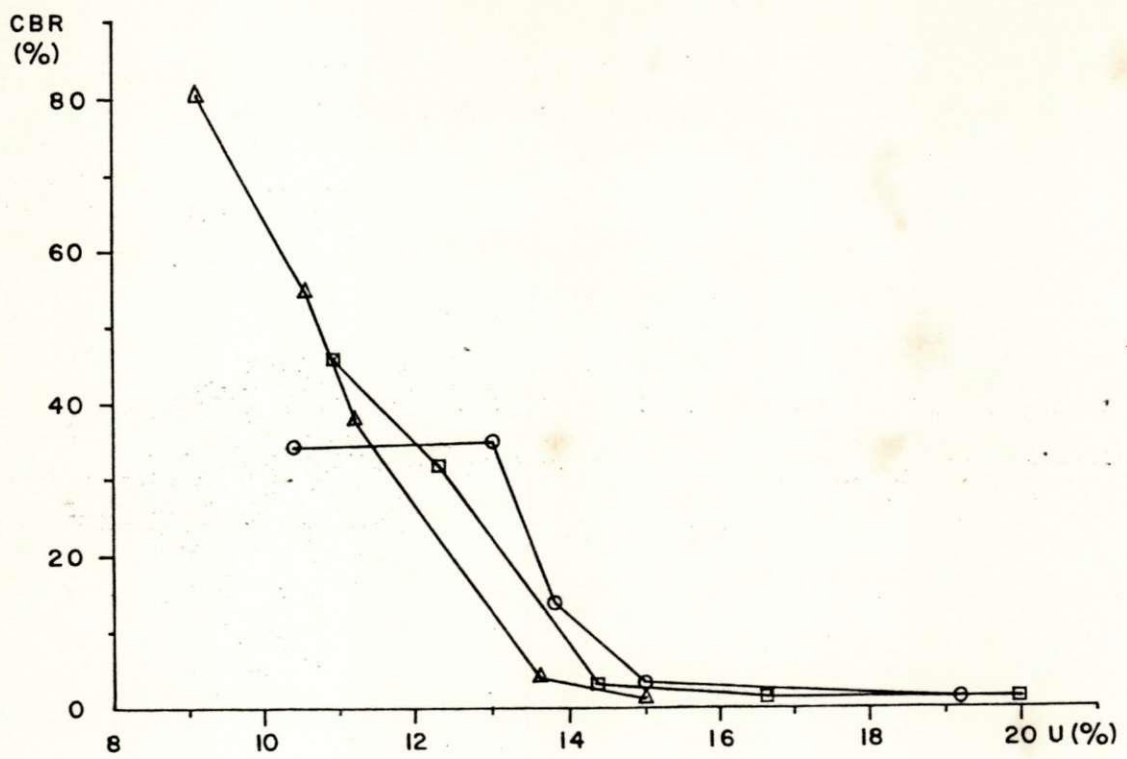
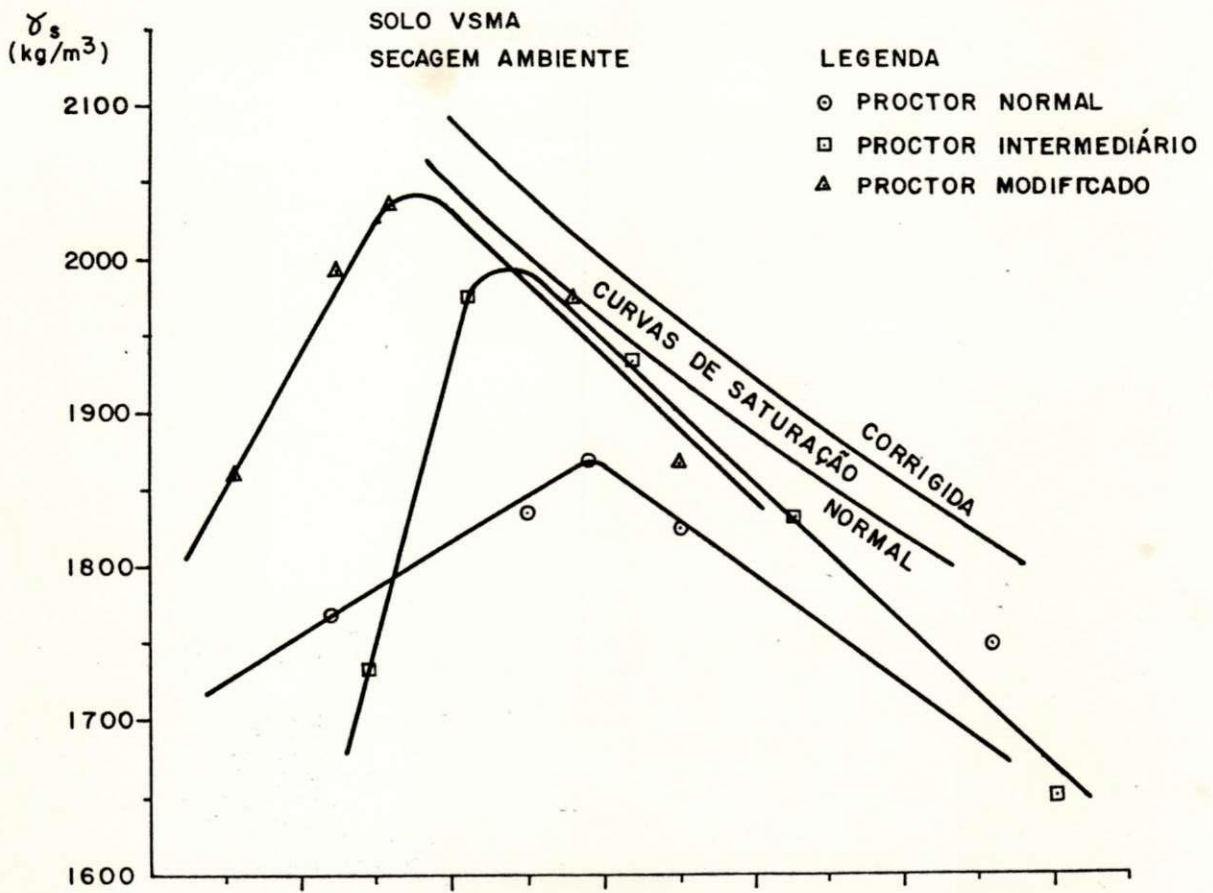




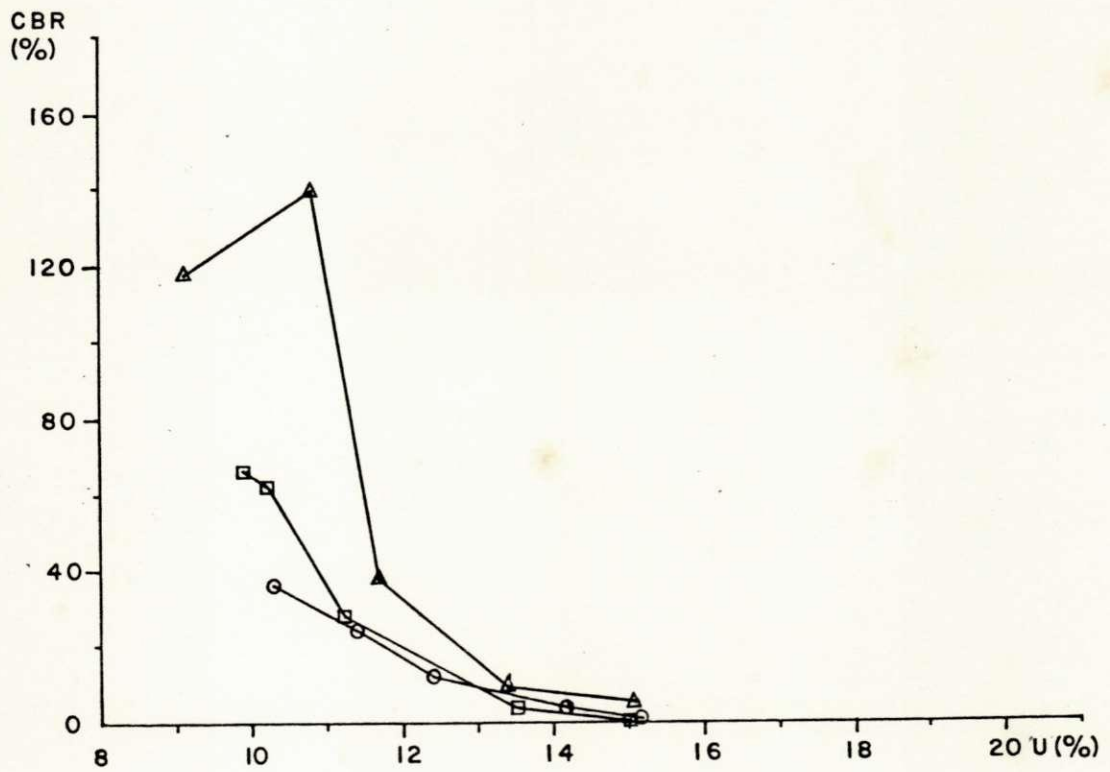
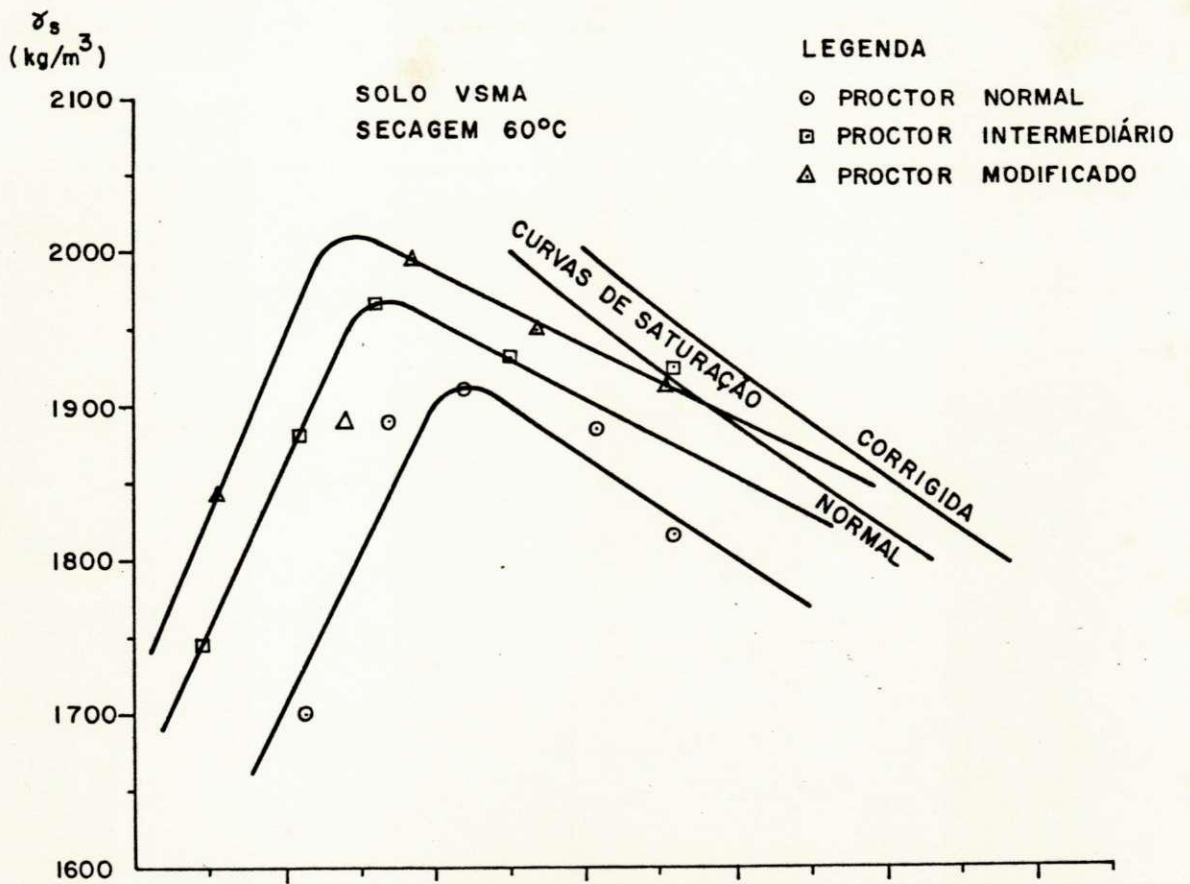


