

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

SOLO-CIMENTO.

ESTUDO DE JAZIDAS DE SOLO ESTABILIZAVEIS
COM CIMENTO NA ZONA SUL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

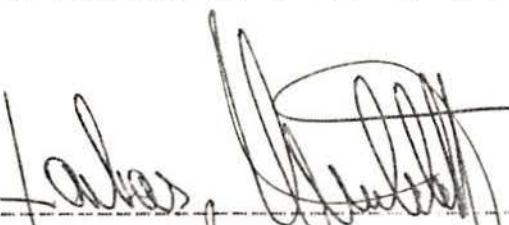
Dissertação apresentada por
MARGARETE REGINA FREITAS GONÇALVES
ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Jarbas Milititsky.

Porto Alegre, julho de 1989.

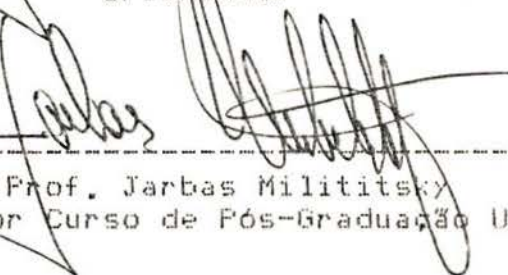
ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA

F O L H A D E A P R O V A Ç Ã O .

Esta dissertação foi julgada apta para obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia civil da UFRGS.



Prof. Jarbas Milititsky
Orientador



Prof. Jarbas Milititsky
Coordenador Curso de Pós-Graduação UFRGS

Banca Examinadora:

Jarbas Milititsky, PhD. Universidade de Surrey.
Hélio Adão Greven, DSc. Univer. Técnica de Hannover.
Regina Davison Dias, DSc. COPPY, Univer. Fed. RJ.
Jorge Augusto Ceratti, MSc. Univer. Federal. RGS.

As minhas filhas
Alice, Estela e Laura
dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS.

Agradeço em especial ao Prof. Jarbas Milititsky, meu orientador, pela forma digna e correta com que me fez vencer todas as etapas deste trabalho.

Aos professores Jorge Augusto Ceratti e Regina Davison Dias pelo apoio e orientação recebidos.

Ao Corpo Técnico dos Laboratórios de Mecânica dos Solos e Materiais de Construção do Curso de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bem como a auxiliar de pesquisa Elisabete Yuki.

Aos meus amigos de curso, pela amizade, incentivo e apoio demonstrados ao longo deste trabalho.

Ao meu companheiro e amigo Bebeto, pelo incentivo e paciência durante estes três conturbados anos.

A Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP(2) pela colaboração recebida durante as fases deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente cooperaram para a realização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS.

Figura	Página
1 - Ensaio da caixa. Retração do solo.(CEPED;1984).....	18
2 - Ensaio do cordão. Resistência do solo.(CEPED;1984).....	18
3 - Ensaio do bolo. Resistência do solo.(CEPED;1984).....	19
4 - Ensaio expedito de determinação do teor de umidade do solo.(CEPED;1984).....	19
5 - Ensaio de choque brando, segundo especificação do INTI.(CEPED,Projeto THABA;1978).....	29
6 - Ensaio de choque duro, segundo especificação do INTI.(CEPED;Projeto THABA;1978).....	30
7 - Ensaio de carga excêntrica, segundo especificação do INTI.(CEPED,Projeto THABA;1978).....	31
8 - Simplificação do perfil hipotético de Vieira;1975.....	46
9 - Relevo. Solo de ondulação acentuada.(Cruz;1987).....	47
10 - Relevo. Solo de ondulação moderada.(Cruz;1987).....	47
11 - Relevo. Solo plano.(Cruz;1987).....	47
12 - Curvas granulométricas das jazidas de Tapes.(NBR 7181).....	66
13 - Curvas granulométricas das jazidas de Camaquã.(NBR 7181).....	67
14 - Curvas granulométricas das ja-	

	zidas de São Lourenço. (NBR 7181).....	68
15 -	Curvas granulométricas das jazidas de Pelotas. (NBR 7181).....	69
16 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Butia*.....	75
17 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Engenho*.....	75
18 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Bairro Floresta.....	76
19 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Cemitério Novo.....	76
20 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Passo da Mangueira.....	76
21 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Boqueirão.....	77
22 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Coqueiro.....	77
23 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Cascata.....	78
24 -	Determinação do teor de cimento. Método físico-químico, jazida Retiro.....	78
25 -	Ensaio de compactação das jazidas de Tapes. Método SC-1/ABCP.....	80
26 -	Ensaio de compactação das jazidas de Camaquã. Método SC-1 / ABCP.....	81
27 -	Ensaio de compactação das jazidas de São Lourenço. Método SC-1/ABCP.....	82
28 -	Ensaio de compactação das jazidas de Pelotas. Método SC-1/ ABCP.....	83

29 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Tapes, jazida Butia.....	112
30 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Tapes, jazida En- genho.....	113
31 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Camaquã, jazida Bairro Floresta.....	114
32 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Camaquã, jazida Cemitério Novo.....	115
33 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Camaquã, jazida Passo da Mangueira.....	116
34 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. São Lourenço, ja- zida Boqueirão.....	117
35 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. São Lourenço, ja- zida Coqueiro.....	118
36 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Pelotas, jazida Cascata.....	119

LISTA DE GRAFICOS.

Gráficos	Página
1 - Resistência à compressão sim - ples, Tapes, Jazida Butia*.....	86
2 - Resistência à compressão sim - ples, Tapes, Jazida Engenho*.....	87
3 - Resistência à compressão sim - ples, Camaquã, Jazida Bairro Floresta.....	88
4 - Resistência à compressão sim - ples, Camaquã, Jazida Cemité - rio Novo	88
5 - Resistência à compressão sim - ples, Camaquã, Jazida Passo da Mangueira	88
6 - Resistência à compressão sim - ples, São Lourenço, Jazida Bo- queirão.....	89
7 - Resistência à compressão sim - ples, São Lourenço, Jazida Co- queiro.....	90
8 - Resistência à compressão sim - ples, Pelotas, Jazida Cascata.....	90
9 - Resistência à compressão sim - ples, Pelotas, Jazida Retiro.....	91
10 - Valores médios de absorção de água das nove jazidas pesqui - sadas.....	95

LISTA DE MAPAS.

Mapa	Página
1 - Cidades pesquisadas.....	35
2 - Tapes, Posseiros e favelados.....	36
3 - Camaquã, Posseiros, favelados e conjuntos habitacionais populares.....	37
4 - São Lourenço, Posseiros e favelados.....	38
5 - Pelotas, Posseiros, favelados e conjuntos habitacionais populares.....	39
6 - Tapes, Jazidas Butia e Engenho.....	54
7 - Camaquã, Jazida Bairro Floresta, Cemitério Novo e Passo da Mangueira.....	55
8 - São Lourenço, Jazida Boqueirão e Coqueiro.....	56
9 - Pelotas, Jazidas Cascata e Retiro.....	57
10 - Mapeamento definitivo das jazidas passíveis de uso como solo-cimento.....	96

LISTA DE TABELAS.

Tabela		Página
1 -	Método qualitativo de esco - lha do solo.....	17
2 -	Características das cidades pesquisadas.....	40
3 -	Características geológicas e pedológicas dos solos pesqui - sados.....	49
4 -	Jazidas pesquisadas.....	58
5 -	Análise granulométrica e li - mites de consistência.....	65
6 -	Mineralogia, Difração de raio X da argila.....	70
7 -	Teor de cimento, Método fi - sico-químico.....	84
8 -	Ensaio de Resistência à com - pressão simples (NBR 8492).....	92
9 -	Ensaio de Absorção de água, (NBR 8492).....	94

GLOSSARIO.

- 1 - AASHO - American Association of State Highway Officials.
- 2 - ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland.
- 3 - ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- 4 - ASTM - American Society for Testing Materials.
- 5 - BNH - Banco Nacional da Habitação.(Brasil,extinto)
- 6 - CCA - Cement and Concret Association.(USA)
- 7 - CENPES - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás.
- 8 - CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia.
- 9 - CINVA - Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento.(Bogotá,Colombia)
- 10 - IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (Censo,1980)
- 11 - ICPA - Instituto del Cemento Portland Argentina.
- 12 - INTI - Instituto Nacional de Tecnologia Industrial . (Argentina)
- 13 - IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas.(São Paulo Brasil)
- 14 - OEA - Organização dos Estados Americanos.
- 15 - PCA - Portland Cement Association.(Estados Unidos)
- 16 - UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Porto Alegre)

RESUMO.

O presente trabalho, integrado ao do grupo de pesquisadores preocupados com o problema de moradia para população de baixa renda, estudou a viabilidade técnico-econômica do solo-cimento como solução construtiva para o problema habitacional.

A pesquisa foi efetuada nos solos da zona sul do estado, especificamente das cidades de Tapes, Camaquã, São Lourenço e Pelotas.

A metodologia empregada, adaptada da desenvolvida no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS (Cruz, 1988), propõe identificação das jazidas de solo em fase preliminar de escritório, a partir do uso de conceitos e cartas topográficas, geológicas e pedológicas e informações administrativas sobre o planejamento habitacional popular de cada uma das Secretarias de Obras das cidades envolvidas.

Com as amostras de solo das jazidas foram feitos ensaios laboratoriais para confirmação das previsões e os resultados foram enviados, aos órgãos públicos das respectivas prefeituras.

A proposta final caracteriza-se com o mapeamento das jazidas que, após analisadas, possuem as características necessárias para uso segundo a técnica do solo-cimento, ainda não se processaram

ABSTRACT

The present work, integrated on the group of researcher worried about the dwelling problem to low income population, studies the practicability of soil-cement as constructive alternatives to the problem.

This research was applied to the soils of the south region of this state, specifically to the following cities: Tapes, Camaquã, São Lourenço and Pelotas.

The methodology used was adjusted from the one developed in the Graduate Program in Civil Engineering at UFRGS (Cruz; 1988), proposing identification of the soil quarry as a desk study using topographic, geology and pedology concepts and maps and administrative informations on the dwelling problem planning of each construction secretary of the researched cities.

With the soil samples from selected sites laboratory trials were made to confirm the foresights and the results after analysis were sent, to the public departaments of the city halls.

The final proposal is to identify in the map the quarrys, which, after being anlyzed, owned the necessary characteristic to be used according to the soil-cement technique.

SUMARIO.

	Página
Dedicatória.....	ii
Agradecimentos.....	iii
Lista de Figuras.....	iv
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Mapas.....	viii
Lista de Tabelas.....	ix
Glossário.....	x
Resumo.....	xi
Abstract.....	xiii
Introdução.....	1
I - Solo-cimento.	
1.1. Histórico.....	6
1.2. Revisão bibliográfica.....	9
1.2.1. Solo-cimento, Características.....	9
1.2.2. Trabalhabilidade dos solos.....	13

1.2.3. Consumo de cimento.....	13
1.2.4. Preparo e controle.....	20
II - Metodologia da pesquisa.	
2.1. Identificação dos locais de aplicação da pesquisa.....	33
2.2. Planejamento administrativo habitacional popular das cidades pesquisadas.....	34
2.3 Topografia, geologia e pedologia. Noções para embasamento do mapeamento preliminar das jazidas.....	41
2.3.1. Noções topográficas.....	41
2.3.2. Noções geológicas e pedológicas.....	42
III - Mapeamento e ensaios laboratoriais.	
3.1. Trabalho preliminar de escritório.....	49
3.1.1. Características geológicas.....	50
3.1.2. Características pedológicas.....	51
3.2. Mapeamento preliminar. Visita aos locais.....	52
3.3. Ensaio laboratoriais. Resultados.....	59
3.3.1. Caracterização do solo.....	60
3.3.1.1. Granulometria do solo.....	61
3.3.1.2. Limites de Consistência.....	63

3.3.1.3. Análise Mineralógica.....	64
3.3.2. Caracterização da mistura.....	71
3.3.2.1. Determinação do teor de cimen- to.....	71
3.3.2.2. Compactação do solo.....	79
3.3.2.3. Moldagem dos corpos de prova...	85
3.3.2.4. Resistência à compressão sim- ples.....	85
3.3.2.5. Absorção de água.....	93
3.4. Mapeamento definitivo.....	93
IV - Conclusões e sugestões para futuras pesquisas.	
4.1. Conclusões.....	98
4.2. Sugestões para futuras pesquisas.....	103
Bibliografia.....	105
Anexos.	
Anexo I - Mineralogia. Difração de raio X da argila dos solos das nove jazidas pesquisadas...	111
Anexo II - Relatório enviado as Secretarias de Obras das cidades pesquisadas.....	121

INTRODUÇÃO.

ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA

Habitação necessidade básica do homem é hoje no Brasil um problema para a maior parte da população.

O descontrole inflacionário vivenciado nos últimos anos elevou os custos dos materiais de construção, dos terrenos, da mão-de-obra especializada e dos transportes, transformando o mercado da construção civil num sonho quase inatingível para a população de baixa renda.

As habitações populares construídas, forçadas pela situação sócio-econômica, buscam compatibilizar-se com a capacidade aquisitiva da clientela intensificando o processo de auto-construção e a implantação de favelados e posseiros.

No estado do Rio Grande do Sul as populações localizadas na periferia das cidades, na busca de suprir suas necessidades habitacionais transformaram o processo de auto-construção no sistema construtivo de maior expressão. Neste são construídas moradias com variados tipos de materiais de construção, tais como madeira, tijolos de barro cozido, zinco, blocos de concreto, latas de alumínio, telha de cimento amianto e outras.

Constatada esta diversificada realidade construtiva regional foi feito nesta pesquisa um trabalho com a técnica solo-cimento para verificar sua viabilidade como mais uma opção construtiva à ser empregada no processo de auto-construção, e também divulgar e ampliar a área de abrangência da referida tecnologia.

O solo-cimento é uma técnica construtiva que devido suas características de baixo custo por metro quadrado, redução e/ou eliminação do custo de transporte dos materiais empregados e fácil aprendizagem supre as necessidades da população dentro do aspecto sócio-econômico em que vivem.

É uma tecnologia que reaprega material existente em abundância na natureza, o solo misturado com cimento e água.

O solo é o elemento de maior proporção na mistura, sendo fundamental seu estudo característico.

Cabe salientar que no presente trabalho o solo-cimento não teve sua tecnologia construtiva e seus parâmetros normativos questionados, foi apenas verificada sua aplicabilidade como mais uma opção construtiva.

Para desenvolvimento dos trabalhos foi escolhida a zona sul do estado, especificamente as cidades de Tapes, Camaquã, São Lourenço e Pelotas, todas interligadas pela BR-116 .

A metodologia empregada foi adaptada da desenvolvida no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS (Cruz;1988). O método proposto por Cruz baseado nas condições de maior número e conteúdo de informações técnicas, facilmente obtidas na região metropolitana de Porto Alegre, identifica em fase preliminar de escritório as jazidas de solo a serem analisadas com o emprego de fotos aéreas, mapas e conceitos pedológicos, geológicos e topográficos e de dados

referentes aos aspectos legais de extração de solo.

Considerada as características das cidades envolvidas na atual pesquisa, todas de pequeno e médio porte, com nível menor de informações técnicas, adaptou-se o método proposto para possibilitar a identificação preliminar das jazidas de solo. Foi também considerado para localização das jazidas o aspecto econômico de transporte e de uso de equipamentos de exploração.

As jazidas foram localizadas próximas aos futuros loteamentos populares e aos já existentes, passíveis de ampliação e manutenção.

Com as amostras de solo das jazidas foram feitos ensaios laboratoriais para confirmar as previsões.

A proposta final do trabalho é o mapeamento das jazidas de solo que atendem as características necessárias de uso da técnica solo-cimento, e a definição das proporções finais de mistura para cada tipo de solo.

Os resultados desta pesquisa foram enviados as Secretarias de Obras das cidades envolvidas para servirem como fundamento técnico na definição do uso ou não da técnica solo-cimento.

I - SOLO-CIMENTO.

1.1-HISTÓRICO.

O solo-cimento é uma tecnologia construtiva que teve sua iniciação com o uso do solo sem aditivo. Exemplo disto é a Grande Muralha na China feita em terra no ano 3000 A.C., além de arcos e domos construídos em blocos de adobes na Babilônia, Mesopotâmia, Assíria e Egito. (Taveira, E.S.M.; 1985).

As casas de Lyon idealizadas no século passado, durante a Revolução Francesa, pelo arquiteto francês François Cointeaux e a cidade de Shibam, no Iemen do Sul, construída neste século, com 500 edifícios até 30 metros de altura, são outras claras demonstrações do que a terra pode fazer pela humanidade. (Taveira, E.S.M.; 1985)

O solo-cimento segundo a CCA(6) foi pela primeira vez aplicado em 1800, pelo engenheiro inglês H. E. Brook - Bradley, que o utilizou no tratamento de leito de estradas e pistas para veículos puxados por cavalos, ao sul da Inglaterra. (Silva, M.R.; 1985)

Em 1915, o engenheiro Bert Reno usou uma mistura com conchas marinhas, areia de praia e cimento portland, para pavimentos de ruas. (Silva, M.R.; 1985)

Em 1917, J. H. Amies instituiu uma patente em misturas de solo-cimento. (Silva, M.R.; 1985)

Em 1932, nos Estados Unidos, foram feitos os primeiros estudos mais profundos sobre as propriedades da

mistura pelo engenheiro Charles Moore Fields no South Carolina State Highway Department e Miles Catton, nos laboratórios da PCA(15).

Em 1935, já com uso mais intenso, foi construída uma rodovia perto de Johnsonville, South Carolina como um projeto cooperativo da PCA(15), Puyblics Roads Administration e o South Carolina State Highway Department.

Em 1944, a ASTM(4) normalizou os ensaios a serem feitos para caracterização de misturas e performance, sendo seguida por entidades como a AASHO(1) e a PCA(15).

No Brasil, em 1942, foram construídas a pista do aeroporto de Petrolina e a estrada Caxambu-Areias, ambas sem pavimentação asfáltica. Estudos feitos nestes locais quinze anos após mostraram encontrarem-se as duas pistas em bom estado de conservação.(DIAS R.D.;1987)

Em 1945, surge em nosso país a primeira obra em parede de solo-cimento. Foi a construção da casa de bombas para abastecimento das obras do aeroporto em Santarém, no Pará.(SILVA M.R.;1985)

Posteriormente, em 1948, foram construídas duas obra de porte, o Hospital Adriano Jorge, em Manaus, e as casas do Vale Florido na Fazenda Inglesa, em Petrópolis, Rio de Janeiro, que refletem pelo seu estado de conservação atual a real potencialidade da técnica.(SILVA M.R.;1985)

Durante a década de 50, o CINVA(9) juntamente com a

DEA(14), desenvolveu uma prensa manual para confecção de blocos de solo-cimento. Estes estudos do CINVA(9), minuciosos e detalhados, que começaram em Israel a convite do Ministério do Trabalho daquele país, resultaram na publicação de "Suelo-Cemento su Aplicacion en la Edificacion", em 1963, que retrata as experiências de edificações com mistura de terra e cimento.

Foi o próprio CINVA(9), que promoveu atividades de ajuda mútua em programas de construção, através da organização comunitária. Este trabalho equivale ao mutirão, uma forma coletiva de somar forças para que em conjunto se construam moradias, suprimindo a necessidade básica para a maioria da população mundial.

A partir de 1970, no Brasil, a técnica solo-cimento vem sendo pesquisada como um produto opcional de construção para as habitações populares. O BNH(5) financiou parte destas pesquisas conjuntamente com os governos de São Paulo e da Bahia, via IPT(13) e CEPED(8). A ABCP(2) representando o grupo de cimenteiros do país, se vinculou a estas pesquisas e hoje é a instituição que divulga, controla e apoia trabalhos em solo-cimento em todo o território nacional.

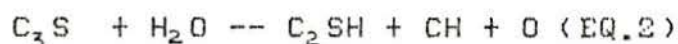
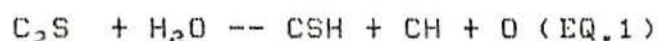
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

1.2.1. SOLO-CIMENTO. CARACTERÍSTICAS.

Solo-cimento, mistura de solo, cimento e água é uma tecnologia pouco conhecida para a maior parte dos construtores do estado do Rio Grande do Sul, ainda que bem desenvolvida nos estados de São Paulo, Bahia, Paraná e nas regiões norte e nordeste do país.

O processo consiste na estabilização do solo pela adição de cimento e compactação dos elementos finais, tijolos, blocos, paredes monolíticas, etc.

O processo químico se dá através da hidratação dos silicatos di e tricálcicos do cimento (EQ. 1 e 2, a seguir), formando cadeias de geis nos vazios do solo, culminando numa massa única mais resistente e impermeável.



onde:

C_2S - Silicato Dicálcio.

C_3S - Silicato Tricálcio.

CSH - Silicato Monocálcico Hidratado.

C_2SH - Silicato Dicálcio Hidratado.

CH - Cal livre.

A técnica do solo-cimento se utiliza dos recursos existentes nas comunidades, ou seja, capital, material e mão-

de-obra disponível o que possibilita atender faixa da população de maior carência aquisitiva de nossa sociedade.

O solo ainda que por si só possa ser considerado um bom componente construtivo apresenta, na maioria das vezes, produtos finais (tijolos, paredes monolíticas, fundações, etc.) com deficiências de natureza estrutural, estética e ambiental. Estas deficiências traduzidas pelo desgaste rápido, baixa resistência mecânica e elevado teor de absorção, foram analisadas e corrigidas com a adição de um aglomerante como palha, fibra, cal, cimento, etc., que resultou no aumento da resistência mecânica, do isolamento térmico e da resistência ao intemperismo.

Também ocorrem limitações ao uso de determinados tipos de solo cuja característica granulométrica apresenta-se com elevado teor de argila o que resulta em alto consumo de cimento.

A afirmação da possibilidade de utilização de solos do próprio local da construção, resultantes das escavações, nivelamento, fundações, fossa, etc, como uma grande vantagem de se construir com terra é indevida pois nem sempre os volumes de solos obtidos são suficientes e adequados. Uma casa de cerca de 40m² consome 25m³ de solo para fundações (0,20mx0,60m) e paredes(0,20m). Normalmente este volume de solo não é obtido, sendo necessária a utilização de volumes de solos importados de outros locais.

Os solos escavados, a não ser que sejam argilosos,

não devem ser expurgados da obra, pois podem ser misturados com os solos importados melhorando suas características com razoável economia de material e transporte.

Na mistura, o solo é o elemento de maior proporção, definidor do traço, resistência e impermeabilidade dos componentes finais (tijolos, blocos, paredes monolíticas, fundações, etc). Isto torna a etapa de localização das jazidas de solo à serem exploradas extremamente importante, pois o uso de solos inadequados, sem as características granulométricas e de consistência específicas ou com áreas de cubagem insuficiente pode invalidar e desacreditar todo o processo construtivo.

Segundo várias fontes, podemos citar como características fundamentais da tecnologia as seguintes:

- Durabilidade, resistência ao desgaste e boa aparência, o que permite seu uso sem revestimento, desde que protegido da ação direta da água.
- Resistência às intempéries.
- Isolante térmico.
- Material incombustível.
- Redução e, ou eliminação dos custos de transporte.
- Economia de combustível para fabricação dos tijolos, pois não consomem energia de cozimento.
- Uso de matéria prima da região.
- Técnica de fácil aprendizagem.
- Emprego basicamente de mão-de-obra não especializada.
- Não necessita processo industrial de fabricação de tijolos e paredes.

ABSTRACT

The present work, integrated on the group of researcher worried about the dwelling problem to low income population , studies the practicability of soil-cement as constructive alternatives to the problem.

This research was applied to the soils of the south region of this state, specifically to the following cities: Tapes, Camaquã, São Lourenço and Pelotas.

The methodology used was adjusted from the one developed in the Graduate Program in Civil Engineering at UFRGS (Cruz; 1988), proposing identification of the soil quarry as a desk study using topographic, geology and pedology concepts and maps and administrative informations on the dwelling problem planning of each construction secretary of the researched cities.

With the soil samples from selected sites laboratory trials were made to confirm the foresights and the results after analysis were sent, to the public departaments of the city halls.

The final proposal is to identify in the map the quarrys, which, after being analyzed, owned the necessary characteristic to be used according to the soil-cement technique.

1.2.2. TRABALHABILIDADE DOS SOLOS.

A trabalhabilidade dos solos diz respeito a facilidade de destorroamento e de mistura com aditivo.

Os limites de consistência, o de Liquidez (NBR 6459) e o de Plasticidade (NBR 7180), são as variáveis que melhor definem as condições de trabalhabilidade dos solos. Quanto maiores os valores destes limites, maiores as dificuldades no destorroamento, mistura e também na secagem do solo, quando necessária. Usa-se, baseado nos critérios aplicados para pavimentação, fixar o máximo limite de Liquidez entre 45 a 50% [CEPED(8); 1984] e como máximo Índice de Plasticidade o valor de 18% [CEPED(8);1984].

1.2.3. CONSUMO DE CIMENTO.

O consumo de cimento, na obtenção do solo-cimento, depende da granulometria do solo, especificamente do diâmetro dos grãos e da sua uniformidade. Os solos mais adequados são os arenosos de granulometria variada, grãos pequenos, médios e grandes. Os solos com elevados teores de silte e argila, ou com ocorrência de grãos com tamanhos muito uniformes, acarretam um aumento nos teores de cimento. No entanto, não podemos desconsiderar, que os solos devem ter um teor mínimo de fração fina (silte e argila), pois a resistência inicial do solo-cimento compactado é devida a coesão da fração fina compactada uma vez que as reações de endurecimento do cimento ainda não se processaram.

Segundo normas adotadas pela ABCP(2), o teor de material graúdo(pedregulhos), retido na peneira de malha 4,8mm não deve ser superior a 45%, pois caso contrário a fração fina não lograria preencher os vazios do mesmo. Para fração não retida na peneira de malha 4,8mm adota-se as especificações resultantes de investigações processadas no CEPED(8);1984.

Teor de areia	:45 a 90%
Teor de argila	: 20%
Teor de silte + argila	:10 a 55%

Cabe salientar, que para os solos disponíveis que não atendam aos critérios propostos, pode-se misturá-los a outros de modo a corrigir a granulometria para os limites especificados.

Para os solos cujos ensaios de laboratorio são impraticaveis, testes qualitativos como consta na Tabela 1 (pág. 17) e alguns ensaios expeditos, indicados pelo CEPED (8), podem ser feitos. Dentre os ensaios expeditos temos:

Ensaio da caixa.[CEPED(8);1984]

Tomar uma porção de terra destorroada e juntar água até quando a mistura aderir a uma superficie metálica, a colher de pedreiro, por exemplo.Colocar a mistura em uma caixa de madeira, com dimensões internas de 60 x 8.5 x 3.5 cm previamente lubrificada com óleo diesel ou similar. Deixar a caixa com a mistura na sombra e depois de sete dias medir a

retração no sentido do comprimento. Se o total da retração não ultrapassar 2cm e não aparecerem trincas na amostra, o solo serve para a construção com o solo-cimento. (Ver figura 1 , pág. 18)

Ensaio de Resistência seca.[CEPED(8);1984]

Fazer duas ou três pastilhas de terra úmida, com cerca de 1cm de espessura e 2 a 3 cm de diâmetro. Secar as pastilhas ao sol por dois ou mais dias. Tentar esmagar a pastilha entre o indicador e o polegar. Com o resultado tem-se:

- Solo com grande resistência seca: Quando a pastilha é muito difícil de esmagar e quando se consegue esta se quebra como um biscoito.

- Solo com média resistência seca: Quando a pastilha é fácil de esmagar e com pouco esforço consegue-se reduzir os pedaços a pó.

- Solo com fraca resistência seca: Quando a pastilha é muito fácil de esmagar e reduzir-se a pó.

Ensaio do cordão.[CEPED(8);1984]

Tomar uma porção de terra seca, misturar água e fazer cordões rolados com diâmetro de 3mm até se quebrarem. Com os cordões quebrados formar uma bola e verificar a força necessária para esmagá-la entre o polegar e o indicador. (Ver

figura 2, pág. 18)

- Se, para esmagar a bola necessitarmos muito esforço, temos um cordão duro.

- Se, a bola fissura ou esmigalha com pouco esforço, temos um cordão mole.

- Se, não é possível reconstituir a bola, a partir dos cordões quebrados, sem que ela fissure ou esmigalhe, temos um cordão frágil.

Ensaio do bolo. [CEPED(8);1984]

Tomar uma porção de terra bastante úmida e colocá-la na mão. Golpear a amostra com as mãos de modo que a água saia para a superfície, dando-lhe um aspecto liso e brilhante. Pressionar então o bolo com os dedos. (Ver figura 3, pág. 19)

- Reação rápida: Bastam 5 a 10 golpes para que a água aflore à superfície da amostra; a pressão dos dedos faz a água desaparecer imediatamente e uma pressão mais forte esmigalha o bolo.

- Reação lenta: São necessários 20 a 30 golpes para que a água aflore; a pressão dos dedos faz com que o bolo se deforme como uma bola de borracha.

TABELA 1

Métodos qualitativos de escolha do solo [CEPED (8); 1984]

RESISTÊNCIA SECA	ENSAIO DO CORDÃO	ENSAIO DO BOLO	TIPO DE SOLO	POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO
Fraca a nula, geralmente nula.	Cordão frágil ou resistência nula.	Reação rápida a lenta, mas jamais muito lenta.	Areias finas, areias siltosas, areias finas argilosas, siltes argilosos.	Solo prensado para tijolos, adobes com cimento, terra compactada com ou sem cimento; quando muito arenosos, juntar solos finos, siltes e argilas siltosas.
Fraca à média	Cordão frágil a semi-duro.	Reação lenta a muito lenta.	Siltes	Utilização mais difícil que os solos anteriores, mas possível com o uso de cimento.
Média a grande	Cordão semi-duro.	Reação muito lenta, ou não tem reação.	Argilas com pedregulhos, argilas com areia e argilas-siltosas.	Possível de usar apenas para a terra compactada, ou tijolo prensado, com cimento.
Grande	Cordão duro.	Não tem reação.	Argilosas.	Não deve ser usado.