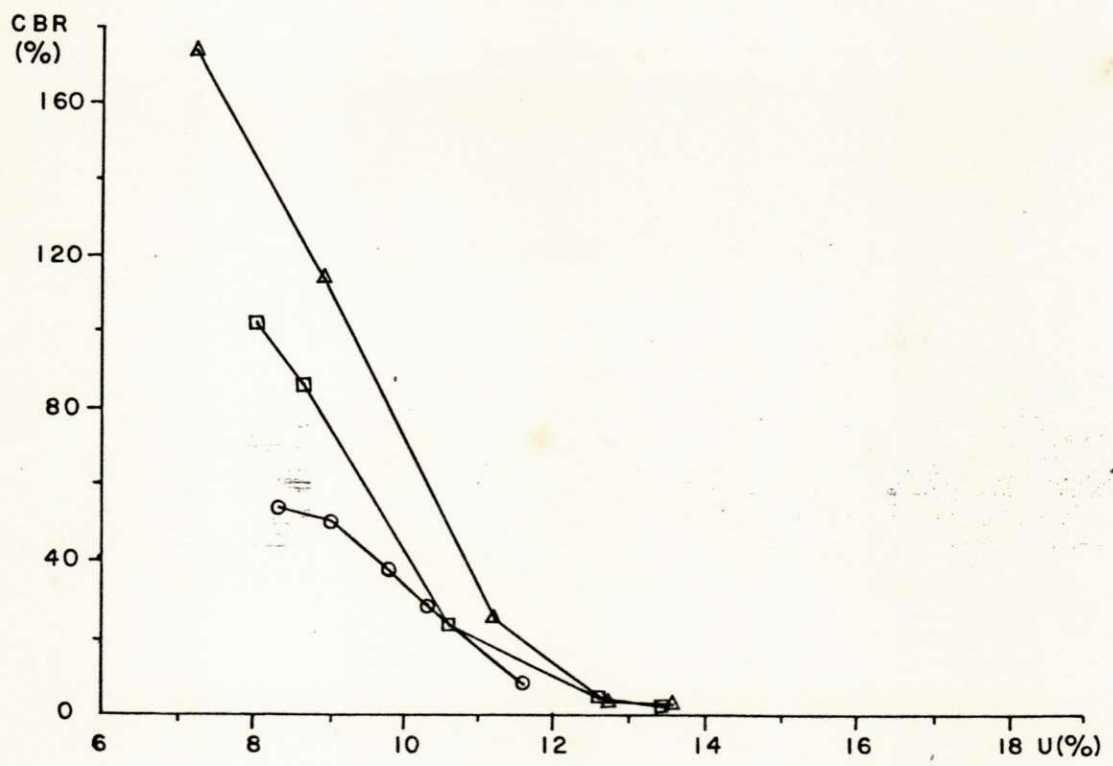
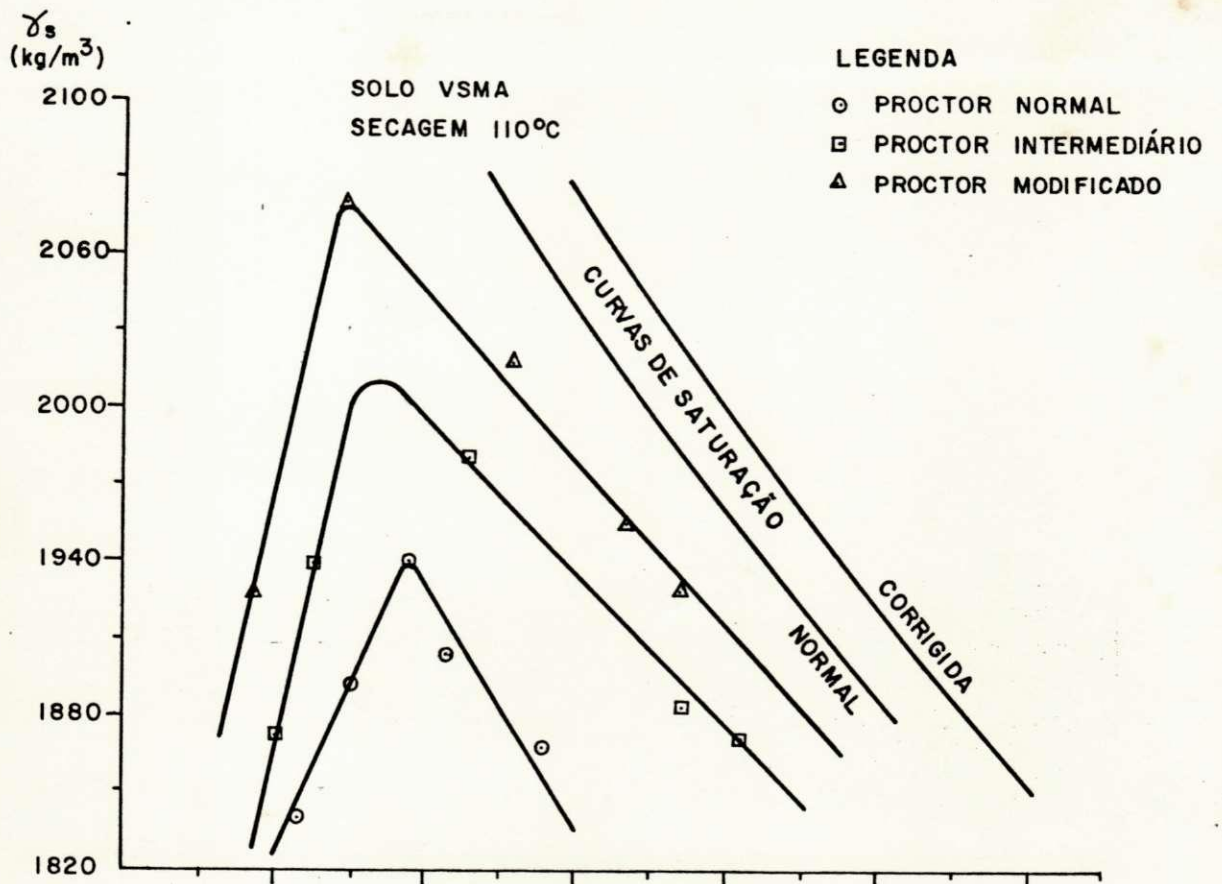


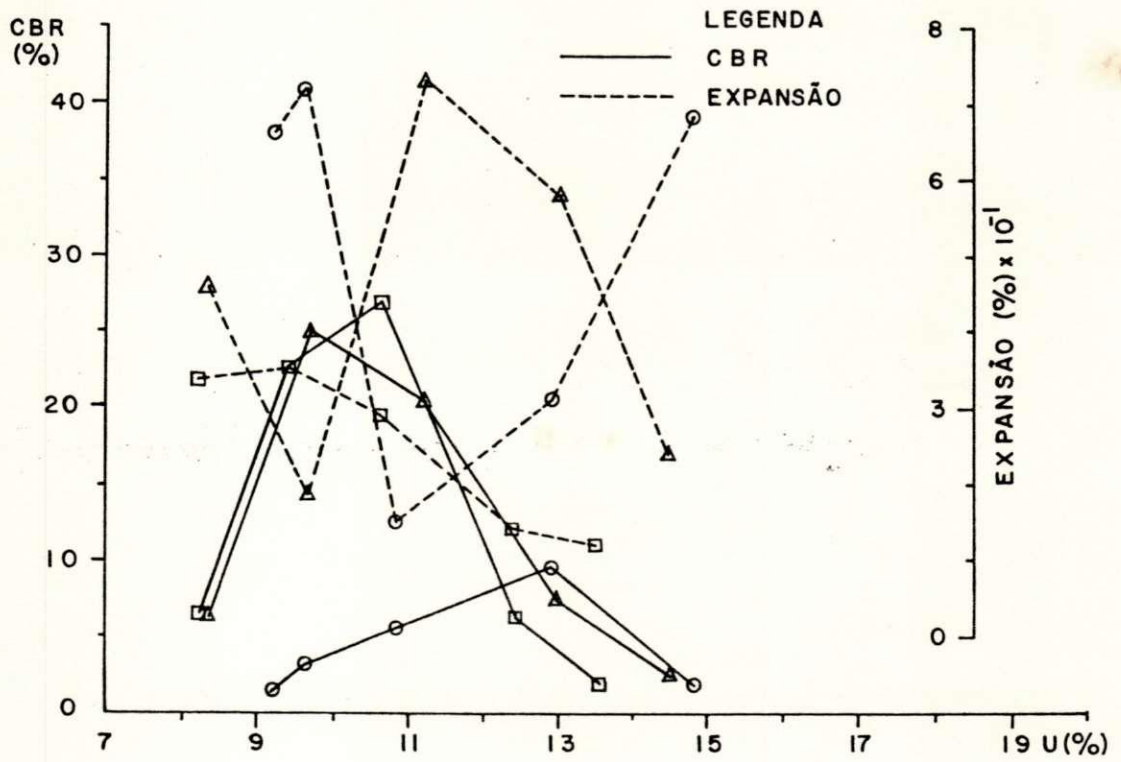
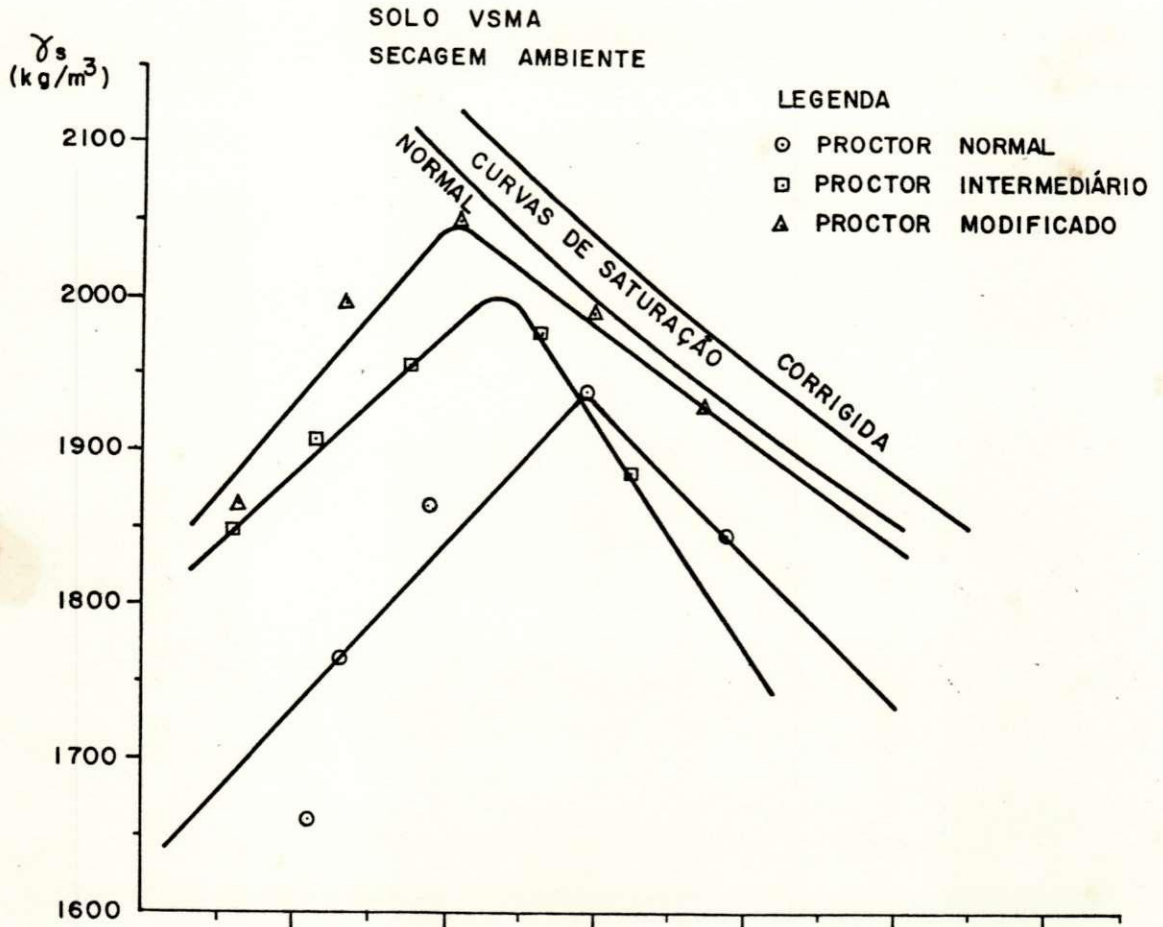


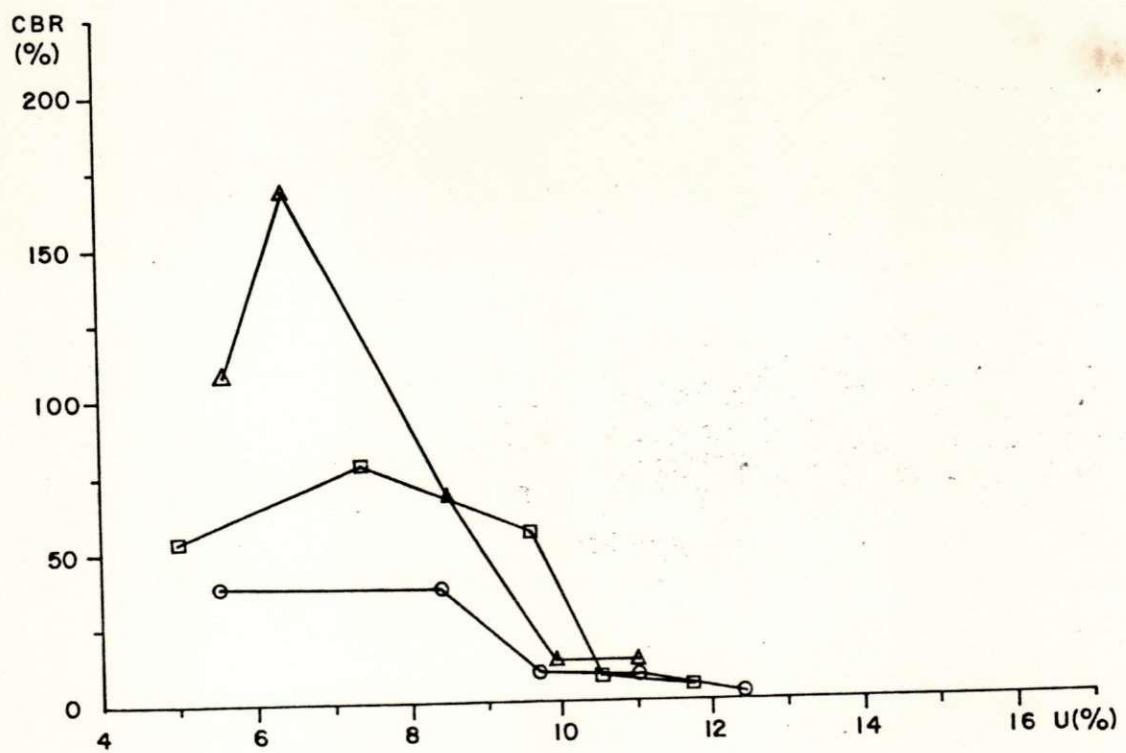
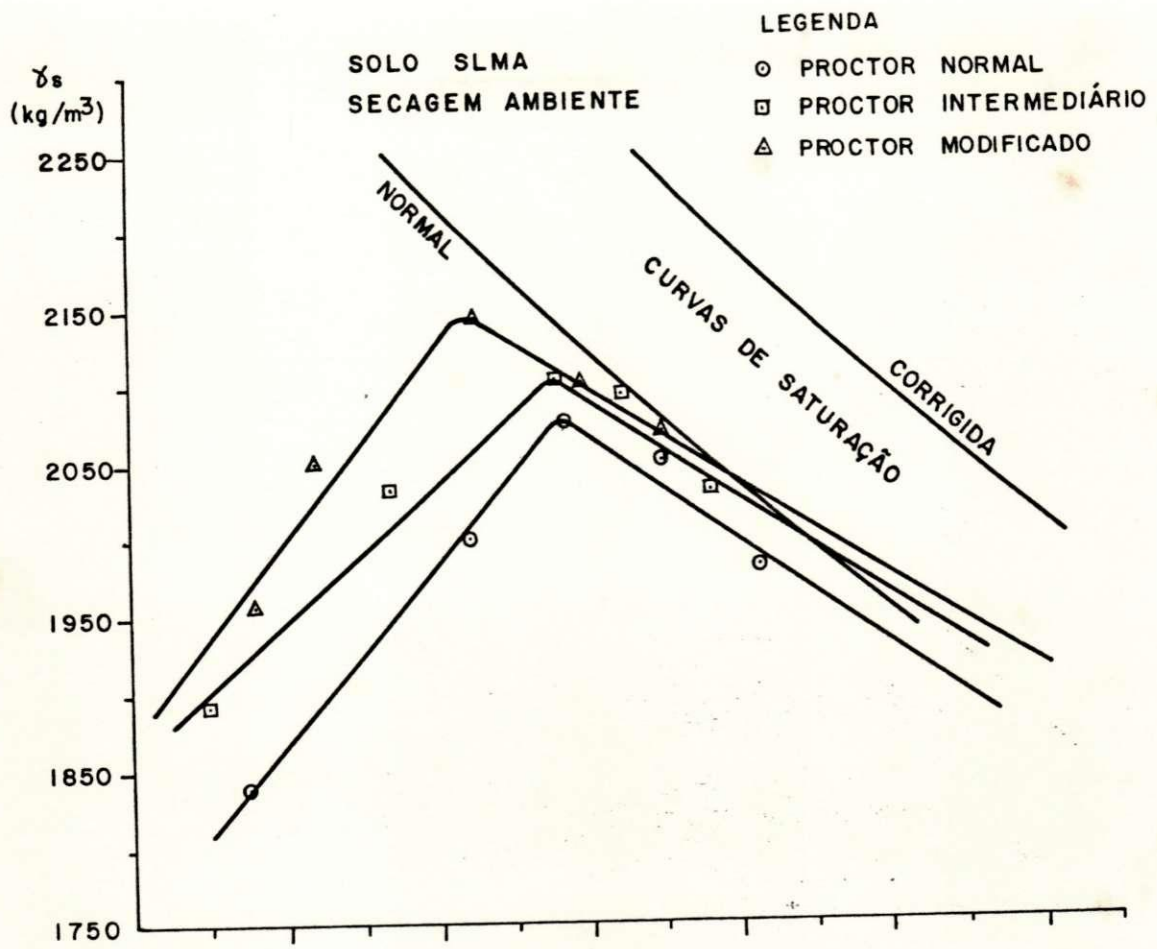