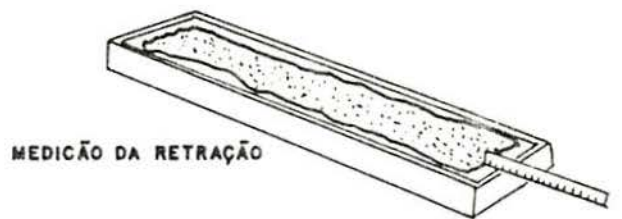
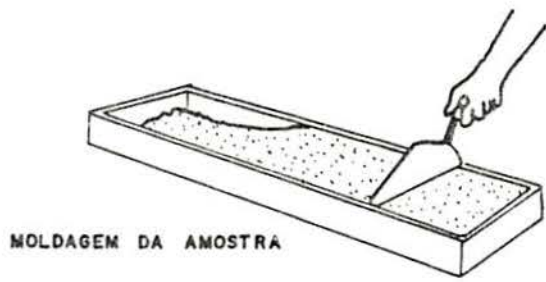


FIG. 1 - ENSAIO DA CAIXA. (CEPED; 1984)

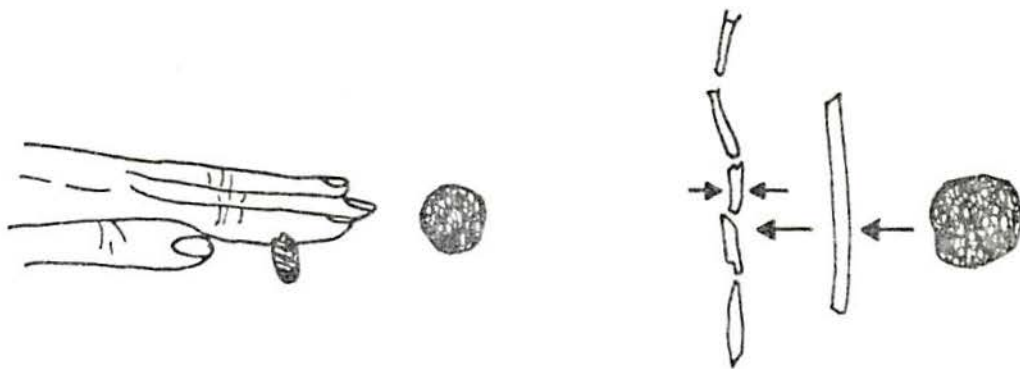


FIG. 2 - ENSAIO DO CORDÃO. (CEPED; 1984)

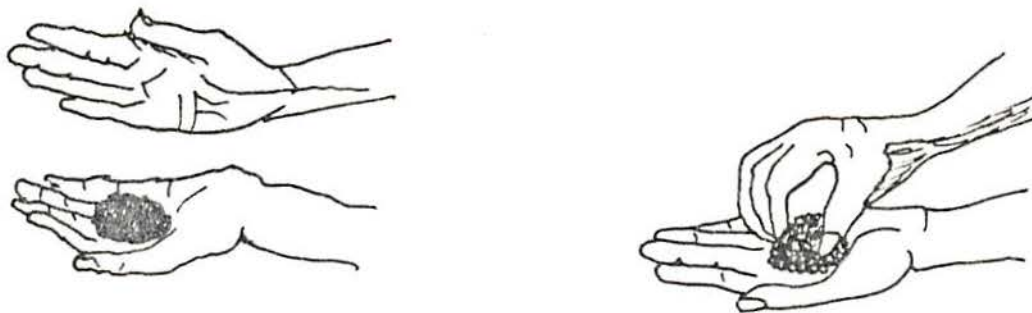


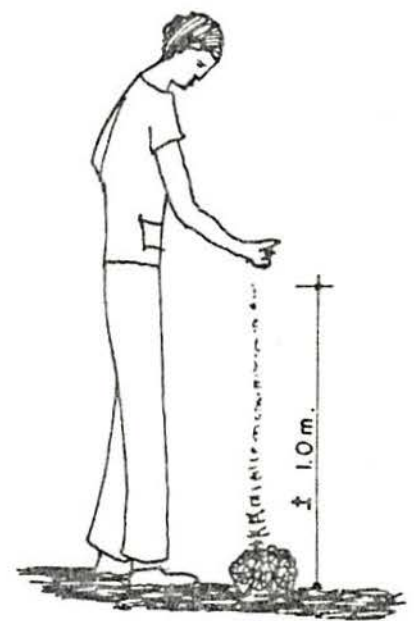
FIG. 3 - ENSAIO DO BOLO. (CEPED; 1984)



Amostra Comprimida



Marca de dedos
no amostra



Amostra jogada no Chão

FIG. 4 - ENSAIO EXPEDITO PARA DETERMINAÇÃO DO
TEOR DE UMIDADE DO SOLO. (CEPED; 1984)

1.2.4. PREPARO E CONTROLE.

Para o preparo e controle da mistura solo-cimento, segundo o CEPED(8);1984, são os seguintes os fatores a serem considerados:

- a) Dosagem dos materiais.
- b) Homogeneização.
- c) Umidade.
- d) Compactação.
- e) Impermeabilização.
- f) Estabilidade.
- g) Isolamento termo-acústico.
- h) Retração.

a) Dosagem dos materiais.

Dosagem é a fixação das proporções das variáveis componentes. Na mistura solo-cimento é a proporção entre o solo, o cimento e a água.

Por ser o solo o elemento de maior proporção na mistura, a dosagem é fixada em função das características deste.

No controle da dosagem usa-se estabelecer volumes fáceis de serem utilizados, como padiolas ou carrinhos de mão para o solo e baldes para o cimento. O cuidado principal é trabalhar com o solo de mesma granulometria, pois do contrário confirmações de dosagem serão necessárias.

b) Homogeneização.

A homogeneização consiste na obtenção de mistura uniforme o que pode ser verificada pela coloração originada da adição de cimento ao solo seco.

O solo deve ser isento de torrões, que podem ser desfeitos com ajuda de uma pá ou então peneirados. Em situações onde nem sempre o solo está seco, regiões chuvosas, a utilização de solos arenosos é o aconselhável. Estes favorecem a secagem que pode ser feita espalhando-se o solo úmido em uma praça e revolvendo-o periodicamente. Algumas horas são suficientes para permitir seu uso. Outra solução é manter-se um volume de solo seco ao abrigo e misturá-lo quando necessário ao material úmido.

c) Umidade.

Umidade de uma mistura é o teor de água necessário para se obter na mistura boa trabalhabilidade, resistência e impermeabilidade.

Assim como a dosagem, a umidade é função do solo que vai ser utilizado. Cada solo possui uma umidade característica, dita umidade ótima. Essa umidade é determinada em laboratório através do ensaio de compactação de solo-cimento Método SC-1/ABCP(2);1966/ET35.

Nos casos em que há falta de recursos laboratoriais e a determinação da umidade da mistura tiver que ser feita

no campo, com razoável precisão, esta pode ocorrer por um processo expedito [CEPED(8);1984]. Este consiste em tomar um punhado da mistura e comprimí-la com a mão, ao abrir a mão o bolo formado deve guardar o sinal dos dedos, e que quando o bolo cair de uma altura de 1.0m, venha a espatifar. Caso não se consiga formar o bolo na mão, a umidade é insuficiente; caso o bolo ao cair, mantenha-se coeso, a umidade é excessiva. (Ver figura 4, pág. 19)

Em regiões de clima seco e muito sol, deve-se fazer permanentemente uma verificação da umidade da mistura para que se proceda as correções quando necessarias.

d) Compactação.

Compactação é o acomodamento das camadas de solo - cimento, com diminuição de volume, provocada pela ação de uma força externa. É um fator de grande importância na composição dos elementos finais (tijolos, blocos, paredes monolíticas, etc.), pois quanto maior for a compactação, melhor será o comportamento quanto a resistência e impermeabilidade.

Nas paredes monolíticas o controle da altura das camadas da mistura quando lançadas nas formas é fator fundamental para obter-se uma boa compactação. As camadas não devem ser muito altas, pois o acomodamento das partes inferiores não se processa corretamente. Estas devem ter altura máxima de 20 cm.

e) Impermeabilização.

Nas paredes de solo-cimento, o fenômeno da ascensão capilar de água, através das fundações, é bastante pronunciado, deixando marcas de umidade em alturas de até 50 cm acima do piso. Tentando solucionar este aspecto desastroso alguns autores propõem a execução de impermeabilização sobre as fundações que interrompa o movimento capilar da água.

A ABCP(2) sugere que esta impermeabilização seja de 6cm de espessura em concreto. O concreto deve ter composição rica em cimento, com consumo de 300kg/m³.

A CINVA(9), em seu manual, propõe execução de uma impermeabilização com 1,5 cm de espessura em argamassa de cimento e areia na proporção de 1:2 ou 1:3 em volume, juntamente com aditivo impermeabilizante.

Uma outra opção é a prática de aplicação de duas mãos de asfalto quente na superfície superior da fundação, que deve estar limpa e seca.

Na mistura, solo-cimento, não é aconselhado o uso de aditivos impermeabilizantes por serem desconhecidos os efeitos resultantes desta adição.

f) Estabilidade.

O dimensionamento de paredes construídas com materiais não convencionais, como o solo-cimento, usa critérios pouco comuns. O INTI(12), reunindo normas européias,

americanas e a própria experiência da instituição, procurou estabelecer recomendações e especificações para espessura das paredes externas e internas construídas com materiais não convencionais através da análise dos resultados dos ensaios mecânicos de painéis a Choque Brando, Choque Duro e Cargas Excêntricas.

- Ensaio mecânico de painéis.

Ensaio de Choque Brando.

O ensaio de Choque Brando, feito segundo recomendação do INTI(12), fixa o painel de solo-cimento à uma estrutura que permite a este se comportar como simplesmente apoiado nos extremos superior e inferior. Tem como simulador dos choques uma bolsa de couro cilíndrica, cheia de areia, com 25 cm de diâmetro e peso de 30 kg, suspensa de uma altura de 2.0 m do seu centro de gravidade, que deve coincidir com o centro dos painéis, ponto de impacto. (Ver figura 5, pág. 29)

A bolsa cai a partir de alturas de 20 em 20cm, medidas acima de sua posição de repouso. Após cada choque são medidas as flechas instantâneas e residuais.

Ensaio de Choque Duro.

O ensaio de Choque Duro, feito segundo recomendação do INTI(12), fixa o painel de solo-cimento conforme o ensaio de Choque Brando, e é simulado com uma esfera de aço de 500 gramas. A esfera é suspensa a uma altura de 2.0m a partir

do seu centro de gravidade, que deve coincidir com o centro dos painéis. (Ver figura 6, pág. 30)

Deixa-se cair a esfera a partir da alturas progressivamente crescentes de 25 em 25cm em movimento pendular sobre a zona escolhida para o choque. Após cada choque mede-se os diâmetros das moças (marcas deixadas pela esfera nas superfícies dos painéis).

Ensaio de Carga Excêntrica.

O ensaio de carga excêntrica, feito segundo recomendação do INTI(12), simula no painel de solo-cimento os esforços causados por algum móvel ou objeto suspensos nas paredes, transmitindo esforços paralelos e normais ao seu plano.

O ensaio consiste em se aplicar uma carga de 100kg paralela à superfície do painel, situada a 30cm deste e transmitida ao mesmo por meio de mísulas separadas entre si de 50cm com pontos de fixação, cada uma, distantes entre si de 15cm na direção vertical. (Ver figura 7, pág. 31)

O contato mísula-painel é feito por meio de círculos de 25cm de diâmetro. A carga deve ser mantida durante 24 horas.

Os resultados destes ensaios determinaram que as paredes de solo-cimento podem ser usadas com espessuras a partir de 10cm, que para as paredes mais esbeltas deve-se usar teores de cimento superiores a 5% e que a espessura das paredes não sofrem influência em sua resistência a choques

duros nem danos visíveis após aplicação de cargas por 24 horas.

Algumas instituições de pesquisa, baseadas em experiências existentes, fixam a espessura das paredes de solo-cimento com as seguintes dimensões:

ABCP(2) - Parede externa e interna com 15cm de espessura.

ICPA(10) - Paredes externas com 20cm e as internas com 15cm.

INTI(12) - Parede externa e interna com 12cm.

g) Isolamento termo-acústico.

Com relação as características de isolamento térmico as observações de vários autores tendem a indicar um desempenho equivalente as paredes de alvenaria de tijolos. A ABCP(2) menciona que os coeficientes de condutibilidade térmica e acústica variam com as características do solo empregado, mas os valores médios pouco diferem dos correspondentes aos tijolos maciços de barro cozido.

Segundo dados obtidos em ensaios feitos no CENPES(7), o valor da condutibilidade térmica do solo-cimento é igual a $1,83 \times 10 \text{ cal.cm/ C.cm}^2\text{s}$ a 60 C e a condutibilidade térmica dos tijolos a 20 C é igual a $1,65 \times 10$ a $2,40 \times 10 \text{ cal.cm/ C.cm}^2\text{s}$.

Estes fatos reforçam as observações anteriores de que é possível projetar paredes externas de solo-cimento com as mesmas espessuras das paredes convencionais.

Investigações realizadas no CEPED(8), confirmaram que o comportamento térmico do solo-cimento é semelhante ao de alvenaria convencional e a pintura das paredes externas é um fator relevante.

h) Retração.

Retração é a variação volumétrica da mistura. É um processo que ocorre na fase de endurecimento do solo-cimento e determina o comportamento futuro dos componentes finais (tijolos, paredes monolíticas, pavimentos, etc, ...). As fissuras resultantes deste processo ocorrem com maior intensidade nas paredes cujo solo caracteriza-se como argiloso.

Não se conhecem ainda dados técnicos específicos resultantes de pesquisa sobre retração em paredes de tijolos ou monolíticas de solo-cimento, apenas os obtidos de um intenso trabalho sobre problemas oriundos de pavimentos, feitos pela ABCP(2);1985, publicado no ET-74.

Como resultado deste trabalho concluiu-se:

1) A retração dos solos argilosos tratados com cimento é muito mais lenta do que nos solos granulares também tratados com cimento.

2) Quanto maior a fração argilosa de um solo, tanto maior será sua tendência à retração.

3) Teores crescentes de cimento levam a aumento de retração para qualquer tipo de solo.

4) Há uma relação diretamente proporcional entre a finura do cimento portland utilizado e a retração total do solo-cimento. Quanto mais fino o diâmetro dos grãos de cimento maior é a absorção d'água, maior é a retração.

5) A compactação da mistura solo-cimento deve ser efetuada em torno da umidade ótima de cada solo para obter-se menor retração.

6) O aumento do grau ou da energia de compactação diminui a retração.

7) Qualquer solo-cimento executado em região úmida, independentemente do tipo de solo, tem menor possibilidade de retrair-se ; em tais regiões, portanto, a retração e a fissuração não configuram maior problema.

8) Períodos muito longos de cura não aumentam significativamente a retração total.

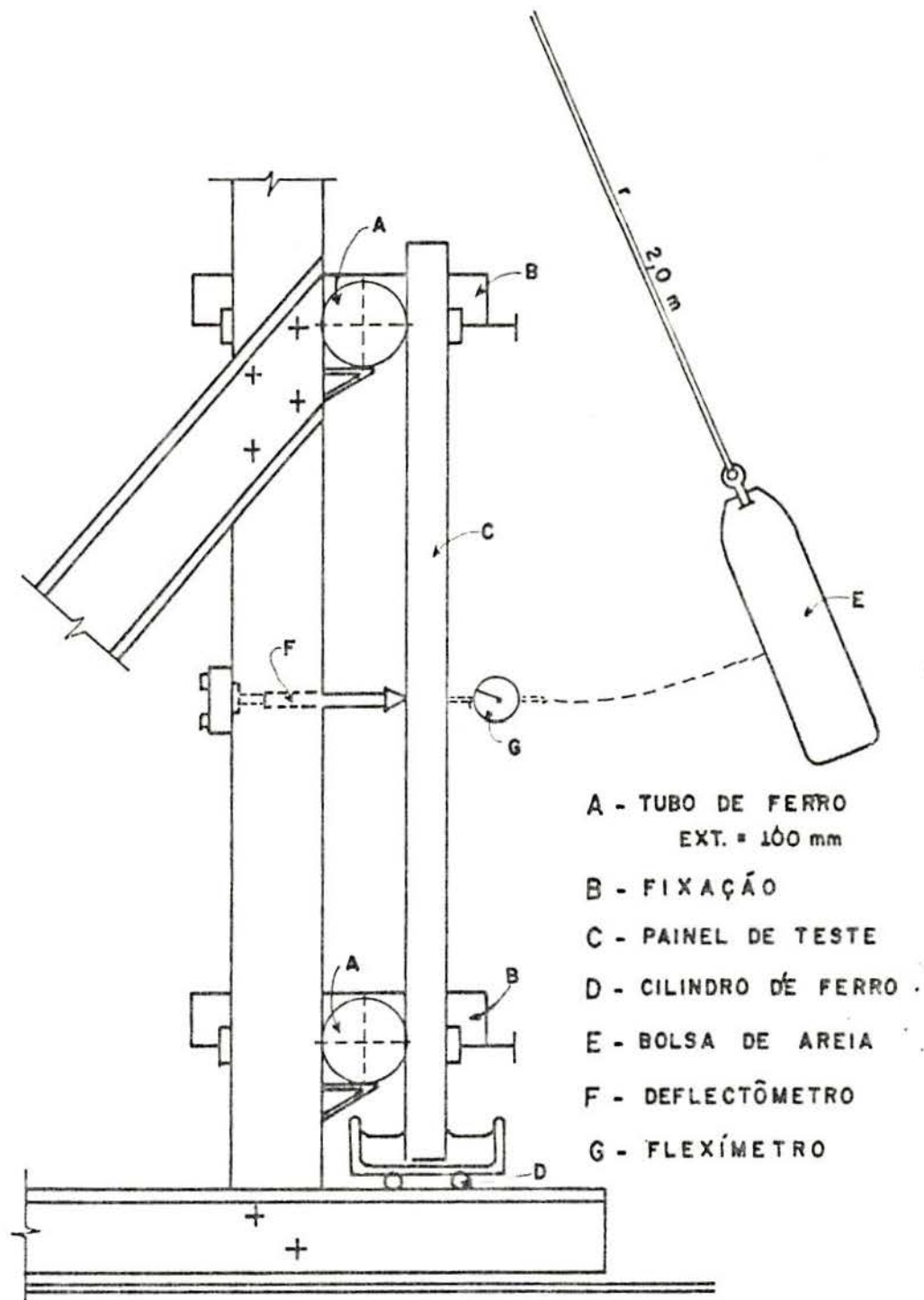


FIG. 5 - ENSAIO DE CHOQUE BRANDO, SEGUNDO ESPECIFICAÇÕES DO INTI (CEPED, PROJETO THABA; 1978)

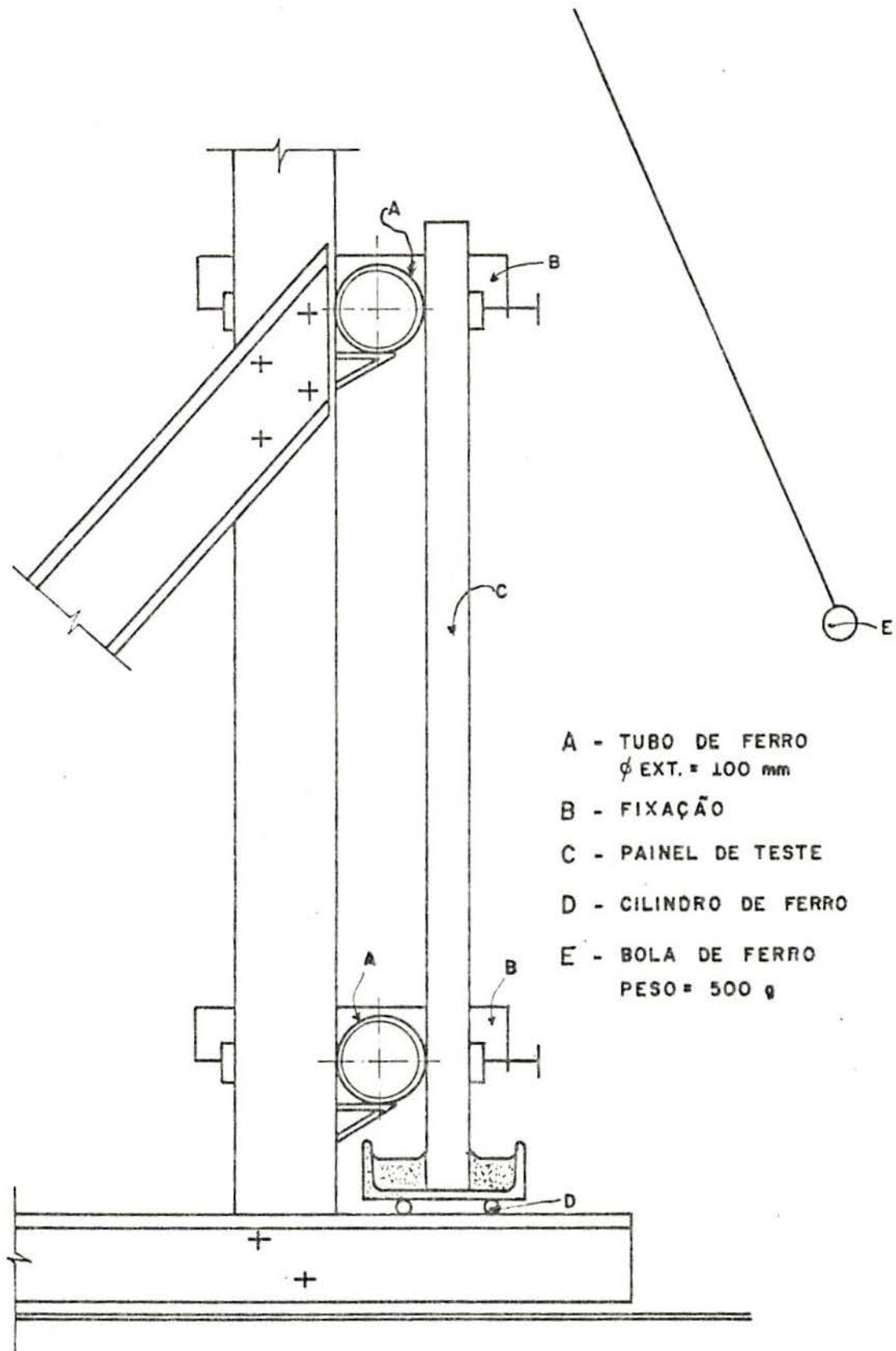


FIG. 6 - ENSAIO DE CHOQUE DURO, SEGUNDO ESPECIFICAÇÕES DO INTI (CEPED, PROJETO THABA; 1978)

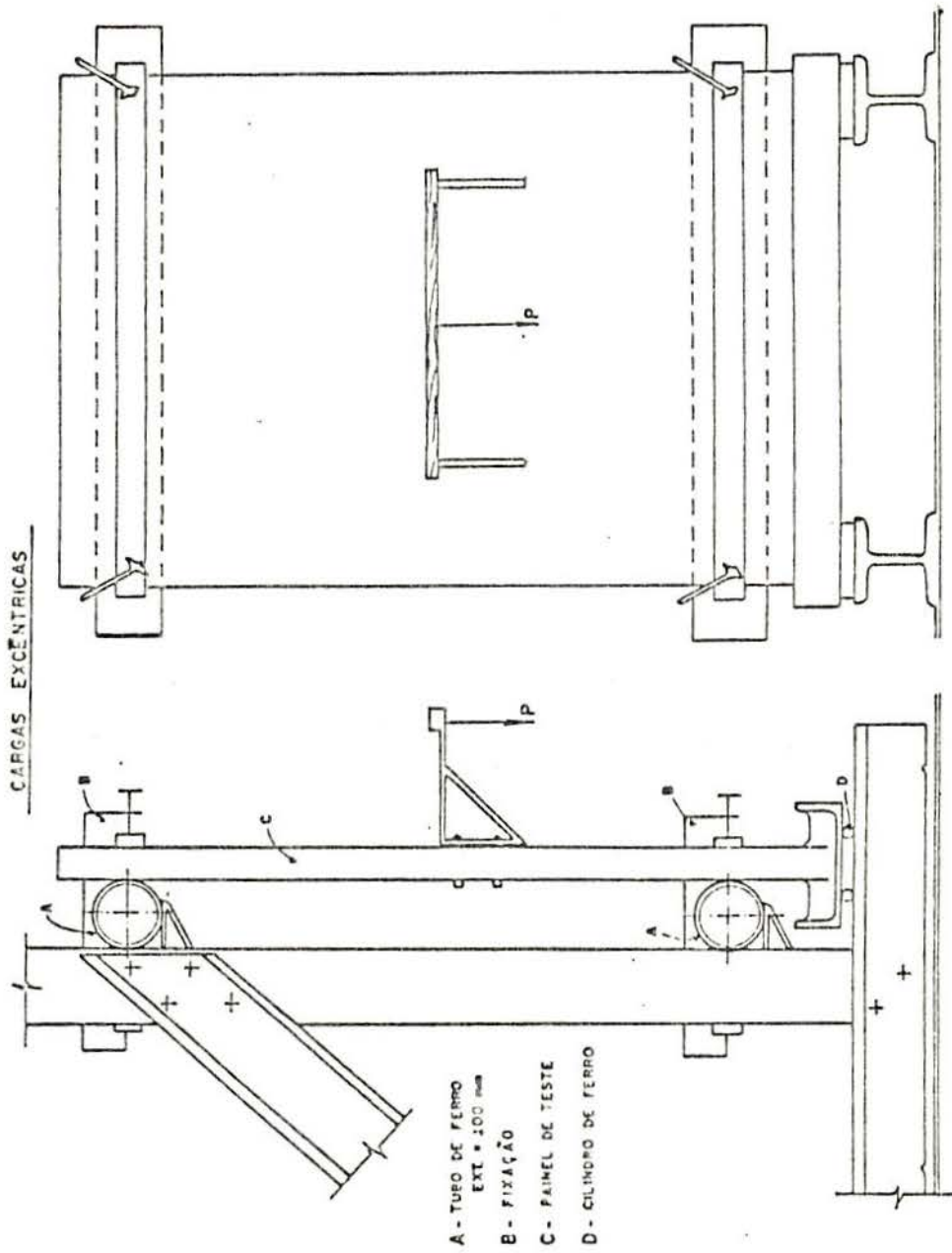


FIG. 7 - ENSAIO DE CARGA EXCÊNTRICA, SEGUNDO ESPECIFICAÇÕES DO INTI (CEPED, PROJETO THABA; 1978)

II - METODOLOGIA DA PESQUISA.

Na presente pesquisa foi feita aplicação e adequação da metodologia proposta por Cruz;1988, para as cidades de pequeno e médio porte do interior do estado.

A metodologia adaptada propõem que seja feito em fase preliminar de escritório, o mapeamento provisório das jazidas de solo à serem analisadas, apartir do uso de cartas e noções pedológicas, geológicas e topográficas e do estudo do planejamento administrativo para habitações populares, obtidos junto ao corpo técnico da Secretarias de Obras das prefeituras das cidades pesquisadas.

2.1 - Identificação dos locais de aplicação da pesquisa

As cidades pesquisadas foram escolhidas segundo:

- A real necessidade de implantação e, ou manutenção de conjuntos habitacionais populares.

- A infra-estrutura administrativa das Prefeituras de cada cidade, onde as Secretarias de Obras tenham como uma de suas metas solução para os problemas de moradia para população de baixa renda.

- O acesso fácil, estradas ligando estas cidades com a capital, Porto Alegre, sede nesta pesquisa dos ensaios laboratoriais necessários.

- A existência de informações quanto a caracteris -

tica do solo local, de posse dos técnicos e, ou engenheiros civis responsáveis pelas Secretarias de Obras de cada cidade.

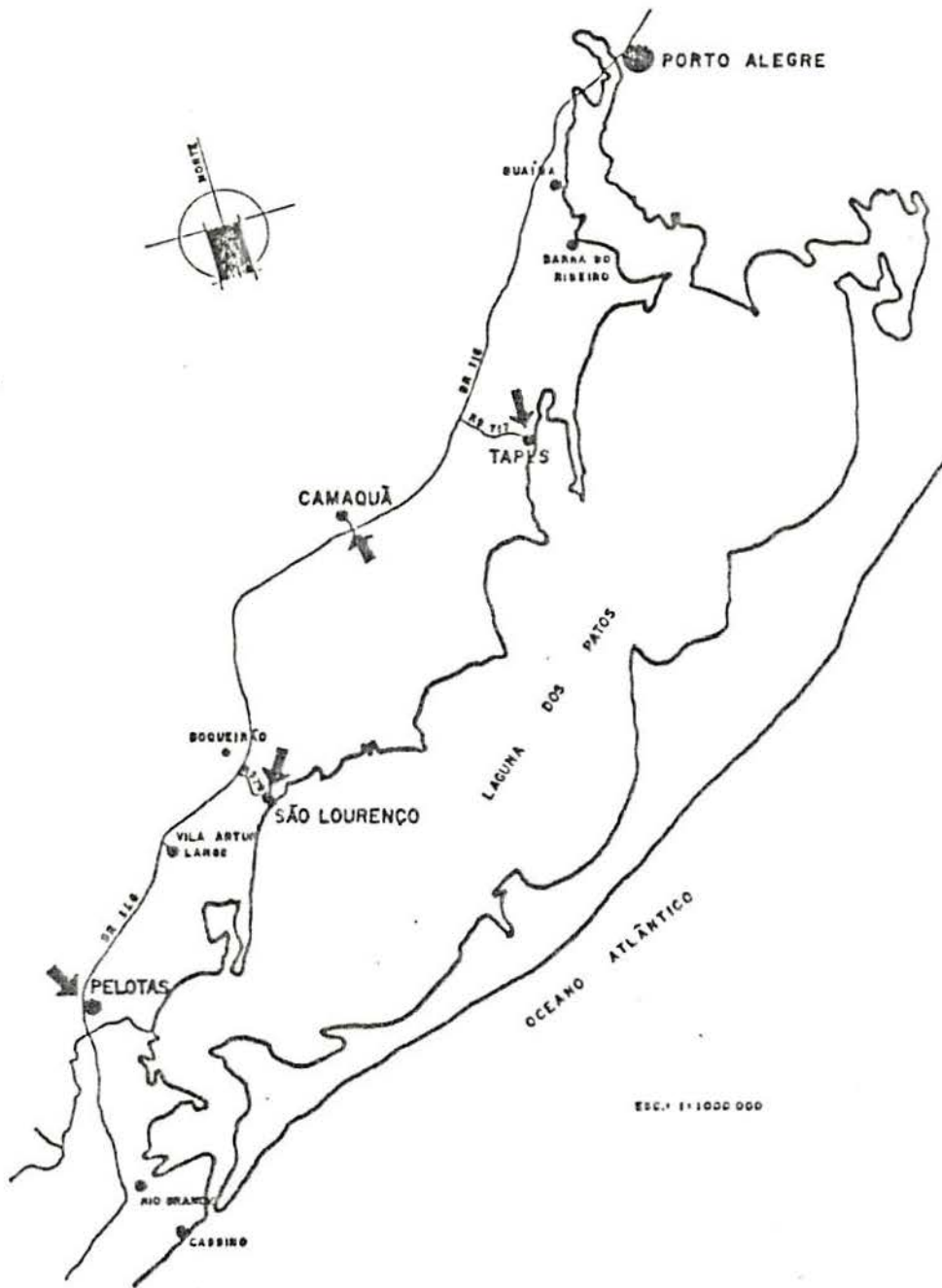
- A facilidade de contatos e obtenção de informações pela autora dos trabalhos desta pesquisa, por ser esta natural da região.

Tapes, Camaquã, São Lourenço e Pelotas, foram as cidades escolhidas para os trabalhos por preencherem as especificações adotadas. (Ver mapa 1, pág. 35)

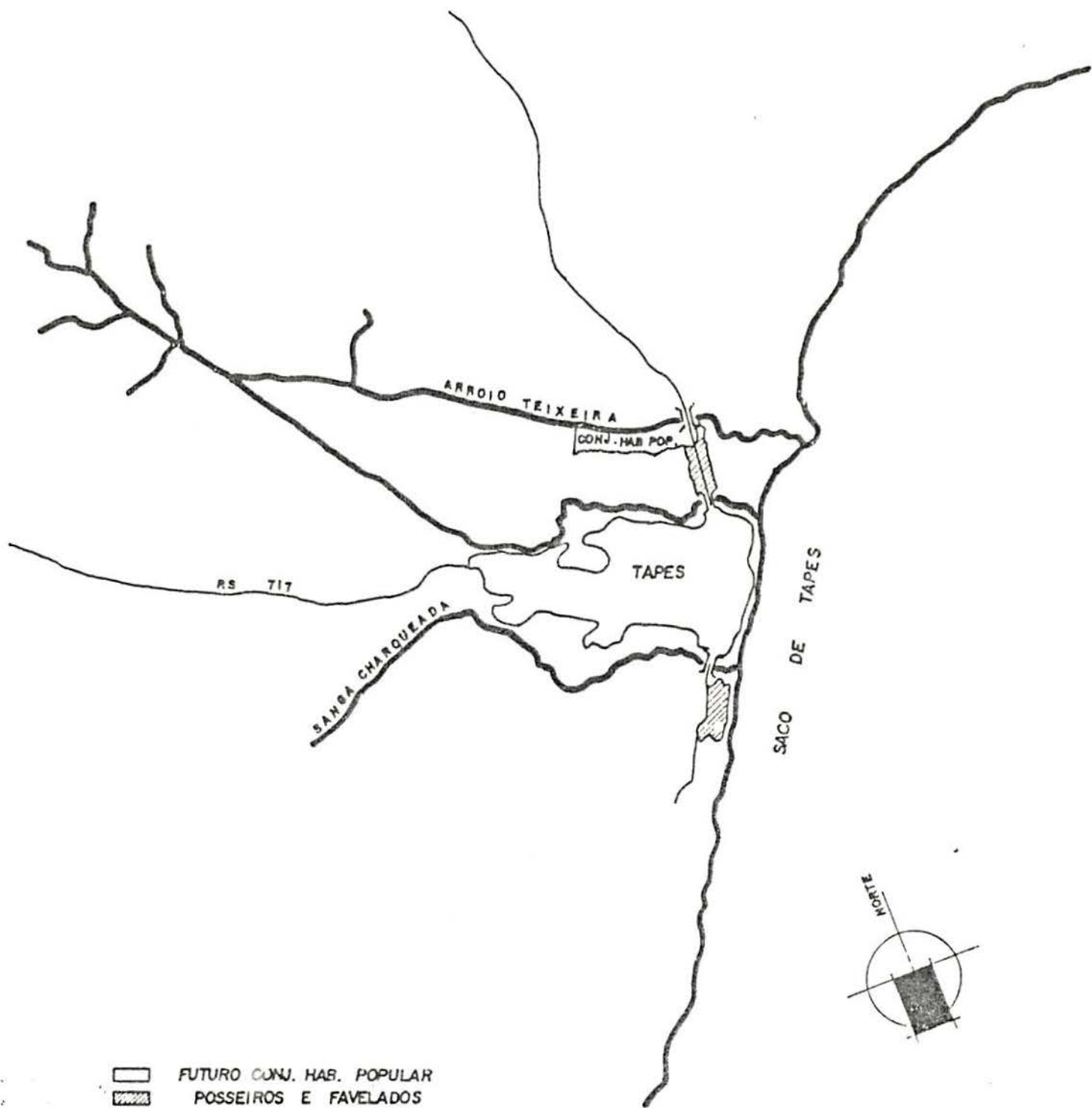
As demais cidades do eixo Porto Alegre-Pelotas não integraram o projeto por serem detentoras de baixa densidade populacional e problemas habitacionais pouco relevantes.

2.2. Planejamento administrativo habitacional popular nas cidades pesquisadas

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa foram feitos contatos com os engenheiros responsáveis pelas Secretarias de Obras nas prefeituras de Tapes, Camaquã, São Lourenço e Pelotas e colhidas informações quanto ao posicionamento de posseiros e favelados e quanto a possibilidade de ampliação, manutenção e criação de loteamentos populares. (Ver mapas 2, 3, 4 e 5 ; pág. 36, 37, 38 e 39). As informações obtidas juntou-se dados do IBGE(10) (censo 1980) e foi elaborada a Tabela 2 (pág 40) que caracteriza as cidades pesquisadas.

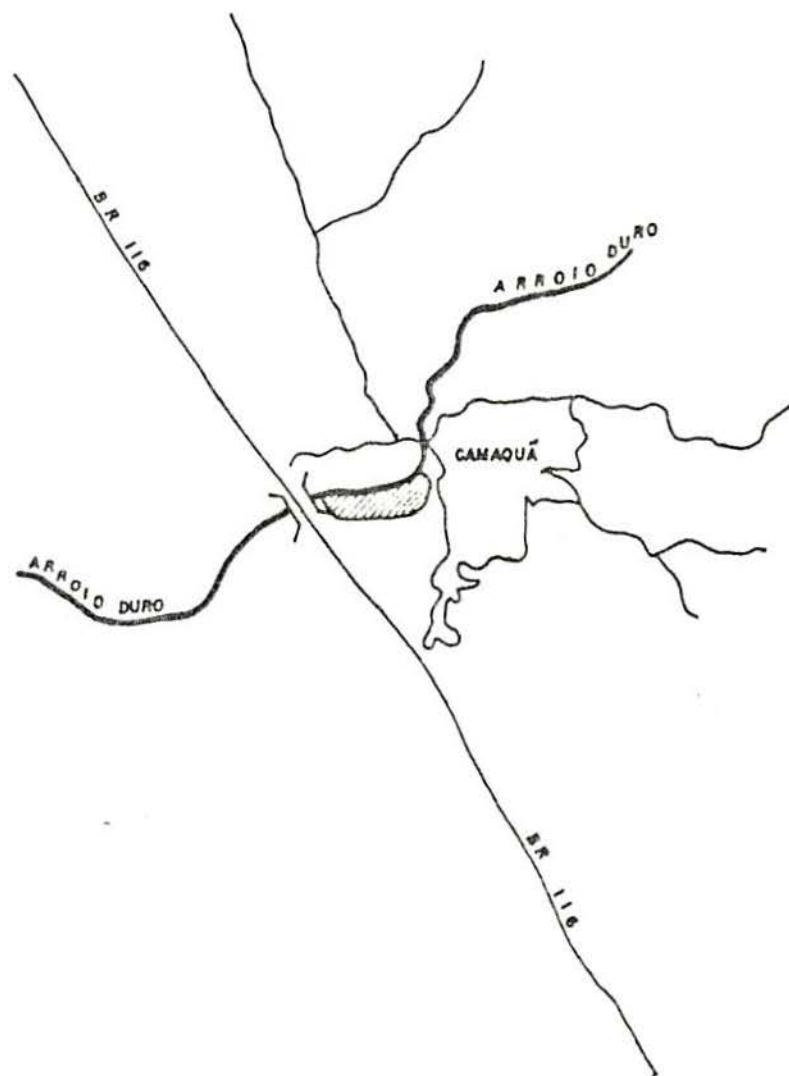
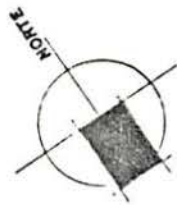


MAPA 1 - CIDADES PESQUISADAS. CÓPIA FEITA A PARTIR DO MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.



MAPA 2 - TAPES - POSSEIROS e FAVELADOS

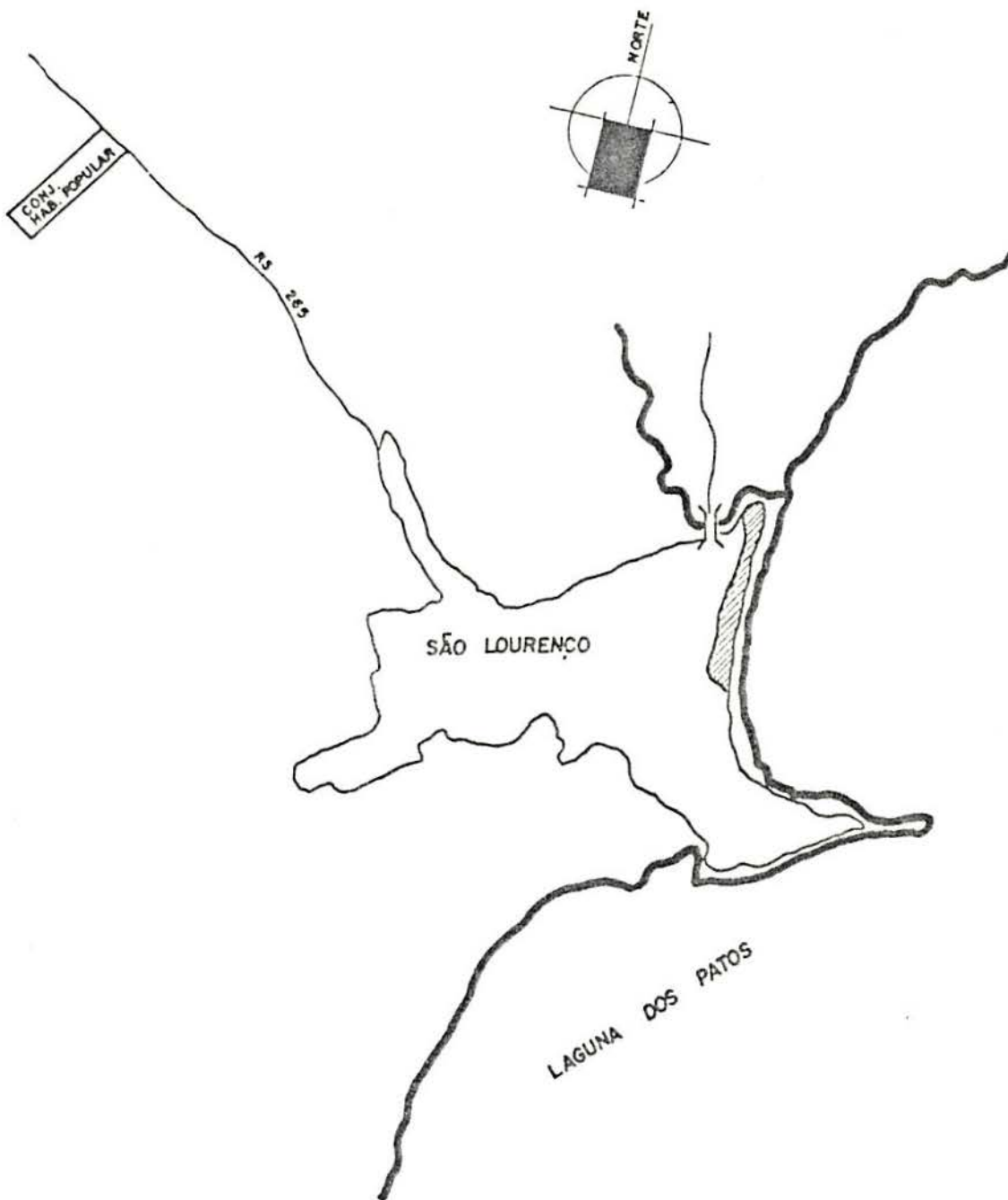
CÓPIA DA CARTA DO MINISTÉRIO DO EXÉRCITO
 DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO
 REGIÃO SUL DO BRASIL. MI 3000/1



▨ POSSEIROS E FAVELADOS CONJ. HAB. POPULAR EXISTENTE
ESCALA = 1: 50.000

MAPA 3 - CAMAQUÃ - POSSEIROS, FAVELADOS e
CONJ. HABITACIONAIS EXISTENTES

ORIGINAL CARTOGRÁFICO, PLANIMÉTRICO COMPILADO DE
CARTAS TOPOGRÁFICAS DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO
EXÉRCITO. MI 2999/1



◻ FUTURO CONJ. HAB. POPULAR
 ▨ POSSEIROS E FAVELADOS
 ESCALA = 1: 50.000

MAPA 4 - SÃO LOURENÇO · POSSEIROS E FAVELADOS

COPIA DA CARTA DO MINISTÉRIO DO EXÉRCITO
 DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO
 REGIÃO SUL DO BRASIL. MI 3012/3



MAPA 5 - PELOTAS - POSSEIROS, FAVELADOS E
CONJ. HABITACIONAIS POPULARES

ORIGINAL CARTOGRÁFICO, PLANIMÉTRICO COMPILADO DE
CARTAS TOPOGRÁFICAS DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO
EXÉRCITO. M1 3020/3

TABELA 2

Características das cidades pesquisadas

CIDADES		TAPES	CAMAQUÃ	SÃO LOURENÇO	PELOTAS
CARACTERÍSTICAS					
Posição Geográfica	Latitude (Sul)	30°50'00"	30°59'00"	31°23'20"	31°45'43"
	Longitude (Norte)	51°35'00"	52°02'24"	52°04'51"	52°21'00"
Distância Capital (POA)		90 km	123 km	190 km	256 km
Área de cada município (km ²)		1.404	2.806	2.306	2.220
População	Urbana	8.876	32.888	14.076	205.009
	Rural	14.851	24.511	27.489	55.181
	Total	23.727	57.399	41.565	260.190
Posseiros e favelados		Mapa 2	Mapa 3	Mapa 4	Mapa 5
População baixa renda (1 a 3 salários mínimos)	Nº habitantes	8.918	20.290	13.513	102.137
	Porcentagem	37	35	33	39
Conj. hab. popular para população de baixa renda		Mapa 2	Mapa 3	Mapa 4	Mapa 5
Nº moradias por conj.hab. popular		100	± 250	300	-
Economia característica		Agricultura Pecuária	Agricultura Pecuária	Agricultura Pecuária	Agricultura Pecuária Ind.Aliment. Ind.Const. Civil
Construções típicas		1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Observações		<p>As informações constantes nesta Tabela foram obtidas junto as Secretarias de Obras das cidades pesquisadas e o IBGE (Censo, 1980).</p> <p>Const.Típicas: 1) Alv.tijolos cerâmicos maciços. 2) Alv.tijolos cerâmicos furados. 3) Madeira. 4) Blocos de concreto.</p>			

2.3 - Topografia, Geologia e Pedologia. Noções para embasamento do mapeamento preliminar das jazidas.

Para o estudo preliminar de escritório foi feita adequação da metodologia proposta por Cruz;1988, foram usados como ferramenta de identificação das possíveis jazidas conceitos básicos de topografia, geologia e pedologia. Estes conceitos encontram-se simplificados nos parágrafos à seguir.

2.3.1. - Noções topográficas.

Nos mapas topográficos, copiados das cartas geográficas do serviço do exercito, de posse das Secretarias de Obras das respectivas cidades, foram analisadas as curvas de níveis e verificado, através de cotas, os locais cujo solo pudesse ser utilizado. Foi tomado como referência inicial o eixo central da rodovia mais próxima e buscado cotas superiores à este. Em geral, o eixo central de uma rodovia representa o nível superior da linha de água em casos extremos, como por exemplo enchentes.

Conhecidas as cotas e definidos os locais para análise dos solos, foram calculadas as cubagens destes locais para verificar se a exploração não acarretaria em danos a paisagem característica.

Para suprir as necessidades de um grande número de habitações é necessário grande volume de solo. Por isto locais de cotas baixas devem ser evitados pois sua ex-

ploração originaria bacias, depressões , zonas alagadiças inadequadas para futuros loteamentos.

2.3.2.- Noções geológicas e pedológicas.

O solo, segundo a geologia e a pedologia, é definido como o resultado da destruição das rochas, pela ação dos agentes do intemperismo físico-químico e posterior transporte, deposição e evolução deste material. A pedologia, especificamente, trata da fase evolutiva do material decomposto.

Dokuchaev, geólogo russo, em 1887, introduzindo conceitos sobre os agentes formadores do solo, definiu serem estes formados pela ação do clima, topografia (relevo), idade, material de origem e biosfera (ação animal e vegetal).

Nesta pesquisa a metodologia aplicada enfatiza como agentes formadores do solo, o clima, o relevo e o material de origem, e estes foram por isto alvo de maior estudo e especificação.

Clima.

O clima é o fator de maior responsabilidade na formação do solo, através da ação da chuva, temperatura e vento. (Vieira, 1975)

As águas da chuva provocam erosões, dissoluções e

transformações químicas (oxidação, carbonatação,...) que culminam na evolução do solo e formação de seu perfil. O perfil de um solo é composto por camadas diversas, que diferem na cor, consistência, textura, estrutura, etc. Estas camadas são denominadas de horizontes.

Os horizontes são, segundo a pedologia, definidos em A, B e C e são facilmente identificados nos solos maduros e melhor drenados.

A cor normalmente caracteriza o material que predomina no horizonte. Quando há alto teor de matéria orgânica o solo apresenta tonalidade escura, quando há alto teor de ferro a tonalidade é avermelhada e quando há alto teor de sílica a tonalidade é clara.

A natureza e o número de horizontes variam grandemente nas diferentes unidades de solo. Por isso, com a finalidade de apresentar todos os horizontes que possam ocorrer em um perfil adotou-se o perfil hipotético de Vieira;1975 (Ver figura 8,pág. 46). Este perfil, na realidade tem a finalidade de demonstrar simplificada mente os horizontes que podem ocorrer em um corte vertical que vai da superfície a rocha inalterada, e suas características básicas.

A argila parte ativa do solo é responsável pela coesão e resistência inicial, que facilita a desmoldagem e o manuseio dos elementos finais (tijolos maciços, blocos, paredes monolíticas, etc.). Ela resulta da decomposição

hidrolítica da molécula dos silicatos, minerais frequentes nas rochas.

O clima, através das precipitações, chuvas, é o responsável pela drenagem no solo, ocasionando maior ou menor percentual de sílica. As argilas, em função desta variação do percentual de sílica, se dividem em:

- Montmorilonitas, maior concentração de sílica.
- Caulinitas.
- Ilitas.

Os solos portadores de argila do tipo montmorilonita, pelo seu alto teor de sílica não hidratada, são desaconselháveis para o uso como solo-cimento. A sílica existente, neste tipo de argila, absorve a água da mistura necessária a hidratação do cimento, expandindo-se. Este aumento de volume do solo origina retração intensa durante a cura e elevado índice de fissuras.

Também a resistência a compressão simples da mistura nestes casos é menor pois o cimento se hidrata totalmente, originando pega parcial.

Relevo.

Segundo Dokuchaev, o relevo é o fator responsável pelo amadurecimento do perfil do solo, pela absorção e retenção de água, pela remoção de partículas, pela erosão e movimento de materiais em suspensão e definidor da cor, textura e diferenciação dos horizontes. (Vieira;1975)

Os solos apresentam seu relevo sob forma de ondulação acentuada , ondulação moderada e plano, como mostram os perfis simplificados nas figuras 9, 10 e 11, pág. 47. (Cruz,1987)

Os solos de ondulação acentuada caracterizam-se por intenso processo de erosão e remoção de material. A movimentação de água é constante o que ocasiona menor infiltração impedindo adequada drenagem do solo. Os perfis resultantes são poucos amadurecidos e de pequena espessura. (Ver figura 9, pág. 47).

Os solos de ondulação moderada caracterizam-se por baixo processo de erosão e remoção de material. A movimentação de água é menos intensa o que permite maior infiltração e melhor drenagem. Os perfis deste tipo de solo são mais maduros e seus horizontes mais espessos. (Ver figura 10, pág. 47).

Os solos planos caracterizam-se por mínima erosão o que permite adequada drenagem do solo. Os perfis deste tipo de solo são os mais maduros e seus horizontes bem espessos. (Ver figura 11, pág. 47).

Material de origem.

E o responsável pela composição mineralógica dos solos. Atuante na caracterização da estrutura, resistência , textura, consistência e perfil dos solos. Tem influência

direta na cor das camadas de um perfil de solo.

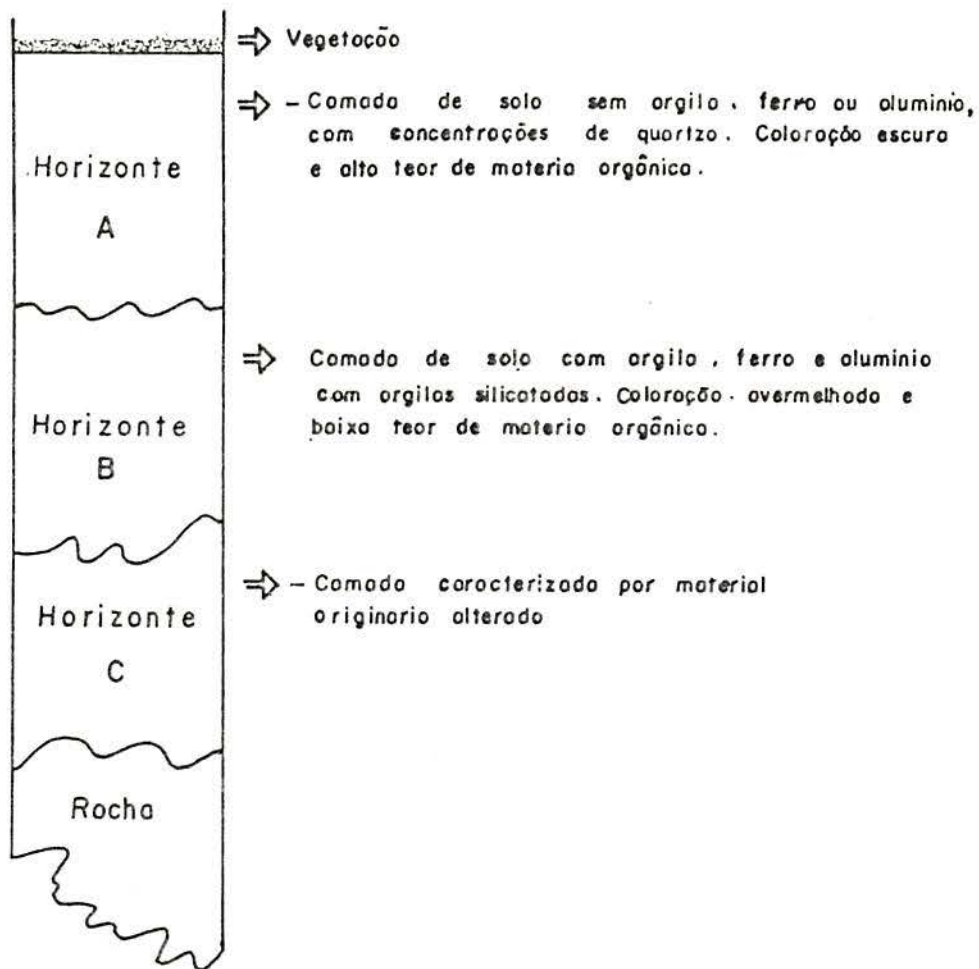


FIG. 8 - SIMPLIFICAÇÃO DO PERFIL HIPOTÉTICO DE VIEIRA ; 1975



FIG. 9 - RELEVO COM ONDULAÇÃO ACENTUADA (CRUZ; 1987)

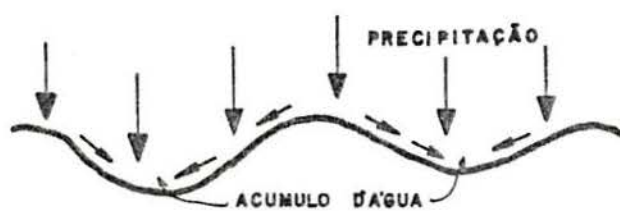


FIG. 10 - RELEVO COM ONDULAÇÃO MODERADA (CRUZ; 1987)

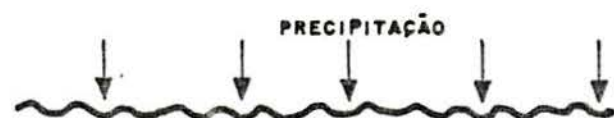


FIG. 11 - RELEVO PLANO (CRUZ; 1987)

III - MAPEAMENTO E ENSAIOS LABORATORIAIS.

3.1. TRABALHO PRELIMINAR DE ESCRITORIO.

Com as cartas geológicas e pedológicas, o Boletim Técnico nº 30 da ABCP(2), o Levantamento do Reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul e o Manual Geológico do estado do Rio Grande do Sul, foi composta a Tabela 3, para caracterizar os solos das cidades de Tapes, Camaquã, São Lourenço e Pelotas e definir preliminarmente os locais das possíveis jazidas.

TABELA 3
Características Geológicas e Pedológicas
dos solos.

Cidades Caract.	Tapes	Camaquã	S. Lourenço	Pelotas
Unidade de mapeamento geológico	Qc Tg	Pec Tg	Tg Qc	Tg Qr
Unidade de mapeamento pedológico	Ump Umc/CA1	- Umc/CA1	Ump Umc/CA1	Ump Umc/CA2

onde:

Qc - Formação Chuí.

Qr - Aluviões.

Pec - Grupo Cambai.

Tg - Formação Graxaim.

Umc - Unidade de Mapeamento Camaquã.

Ump - Unidade de Mapeamento Pelotas.

CA1 - Podzólico vermelho amarelo, textura argilosa, rele-

vo ondulado.

CA2 - Podzólico vermelho amarelo, textura argilosa, relevo fortemente ondulado.

3.1.1. Características geológicas. (Levantamento Geológico do estado do RGSul)

Qc - Formação Chuí.

Areias amarelas bem selecionadas, as vezes laminadas, de origem praial. Depósitos arenosos representando uma deposição costeira. Areias finas a médias, bem selecionadas, maciças, de coloração amarelada, ocasionalmente marrom claro e escuro.

Qr - Aluviões.

Sedimentos atuais e sub-atuais depositados em planícies de inundação e barras; cascalhos, areias e argilas.

Pec - Grupo Cambaí.

Migmatitos e granitos associados. Rochas mais antigas do embasamento cristalino.

Tg - Formação Graxaim.

Conglomerados, arenitos e lamitos de origem coluvial leques aluviais e planícies de inundação.

3.1.2. Características pedológicas, (Levantamento de Reconhecimento dos solos do RGSul; 1973)

Ump - Unidade de Mapeamento Pelotas.

Solos com horizonte B textural e argila de atividade alta. Não hidromórfico. Relevo plano ou suavemente ondulado. Solo derivado de sedimentos recentes do granito.

Classificação: Planosol(Pt), textura argilosa.

Horizontes característicos:

- A - Cor cinzenta escura, franco arenoso.
- B textural - Cor cinzenta. Acentuado teor de argila. Lençol freático oscilante. Concentrações de ferro. Camada de solo impermeável.
- C - Arenoso ou argilo-arenoso. Cor acinzentada.

Umc - Unidade de Mapeamento Camaquã.

Solos com horizonte B textural e argila de atividade baixa. Não hidromórfico. Relevo ondulado e fortemente ondulado. Solo desenvolvido a partir de granito.

Classificação:

- Podzólico vermelho amarelo (CA1), textura argilosa. Relevo ondulado.
- Podzólico vermelho amarelo (CA2), textura argilosa. Relevo fortemente ondulado.

Horizontes característicos:

- A - Cor bruno a bruno escuro. Textura fraca a franco arenoso.
- B - Cor bruno avermelhado e franco argiloso.
- C - Fundo vermelho. Espesso. Granito decomposto.

3.2. Mapeamento preliminar. Visita aos locais.

A escolha dos locais das possíveis jazidas partiu da análise das informações administrativas de cada uma das Secretarias de Obras das respectivas prefeituras das cidades envolvidas, dos dados obtidos quanto as características topográficas, geológicas e pedológicas dos solos da região entorno, da identificação das áreas de ação e, ou domínio público (lotes de prefeituras ou explorados por esta) e da possibilidade de fácil acesso através de estradas ou rodovias que minimizassem o problema de transporte do solo quando a jazida não fosse no próprio local da construção.

O mapeamento preliminar das jazidas de solo de cada cidade encontra-se especificado nos mapas de nº 6 à 9 (pág. 54 , 55 , 56 e 57) com identificação individual através de nome indicativo do local de origem.