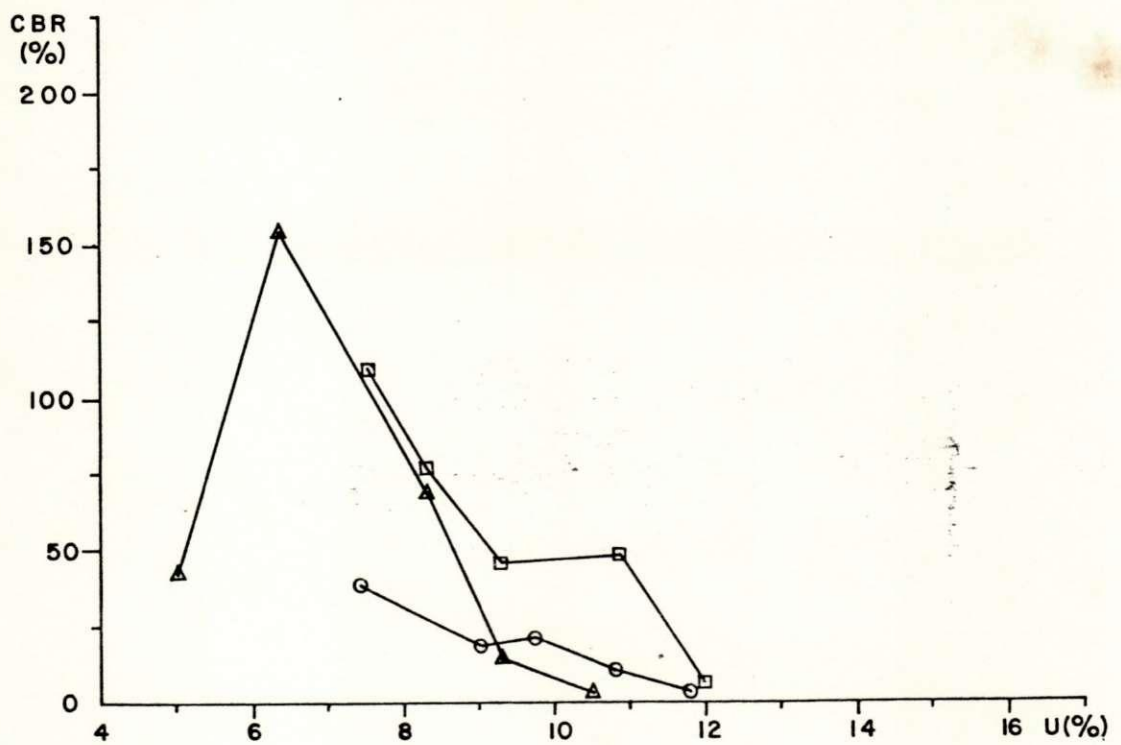
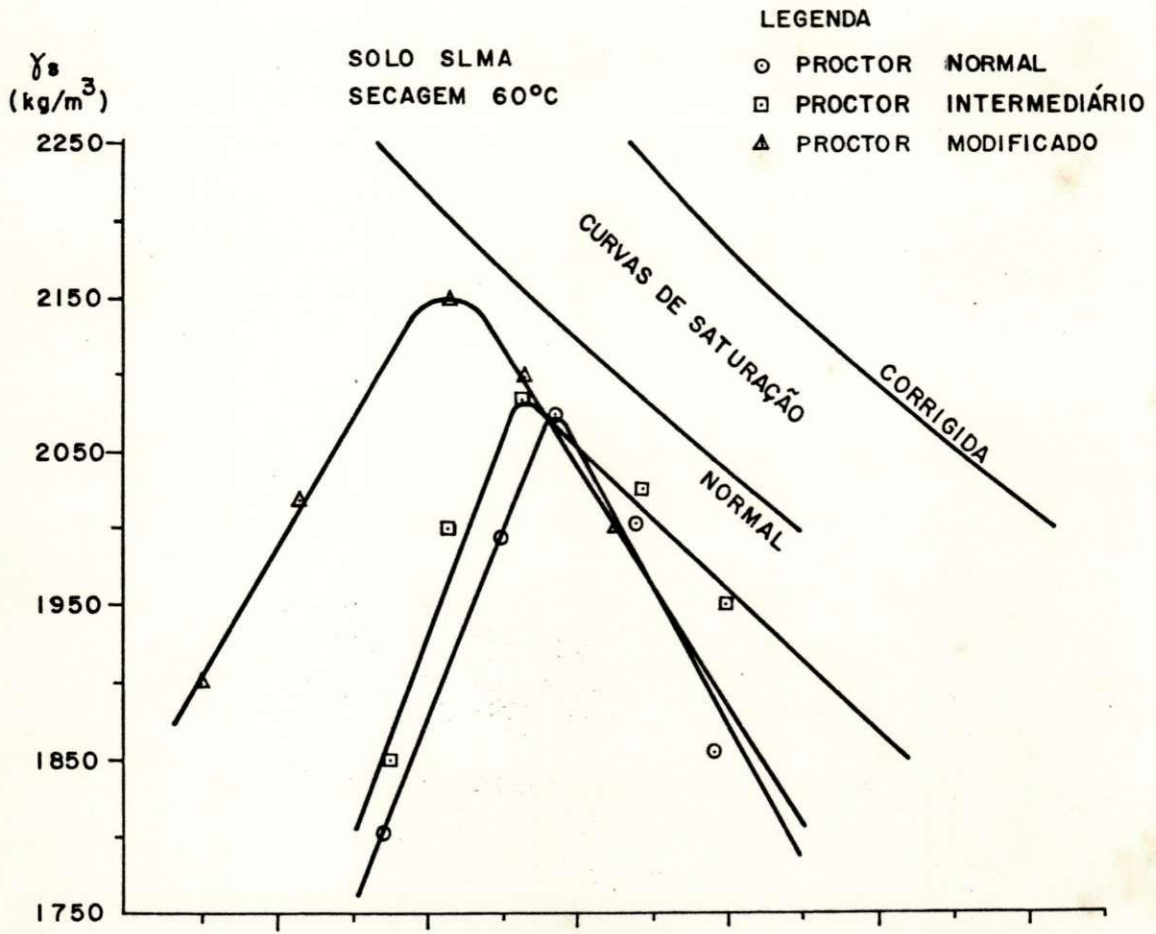


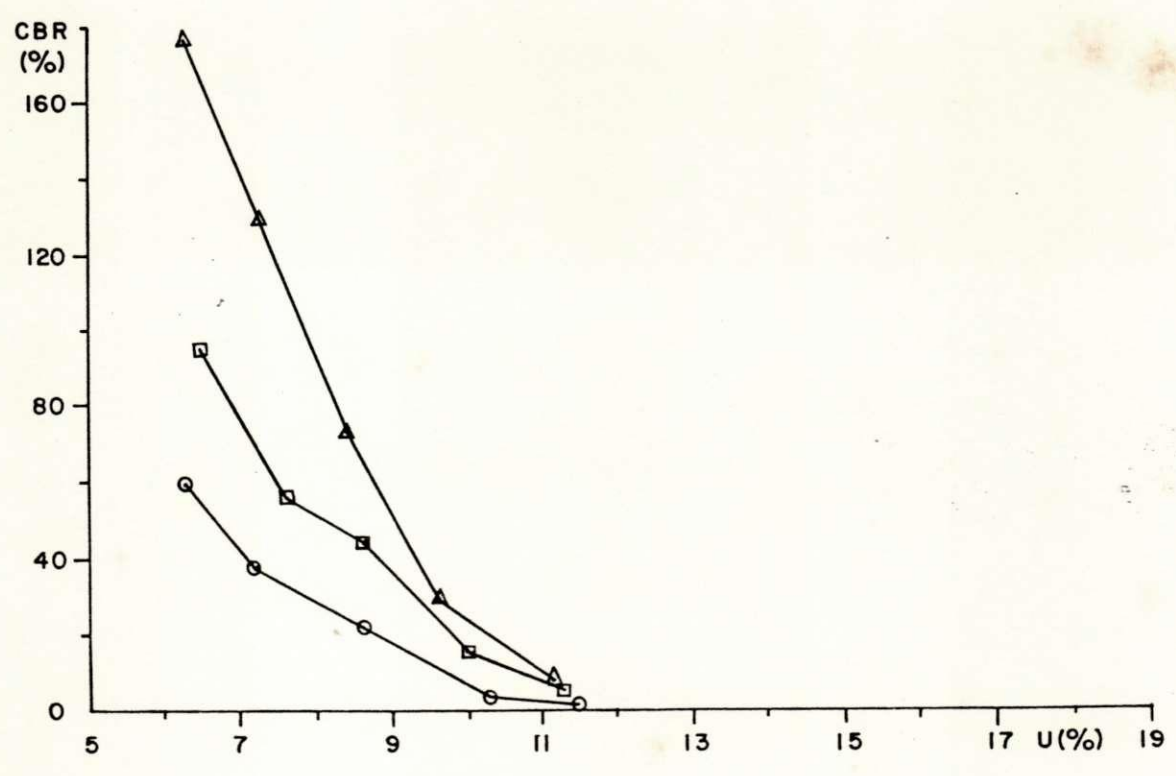
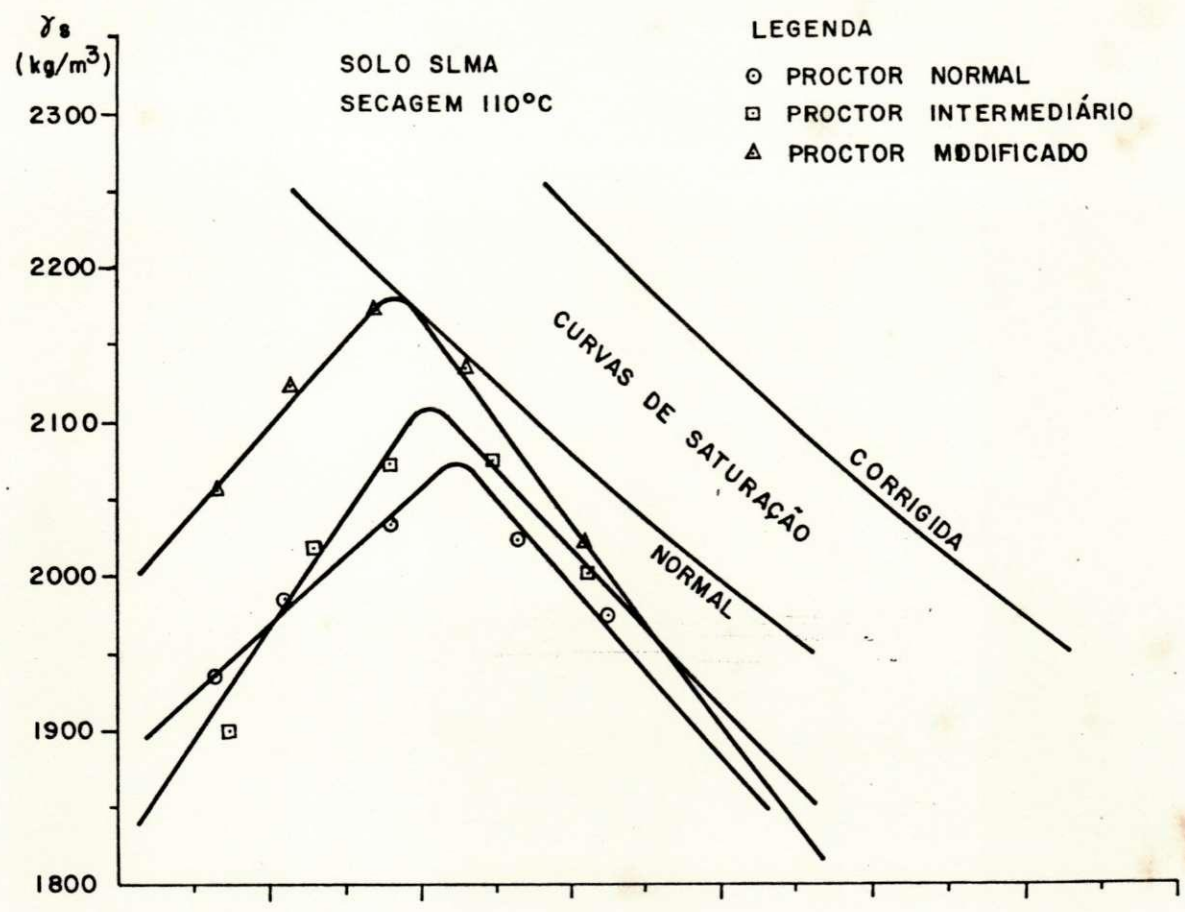