O resultado desta análise de dados culminou com a elaboração da Tabela 4 (pág. 58) que identifica cada uma das

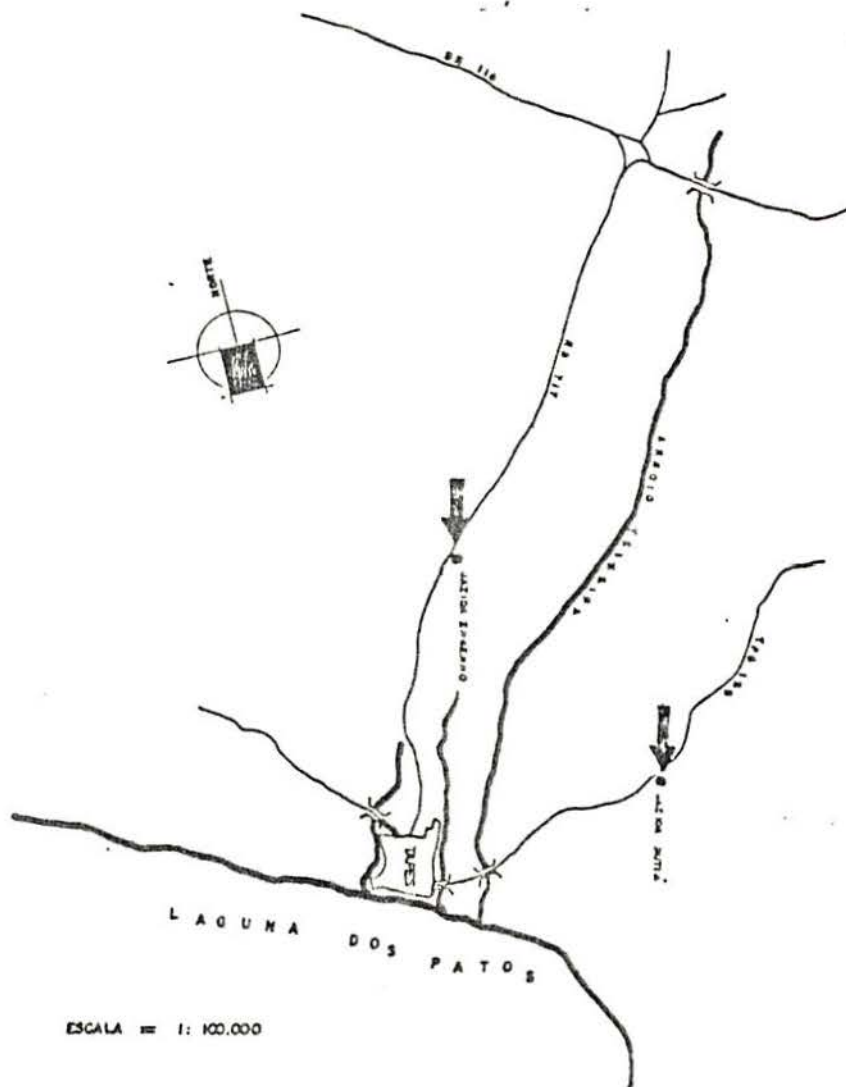
jazidas de solo segundo sua localização, dimensões e características topográficas, pedológicas e geológicas.

As jazidas preliminarmente identificadas e caracterizadas foram visitadas para confirmação visual da área de cubagem e do perfil dos solos. A posição preliminar das jazidas foi confirmada .

O horizonte adotado para ser explorado foi o B, pois este se encontra acima do eixo de referência adotado (eixo central da rodovia mais próxima).

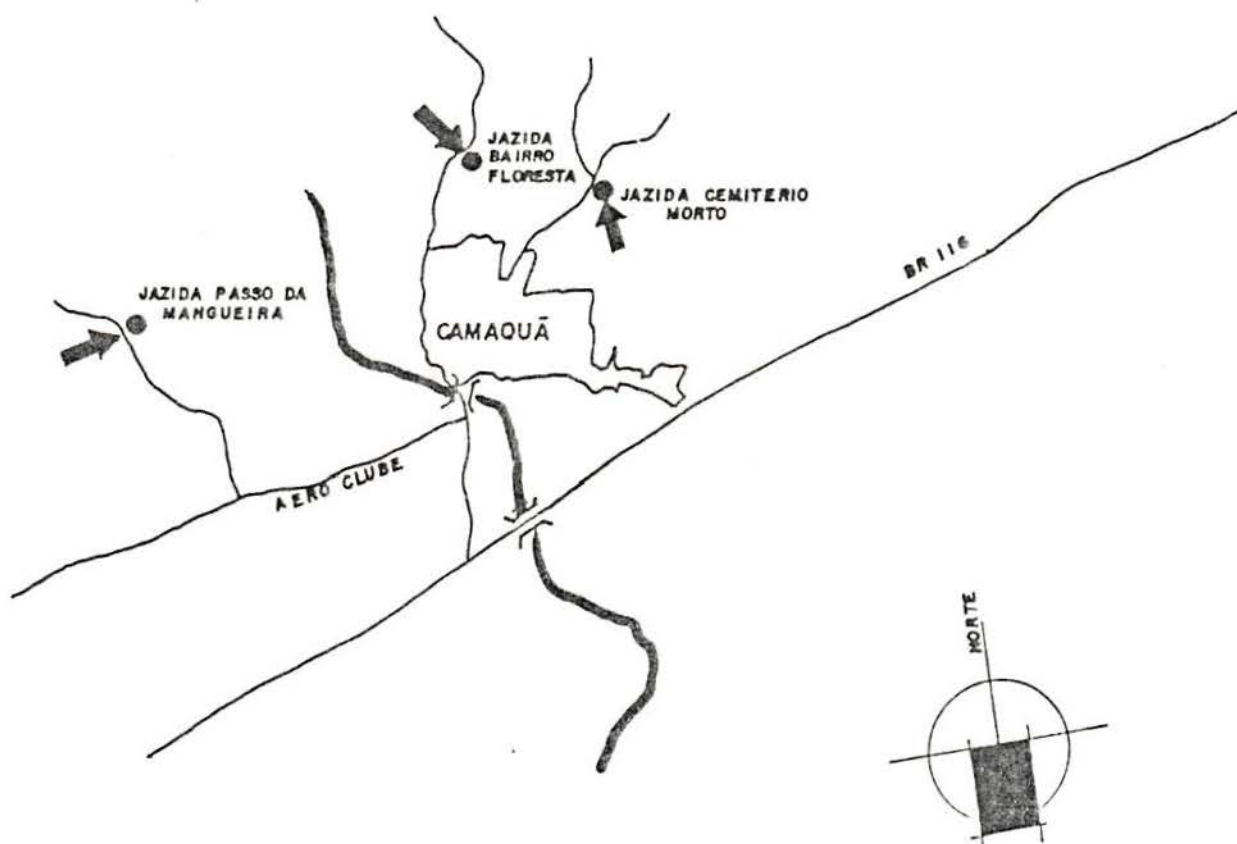
O horizonte A, caracterizado por elevado teor de matéria orgânica é inadequado para estabilização com cimento.

O horizonte C não pode também ser explorado por encontrar-se abaixo do nível de referência adotado. Seu emprego provocaria escavações e formação de bacias que prejudicariam o emprego futuro desta área.



MAPA 6 - TAPES - JAZIDAS BUTIA' E ENGENHO

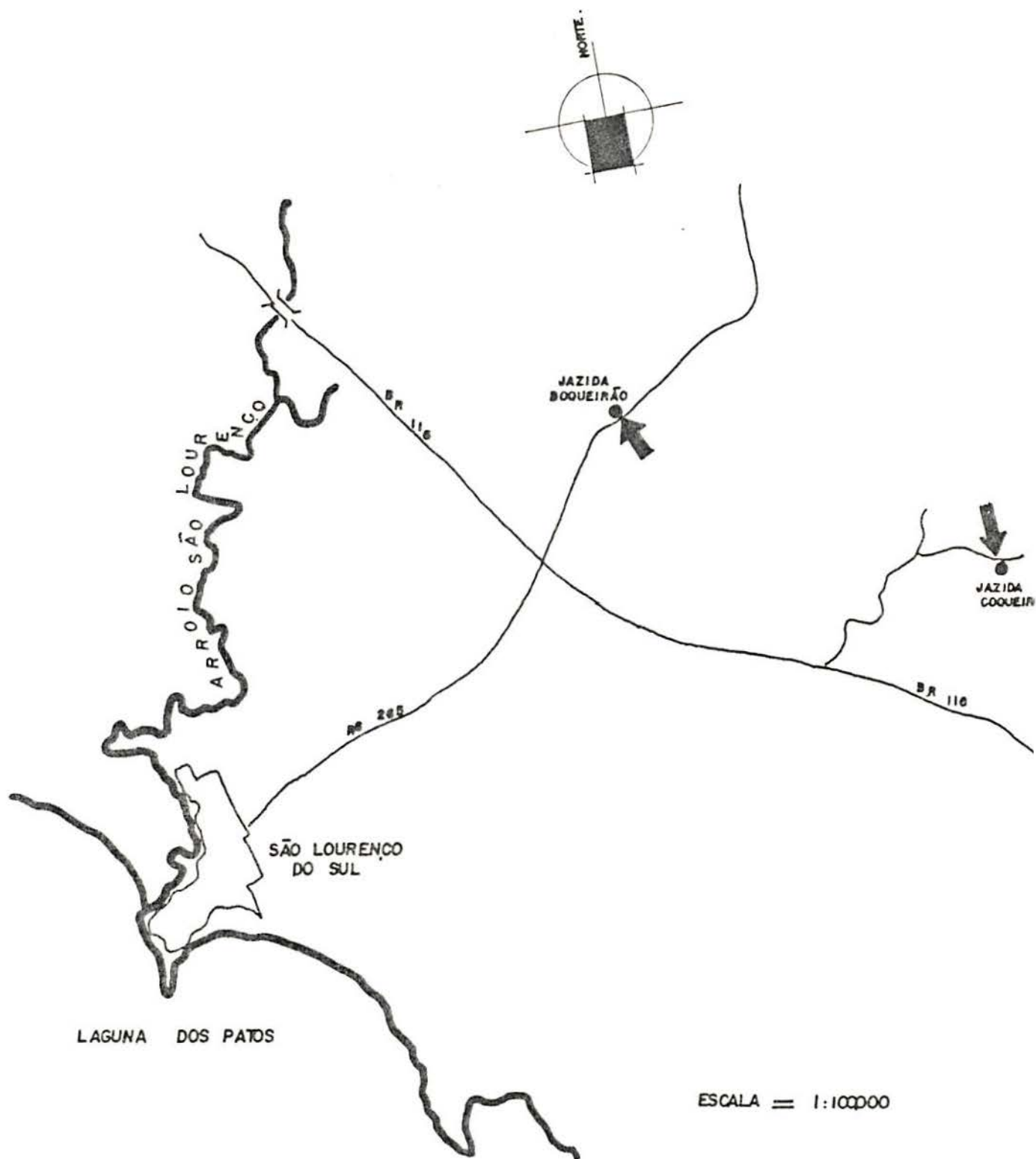
ORIGINAL CARTOGRÁFICO, PLANIMÉTRICO COMPILADO DE
 CARTAS TOPOGRÁFICAS DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO
 EXÉRCITO. MI 3000/1 E MI 2999/2



ESCALA = 1:100.000

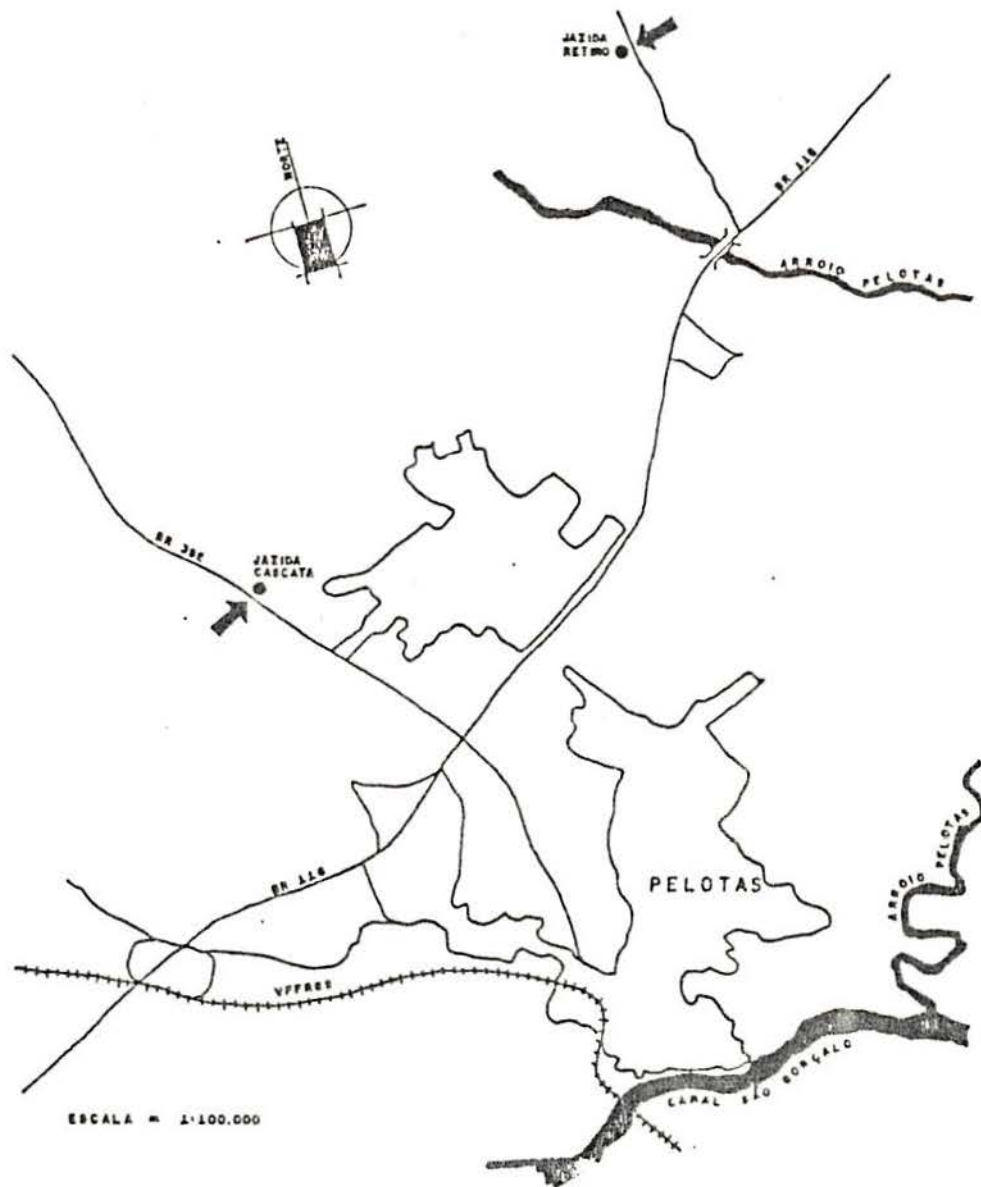
M A P A 7 - C A M A Q U Ã - J A Z I D A S B A I R R O F L O R E S T A ,
C E M I T É R I O N O V O E P A S S O D A M A N G U E I R A

O R I G I N A L C A R T O G R Á F I C O , P L A N I M É T R I C O C O M P I L A D O D E
C A R T A S T O P O G R Á F I C A S D O S E R V I Ç O G E O G R Á F I C O D O
E X E R C I T O . M I 2 9 9 9 / 1



MAPA 8 - SÃO LOURENÇO - JAZIDAS COQUEIRO E BOQUEIRÃO

ORIGINAL CARTOGRÁFICO, PLANIMÉTRICO COMPILADO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO.



MAPA 9 - PELOTAS - JAZIDAS CASCATA E RETIRO

ORIGINAL CARTOGRÁFICO, PLANIMÉTRICO COMPILADO DE
 CARTAS TOPOGRÁFICAS DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO
 EXÉRCITO. MZ 3020/1 E MZ 3020/3

TABELA 4
Jazidas Pesquisadas

CIDADES	TAPES		CAMAQUÃ			SÃO LOURENÇO		PELOTAS	
JAZIDAS	BUTIA	ENGENHO	BAI PRO FLORESTA	CEMITÉRIO NOVO	PASSO DA MANGUEIRA	BOQUEIRÃO	COQUEIRO	CASCATA	RETIRO
LOCALIZAÇÃO	-Região de mesmo nome -4Km Arroio Teixeira	-Próximo de um engenho, RS 717 -6Km Tapes	-Região de mesmo nome -5Km do futuro loteamento popular	-Região de implantação do novo cemitério de Camaquã -4Km do futuro loteamento popular	-Região de mesmo nome -6Km camaquã próximo ao aeroclube -Próximo ao aeroclube	-Região de mesmo nome -3 Km BR116	-Região de mesmo nome -16Km futuro conjunto hab. popular	-Região de mesmo nome -5Km BR 116	-Região de mesmo nome -4Km BR116
PROPRIEDADE	-Área explorada pela prefeitura	-Propriedade particular*	-Área pertencente a prefeitura	-Área explorada pela prefeitura	-Zona de praça feita	-Propriedade particular*	-Área explorada pela prefeitura	-Área explorada pela EMBRAPA	-Propriedade particular
AVALIAÇÃO DA CUBAGEM (M ³)	14.000	3.000	7.000	20.000	10.000	8.000	120.000	4.000	8.000
CART PEDOLÓGICAS E GEOLÓGICAS DO SOLO	- Horizonte B - Planosolo + CA ₁ - Origem granítica		- Horizonte B - CA ₁ - Origem granítica			- Horiz. B - Horiz. BC - Planosolo + CA ₁ - Origem granítica		- Horizonte B - Planosol + CA ₂ - Origem Granítica	
Nº DE MORADIAS A SEREM CONSTRUÍDAS	100		250			300		Sem previsão de novos conj. Habit. em 1988/89	
VOLUME DE SOLO COMPACTADO NECESS. PARA CONST. DO Nº DE MORADIAS (M ³)	2200**		5750**			6900**		Exploração e uso do solo com o fim de manutenção dos conjuntos habitacionais existentes.	
OBSERVAÇÕES	<p>* Propriedade particular com possibilidade de exploração pela Prefeitura. CA₁ - Solo podzólico vermelho amarelo, relevo ondulado. CA₂ - Solo podzólico vermelho amarelo relevo fortemente ondulado. Horizonte B - Solo com argila, ferro e alumínio. Coloração avermelhada e baixo teor de matéria orgânica. ** Para o cálculo do volume de solo compactado necessário para construção das moradias considerou-se ser necessário por edificação 23 m³ de solo compactado.</p>								

3.3. Ensaaios laboratoriais. Resultados.

A análise laboratorial das amostras de solo das jazidas de cada cidade, ocorreu com o apoio das respectivas prefeituras no que se refere a coleta de material e ao transporte deste para a capital do Estado, Porto Alegre, sede desta pesquisa. A coleta de material foi feita pelos funcionários das respectivas Secretarias de Obras, nos locais previamente fixados, durante a visita.

A distância entre as cidades pesquisadas com a sede dos trabalhos, deve ser considerada na definição do método de análise do solo a ser usado. O emprego de um método qualitativo simples que pudesse ser aplicado no local, como por exemplo o uso de ensaios expeditos do tipo caixa, cordão, bolo e resistência seca, explicitos no capítulo I, item 1.2.2., seria o indicado, mas como fogem ao caráter técnico desta pesquisa optou-se por um método qualitativo baseado em ensaios laboratoriais, que leva a resultados com menor margem de erro.

Também a distância entre as cidades pesquisadas dificultou o transporte das amostras de solo, ocasionando pequena disponibilidade de material para análise. A moldagem de grande número de corpos de prova não foi possível, dificultando o trabalho sobre o aspecto estatístico. Foram moldados somente 9 (nove) corpos de prova para cada tipo de solo.

Cabe salientar que os parâmetros normativos empre -

gados referentes aos percentuais de areia e argila e aos ensaios para determinação da umidade ótima de moldagem, resistência a compressão simples e absorção de água dos elementos finais, foram os indicados pela ABCP(2) sem questionamento dos mesmos. Buscou-se apenas estudar se os solos das cidades envolvidas são estabilizáveis com cimento e propiciar a ampliação do conhecimento e divulgação da técnica do solo-cimento no interior do estado.

Os ensaios de laboratório, realizados nas amostras de solo foram em duas etapas. A primeira etapa caracterizou o solo sob seu aspecto de granulometria, plasticidade e mineralogia. A segunda etapa analisou características de teor de cimento, umidade ótima de moldagem, resistência a compressão simples e absorção de água da mistura solo-cimento.

3.3.1. Caracterização do solo.

Na mistura solo-cimento o solo é o elemento de maior proporção, definidor do traço, da resistência e permeabilidade dos elementos finais, sejam tijolos maciços, blocos, paredes monolíticas, fundações, etc. Por isto estudos das características de granulometria, plasticidade e mineralogia dos solos foram feitos.

3.3.1.1. Granulometria do solo.

O ensaio de granulometria foi executado segundo a NBR 7181. Neste buscou-se resultados comparativos aos parâmetros indicados pela ABCP(2), ou sejam, para a areia teores maiores que 45% e menores que 90% e para a argila quantidade inferior ou igual a 20%.

Foram analisados os solos das 9 (nove) jazidas (Tapes, Butia, Boqueirão, Coqueiro, Bairro Floresta, Cemitério Novo, Passo da Mangueira, Cascata e Retiro) e concluído serem estes em sua maioria argilosos, caracterizando estabilização de traços ricos em cimento.

A Tabela 5 (pág. 65) contém os resultados da análise granulométrica do solo de cada jazida . Nesta podemos observar que das 9 (nove) amostras ensaiadas, 7 (sete) possuem teor de argila superior a 20%. Este fato afeta a estabilização econômica com cimento.

A solução à ser adotada para esta problemática, seria a mistura destes solos com areia, modificando suas características granulométricas. Esta hipótese não foi trabalhada com todos os solos por que as jazidas de areia cabíveis de uso encontram-se , a maioria, muito afastadas das jazidas de solo pesquisadas e dos locais de loteamentos populares. A perspectiva de vinda de areia de outros locais acarretaria em despesas incompatíveis as condições econômicas das prefeituras das cidades envolvidas e criaria dificuldades ao processo construtivo.

As jazidas Butia e Engenho da cidade de Tapes, foram as únicas que a mistura com areia foi possível, devido a localização da jazida de areia ao lado do local de construção do futuro loteamento popular, as margens do Arroio Teixeira. (Ver mapa 2, pág. 36)

A composição da mistura foi segundo as normas para pavimentação, publicadas no livro "Pavimentação, Tomo II" (Nogueira, 1976).

Empregou-se o método analítico, caso de dois materiais, que resultou em um solo com as seguintes proporções:

Jazida Butia *	{	25% areia arroio Teixeira
		75% solo natural jazida Butia
Jazida Engenho *	{	30% areia arroio Teixeira
		70% solo natural jazida Engenho

A apresentação gráfica dos resultados representativos dos percentuais característicos de cada uma das jazidas de solo encontra-se nas curvas granulométricas nas figuras de 12 à 15, pág. 66, 67, 68 e 69.

3.3.1.2 Limites de Consistência.

Para caracterizar a trabalhabilidade dos solos das jazidas pesquisadas foram realizados ensaios de limites de Consistência, ensaio de Liquidez e ensaio de Plasticidade, regidos pelas normas brasileiras e adotados pela ABCP(2). O ensaio de limite de Liquidez foi segundo a NBR 6459 e o limite de Plasticidade segundo a NBR 7180.

A ABCP(2) adota como valores limites, para os limites de Liquidez e Plasticidade dos solos, os seguintes percentuais:

- Limite de Liquidez : 45%
- Índice de Plasticidade : 18%

A Tabela 5 (pág. 65), contém os resultados dos ensaios de limites de consistência realizados nas 9 (nove) jazidas de solo. Nesta observa-se que as jazidas Cascata (Pelotas), Bairro Floresta, Cemitério Novo e Passo da Mangueira (Camaquã) possuem limite de Liquidez superior a 45% e que as jazidas Boqueirão (São Lourenço) e Cascata (Pelotas) possuem índice de Plasticidade superior a 18%. Estes resultados de alta plasticidade, provêm da característica argilosa destes solos, já identificada no ensaio de granulometria e indicam emprego de elevado teor de cimento para estabilização.

3.3.1.3. Análise mineralógica.

Com a finalidade de melhor caracterizar os solos analisados fez-se um estudo mineralógico, difração de raio X da argila, para identificar o tipo de argila que compõe estas amostras.

A eventual presença de argila do tipo montmorilota mesmo em pequenos teores, prejudica a estabilização máxima dos solos. O elevado teor de sílica não hidratada que este tipo de argila contém quando em contato com a água da mistura, solo-cimento, absorve esta se expandindo e causando retração acentuada durante a cura.

O resultado dos ensaios de mineralogia feitos caracterizaram a maioria das amostras de solo com argila do tipo caulinita. (Ver Tabela 6, pág. 70)

As jazidas da cidade de Tapas caracterizam-se pela presença de argilas do tipo caulinita e vermiculita.

As jazidas da cidade de Camaquã caracterizam-se por argila do tipo caulinita ocorrendo apenas na jazida Cemiterio Novo presença de argila do tipo vermiculita.

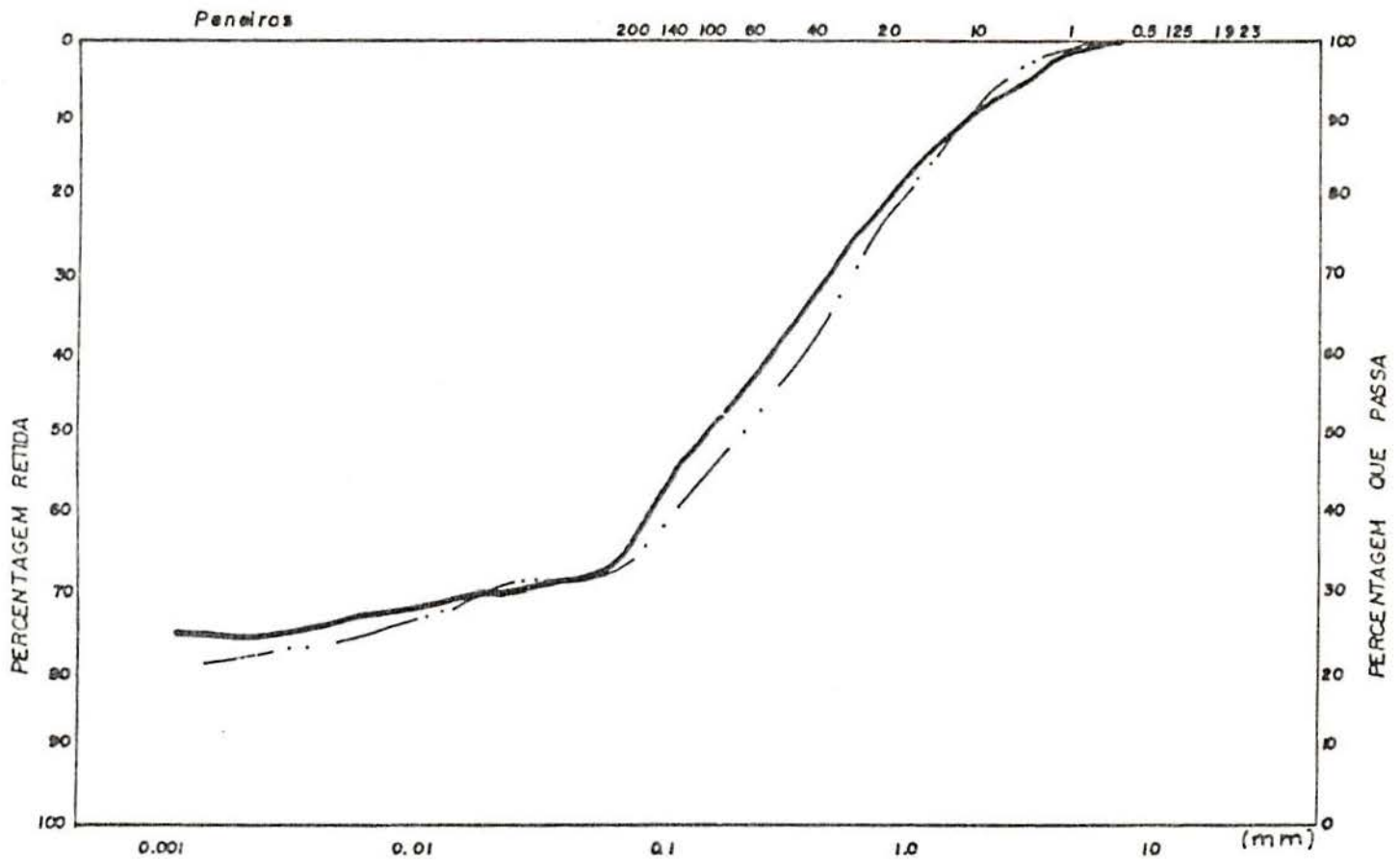
As jazidas da cidade de São Lourenço caracterizam-se por argila do tipo caulinita.

As jazidas da cidade de Pelotas apresentam argila do tipo caulinita, com acréscimo de vermiculita na jazida Cascata e montmorilonita na jazida Retiro.

TABELA 5

Análise Granulométrica e Limites de Consistência

CIDADE		TAPES		CAMAQUÃ			SÃO LOURENÇO		PELOTAS		ABCP	
JAZIDAS		BUTIA*	ENGENHO*	BAIRRO ELGRETA	CEMITÉRIO NOVO	PASSO DA MANGUEIRA	BOQUEIRÃO	COQUEIRO	CASCATA	RETIRO		
Pedregulho (%)		1	2	0	1	1	1	5	1	3	45% ≤ areia + Pedreg. 90% ✓	
Análise granulométrica (NBR 7181)	Areia %	Fina	32	29	10	31	16	31	17	18		31
		Média	23	30	23	6	32	6	31	8		17
		Grossa	8	7	1	1	1	1	26	2		4
∑ Pedreg. + areia (%)		64	67	34	39	50	39	79	29	55	10% ≤ finos ✓	
Silte (%)		11	12	15	22	45	22	15	17	18		
Argila (%)		25	21	48	39	5	39	6	54	27		
∑ Finos (%)		36	33	66	61	50	61	21	71	45		
Limites de consistência (%)	Liquidez (NBR 6459)		34	37	57	42	54	42	37	56	40	≤ 45%
	Plasticidade (NBR 7180)		23	26	40	18	43	18	23	29	26	
	Ind. Plasticidade		11	11	17	24	11	24	14	27	14	≤ 18%
OBSERVAÇÕES		*Jazida Composta: Mistura de solo natural da jazida com areia do Arroio Teixeira.										