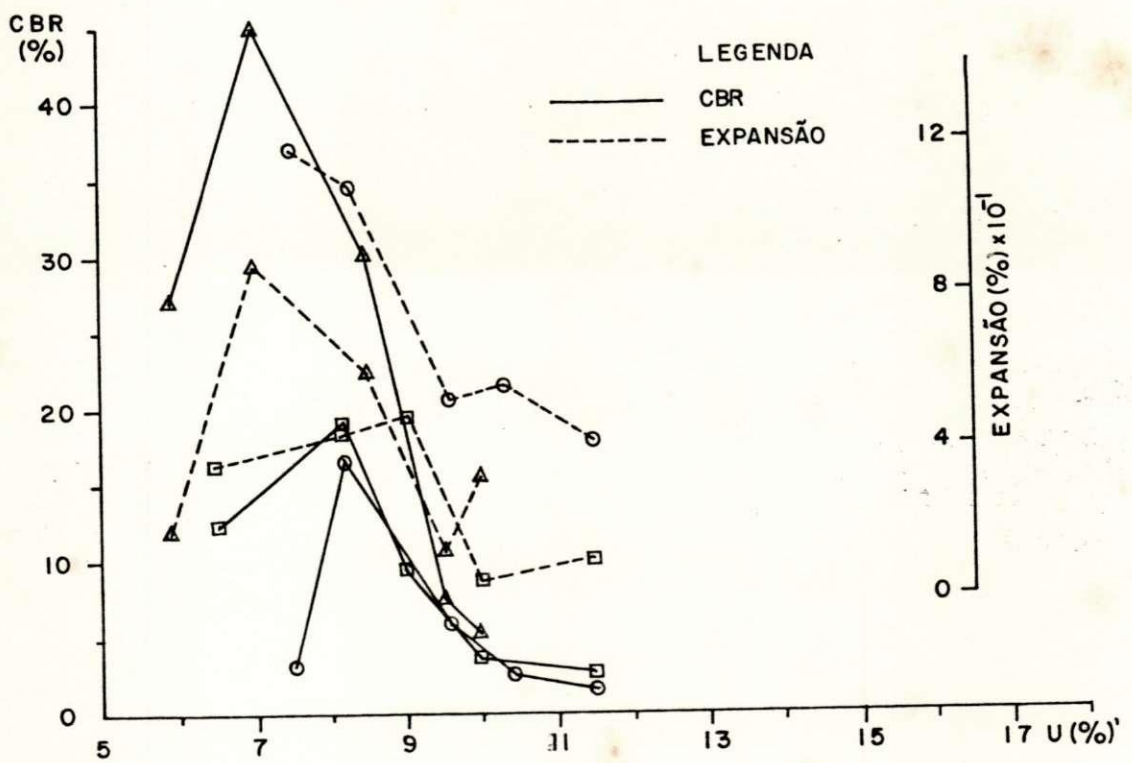
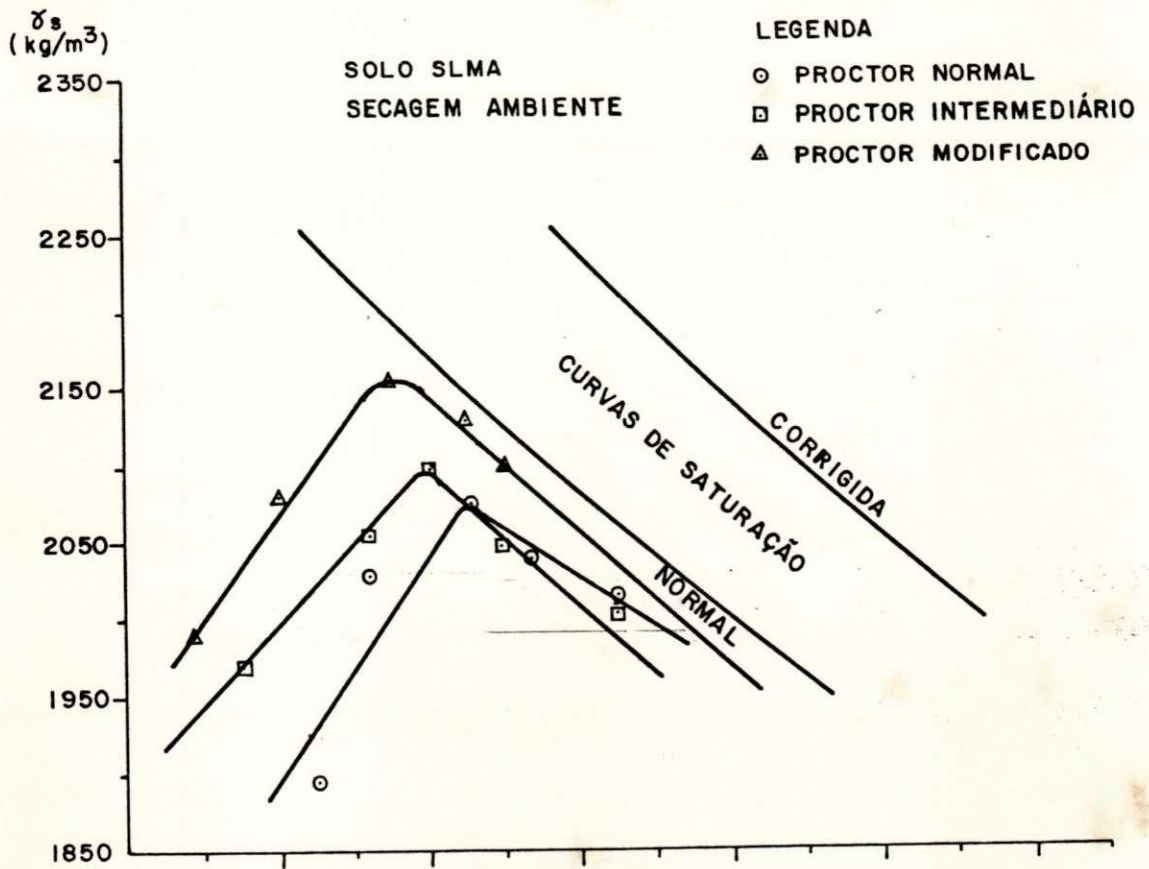












A P Ê N D I C E I V

EXEMPLO DE CÁLCULO PARA A DETERMINAÇÃO DAS VARIAÇÕES (MF)  
DOS VALORES DAS UMIDADES ÓTIMAS, MASSA ESPECÍFICA APARENTE  
SECA MÁXIMA E DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA



## APÊNDICE IV

EXEMPLO DE CÁLCULO PARA A DETERMINAÇÃO DAS VARIAÇÕES (Mf) DOS VALORES DAS UMIDADES ÓTIMAS, MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA E DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Para o cálculo destas variações foram considerados dois casos. O primeiro foi utilizado para os resultados onde se obteve corpos de prova moldados "exatamente" na umidade ótima (CASO I) e o segundo para os resultados onde não se obteve corpos de prova moldados na unidade ótima (CASO II). A seguir são apresentados exemplos de cálculos para os dois casos adotados. Tomemos como exemplo o cálculo dos valores de CBR.

CASO I:

Valores Individuais: 13,0%, 18,0% e 15,0%

$$\text{Média Parcial} \quad : \quad M_p = \frac{13,0 + 18,0 + 15,0}{3} = 15,3\%$$

$$\text{Variação Máxima} \quad : \quad V_{\text{máx}} = \frac{18,0 - 15,3}{15,3} 100 = 17,6\%$$

$$\text{Variação Mínima} \quad : \quad V_{\text{mín}} = \frac{15,3 - 13,0}{15,3} 100 = 15,0\%$$

$$\text{Média Final} \quad : \quad M_f = \frac{17,6 + 15,0}{2} = 16,3\%$$

## CASO II:

1º Ponto (ponto no ramo seco)

Valores Individuais: 24,0%, 17,0% e 26,0%

$$\text{Média Parcial} \quad : \quad M_p = \frac{24,0 + 17,0 + 26,0}{3} = 22,3\%$$

$$\text{Variação Máxima} \quad : \quad V_{\text{máx}} = \frac{26,0 - 22,3}{22,3} 100 = 16,6\%$$

$$\text{Variação Mínima} \quad : \quad V_{\text{mín}} = \frac{22,3 - 17,0}{22,3} 100 = 23,8\%$$

2º Ponto (ponto no ramo úmido)

Valores Individuais: 10,0%, 5,8% e 7,5%

$$\text{Média Parcial} \quad : \quad M_p = \frac{10,0 + 5,8 + 7,5}{3} = 7,8\%$$

$$\text{Variação Máxima} \quad : \quad V_{\text{máx}} = \frac{10,0 - 7,8}{7,8} 100 = 28,2\%$$

$$\text{Variação Mínima} \quad : \quad V_{\text{mín}} = \frac{7,8 - 5,8}{7,8} 100 = 25,6\%$$

$$\text{Média Final} \quad : \quad M_f = \frac{\frac{16,6 + 28,2}{2} + \frac{23,8 + 25,6}{2}}{2} = 23,6\%$$

## A P Ê N D I C E V

VALORES DAS UMIDADES DE MOLDAGEM, MASSAS ESPECÍFICAS APARENTE SECA E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA PARA O ENSAIO SEM IMERSÃO E COM CURA PRÉVIA DAS AMOSTRAS À TEMPERATURA AMBIENTE PARA AS ENERGIAS CORRESPONDENTES AOS DO PROCTOR NORMAL, INTERMEDIÁRIO E MODIFICADO

LEGENDA APLICADA AS TABELAS DESTE APÊNDICE:

- U - UMIDADE DE MOLDAGEM
- $\gamma_s$  - MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA
- CBR - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

## LEGENDA

PARÂMETRO			
PROCTOR	1º	2º	Media 3º
	"	"	"
	"	"	"
	"	"	"

OBSERVAÇÃO: Os gráficos foram feitos com as médias (do 1º, 2º e 3º valor) sendo cada mé dia um ponto do gráfico.

SOLO CTPB

SOLO JPPB

CARGA	SOLO CTPB				SOLO JPPB													
	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)									
PROCTOR NORMAL	11,7	12,3	11,7	1836	1907	1833	30,8	23,7	23,7	13,9	13,3	13,4	1614	1721	1634	9,3	12,6	12,6
	13,2	13,0	13,1	1844	1862	1860	11,3	15,6	13,4	15,2	15,0	15,1	1755	1760	1758	13,8	11,5	14,7
	16,6	16,5	16,4	1877	1877	1874	1,5	2,0	8,0	20,0	19,8	20,1	1855	1821	1835	6,3	5,8	6,1
	17,6	17,4	17,5	1817	1675	1873	0,7	1,0	1,5	22,1	22,2	20,4	1771	1655	1830	1,0	0,6	6,2
	10,6	11,2	10,8	1845	1897	1850	44,4	48,8	0,8	12,2	13,1	13,0	1781	1706	1709	58,0	46,5	52,2
PROCTOR INTERMEDIÁRIO	12,2	12,0	12,1	1938	1962	1929	25,8	16,4	27,2	15,4	14,9	15,2	1869	1742	1872	21,0	32,3	23,7
	15,4	15,8	15,3	1902	1847	1916	3,1	2,8	2,7	18,2	18,8	19,0	1587	1897	1862	3,2	1,8	3,5
	17,9	17,8	17,8	1822	1858	1852	1,3	1,5	1,4	19,1	20,0	19,7	1789	1785	1786	1,0	1,3	1,0
	9,6	9,7	9,7	1990	1675	1984	90,5	121,5	84,5	13,9	12,8	13,0	1846	1833	1864	57,4	69,6	55,6
	11,3	11,4	11,4	2016	2107	2017	30,8	23,7	23,7	15,2	15,0	15,1	1728	1914	1914	34,1	16,6	33,3
PROCTOR MODIFICADO	14,1	14,4	14,3	1700	2007	1994	4,9	3,8	4,4	18,7	19,5	19,6	2072	1794	1813	2,5	3,0	2,9
	15,7	16,1	15,9	1901	1955	1962	2,4	2,8	2,6	21,0	21,1	21,1	1757	1720	1768	1,4	1,3	1,4
			16,7			1969			3,3						1779			1,0

SOLO PIPÍ

SOLO SLMA

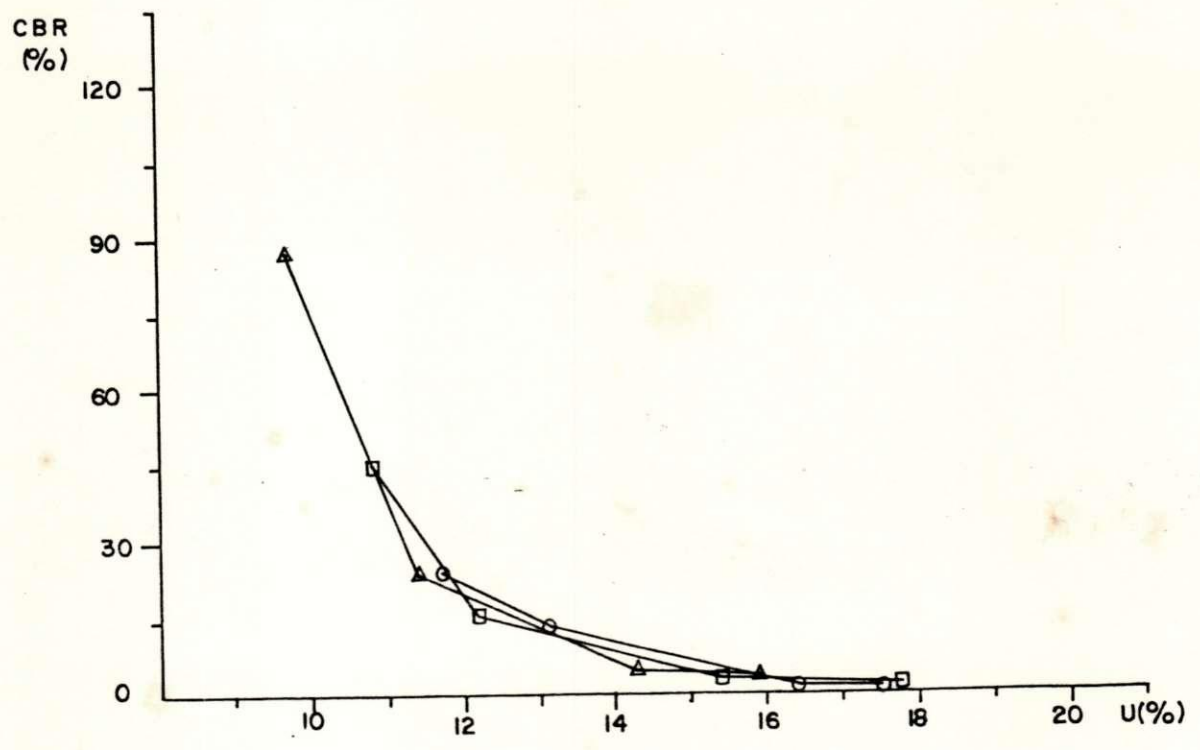
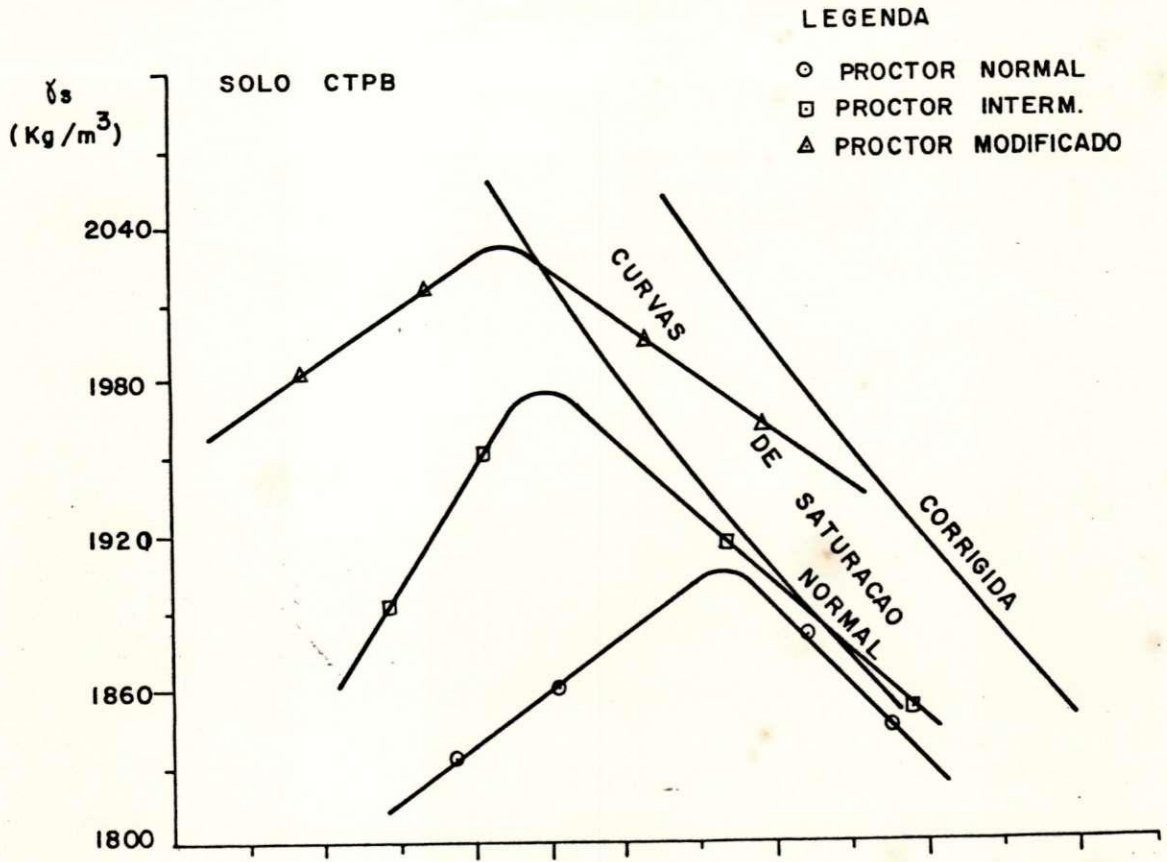
PARÁMETRO	SOLO PIPÍ				SOLO SLMA																			
	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	U (%)	$\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)															
PROCTOR NORMAL	8,9	9,0	8,9	8,3	1830	1761	1814	1797	9,8	14,7	11,0	8,5	7,5	7,5	1831	1951	1934	1918	21,9	22,6	22,5	23,0		
	10,0	10,0	9,9	9,8	1814	1854	1864	1875	39,5	28,5	34,0	44,5	9,7	9,2	9,4	10,2	2127	2052	2024	1995	9,9	14,9	13,8	12,8
	12,7	12,9	12,8	13,4	1814	1854	1864	1875	9,6	13,6	8,2	8,9	10,8	11,2	10,9	10,8	2033	2069	2051	1974	2,0	2,4	2,5	2,6
	13,9	13,8	13,9	13,5	1804	1804	1804	1875	8,1	4,7	4,3	3,9	11,8	11,2	12,0	12,0	2014	2077	2005	1933	1,8	2,4	2,0	1,8
PROCTOR INTERMEDIARIO	6,0	6,2	6,1	6,0	1951	1958	1955	1947	93,4	51,5	59,4	67,2	7,4	7,4	7,4	7,4	2049	2030	2043	2051	73,7	103,5	70,0	66,2
	6,7	6,9	6,9	7,0	1882	1983	1978	1973	36,1	73,0	80,8	88,7	8,2	8,1	8,1	8,1	2068	2059	2073	2091	47,4	24,0	50,0	52,5
	10,0	10,0	9,9	9,8	2140	2103	2119	2112	25,4	67,7	55,8	44,0	10,0	9,5	9,8	9,0	2116	2030	2125	2134	6,2	4,2	7,0	7,9
	10,9	11,3	11,1	11,1	2031	2067	2065	2077	17,8	18,3	18,0	17,9	11,2	11,0	11,1	11,7	2107	2077	2092	2005	3,5	1,1	3,0	2,6
PROCTOR MODIFICADO	3,3	4,3	4,4	4,4	2027	1979	1963	1947	63,9	88,8	63,8	63,7	6,8	6,4	6,6	7,0	2133	2095	2134	2134	149,1	141,4	142,8	138,8
	6,2	6,0	6,1	6,1	2081	2061	2075	2083	170,0	84,7	93,4	102,0	8,0	7,3	7,3	7,3	2170	2272	2154	2138	148,0	111,0	138,4	128,7
	8,4	8,9	8,9	8,9	2149	2200	2191	2182	142,8	131,7	137,2	73,2	9,6	9,5	9,6	9,6	2093	2181	2170	2160	5,6	7,9	5,4	5,1
	9,8	9,3	10,1	10,4	2135	2210	2115	2001	84,3	97,2	91,0	136,3	10,9	11,0	10,9	10,9	2155	2125	2140	2044	2,7	3,3	3,0	3,0