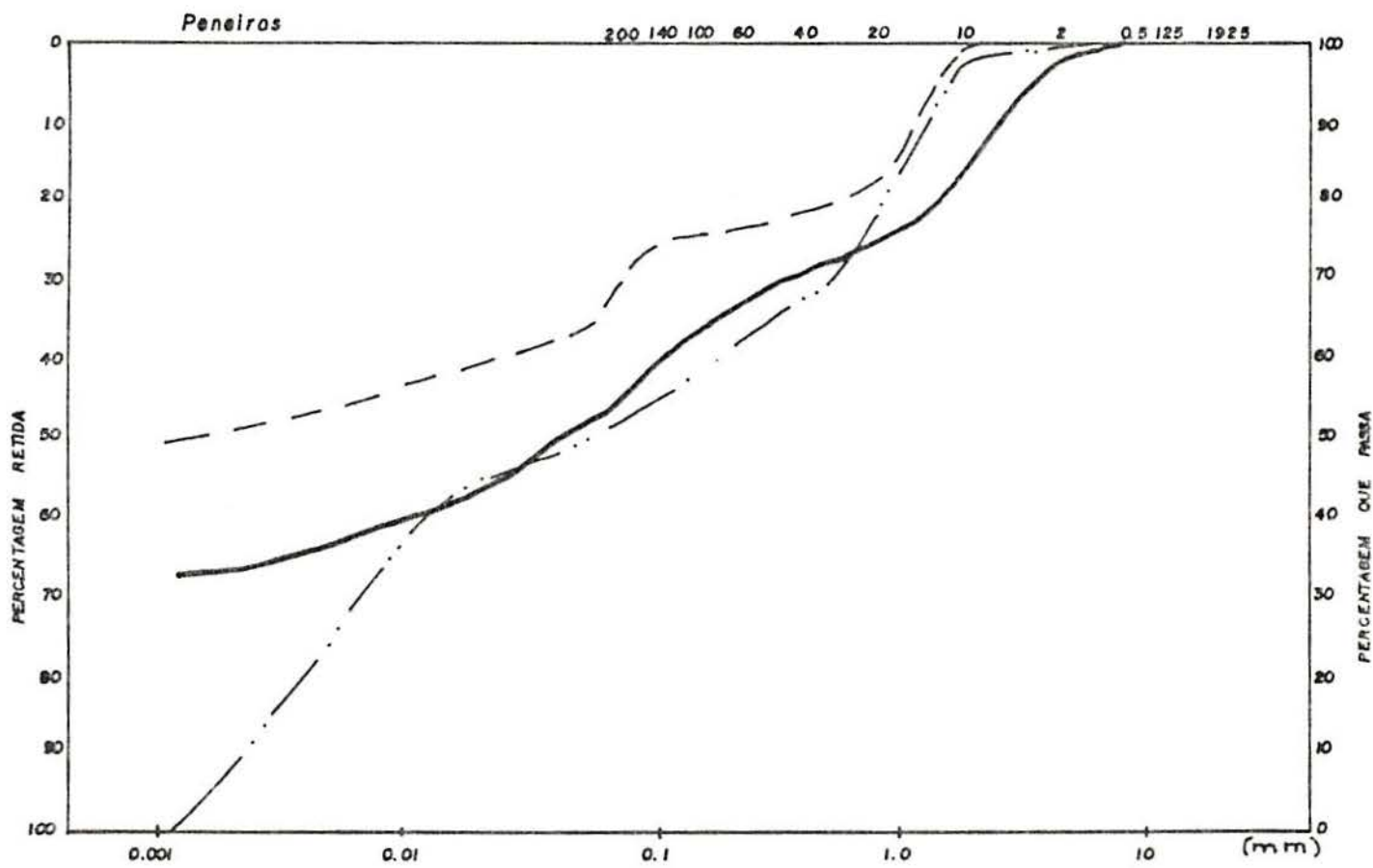
LEGENDA

—	JAZIDA BUTIA *
- - -	JAZIDA ENGENHO *
*	SOLO COMPOSTO COM AREIA ARROIO TEIXEIRA

PERCENTAGENS RETIDAS

JAZIDAS (HORIZONTE B)	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO
BUTIA *	25	11	63	1
ENGENHO *	21	12	66	1

FIG. 12 - TAPES · CURVAS GRANULOMÉTRICAS (NBR 7181)



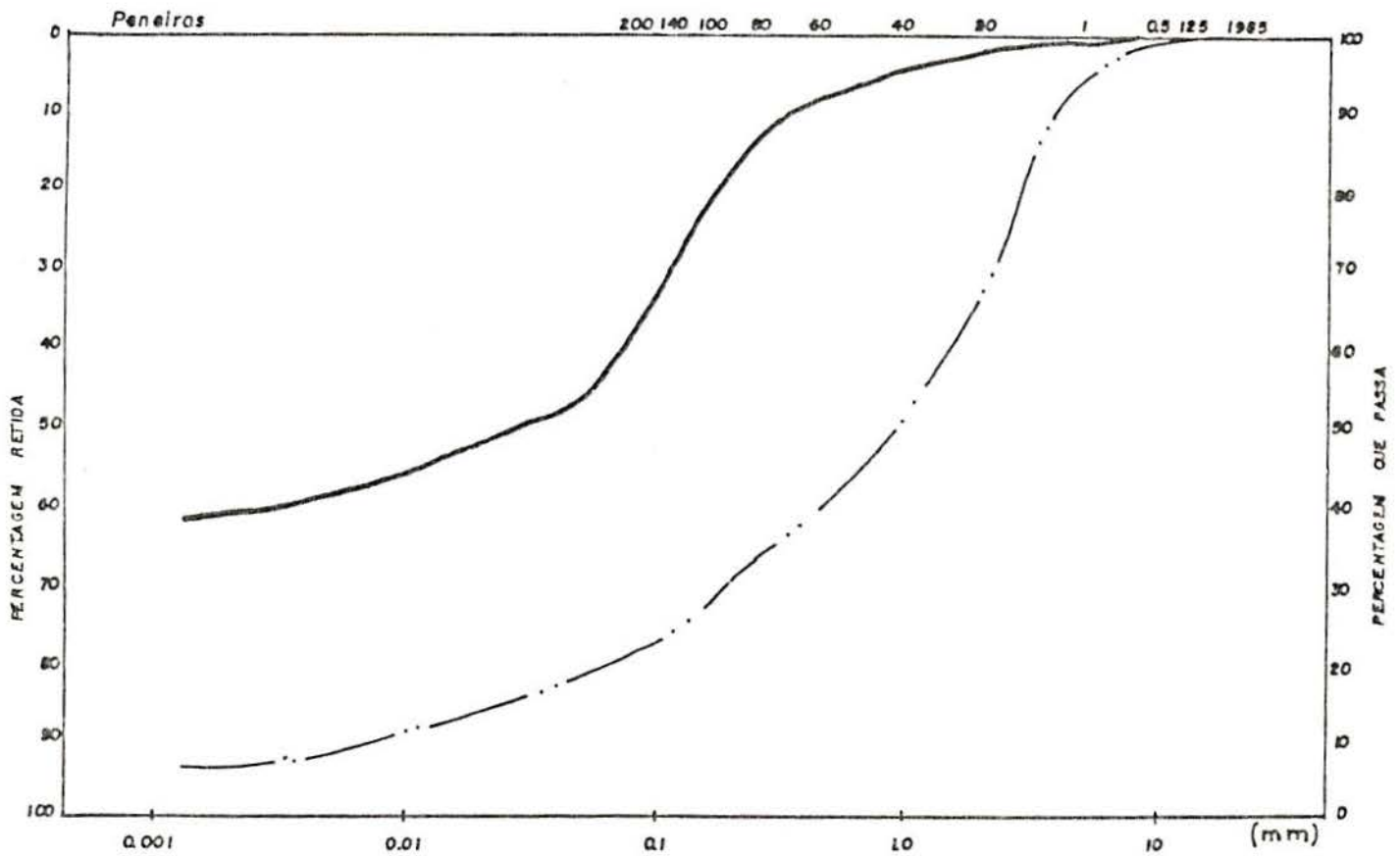
LEGENDA

-----	JAZIDA BAIRRO FLORESTA
————	JAZIDA CEMITÉRIO NOVO
- · - · -	JAZIDA PASSO DA MANGUEIRA

PERCENTAGEM RETIDAS

JAZIDAS (HORIZONTE B)	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO.
CEMITÉRIO NOVO	31	23	44	2
BAIRRO FLORESTA	48	18	34	0
PASSO DA MANGUEIRA	5	45	49	1

FIG. 13 - CAMAQUÃ - CURVAS GRANULOMÉTRICAS (NBR 7181)



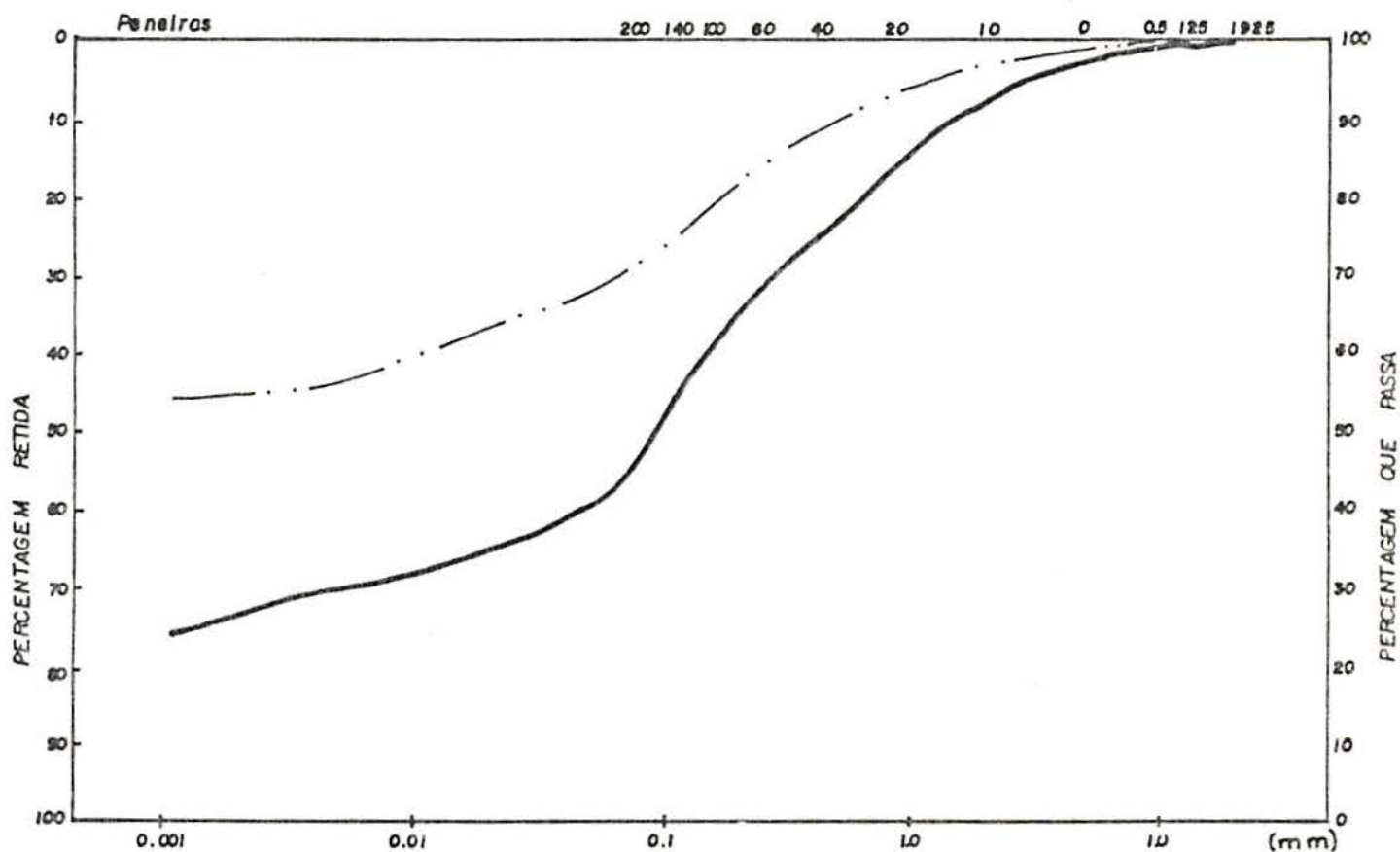
LEGENDA

————	JAZIDA BOQUEIRÃO
- · - · -	JAZIDA COQUEIRO

PERCENTAGEM RETIDA

JAZIDAS (HORIZONTE B)	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO
BOQUEIRÃO	39	22	38	1
COQUEIRO	6	15	74	5

FIG. 14 - SÃO LOURENÇO - CURVAS GRANULOMÉTRICAS (NBR 7181)



LEGENDA

.....	JAZIDA CASCATA
————	JAZIDA RETIRO

PERCENTAGENS RETIDAS

JAZIDAS (HORIZONTE B)	ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREGULHO
CASCATA	27	18	52	3
RETIRO	54	17	28	1

FIG. 45 - PELOTAS - CURVAS GRANULOMÉTRICAS (NBR 7181)

TABELA 6

Mineralogia. Difração de raios da argila.

CIDADES		TAPES		CAMAQUÃ			SÃO LOURENÇO		PELOTAS	
JAZIDAS		BUTIA	ENGENHO	BAIRRO FLORESTA	CEMITÉRIO NOVO	PASSO DA MANGUEIRA	BOQUEIRÃO	COQUEIRO	CASCATA	RETIRO
ARGILA	CAULINITA	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	VERMICULITA	X	X		X				X	
	MONTMORILONITA									X

3.3.2. Caracterização da mistura.

A estabilização com cimento pode ocorrer com qualquer tipo de solo, mesmo naqueles com elevado teor de argila. Nestes casos o percentual de cimento empregado é alto, alterando sensivelmente o custo do produto final.

3.3.2.1. Determinação do teor de cimento.

A identificação da característica argilosa da maioria dos solos pesquisados transformou a determinação do teor de cimento necessário para estabilização, no fator definidor da possibilidade de uso da técnica do solo-cimento.

Para determinação do teor de cimento necessário empregou-se um método laboratorial físico-químico, proposto originalmente pela Central Road Research Institute of India, 1971, e desenvolvido por Ceratti e Casanova, 1976, no Brasil.

O método físico-químico considera a interação elétrica das partículas de argila e cimento, que contribui para mudanças físico-químicas complexas e leva a estabilização máxima da mistura. A dosagem obtida traduz o teor de cimento que confere a mistura as características necessárias para um adequado comportamento em serviço.

Para realização dos ensaios laboratoriais correspondentes ao método são empregadas 5 (cinco) provetas de 250

ml, 20 gramas de solo seco peneirado (malha de 2mm), quantidades crescentes de cimento (5%, 6%, 7%, etc...) e 100 ml de água destilada. É feita a mistura destes materiais, agita-se e deixa-se em repouso por 2 horas. Após é feita a leitura das variações volumétricas ocorridas na mistura. Repete-se a operação até não haver mais variação volumétrica ou que este inicie a decrescer.

Com os resultados dos ensaios são elaborados gráficos da variação volumétrica em função do teor de cimento de onde obtém-se a percentagem de cimento indicada como ideal para estabilização máxima de cada tipo de solo. (Ver figuras de 16 a 24, pág. 75, 76, 77 e 78).

A variação volumétrica utilizada corresponde ao percentual da divisão do volume máximo (Vmáx) pelo inicial (Vi), ou seja : $V = V_{máx} / V_i$.

Ao teor de cimento obtido nos gráficos é acrescentado 1% para garantir a obtenção de resistência de 2MPa ou 20 KN/m², valor mínimo para os tijolos maciços de solo-cimento, indicado nas normas da ABNT(3). (Ceratti, J.A. & Casanova, F.J.; 1976).

O valor identificado nos gráficos representa o teor de cimento em massa. Este é convertido para volume através da fórmula abaixo descrita, obtida no ET-35 da ABCP(2).

$$C_v = \frac{100 \cdot C_m}{100 + C_m} \times \frac{\gamma_{sc}}{\gamma_c}$$

onde:

C_v - Teor de cimento em volume (relação entre o volume de solo e cimento compactado); expresso em %.

C_m - Teor de cimento em massa acrescido de 1% (relação entre a massa de cimento e a massa de solo seco); expresso em %.

γ_{sc} - Massa específica aparente seca máxima do solo-cimento compactado; expressa em kg/m^3 .

γ_c - Massa específica de cimento solto, admitida como igual a $1430 kg/m^3$.

A Tabela 7 (pág. 84), apresenta os valores dos teores de cimento em volume e massa para cada tipo de solo, bem como os traços correspondentes em volume. Os traços foram calculados por regra de três simples, conforme exemplo a seguir.

Exemplo: Jazida Cascata (Pelotas)

$$1 : x = 11,61$$

onde:

1 - Quantidade de cimento.

x - Quantidade de solo.

11,61 - Teor de cimento em volume, obtido no método físico-químico.

temos:

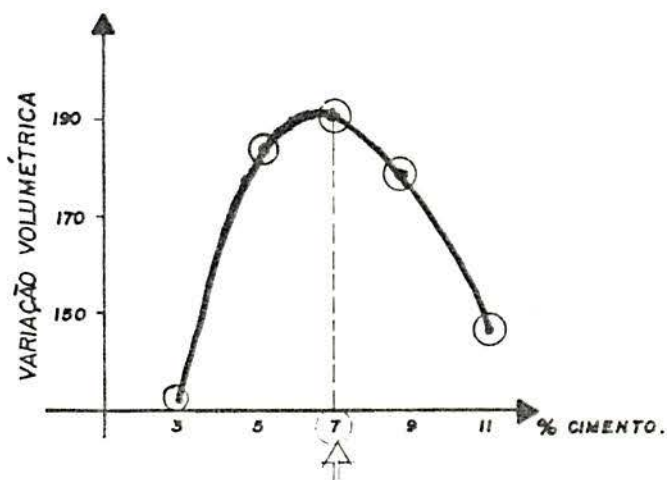
$$1 / x = 11,61$$

$$x = 8,61$$

Conclusão: O traço em volume correspondente é de 1 : 9 (cimento : solo).

Segundo indicações da ABCP(2), os traços adequados para uso da técnica solo-cimento devem ser aqueles cujo teor de cimento seja igual ou inferior a 10%, pois valor superior a este caracteriza uma estabilização anti-económica.

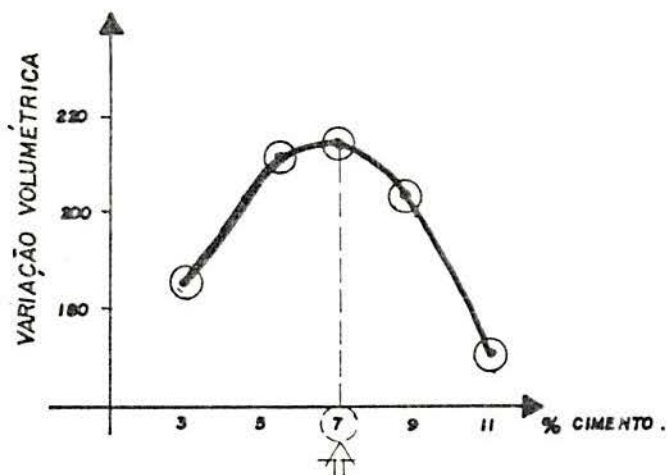
Os resultados contidos na Tabela 7 (pág. 84), mostram que cerca de 55% das amostras de solo não se enquadram dentro dos traços característicos da ABCP(2). Isto ocorre devido a característica argilosa dos solos que exigem para sua estabilização teores mais elevados de cimento.



DATA % CIM.	7/10	9/10	14/10	16/10	AV.
3	30	40	40	39	133
5	36	56	68	67	188
7	40	61	76	74	190
9	44	61	77	76	175
11	48	66	80	78	167

↑ V MÁXIMO

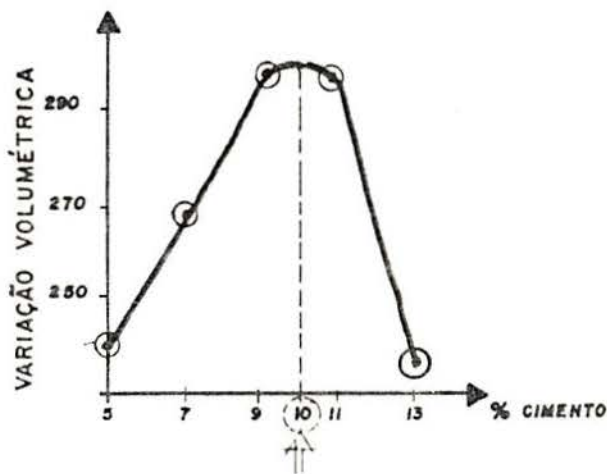
FIG. 16 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA BUTIA*



DATA % CIM.	7/10	9/10	14/10	16/10	AV.
3	30	48	56	52	187
5	36	60	74	74	211
7	37	56	79	76	215
9	44	70	88	89	202
11	44	61	76	75	173

↑ V MÁXIMO

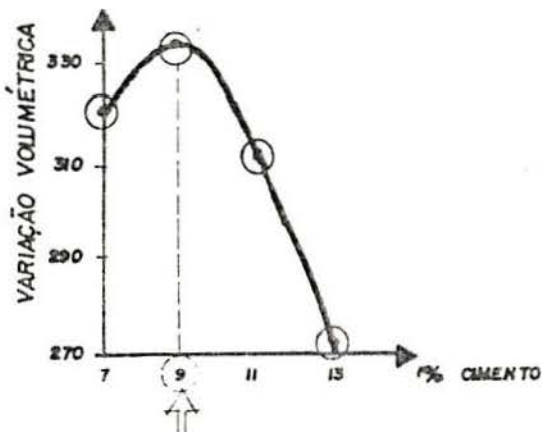
FIG. 17 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA ENGENHO*



DATA % C.I.M.	29/7	31/7	4/8	6/8	Δ V
5	30	56	72	69	240
7	32	64	86	80	269
9	31	66	92	85	297
11	32	79	95	88	297
13	44	96	100	94	227

V MÁXIMO

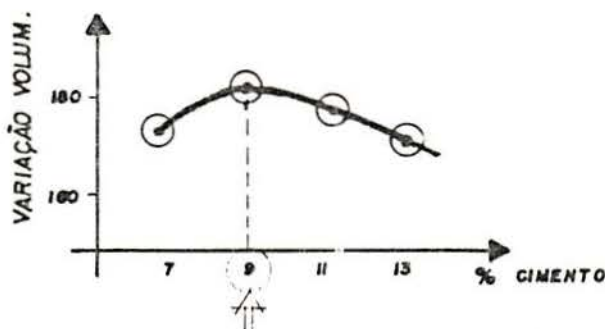
FIG. 18 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA BAIRRO FLORESTA



DATA % C.I.M.	12/8	14/8	16/8	20/8	Δ V
7	26	60	85	85	320
9	27.5	63	92	85.5	334
11	28	69	87	84	311
13	30	70	82	76	273

V MÁXIMO

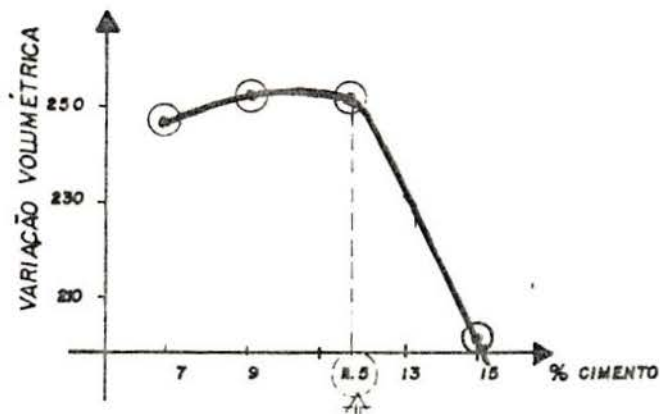
FIG. 19 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA CEMITÉRIO NOVO



DATA % C.I.M.	28/7	30/7	4/8	6/8	Δ V
7	37.5	65	85	64.5	175
9	37.5	67.0	68.5	62.5	183
11	37	70	72.5	70.5	177
13	42.5	69	73.5	71.5	173

V MÁXIMO

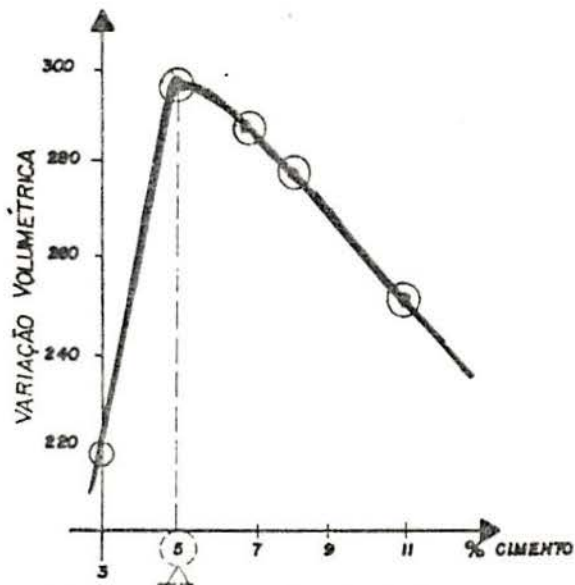
FIG. 20 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA PASSO DA MANGUEIRA



% DATA CIM.	12/8	14/8	18/8	20/8	Δ V
7	32.5	65	81	77	249
9	35	80	87.5	83	250
11.5	32.5	72.5	81.5	75	251
13	35	67.5	72.5	67.5	207
15	35	65	71	67.5	203

↑↑
V MÁXIMO

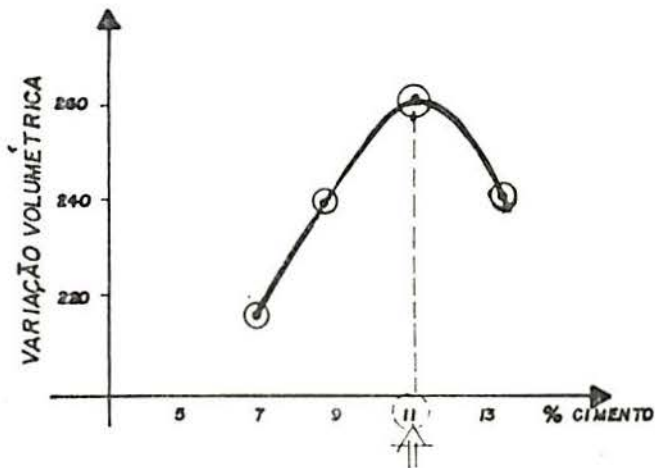
FIG. 21 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA BOQUEIRÃO



% DATA CIM.	29/7	31/7	4/8	6/8	Δ V
3	28	47	61	60	218
5	25	52	74	70	296
7	26	58	74	70	285
9	26	51	72	70	277
11	28	53	70	66	250

↑↑
V MÁXIMO

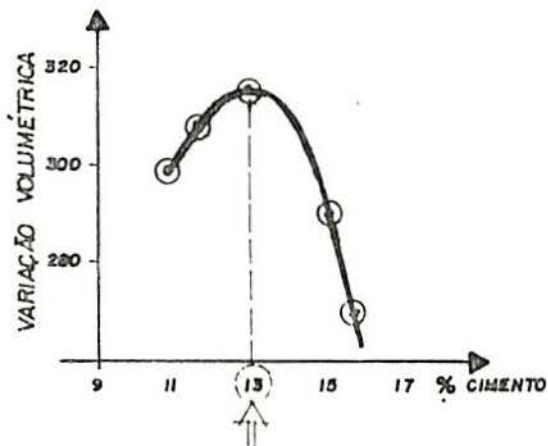
FIG. 22 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA COQUEIRO



DATA % CIM.	6/8	8/8	10/8	12/8	ΔV
5	36	54	62	62	172
7	38	69.9	83	80	218
9	32	56	77	71	241
11	33	61	86	80	231
13	34	58.2	82	76	241

↑
V MÁXIMO

FIG. 23 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA CASCATÁ



DATA % CIM.	12/8	14/8	16/8	20/8	ΔV
9	29	68	89	82	307
11	28	70	84	80	300
13	26	63	82	77	315
15	26	58	73	72	288
17	28	64	73	70	268

↑
V MÁXIMO

FIG. 24 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CIMENTO.
MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO. JAZIDA RETIRO

3.3.2.2. Compactação do solo.

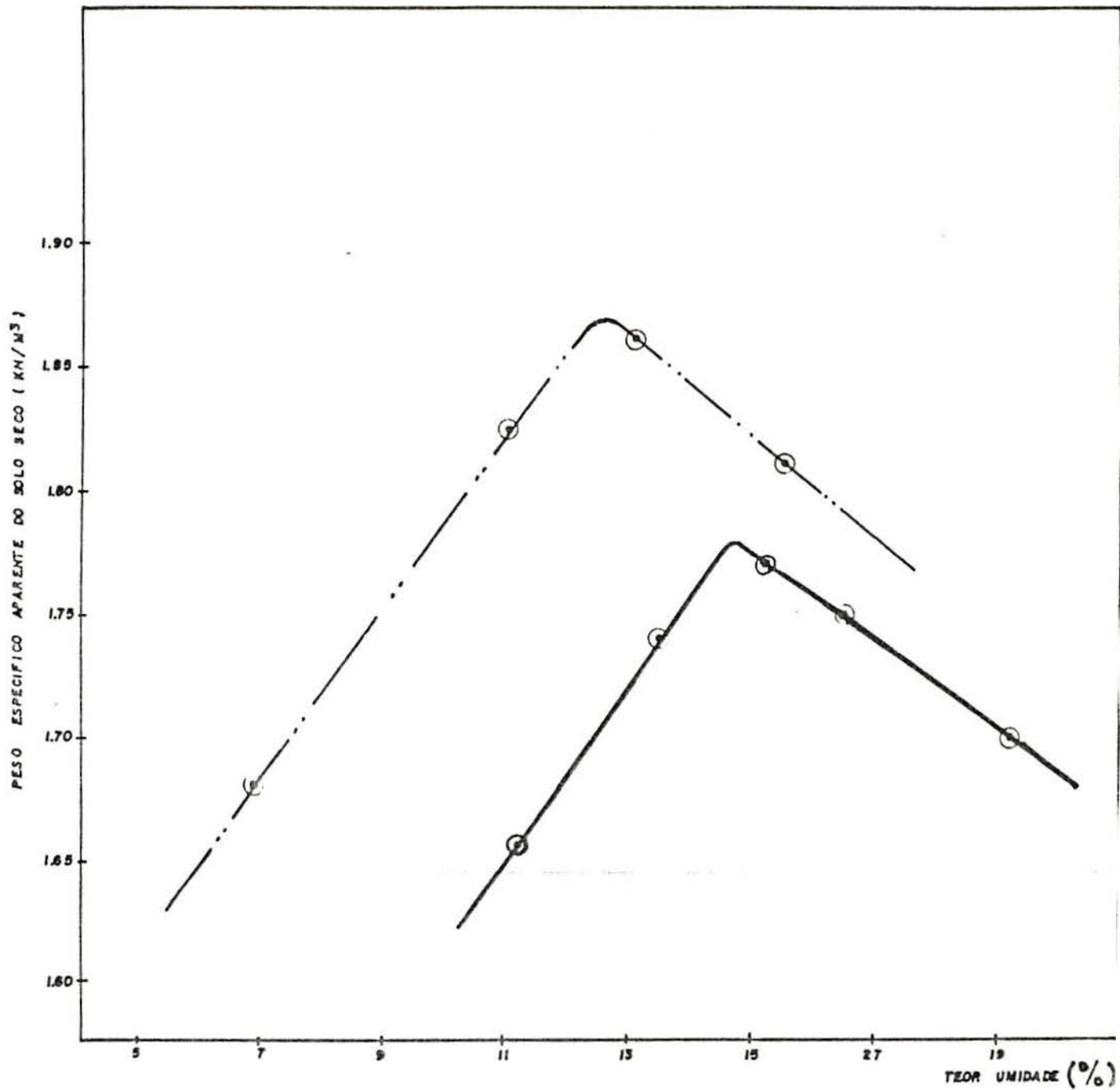
Os ensaios de compactação foram realizados conforme o método SC-1, adotado pela ABCP(2). Este método ensaia o composto solo-cimento e determina a umidade ótima de moldagem para cada tipo de mistura.

Para sua realização foram empregados cerca de 15 kg de amostra de solo seco peneirado (malha de 2mm), acrescentado do teor de cimento em massa (Cm), obtido no método físico-químico e água destilada.

Concluídos os ensaios, curvas de compactação correspondentes a cada mistura foram obtidas. (Ver as figuras 25 a 28, pág. 80, 81, 82 e 83)

A Tabela 7 (pág. 84), contém os resultados dos ensaios e nesta observa-se que cerca de 55% das amostras analisadas apresentaram umidade ótima de moldagem em torno de 20%, resultado característico na estabilização de solos argilosos.

Com a umidade ótima de mistura caracterizada e o teor de cimento específico para cada tipo de solo, foram moldados os corpos de prova para os ensaios de absorção e resistência a compressão simples.

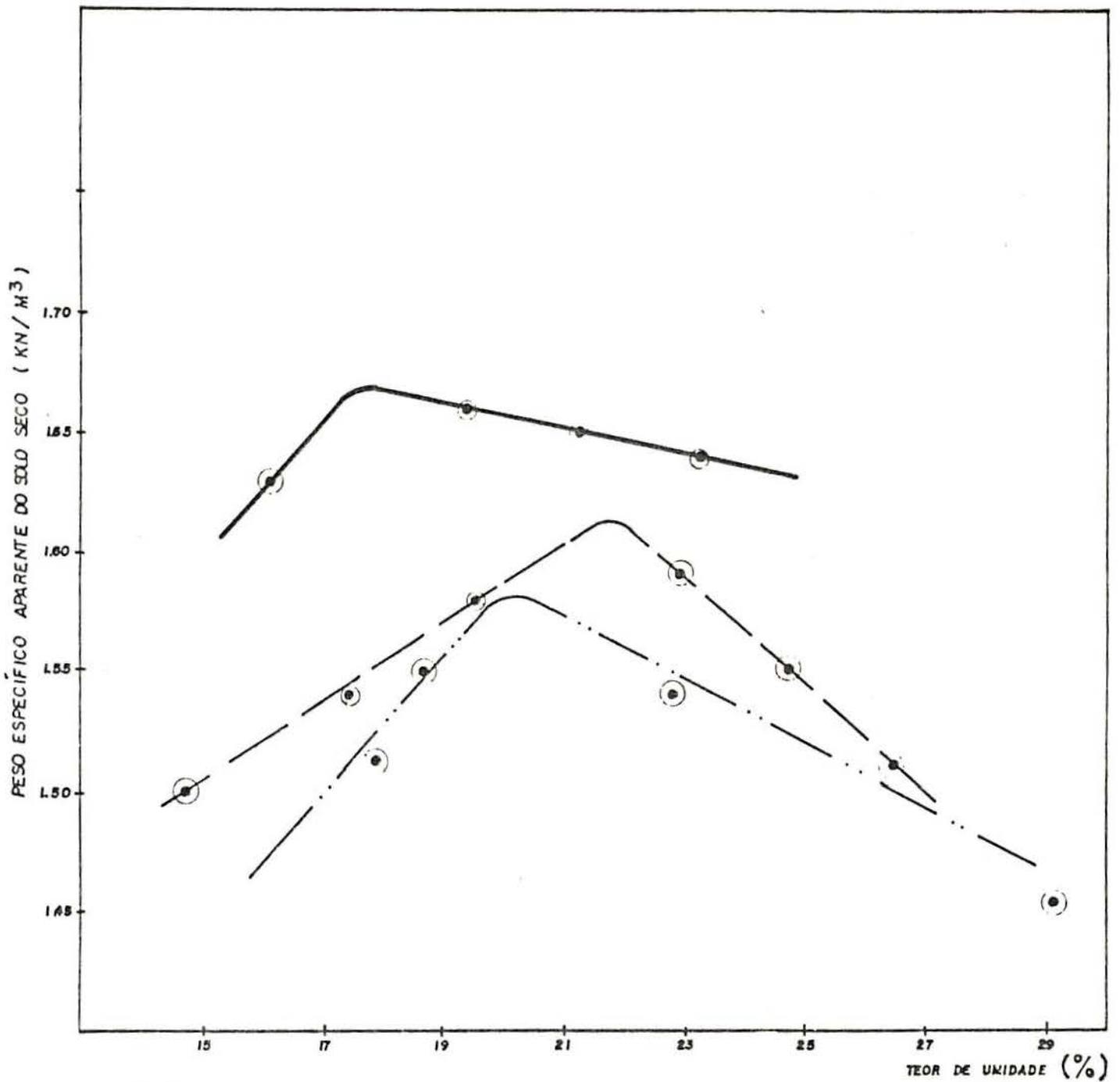


LEGENDA

—●—●—●—	JAZIDA BUTIA *
-.-.-.-.-	JAZIDA ENGENHO *
◆	SÓLO COMPOSTO COM AREIA ARROIO TEIXEIRA

JAZIDAS (HORIZONTE B)	UMIDADE ÓTIMA	PESO ESP. APARENTE MÁX SOLO SECO (KN/M ³)
BUTIA *	15.3 %	1.77
ENGENHO *	12.0 %	1.87

FIG. 25 - TAPES - COMPACTAÇÃO - MÉTODO SC-1 (ABCP)

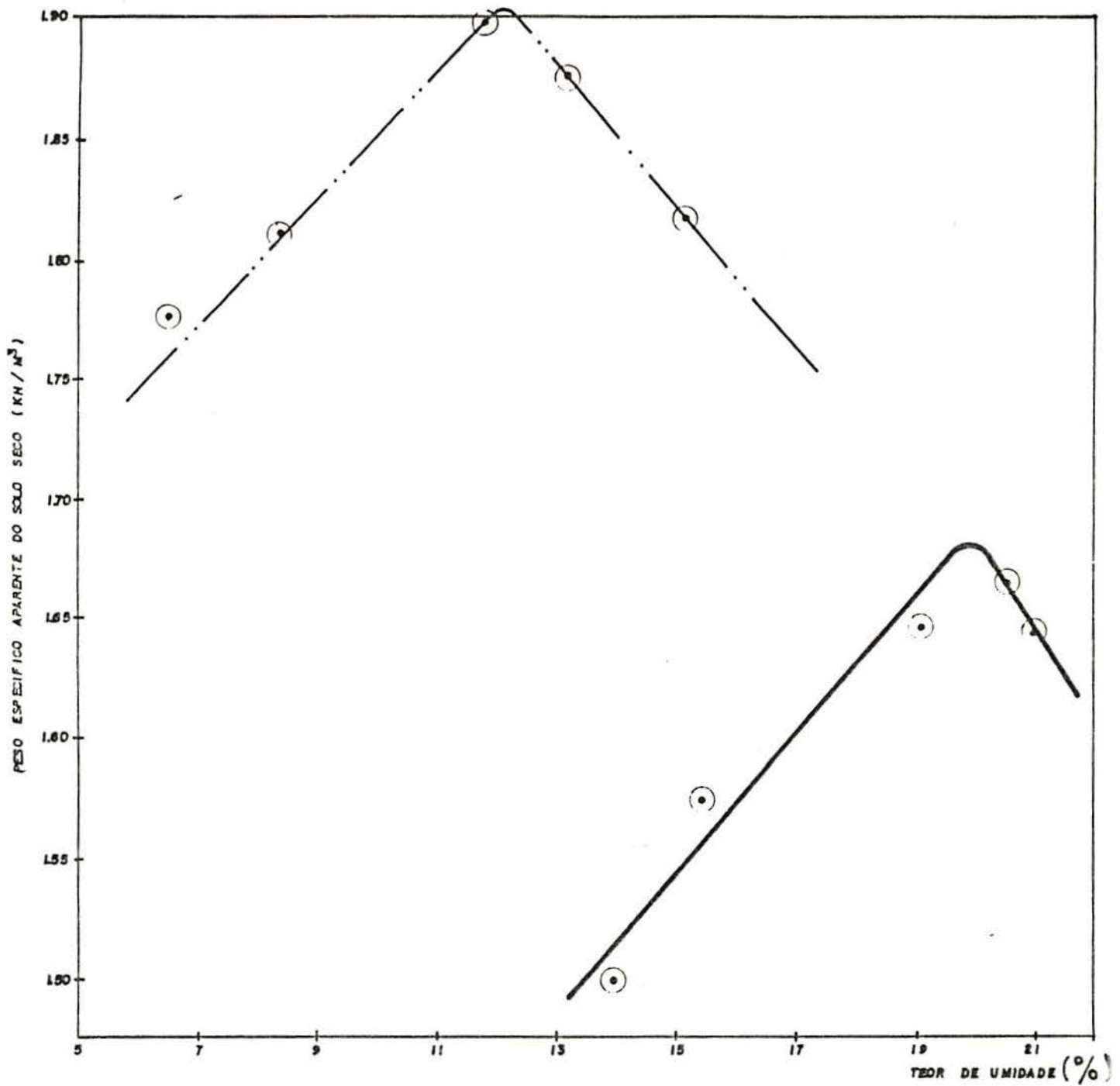


LEGENDA



— — —	BAIRRO FLORESTA
————	CEMITERIO NOVO
- · - · -	PASSO DA MANGUEIRA

JAZIDAS (HORIZONTE B)	UMIDADE ÓTIMA	PESO. ESP. APARENTE MÁXIMO DO SOLO SECO (KN/M³)
BAIRRO FLORESTA	21.7 %	1.61
CEMITERIO NOVO	17.8 %	1.67
PASSO DA MANGUEIRA	20.15 %	1.58

FIG. 26 - CAMAQUÃ - COMPACTAÇÃO - MÉTODO SC-1 (ABCP)

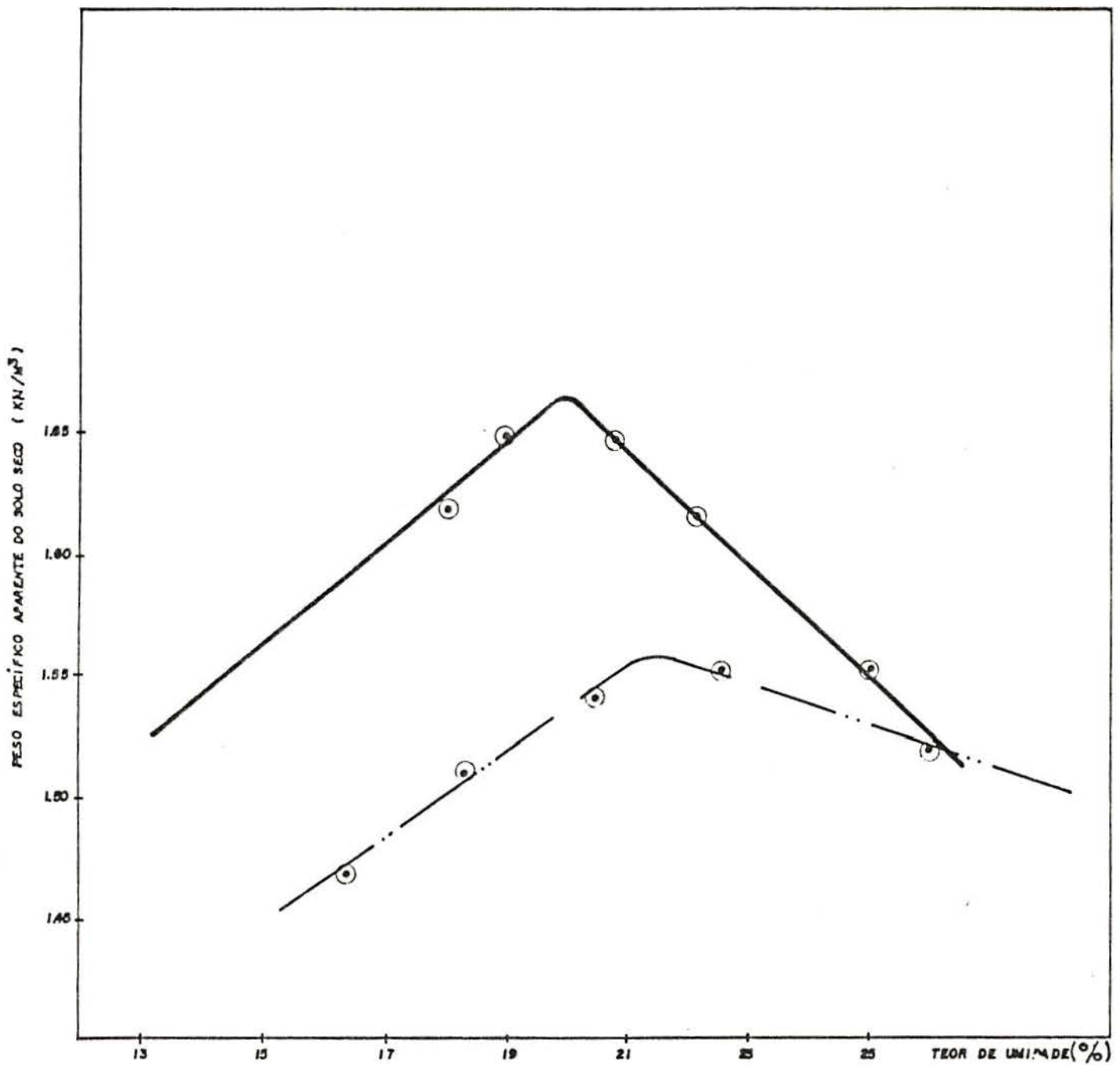


LEGENDA

	JAZIDA BOQUEIRÃO
	JAZIDA COQUEIRO

JAZIDAS (HORIZONTE B)	UMIDADE ÓTIMA	PESO ESP APARENTE MAXIMO. SOLO SECO (KN/M^3)
BOQUEIRÃO	20 %	1.68
COQUEIRO	12.3 %	1.92

FIG. 27 - SÃO LOURENÇO - COMPACTAÇÃO - MÉTODO SC-1 (ABCP)



LEGENDA

— · — · —	JAZIDA CASCATA
————	JAZIDA RETIRO

JAZIDA (HORIZONTE B)	UMIDADE ÓTIMA	PESO ESPECÍFICO APARENTE MÁXIMO DO SOLO SECO (KN/M.3)
CASCATA	21.6 %	1.559
RETIRO	20 %	1.667

FIG. 28 - PELOTAS - COMPACTAÇÃO - MÉTODO SC-1 (ABCP)

TABELA 7

Teor de cimento. Método Físico-Químico
Ensaio de Compactação (ABCP/Método SC - 1)

CIDADE			TAPES		CAMAQUÃ			SÃO LOURENÇO		PELOTAS		
JAZIDA			BUTIÁ*	ENGENHO*	BAIRRO FLORESTA	CEMITÉ-RIO NOVO	PASSO DA MANGLEIRA	BOQUEIRÃO	COQUEIRO	CASCATA	RETIRO	
Teor de Cimento Método Físico-Químico	CIMENTO (%)	PESO	Gráficos	7	7	10	9	9	11,5	5	11	13
		Acrescimento de 1%	8	8	11	10	10	12,5	6	12	14	
		Volume	9,17	9,79	11,16	10,62	10,04	13,05	7,59	11,61	14,34	
	Traço (volume) (cimento:solo)		1:9	1:11	1:9	1:9	1:10	1:18	1:13	1:9	1:7	
Ensaio Compactação	Umidade Ótima (%)		15	12	22	18	20	20	12	22	20	
	Peso esp. aparente Máximo solo seco (Kg/M ³)		17,7	18,9	16,1	16,7	15,8	16,8	19,2	15,5	16,7	
OBSERVAÇÕES			*									

3.3.2.3. Moldagem dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram moldados segundo a NBR 8492. Consistiram de tijolos maciços com 23 x 11 x 5 cm, moldados em prensa manual, tipo Tecmor, cedida pelo extinto BNH(5). Esta prensa produz 3 (três) tijolos por vez e tem capacidade de produção de 2000 tijolos diários.

O número de corpos de prova por traço, foi fixado em 9 (nove) tijolos maciços, sendo 3(três) para o ensaio de absorção e 6 (seis) para o ensaio de resistência à compressão simples.

A cura dos corpos de prova obedeceu as indicações da ABCP(2), com molhagem 3 (três) vezes ao dia nos 4 (quatro) primeiros dias e 2 (duas) vezes ao dia nos 3 (três) dias subsequentes. Completados os 7 (sete) dias os corpos de prova foram manuseados, transportados e preparados para serem ensaiados.

3.3.2.4. Resistência à compressão simples.

Os ensaios para a determinação da resistência à compressão simples foram executados segundo a NBR 8492, especificação da ABNT(3).

O valor mínimo admissível para a resistência média à compressão simples, após os 7 (sete) dias de cura, é de 2,0 MPa ou 20 KN/m² para tijolos maciços de solo-cimento segundo a ABNT(3).

Os gráficos de 1 a 9 (pág. 86 a 91) apresentam as curvas características resultantes da variação da resistência com a variação dos percentuais de cimento.

A Tabela 8 (pág. 92) apresenta o valor médio das resistências dos corpos de prova moldados com o solo de cada jazida. Os resultados encontrados mostraram que cerca de 44% das amostras apresentaram resistência inferior a especificada.

Cabe salientar que foi considerado como parâmetro normativo da quantidade de cimento na mistura, o valor indicado pela ABCP(2) de 10%, ou seja, traços com teores de cimento acima deste valor foram considerados ricos em cimento, portanto com custos majorados acima do economicamente viável.

Gráficos de resistência à compressão simples dos tijolos de solo-cimento ensaiados.

- Tapes.

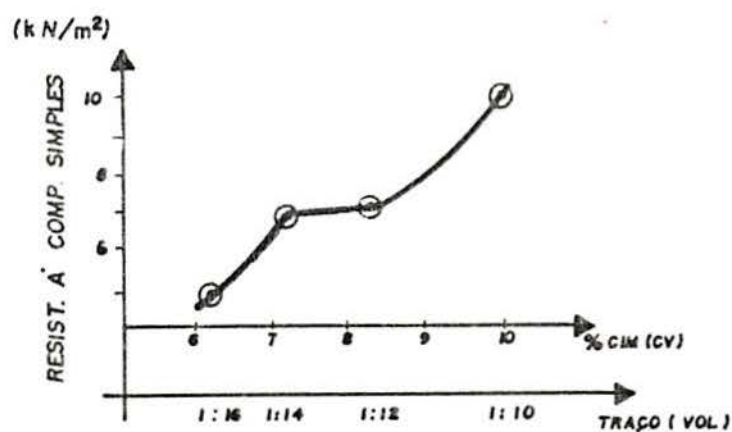


GRÁFICO 1 - JAZIDA BUTIÁ*

A jazida Butia* teve seu solo natural misturado com areia do arroio Teixeira a fim de alterar sua granulometria e diminuir sua característica acentuadamente argilosa. O solo desta jazida foi ensaiado com teores de cimento de 10%, 8,3%, 7,1% e 6,2%. A estabilização máxima foi atingida com teor de cimento igual a 9,0% (traço 1:11 / cimento : areia). (Ver Tabela 7, pág. 84)

Como pode-se ver no gráfico 1 e na Tabela 8 (pág. 92) a resistência mínima admissível de 2kN/m² não foi atingida em nenhum traço ensaiado.

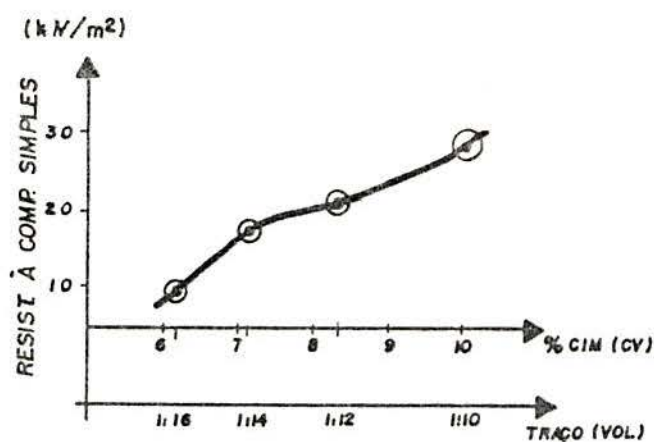


GRÁFICO 2 - JAZIDA ENGENHO*

A jazida Engenho* também teve seu solo natural composto com areia procedente do arroio Teixeira a fim de alterar sua granulometria característica acentuadamente argilosa. O solo desta jazida foi ensaiado com teores de cimento de 10%, 8,3%, 7,1% e 6,2%. A estabilização máxima foi atingida com teor de cimento igual a 9,0% (traço 1:11 / cimento: areia).(Ver tabela 7,pág. 84)

No gráfico 2 e na Tabela 8 (pág. 92) vê-se que a resistência mínima de 2 kN/m² a foi obtida com os traços 1:12 (8,3% cimento) e 1:10 (10% cimento), ambos indicados como adequados segundo as normas da ABCP(2).

- Camaquã.

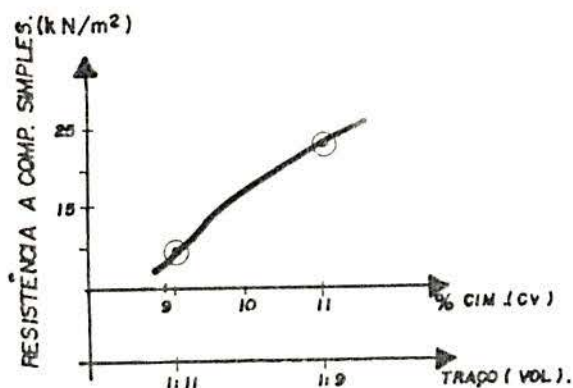


GRÁFICO 3 - JAZIDA BAIRRO FLORESTA

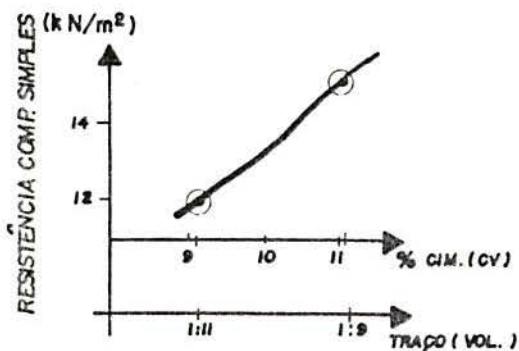


GRÁFICO 5 - JAZIDA PASSO DA MANGUEIRA

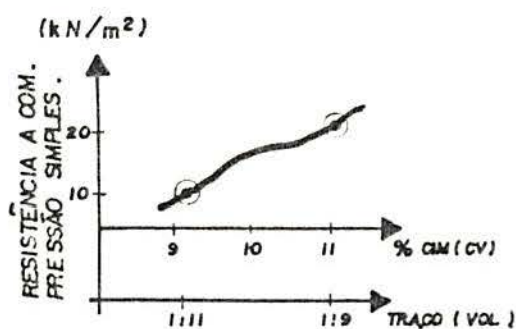


GRÁFICO 4 - JAZIDA CEMITÉRIO NOVO

As jazidas Bairro Floresta, Cemitério Novo e Passo da Mangueira foram ensaiadas apenas nos traços 1:9 (11,1% cimento) e 1:11 (9,1% cimento), considerando o resultado do ensaio de determinação do cimento, método físico-químico. (Ver Tabela 7, pág. 84)

As jazidas Bairro Floresta e Cemitério Novo atingiram a resistência mínima admissível de 2 kN/m² no traço 1:9 cujo teor de cimento é de 11,1% , superior ao máximo estabelecido. Ver gráficos 3 e 4 e a Tabela 8 (pág. 92)

Na jazida Passo da Mangueira a resistência mínima de 2 kN/m² não foi atingida. Ver gráfico 5 e Tabela 8 (pág. 92).

- São Lourenço.

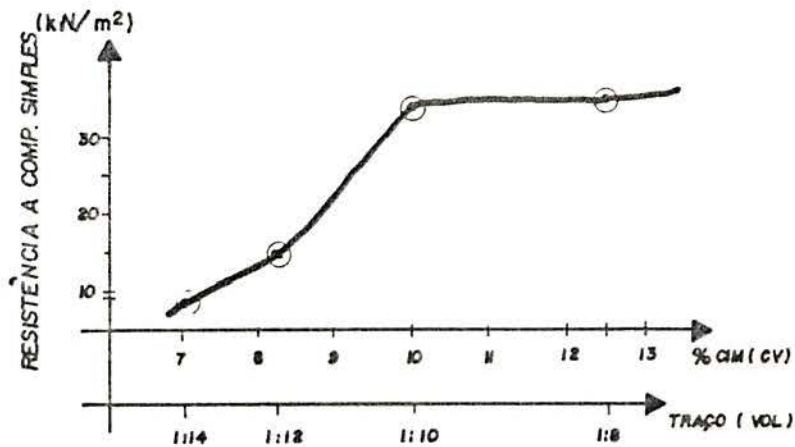


GRÁFICO 6 - JAZIDA BOQUEIRÃO

O solo da jazida Boqueirão foi ensaiado nos traços 1:8 (12,5% cimento), 1:10 (10% cimento), 1:12 (8,3% cimento) e 1:14 (7,1% cimento). No gráfico 6 e na Tabela 8 (pág. 92) podê-se ver que a resistência mínima admissível de 2MPa foi atingida nos traços 1:8 e 1:10.

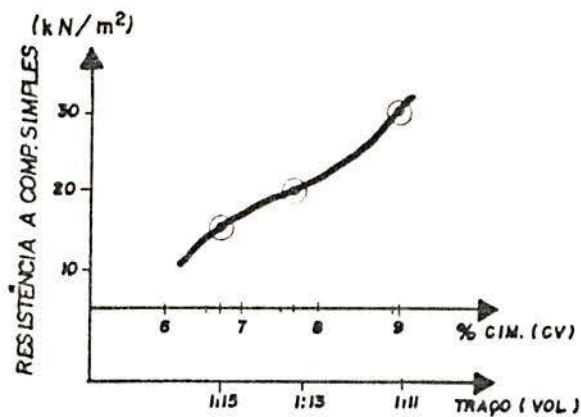


GRÁFICO 7 - JAZIDA COQUEIRO

O solo da jazida Coqueiro foi ensaiado nos traços 1:11 (9,1% cimento), 1:13 (7,7% cimento) e 1:15 (6,7% cimento). Ver Tabela 7 (pág. 84).

No gráfico 7 e na Tabela 8 (pág. 92) pode-se ver que o solo desta jazida atingiu a resistência mínima admissível de 2kN/m² no traço 1:13 e suplantou-a no traço 1:11, ambos enquadrados como traços de mistura indicados para uso pelas normas da ABCP(2).

Pelotas.

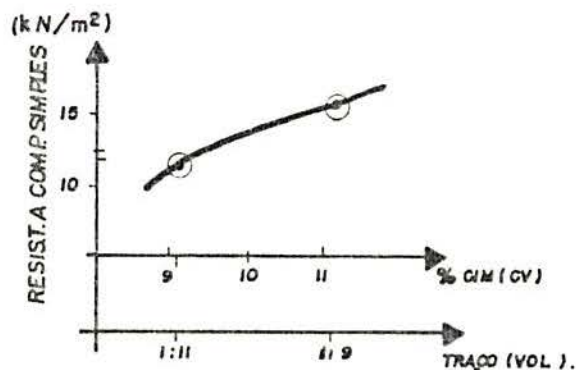


GRÁFICO 8 - JAZIDA CASCATA

O solo da jazida Cascata foi ensaiado nos traços de 1:9 (11,1% cimento) e 1:11 (9,1% cimento). Ver gráfico 8 e Tabela 8 (pág. 92)

A resistência mínima de 2 kN/m² não foi atingida em

nenhum dos traços ensaiados.