## A P Ê N D I C E   V I

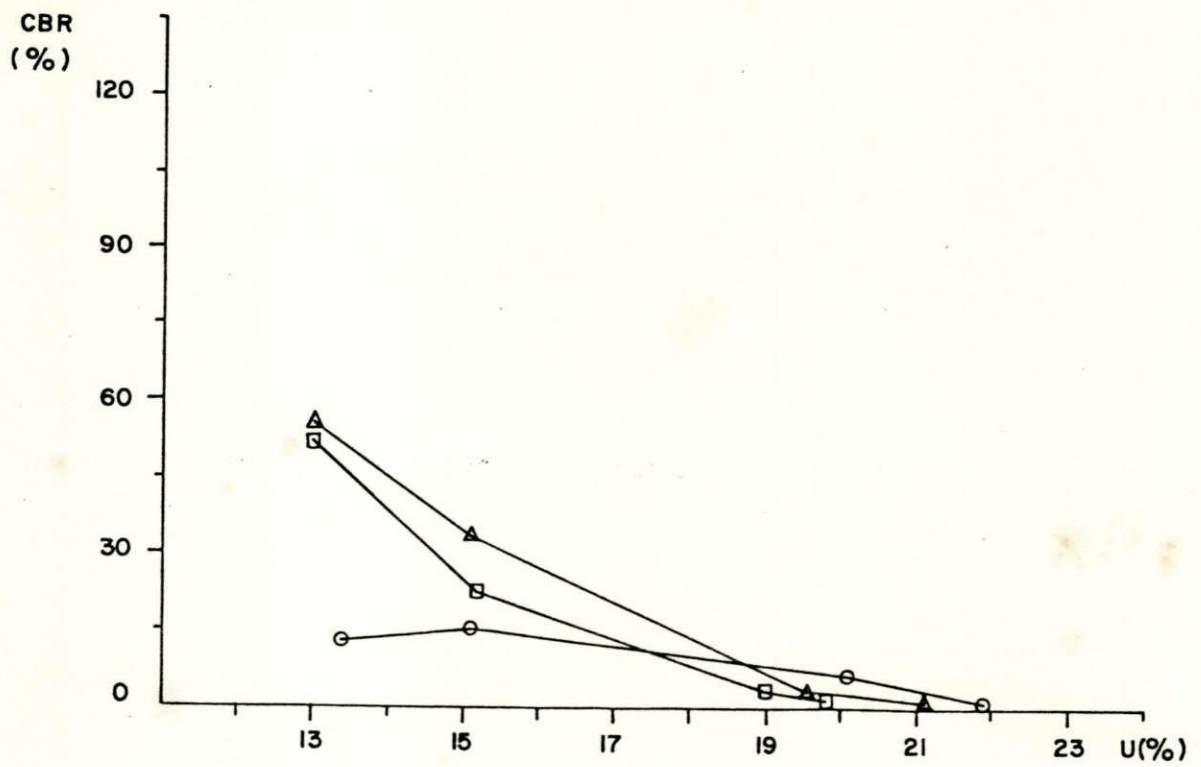
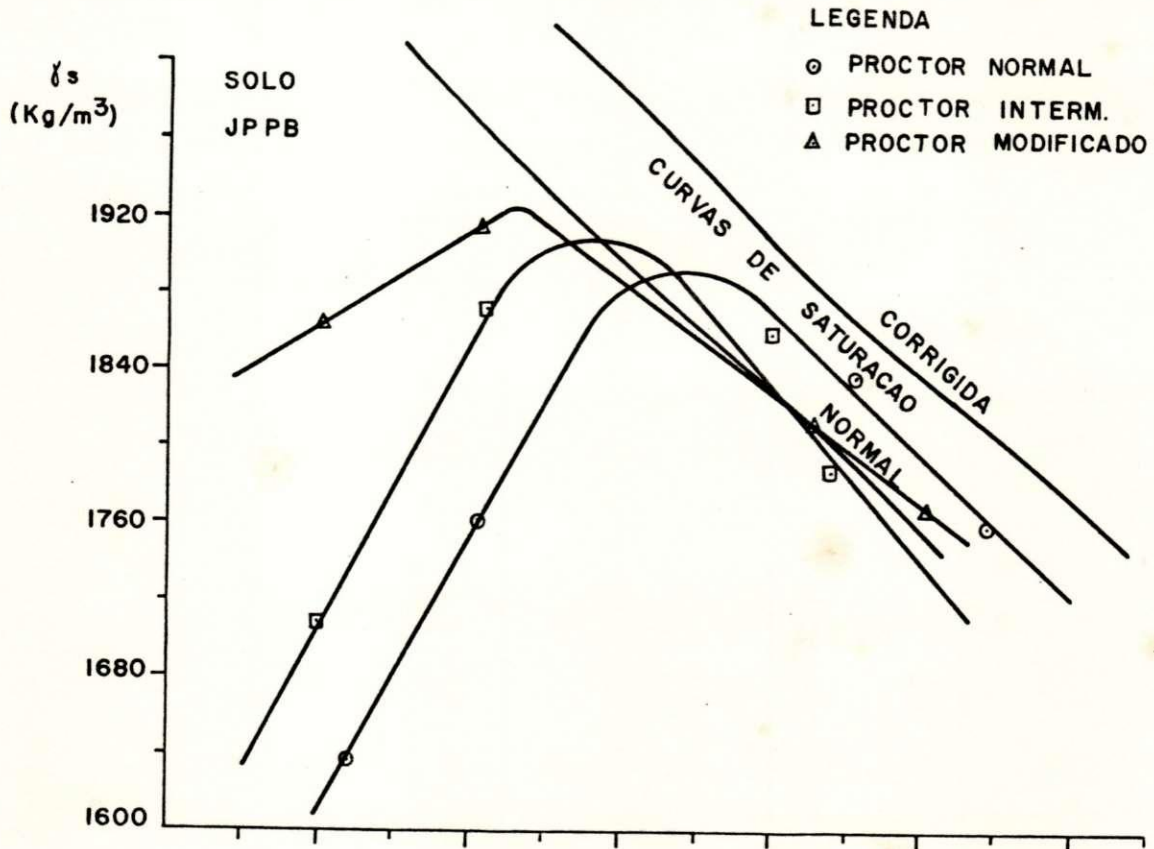
RELAÇÃO ENTRE UMIDADE VERSUS MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA  
E RELAÇÃO ENTRE UMIDADE VERSUS ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA  
SEM IMERSÃO E COM CURA PRÉVIA DAS AMOSTRAS A TEMPERATURA AM  
BIENTE.

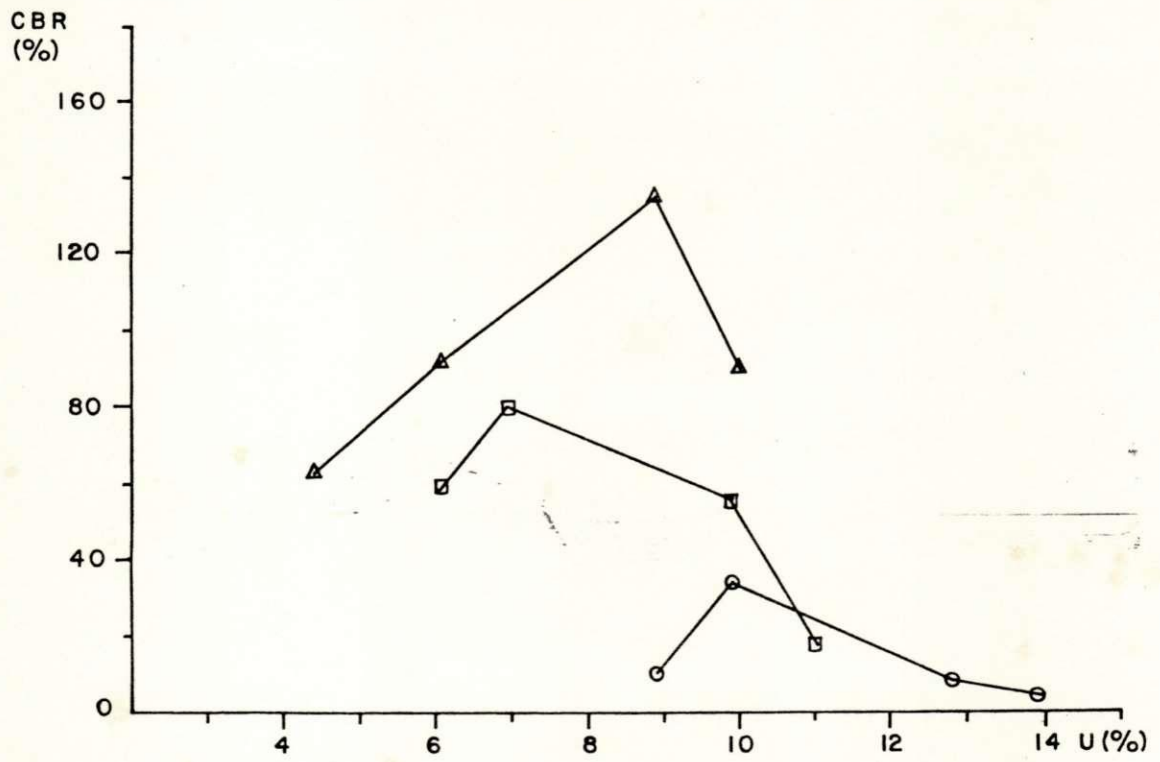
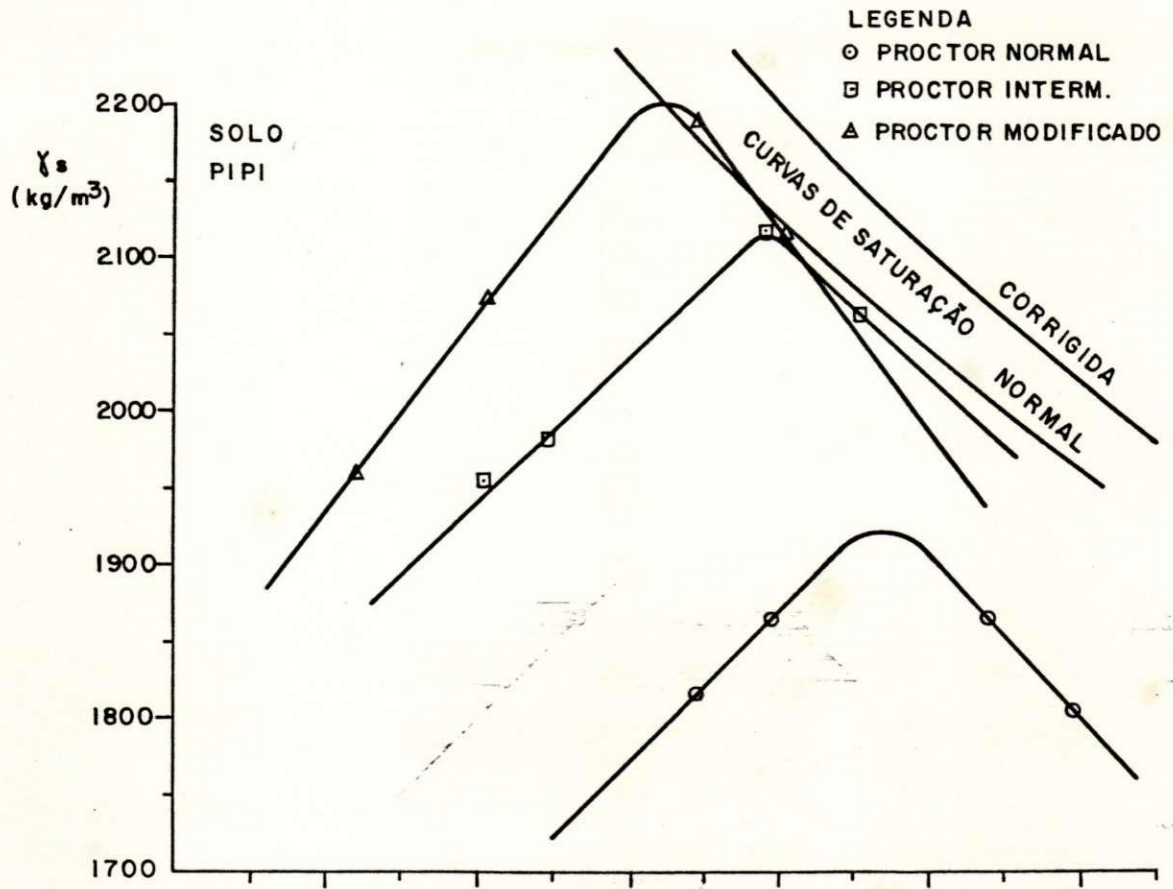
LEGENDA APLICADA AS FIGURAS DESTE APÊNDICE :

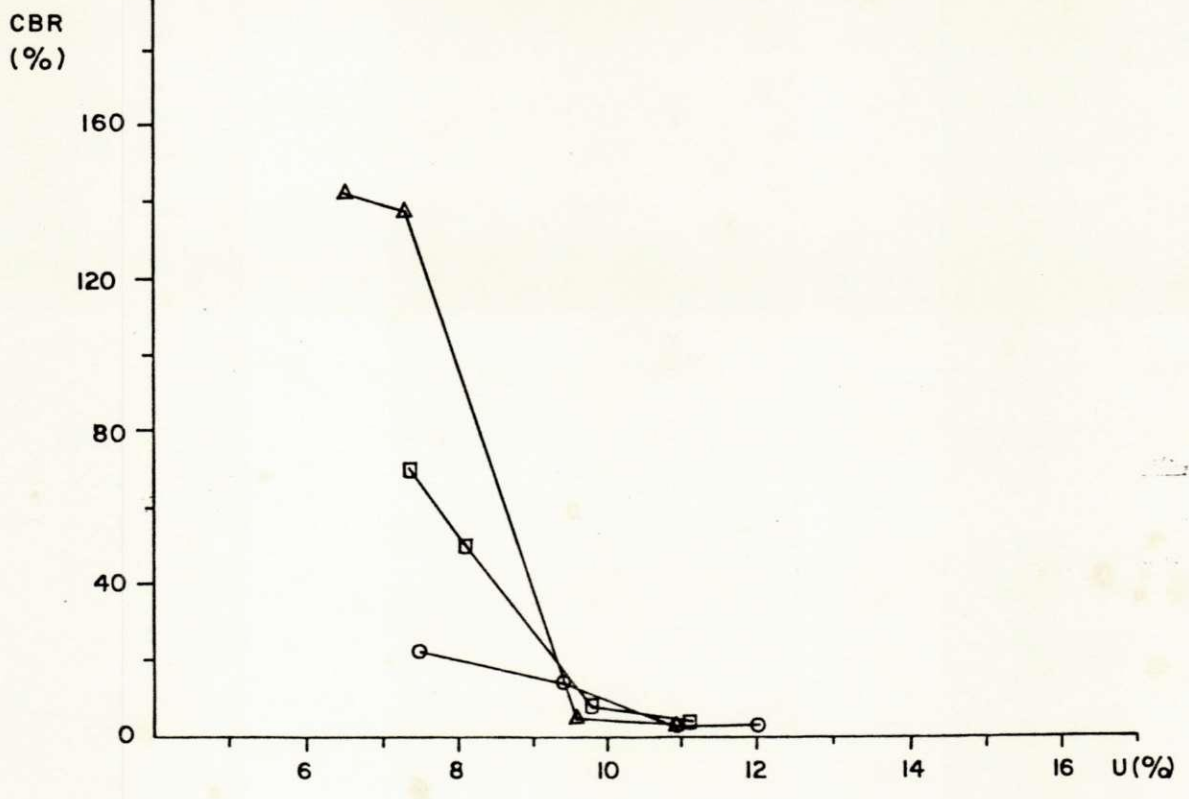
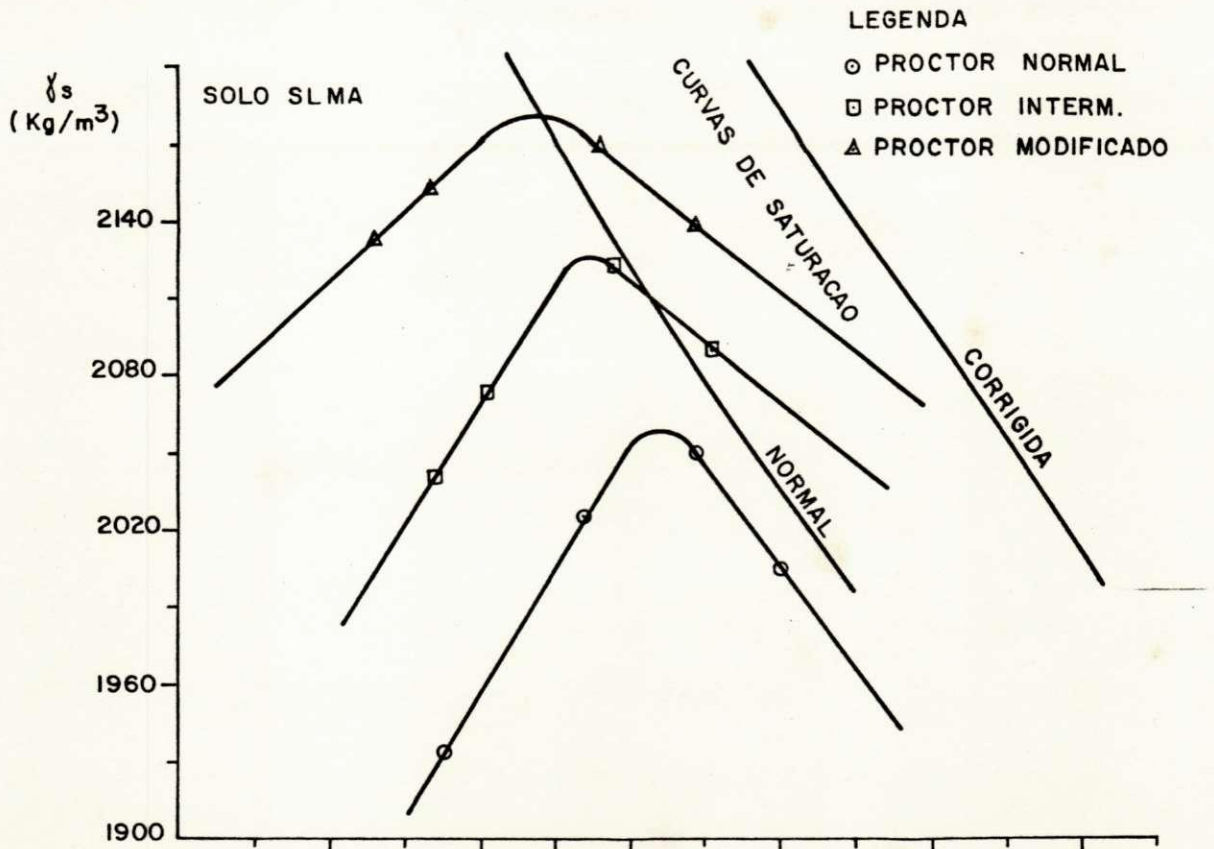
- U    - UMIDADE DE MOLDAGEM
- $\gamma_s$  - MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA
- CBR - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA











A P Ê N D I C E   V I I

VALORES DAS EXPANSÕES COM AS UMIDADES DE MOLDAGEM PARA   OS  
SOLOS ESTUDADOS

## SOLO SLMA

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
7,5	1,178	6,5	0,348	5,9	0,178
8,2	1,078	8,2	0,428	7,0	0,881
9,6	0,517	9,0	0,477	8,5	0,603
10,4	0,553	10,0	0,042	9,5	0,119
11,5	0,412	11,5	0,096	10,0	0,317

## SOLO SPPB

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
16,5	0,041	16,0	0,243	15,0	0,328
18,2	0,022	17,1	0,468	15,9	0,147
19,3	0,000	18,4	0,413	17,3	0,350
20,0	0,035	20,0	0,105	19,0	0,204
21,2	0,043	21,4	0,042	20,5	0,104

## SOLO CTPB

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
10,4	0,201	10,3	0,180	10,3	0,148
12,2	0,131	12,2	0,199	12,2	0,134
13,9	0,045	13,5	0,088	13,5	0,063
15,5	0,077	15,0	0,104	15,0	0,125
16,9	0,083	16,1	0,093	16,1	0,105

## SOLO MAPA

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
12,9	0,054	11,8	0,030	12,0	0,059
14,1	0,103	12,9	0,038	12,8	0,047
14,8	0,118	14,0	0,000	13,8	0,122
16,8	0,062	15,2	0,003	15,0	0,033
18,7	0,071	17,3	0,024	16,8	0,122

## SOLO MOPA

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
17,3	0,612	17,1	0,026	16,0	0,118
19,0	0,736	19,4	0,048	17,0	0,175
19,9	0,547	20,7	0,095	19,0	0,117
21,0	0,000	22,2	0,000	20,5	0,000
22,2	0,128	23,4	0,000	21,9	0,174

## SOLO GIPI

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
12,7	1,654	12,3	1,813	11,0	2,452
14,3	1,326	13,5	1,205	12,3	1,947
15,9	0,957	15,0	0,448	14,2	0,958
17,2	0,613	16,2	0,593	16,0	0,536
19,5	0,890	18,0	0,841	17,5	0,958

## SOLO TEPB

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
17,0	0,362	17,0	0,702	16,7	1,058
19,3	0,395	17,6	0,623	18,0	0,660
20,7	0,238	20,0	0,104	20,1	0,138
22,8	0,376	20,8	0,063	21,9	0,058
24,0	0,356	23,0	0,157	23,2	0,137

## SOLO ARPB

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
12,1	0,000	12,2	0,542	13,0	0,188
13,5	0,445	13,9	0,312	14,2	0,260
15,0	0,536	14,7	0,378	15,0	0,032
16,4	0,321	16,1	0,447	16,4	0,021
17,5	0,488	17,4	0,380	17,5	0,431

## SOLO JPPB

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
14,2	0,078	13,0	0,092	13,8	0,061
16,0	0,119	14,6	0,096	14,8	0,044
17,2	0,109	16,5	0,118	16,0	0,088
18,2	0,086	17,9	0,118	17,5	0,111
20,8	0,076	20,4	0,061	19,3	0,087

## SOLO PIPI

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
5,0	0,010	5,0	0,082	5,1	0,035
5,8	0,017	6,5	0,077	6,5	0,026
8,0	0,034	8,7	0,060	7,8	0,039
9,2	0,043	9,1	0,058	8,6	0,032
9,6	0,020	10,0	0,026	9,7	0,024

## SOLO VGMA

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
10,3	0,624	10,5	0,560	10,0	0,318
12,0	0,276	12,0	0,145	12,3	0,260
15,0	0,140	14,2	0,044	13,6	0,184
16,4	0,280	16,0	0,088	16,6	0,192
18,1	0,000	19,3	0,086	18,8	0,166

## SOLO TEPI

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
11,0	0,807	11,0	0,044	11,1	0,686
12,8	0,140	13,0	0,070	13,1	0,426
14,6	0,087	15,2	0,060	15,4	0,290
17,1	0,064	16,7	0,070	17,1	0,320
19,6	0,058	18,7	0,062	19,2	0,150



## SOLO PDMA

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
10,3	0,280	10,0	0,304	9,8	0,131
11,7	0,185	11,3	0,285	11,6	0,095
13,2	0,124	12,5	0,275	12,4	0,079
14,3	0,035	13,8	0,145	13,6	0,218
15,6	0,068	15,0	0,158	14,5	0,146

## SOLO BUPI

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
7,5	0,218	6,0	0,140	4,8	0,323
9,7	0,035	7,2	0,236	5,7	0,096
11,4	0,605	10,2	0,354	8,6	0,183
13,6	0,079	12,4	0,070	12,2	0,018
15,4	0,044	13,6	0,044	14,3	0,008

## SOLO VSMA

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
9,2	0,655	8,2	0,341	8,3	0,455
9,6	0,722	9,4	0,352	9,7	0,183
10,8	0,148	10,6	0,288	11,2	0,732
12,9	0,314	12,4	0,140	13,0	0,583
14,8	0,675	13,5	0,120	14,5	0,241

PROCTOR NORMAL		PROCTOR INTERMEDIÁRIO		PROCTOR MODIFICADO	
UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)	UMIDADE (%)	EXPANSÃO (%)
10,2	0,122	10,0	1,081	10,0	0,378
12,0	0,176	11,2	0,775	10,9	0,276
13,2	0,000	12,2	0,063	11,5	0,977
14,2	0,000	13,2	0,045	12,7	0,178
15,0	0,136	14,5	0,446	13,8	0,804