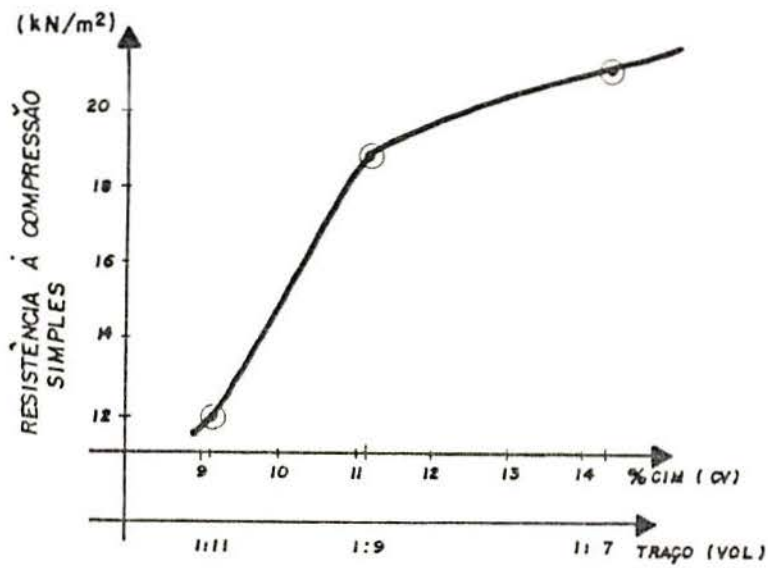


GRÁFICO 9 - JAZIDA RETIRO

O solo da jazida Retiro foi ensaiado nos traços de 1:7 (14,3% cimento) , 1:9 (11,1% cimento) e 1:11 (9,1% cimento).

A resistência mínima admissível de 2kN/m² foi atingida e superada no traço 1:7, como pode-se ver no gráfico 9 e na Tabela 8 (pág. 92).

TABELA 8

Ensaio de Resistência a Compressão Simples (NBR 8492)

CIDADES		TAPES		CAMAQUÃ			SÃO LOURENÇO		PELOTAS		ABCP (KN/m ²)
Traços (Volume)	Jazida % Cimento	BUTIA	ENGENHO	BAIRRO FLORESTA	CEMITÉRIO NOVO	PASSO DA MANGUEIRA	BOQUEIRÃO	COQUEIRO	CASCATA	RETIRO	
1:7	14,3									21	≥ 20
1:8	12,5						35				
1:9	11,1			23	21	15			16	19	
1:10	10,0	10	29				34				
1:11	9,1			10	10	12		30	12	12	
1:12	8,3	7	22				15				
1:13	7,7							20			
1:14	7,1	7	18				9				
1:15	6,7							16			
1:16	6,2	5	10								
OBSERVAÇÕES		Valores de resistência a compressão simples corresponde à média de 6 (seis) corpos de prova, unidade KN/m ² .									

3.3.2.5. Absorção de água.

O ensaio de absorção de água foi o último realizado com os tijolos de solo-cimento moldados com as amostras de solo das respectivas jazidas de cada cidade. Foi feito segundo as normas da ABNT(3), NBR 8492.

A Tabela 9 (pág. 94) contém os resultados por jazida do índice de absorção de água detectado em cada traço. Com estes resultados foi elaborado o gráfico 10 (pág. 95), onde vê-se que cerca de 40% das amostras de solo possuem índice de absorção de água superior ao valor limite indicado e adotado pela ABCP(2) de 20% .

Estes solos cujo índice de absorção de água é superior aos 20% são considerados como permeáveis, sendo inadequados para uso segundo a técnica do solo-cimento.

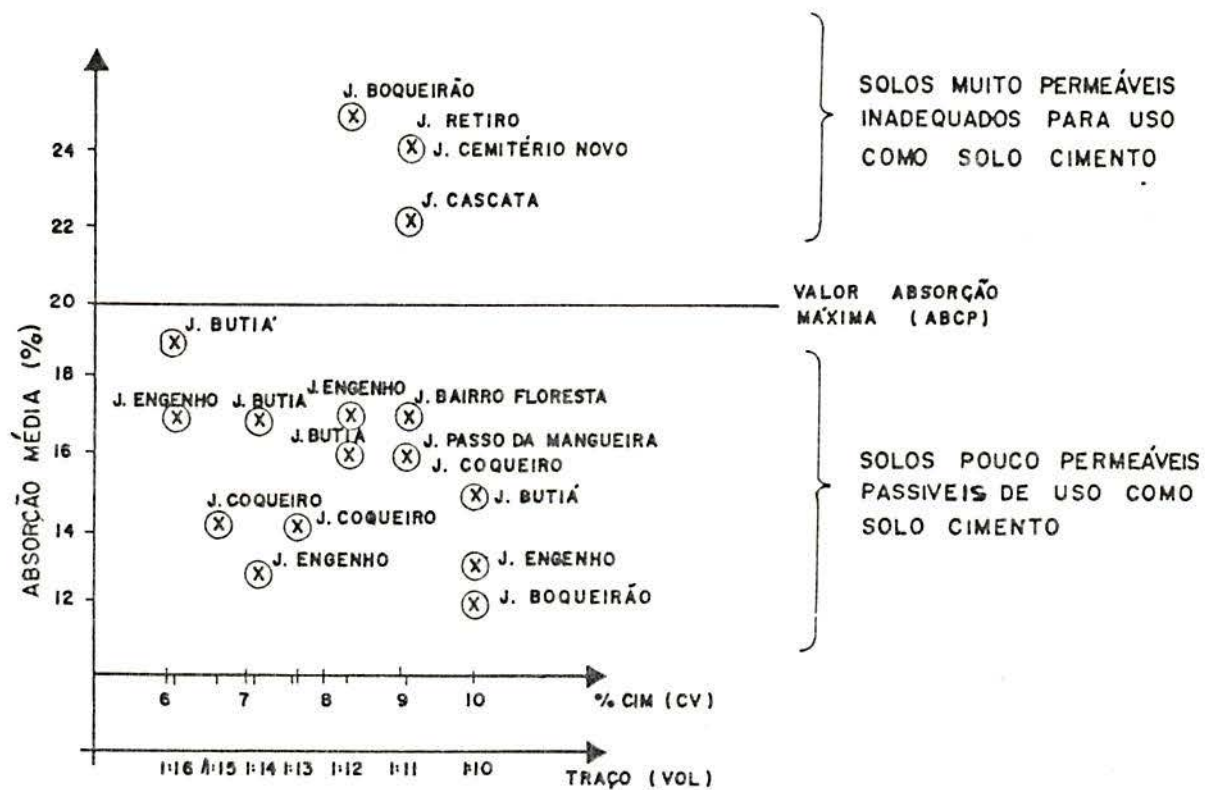
3.4. Mapeamento definitivo.

O mapeamento definitivo das jazidas de solo à serem usadas segundo a técnica do solo-cimento, encontra-se no mapa 10, pág. 96 .

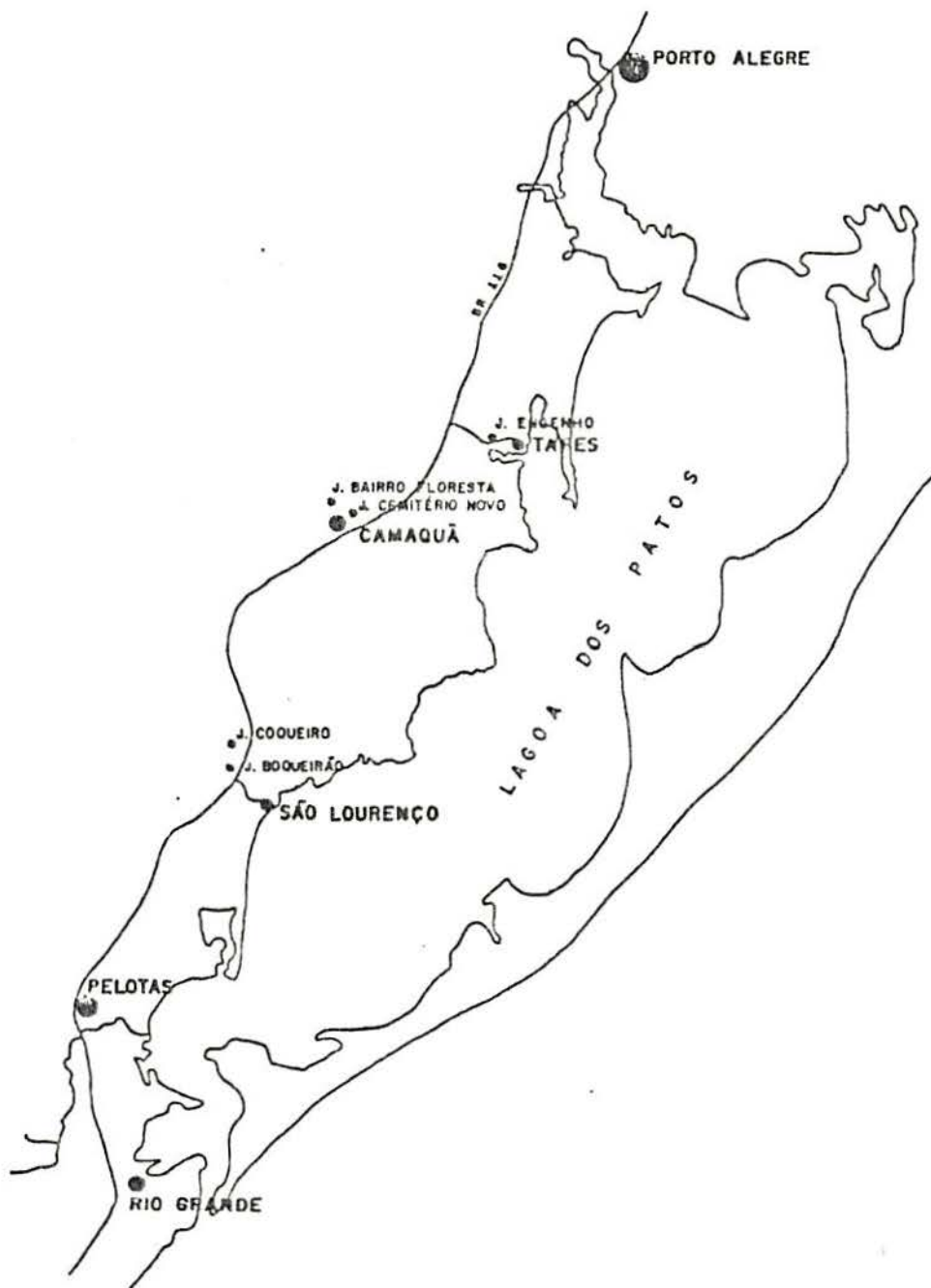
Foram posicionadas as jazidas cuja estabilização ocorreu com teores de cimento em torno dos 10% indicados pela ABCP(2).

TABELA 9
Ensaio de Absorção d'água (NBR 8492)

CIDADE		TAPES		CAMAQUÃ			SÃO LOURENÇO		PELOTAS		ABCP (%)
Traços (volume)	Jazida % Cimento	BUTIA	ENGENHO	BAIRRO FLORESTA	CEMITÉRIO NOVO	PASSO DA MANGUEIRA	BOQUEI RÃO	COQUEIRO	CASCATA	RETIRO	
1:7	14,3									18	≤ 20
1:8	12,5						17				
1:9	11,1			17	15	20*			19	17	
1:10	10,0	15	13				12				
1:11	9,1			17	24*	16		16	22*	24*	
1:12	8,3	16	17				25*				
1:13	7,7							14			
1:14	7,1	17	13								
1:15	6,7							14			
1:16	6,2	19	17								
OBSERVAÇÕES		* Elevada absorção d'água. Misturas inaceitáveis. Os valores apresentados na Tabela correspondem a média de 3 corpos de prova.									



GRAF. 10 - VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DAS NOVE JAZIDAS PESQUISADAS



MAPA 10 - MAPEAMENTO DEFINITIVO DAS JAZIDAS
POSSÍVEIS DE USO COMO SOLO-CIMENTO

IV - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.

4.1. Conclusões.

Como resultado deste trabalho de pesquisa têm-se:

1) A metodologia adaptada daquela desenvolvida no Curso de Pós-Graduação da UFRGS(16)(Cruz;1988) proposta para estudo preliminar das possíveis jazidas de solo a serem usadas segundo a técnica do solo-cimento e o uso do método físico-químico para determinação dos teores de cimento em cada traço da mistura, foram confirmados no estudo de casos para as cidades de Tapes, Camaquã, São Lourenço e Pelotas.

2) O conhecimento preliminar das ocorrências de solos estabilizáveis com cimento permite uma ação planejada de coleta de amostras para caracterização do comportamento definitivo.

3) Em estudo preliminar com o conhecimento de topografia, geologia e pedologia, pode-se descartar a possibilidade de uso do solo-cimento como solução para problemas de habitação de baixo custo nos casos de ocorrência de solos argilosos inadequados a estabilização econômica.

4) A adoção do método físico-químico, cuja eficácia deve constituir objeto de pesquisa complementar, simplifica consideravelmente a avaliação científica da quantidade de cimento necessária para estabilização dos solos analisados.

5) Foi constatada na realização das visitas nas jazidas previamente localizadas nas cidades pesquisadas, o

baixo nível de conhecimento da técnica de solo-cimento nos setores de obras públicas.

6) A realização da presente pesquisa possibilitou uma transferência de conhecimentos do tema, solo-cimento, através do intercâmbio com a Universidade e a efetiva participação das Prefeituras.

7) Caracterização das jazidas por cidades:

Tapes.

-Jazida Butia*:

A jazida Butia*, que teve seu solo composto com 25% de areia do arroio Teixeira e 75% de solo natural da jazida, não atingiu com nenhum traço ensaiado a resistência a compressão simples adotada de 2kN/m². (Ver tabela 8, pág. 92)

Quanto a absorção de água, o solo composto desta jazida apresentou índice inferior aos 20% adotados, caracterizando o solo como impermeável.

Conclusão: O solo desta jazida por não ter atingido os parâmetros adotados não é recomendado para uso como solo-cimento. Recomenda-se novas composições do solo natural da jazida Butia* com outras percentagens de areia do arroio Teixeira, para analisar variações no seu comportamento quanto a resistência à compressão simples e absorção de água.

-Jazida Engenho:

A jazida Engenho*, que também teve seu solo compos-

to com areia do arroio Teixeira, na proporção de 30% de areia e 70% de solo natural da jazida, atingiu a resistência à compressão simples adotada de 2kN/m^2 , nos traços 1:10 e 1:12. (Ver Tabela 8, pág. 92).

O índice de absorção de água do solo desta jazida em todos os traços ensaiados foi inferior aos 20% adotados.

Conclusão: O solo desta jazida atende as condições da ABCP(2) e pode ser utilizado como solo-cimento.

Camaquã.

-Jazidas Bairro Floresta, Cemitério Novo e Passo da Mangueira:

Os solos das jazidas Bairro Floresta, Cemitério Novo e Passo da Mangueira são de característica extremamente argilosa e necessitam para sua estabilização elevado teor de cimento.

A resistência à compressão simples admissível de 2kN/m^2 foi atingida e superada nos ensaios realizados com o solos das jazidas Bairro Floresta e Cemitério Novo, não ocorrendo o mesmo com solo da jazida Passo da Mangueira. (Ver Tabela 8, pág. 92).

Os índices de absorção de água dos solos das jazidas Bairro Floresta e Passo da Mangueira foram inferiores ao máximo estabelecido de 20%, não ocorrendo o mesmo com o solo da jazida Cemitério Novo. (Ver tabela 9, pág. 94).

Conclusão: Ainda que os teores de cimento, no qual se atende as condições da ABCF(2), sejam superiores ao máximo adotado de 10%, indica-se que o solo das jazidas Bairro Floresta e Cemitério Novo poderia ser utilizado segundo a técnica de solo-cimento, em situações onde o caráter econômico não é fator ponderável.

São Lourenço.

-Jazida Boqueirão:

O solo da jazida Boqueirão atingiu a resistência à compressão simples adotada de 2kN/m^2 nos traços 1:8 e 1:10, e teve nos ensaios realizados índice de absorção de água inferior a 20% .

Conclusão: Considerados os resultados indica-se que o solo da jazida Boqueirão pode ser utilizado como solo - cimento.

-Jazida Coqueiro:

O solo da jazida Coqueiro atingiu e superou a resistência à compressão simples admissível de 2kN/m^2 nos traços 1:11 e 1:13 cujos teores de cimento são inferiores ao máximo estabelecido de 10%. (Ver Tabela 8, pág. 92).

O índice de absorção de água foi inferior ao máximo adotado de 20% em todos os traços ensaiados.

Conclusão: Considerados os resultados obtidos nos

ensaios realizados recomenda-se ser o solo da jazida Coqueiro adequado para ser usado como solo-cimento.

Pelotas.

-Jazidas Cascata e Retiro:

A resistência à compressão simples admissível de 2kN/m^2 não foi atingida no solo da jazida Cascata mas ocorreu sua obtenção no solo da jazida Retiro no traço 1:7. (Ver Tabela 8, pág. 92).

O índice de absorção de água foi inferior nos traços cujo teor de cimento é superior ao máximo estabelecido de 10%. (Ver Tabela 9, pág. 94).

Conclusão: Considerados os resultados verificou-se que o solo das jazidas Cascata e Retiro não apresentam boas condições para uso como solo-cimento.

8) Considerações gerais:

A presença de vermiculita detectada no ensaio mineralógico Difração de raio X da argila, possivelmente justifique o desempenho não altamente satisfatório dos solos com características razoáveis para uso como solo-cimento.

A identificação dos horizontes é fundamental para definir adequadamente o material coletado e ensaiado.

Comparados os resultados obtidos na pesquisa que deu origem a este trabalho, "Solo-cimento para habitações

populares. Metodologia para mapeamento de jazidas de solo visando sua utilização em habitações populares". (Cruz,88) vê-se que ainda que os solos tenham características pedológicas e geológicas semelhantes não apresentaram comportamento similar. Isto justifica-se pelo fato da impossibilidade encontrada na atual pesquisa para uso de solo do horizonte C, usado preferencialmente por Cruz, da composição entre horizontes e do posicionamento das jazidas.

4.2.Sugestões para futuras pesquisas.

1) Estudo de viabilidade econômica para todas as jazidas pesquisadas e com desempenho enquadrado dentro dos limites sugeridos pela ABCP(2), comparando com o método tradicional de construção.

2) Comparação do método físico-químico, método de dosagem tradicional da ABCP(2) e método expedito do consumo de cimento por jazida, para estudar o diferente desempenho.

3) Ampliação do estudo feito nesta pesquisa para outras regiões do Estado.

4) Estudo do desempenho de paredes monolíticas visando estabelecer limites de aceitação para absorção, resistência à compressão simples e durabilidade.

5) Verificação do efeito na durabilidade e permeabilidade das paredes externas de solo-cimento da ação do elevado índice de precipitação no Estado do Rio Grande do Sul.

6) Estudo da composição dos solos das jazidas Bairro Floresta, Cemitério Novo, Passo da Mangueira, Boqueirão, Cascata e Retiro, com outros solos afim de alterar sua composição granulométrica e novamente analisar suas possibilidades de uso como solo-cimento.

7) Intensificação nos trabalhos de divulgação e aprimoramento da técnica do solo-cimento por parte dos órgãos de pesquisa e divulgação do governo federal e municipal.

BIBLIOGRAFIA

1. ABIKO A. K., 1980. Tecnologias apropriadas: tijolos e paredes monolíticas de solo-cimento. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 115 p., dissertação mestrado.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 1986. Aplicação do solo-cimento em pequenas áreas urbanas. São Paulo, 12 p., ET-109.
3. _____, 1985. Construção de paredes monolíticas com solo-cimento compactado. São Paulo, 8 p., ET-110.
4. _____, 1983. Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio. 2ª ed.. São Paulo, 63 p., ET-35.
5. _____, 1985. Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. São Paulo, 6 p., ET-111.
6. _____, 1984. Prospecção de jazidas e coleta de amostras de solos para solo-cimento: mistura de dois solos. São Paulo, 27 p., ET-59.
7. _____, 1985. Quadras esportivas de solo-cimento: execução manual. São Paulo, 11 p., ET-99.
8. _____, 1985. Solo-cimento na habitação popular. São Paulo, 14 p., ET-74.
9. AZAMBUJA M. A., 1981. Geologia aplicada a solo-cimento. São Paulo, ABCP, 62 p., ET-19.
10. BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, 1985. Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas. Tijolos maciços de solo-cimento: fabricação e utilização. Rio de Janeiro, 20 p.
11. _____, 1985. Uniformização das técnicas de aplicação do solo-cimento na construção habitacional. Rio de Janeiro, 14 p.
12. BASILIO F. A., 1983. Cimento Portland. São Paulo, ABCP,

44 p., ET-28.

13. O BE-A-BA do solo-cimento para construção de casas populares. Jan/Fev., 1984. Dirigente municipal, 15(1):1-3.
14. BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 431 p., ET-30.
15. CARVALHO M. D., 1985. Produção e custos de camadas estabilizadas com cimento. São Paulo, ABCP, 58 p., ET-80.
16. CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÕES E EQUIPAMENTOS ESCOLARES, 1980. Solo-cimento na construção de escolas. Rio de Janeiro, 39 p.
17. CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, Camaçari, 1985. Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento. 4ª ed.. Rio de Janeiro, BNH, 39p.
18. _____, 1984. Manual de construção com solo-cimento. 3ª ed.. São Paulo, ABCP, 147 p.
19. _____, 1978. PROJETO TABHA. São Paulo, ABCP, Relatório final. Fase 1. 130 p.
20. _____, 1978. PROJETO TABHA. São Paulo, ABCP, Relatório final. Fase 2. 130 p.
21. _____, 1978. Solo estabilizado como fator de barateamento da construção habitacional. Rio de Janeiro, BNH, 43 p.
22. CERATTI J. A. & CASANOVA F. J., 1976. Aplicação do método físico-químico na dosagem de cimento para estabilização de solos. Rio de Janeiro, COPPE/UPRJ, 8 p., mimeografadas.
23. CRUZ A. L., 1987. Solo-cimento na habitação: mapeamento de jazidas de solo como instrumento para planejamento de futuras intervenções. Porto Alegre, 9 p.,

mimeografadas.

24. _____, 1988. Solo-cimento para habitações populares. Metodologia para mapeamento de jazidas de solo, visando sua utilização em habitações populares. Porto Alegre, UFRGS, 148 p.. Dissertação de mestrado.
25. _____, Uma experiência no uso de blocos de solo-cimento para construção de casas populares. Belém, Universidade Federal do Pará, 58 p.. Trabalho de conclusão de curso.
26. DIAS R. D., 1987. Conceitos de pedologia aplicáveis à engenharia. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 30 p. Caderno de Engenharia nº 18.
27. INGLES O. G. & METCALF J. R., 1972. Soil stabilization: principles and practice. Sidney, Butterworths, 374 p.
28. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1977. Casa evolutiva construída em mutirão, concentrada com tijolos de solo-cimento. São Paulo.
29. _____, 1978. O uso do solo-cimento na construção de habitações. Rio de Janeiro, BNH, 35 p.
30. LEMOS R. C. & SANTOS R. D., 1982. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2ª ed.. Campinas. Comissão de Método de Trabalho da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 45 p.
31. MACHADO C. F. D., 1978. Estabilização de solo típico regional visando sua utilização como base de pavim. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 68 P.. Dissertação de mestrado.
32. MONIZ A. C. et alii, 1975. Elementos de pedologia. 2ª ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 460 p.
33. NOGUEIRA C., 1976. Estabilização dos solos. In: _____ Pavimentação. Porto Alegre, Globo, vol.2, cap. 7, p.85-138.
34. PINTO C. S., 1980. Evolução das pesquisas de laboratório

- sobre solo-cimento. 4ª ed.. São Paulo, ABCP, 22 p.
35. FITTA M. R., 1983. Controle e fiscalização de obras de solo-cimento. 2ª ed.. São Paulo, ABCP, 57 p., ET-36.
 36. _____, 1985. Retração do solo-cimento. São Paulo, ABCP, 75 p. ET-74.
 37. RODRIGUES P., 1984. Determinação do teor de cimento em misturas frescas de solo-cimento. São Paulo, ABCP, 17 p. ET-68.
 38. SILVA M. R., 1985. Solo-cimento. In:_____. Materiais de Construção. São Paulo, Ed. Pini, cap. 9, p. 139-44.
 39. _____, 1983. O uso do solo-cimento na construção regional de Brasília. São Paulo, 21 p., mimeografadas.
 40. SILVEIRA R. J. C., 1984. Variabilidade das características dos solos e relações solo-superfícies geomórficas na Encosta do Sudeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Fac. de Agronomia da UFRGS, 139 p.. Diss. mestrado.
 41. TAVEIRA E. S. M.. Construir, morar, habitar: o solo-cimento no campo e na cidade. São Paulo, ed. Icone, s. d. 120 p.
 42. TORRENTE BALEATO M. & SAGUES AMORENA L., 1974. Estabilización de suelos: suelo-cemento. 3ª ed., Barcelona. Ed. Técnicos Asociados, 152 p.
 43. VARGAS M., 1981. Curso de solo-cimento: identificação e classificação dos solos. 3ª ed.. São Paulo, ABCP, 28 p.
 44. VIEIRA L. S., 1975. Manual da ciência do solo. São Paulo, Ed. Agr. Ceres, 464 p.

ANEXOS.

ANEXO I. Mineralogia . Difração de raio X da argila, dos
solos das nove jazidas pesquisadas.

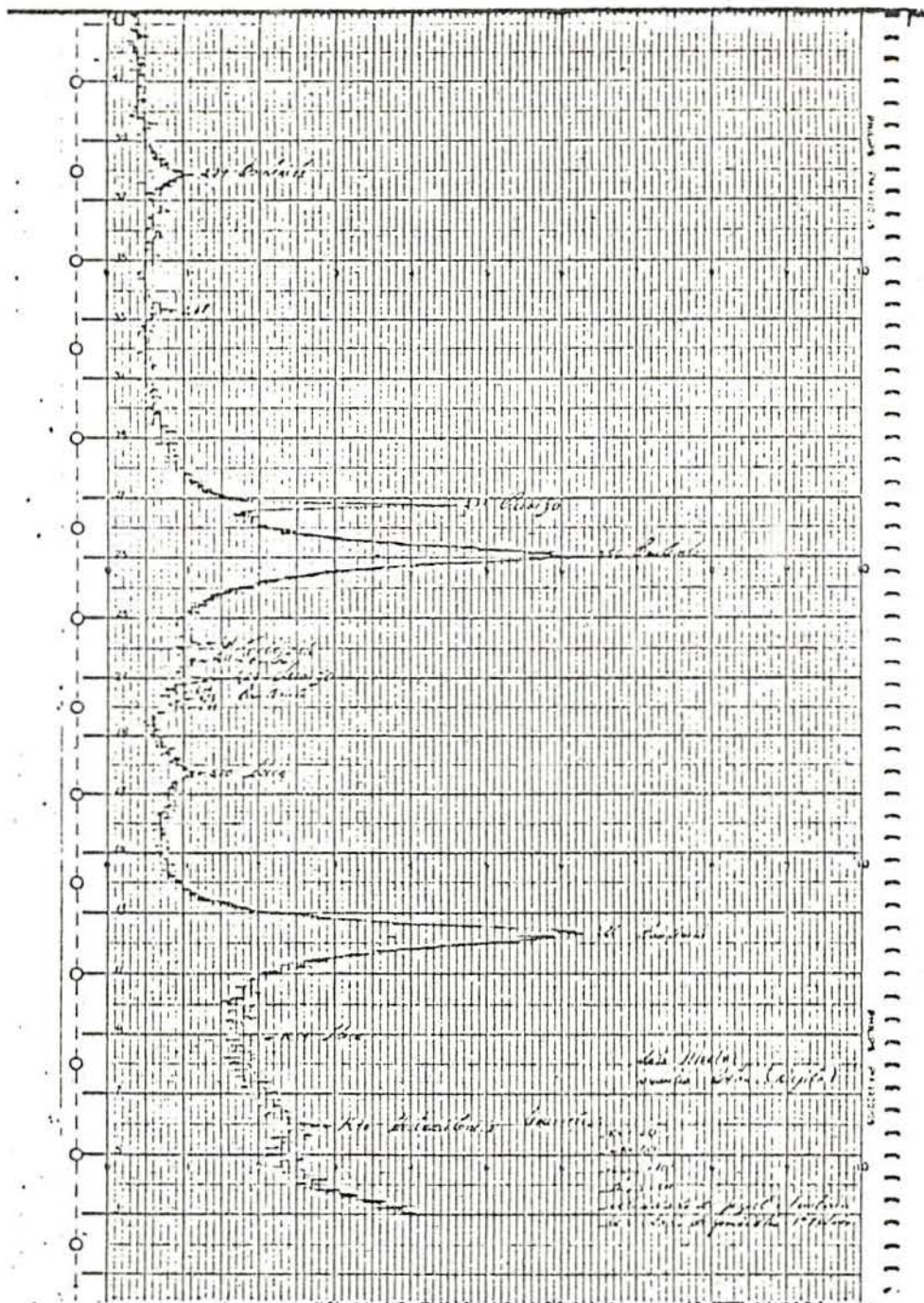


Fig.29 - Mineralogia. Difração de raio X da argila.
Tapés, Jazida Butia.

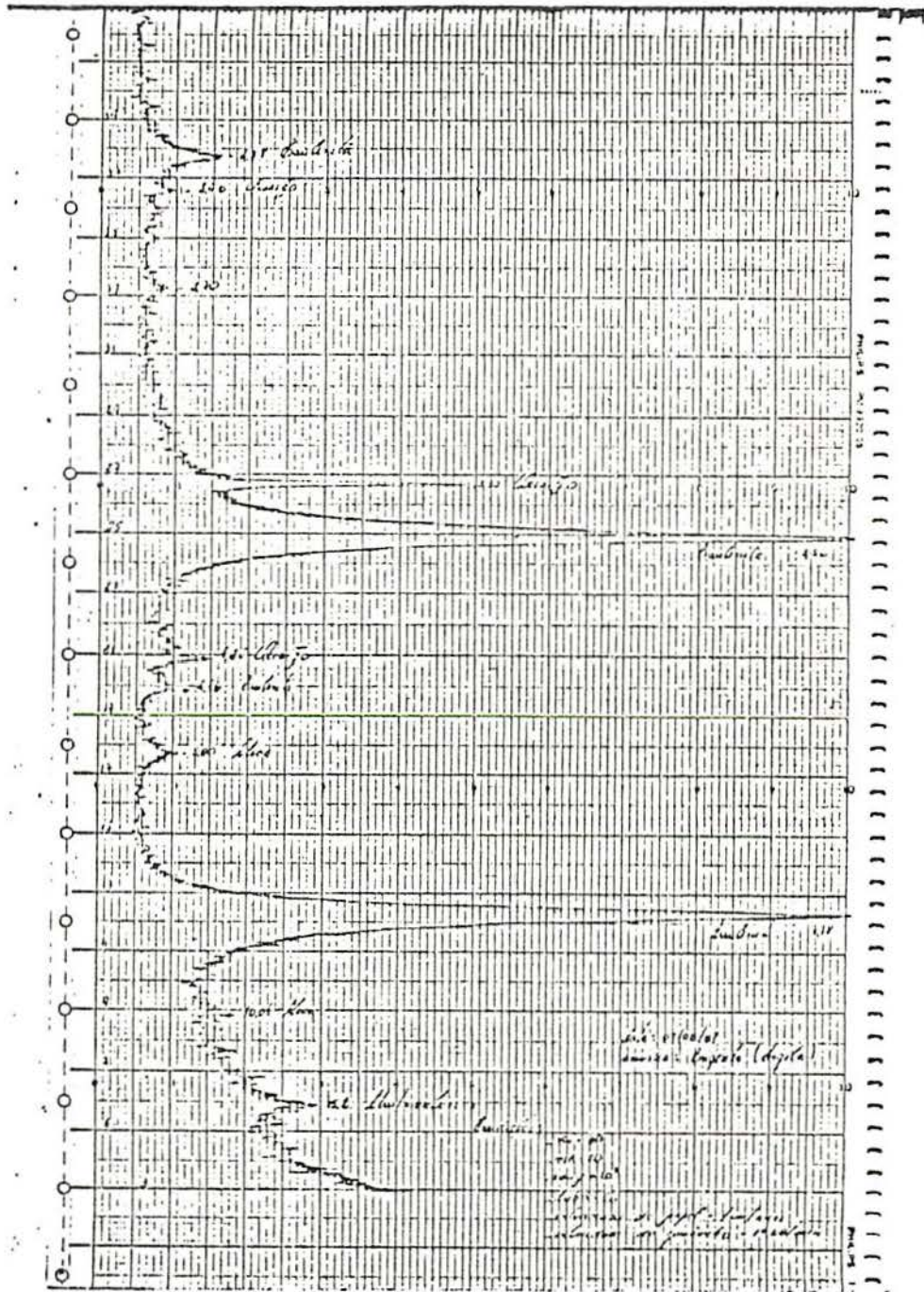


Fig. 30 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Tapes. Jazida Engenho.

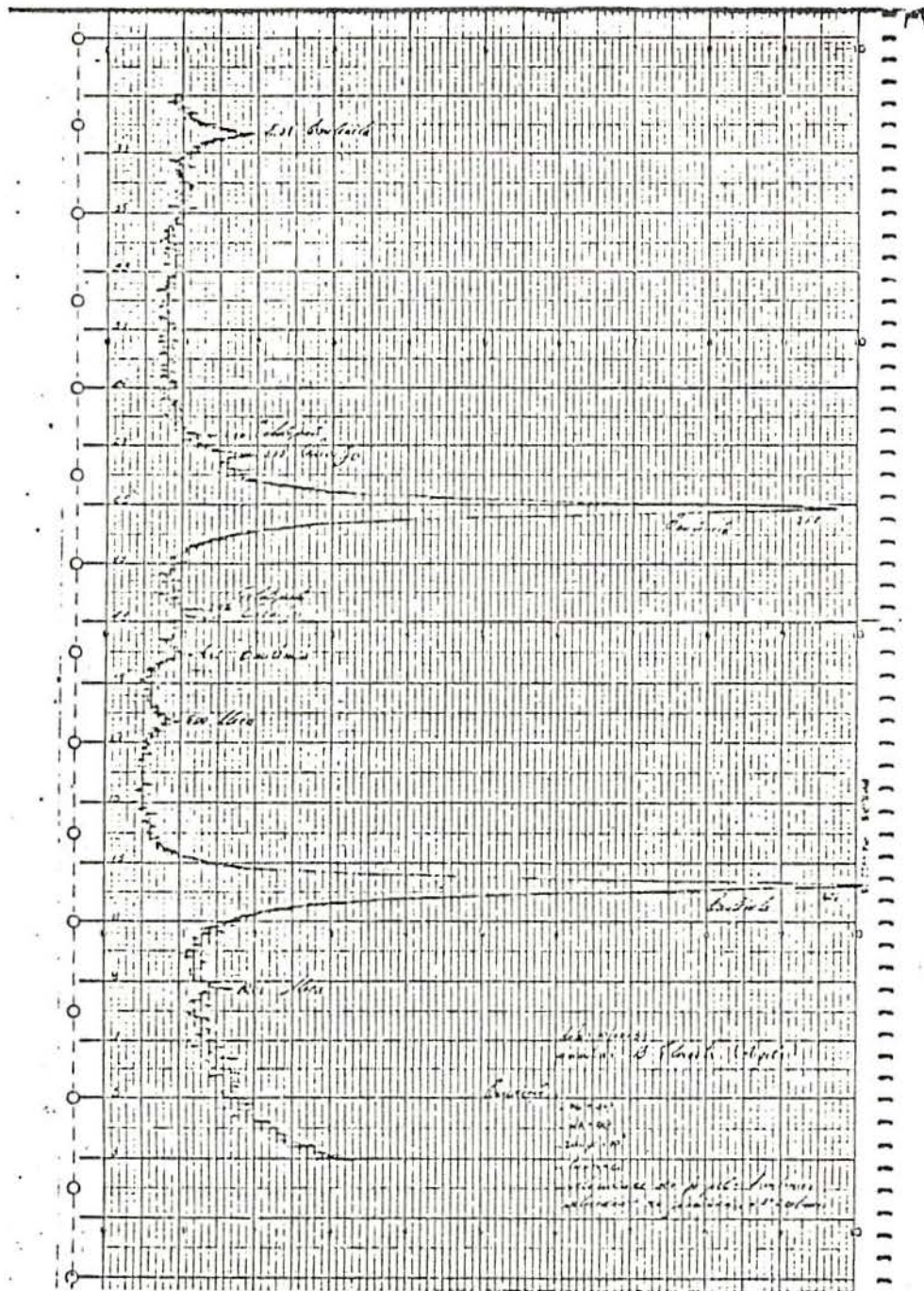


Fig. 31 - Mineralogia. Difração de raio X da argila.
Camaquã, Jazida Bairro Floresta.

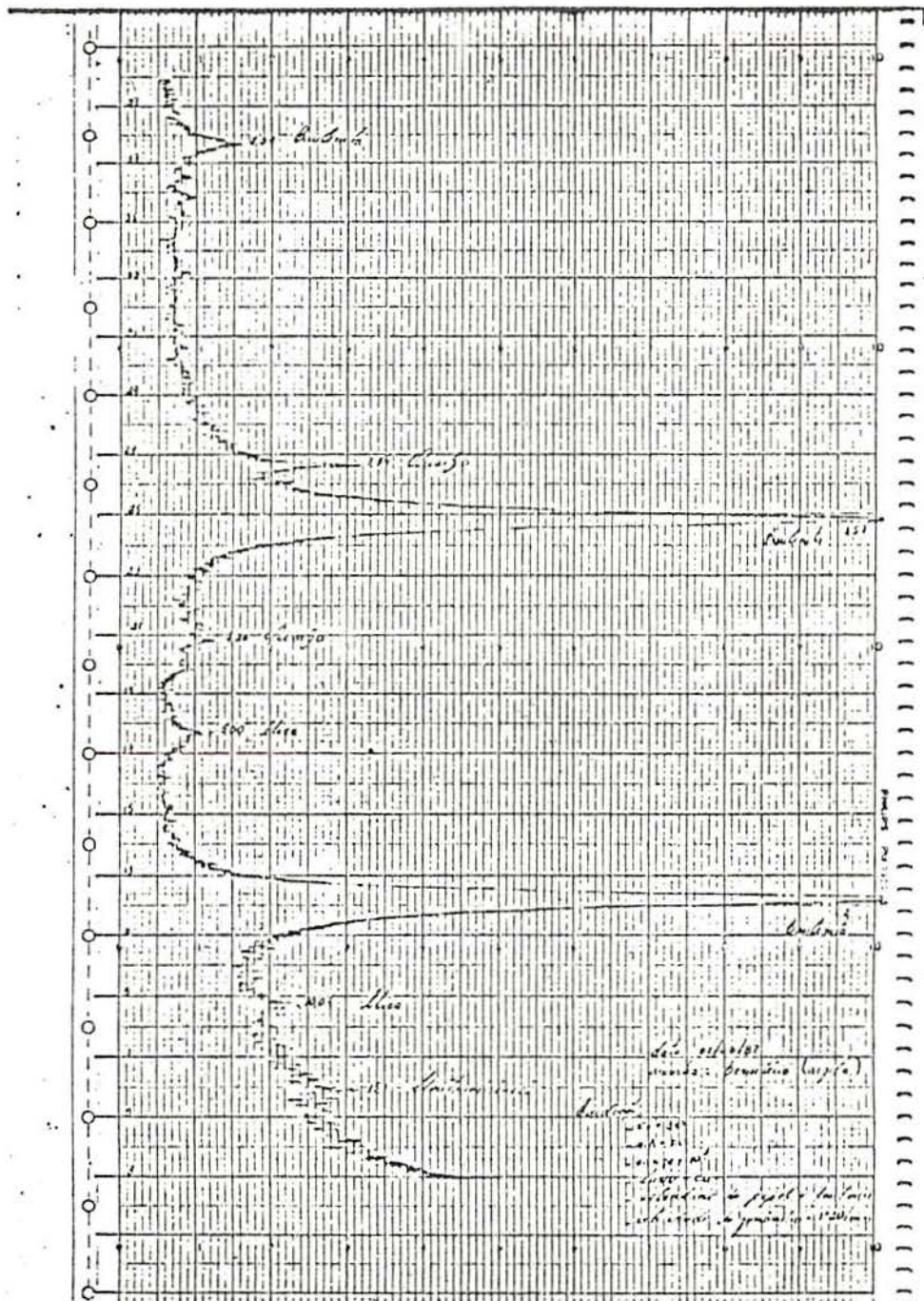


Fig. 32 - Mineralogia. Difração de raio X da argila.
Camaquã. Jazida Cemitério Novo.

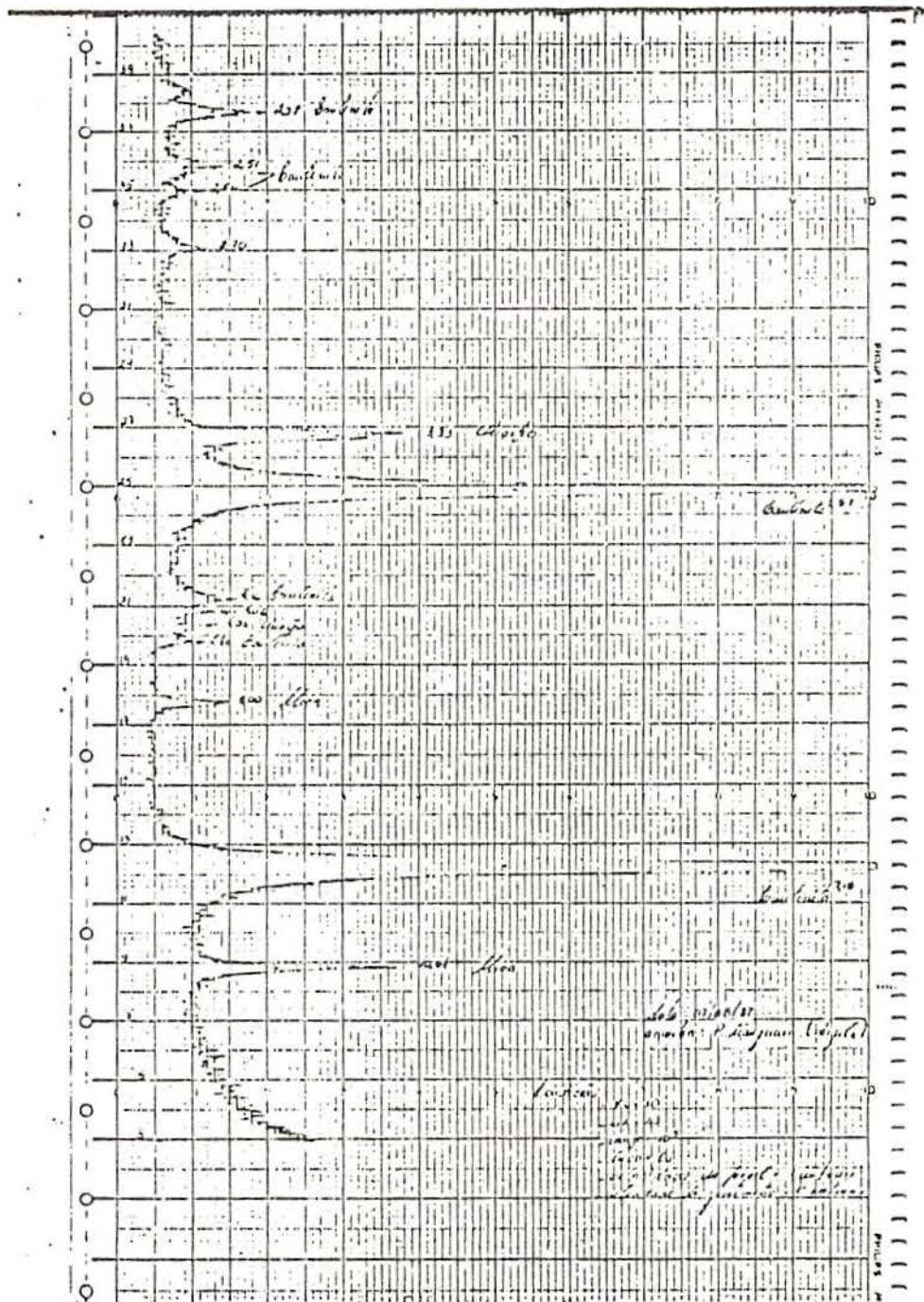


Fig. 33 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Camaquã. Jazida Passo da Mangueira.

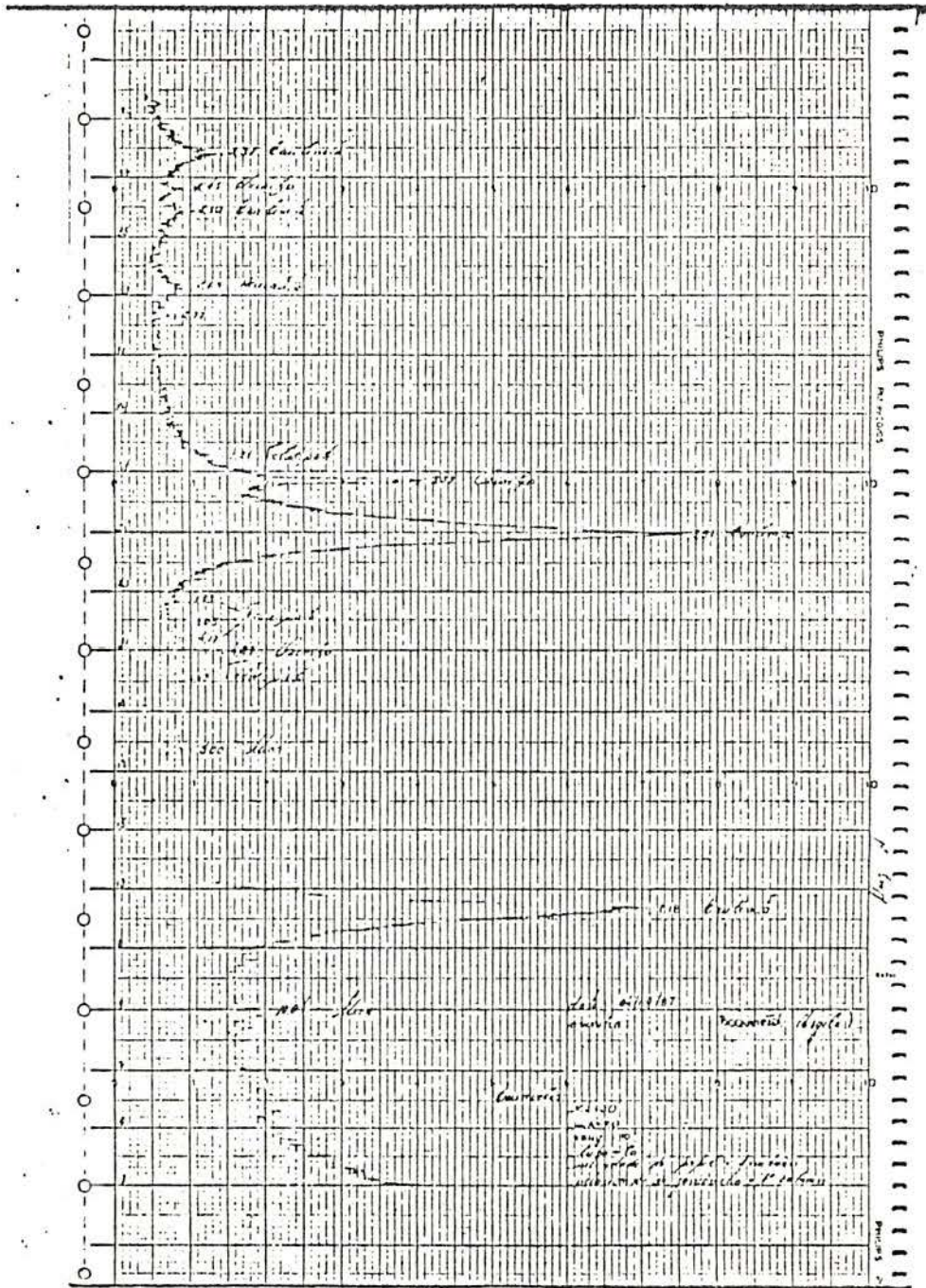


Fig. 34 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. São Lourenço, Jazida Roqueirão.

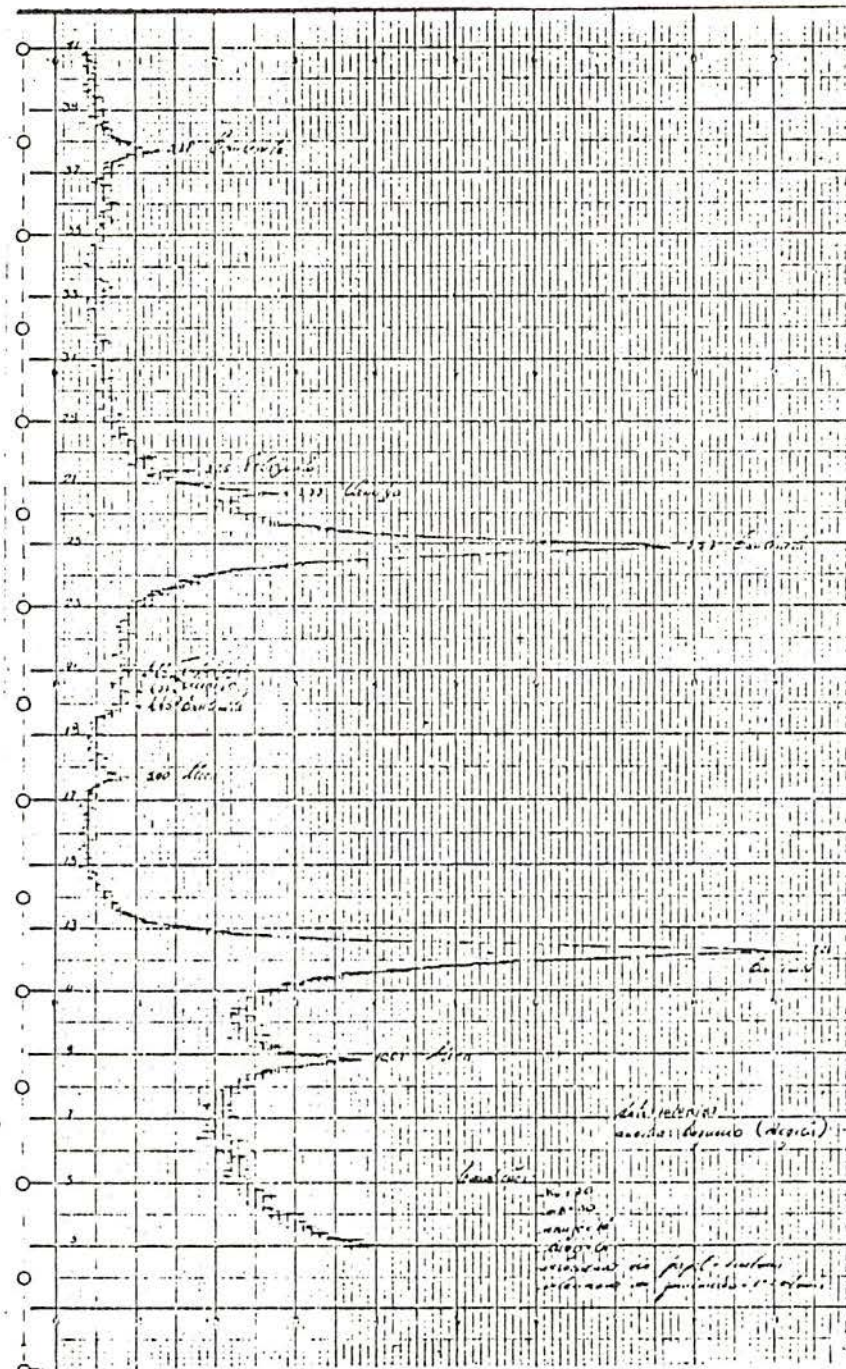


Fig. 35 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. São Lourenço, Jazida Coqueiro.

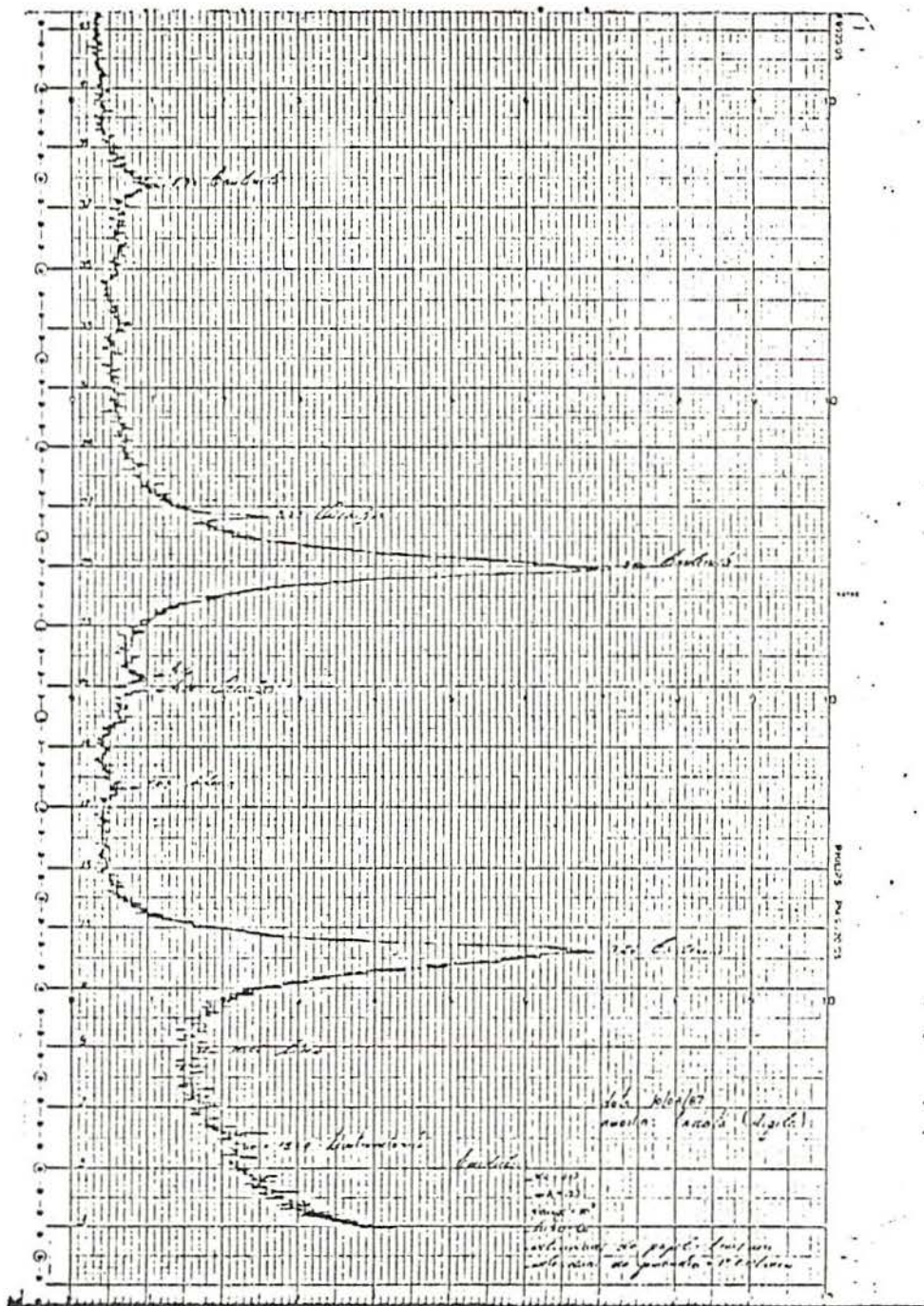


Fig. 36 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Pelotas, Jazida Cascata.

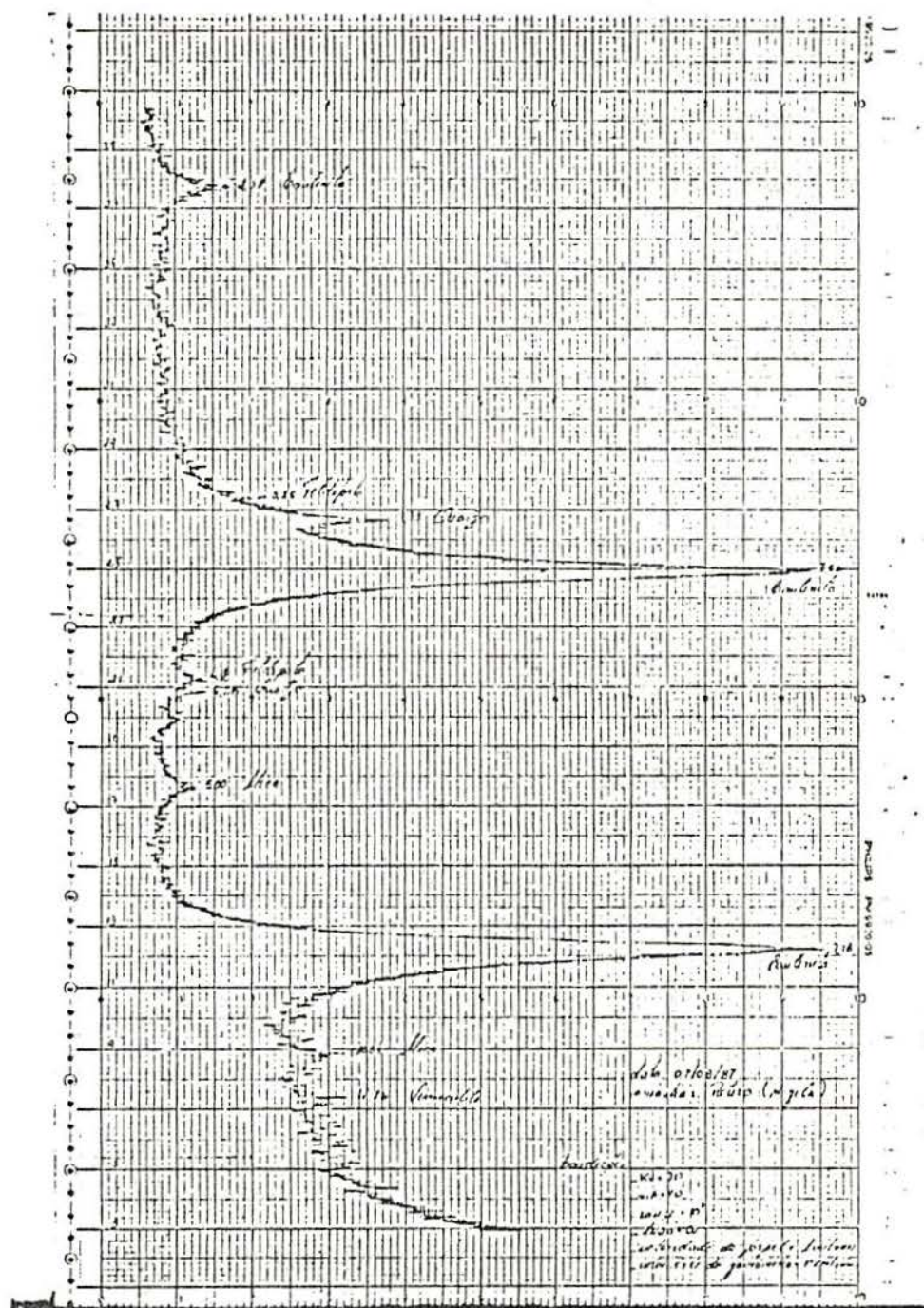


Fig. 37 - Mineralogia. Difração de raio X da argila. Pelotas, Jazida Retiro.

ANEXO II. Relatório enviado as Secretarias de Obras das
cidades pesquisadas.

SOLO-CIMENTO. ANALISE DE AMOSTRAS DE SOLO.

CIDADE:

JAZIDA:

LOCALIZAÇÃO:

TIPO DE SOLO, SEGUNDO DADOS PEDOLÓGICOS:

ENSAIOS LABORATORIAIS REALIZADOS:

ANALISE GRANULOMETRICA (NBR - 7181)

	% pedregulho	% areia	% silte	% argila
Valor obtido				
Valor indica ABCP, CEPED	45 a 90%		10 a 55%	

LIMITES - LIQUIDEZ (NBR-6459).
- PLASTICIDADE (NBR-7180).

	Liquidez (%)	Plasticidade (%)	Índice Plasticidade (%)
Valor obtido			
Valor indica ABCP, CEPED	≤ 45		≤ 18

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO. (ABCP MÉTODO SC-1)

Traço (volume)	Umidade ótima (%)

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES. (NBR -8492)

Traço (volume)	Resistência obtida (kgf/cm ²)	Resistência mínima (kgf/cm ²)

OPS.: CORPOS PROVA EM TIJOLOS (ABCP. BT 111)

CONCLUSÕES:

- * ABCP: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND.
- * CEPED: CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO.