

USO DO AGREGADO CALCÁRIO NA FABRICAÇÃO DE
CONCRETO ASFÁLTICO

ROSA MARIA GONÇALVES COELHO

USO DO AGREGADO CALCÁRIO NA FABRICAÇÃO DE
CONCRETO ASFÁLTICO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para a obtenção ao grau de Mestre.

Área de Concentração - Geotecnia

Orientador: Prof. J. Q. Queiroz de Carvalho, Ph.D.

Co-Orientador: Prof. F. Edmar Brasileiro, M.Sc

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

1995

ROSA MARIA GONÇALVES COELHO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
GEOTECNIA

USO DO AGREGADO CALCÁRIO NA FABRICAÇÃO DE
CONCRETO ASFÁLTICO

ROSA MARIA GONÇALVES COELHO

ORIENTADOR : PROF. J. B. QUEIROZ DE CARVALHO, Ph.D
CO-ORIENTADOR : PROF. FRANCISCO EDMAR BRASILEIRO, M.Sc

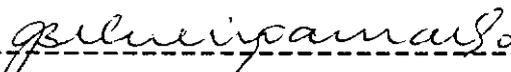
CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

1995

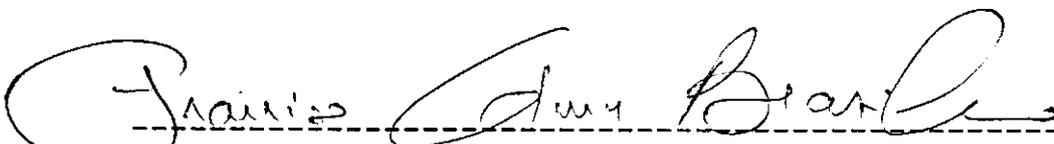
ROSA MARIA GONÇALVES COELHO

USO DO AGREGADO CALCÁRIO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO
ASFÁLTICO

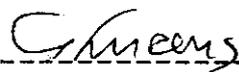
Dissertação aprovada em 18 de dezembro de 1995



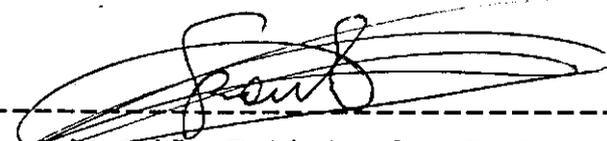
Prof. João Batista Queiroz de Carvalho, Ph.D
Presidente



Prof. Francisco Edmar Brasileiro, M.Sc
Examinador



Prof. Francisco Barbosa de Lucena, M.Sc
Examinador Interno



Prof. Sebastião Batista dos Santos, M.Sc
Examinador Externo

Campina Grande - Paraíba
1995

DEDICATÓRIA

À meus país : Pedro Donato Coêlho e
 Maria Geni Gonçalves Coêlho (in memorium)
À minha tia : Gessi Gonçalves de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Ao Pai Celestial por, tornar possível a concretização deste trabalho.

Aos meus professores João Batista Queiroz de Carvalho e Francisco Edmar Brasileiro pelo apoio, dedicação e orientação durante a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários da área de geotecnia que contribuíram com seu apoio direta ou indiretamente.

Ao amigo dos momentos de trabalho e também das horas difíceis, o tecnologista Roberes Ramos de Almeida, a quem devo muito apoio.

A amiga Conceição de Maria Cardoso Costa, pelo apoio nos momentos de difíceis.

A minha família por todo seu apoio.

Ao C.N.P.Q., pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

À Atecel pelo apoio prestado quando necessário.

Aos amigos, o Eng^o. Nilton Rego do DER, Mossoró-RN e o Eng^o. Emerson Junior, por todo apoio prestado durante as pesquisas de campo feitas em Mossoró e adjacências.

A superintendência, diretores, gerência e funcionários da Itapetinga Agro-Indústria, Mossoró-RN pelo alojamento e apoio durante as pesquisas feitas (especialmente meus

amigos: Eng^{os}. Jurandir e Omar e o Geólogo Francisco pelo tempo despendido em cooperar com as pesquisas).

A todos enfim meu muito obrigada.

RESUMO

Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida com o objetivo de se utilizar o agregado graúdo não convencional calcário, de formações calcítica e dolomítica, como agregado alternativo em substituição ao agregado convencionalmente usado na fabricação dos concretos betuminosos usinados à quente, como forma de redução de custos de obras rodoviárias, em regiões onde as rochas calcárias são predominantes. Para que pudessem ser comprovadas as características que mostram a resistência da mistura betuminosa, foi utilizado o Ensaio Marshall. Foram feitos ensaios físicos e mecânicos de forma a comprovar suas características na pavimentação. São apresentados alguns resultados de serviços executados na pavimentação da cidade de Mossoró-RN, com resultados satisfatórios de uso nas diferentes camadas do pavimento.

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitiram concluir que devido a resistência satisfatória e propriedades similares as da brita granítica além de menores custos de extração e britagem, o agregado calcário pode substituí-la com muita propriedade, quando empregado no uso de concreto betuminoso usinado à quente como revestimento em rodovias, reduzindo-se o custo final da obra.

ABSTRACT

This thesis presents the results of an investigation carried out to study the performance of a non conventional aggregate, calcareous aggregate of the dolomitic and calcitic formation, in substitution to the dolomitic and calcitic aggregate. used to fabricate hot-mix bituminous concrete.

The predominant characteristics of the bituminous mixtures were evaluated using the traditional Marshall test. In order to determine the quality of the mixture, physic and mechanic tests were applied.

The results obtained in this investigation in regard to existing pavement, named airport of Mossoró-RN city, constructed with calcareous aggregate in the bituminous mixtures, revealed that the alternative mixture made with calcareous aggregate, is a valid one. Also, the results from laboratory tests, showed that the strength property of the bituminous mixture made with the normal granitic aggregate. Therefore, based on these results, it can concluded that the calcareous aggregate is an alternative aggregate that can be used to fabricate bituminous mixtures, in replacement of the conventional granitic aggregate.

ÍNDICE

	Página
CAPITULO 1 - Apresentação e Objetivos da Pesquisa.....	1
CAPITULO 2 - Revisão Bibliografica.....	3
2.1 - Introdução.....	3
2.2 - Materiais Calcários.....	4
2.2.1 - Origem.....	4
2.2.2 - Formação Geológica.....	6
2.2.3 - Classificação.....	6
2.2.4 - Litologia e Composição.....	8
2.2.5 - Principais Usos.....	11
2.2.5.1 - Fabricação de Cimento.....	11
2.2.5.2 - Fabricação de Cal.....	12
2.2.5.3 - Corretivos de Solos.....	13
2.2.5.4 - Fundente em Metalurgia.....	13
2.2.5.5 - Produtos Químicos e Farmacêuticos.....	14
2.2.5.6 - Fabricação de Vidro.....	14
2.2.5.7 - Pedra Ornamental.....	14
2.2.5.8 - Pavimentação.....	15
2.3 - Produção e Reservas de Calcário no Mundo e no Brasil.....	15
2.3.1 - No Mundo.....	15
2.3.2 - No Brasil.....	16

2.3.3 - Áreas de Ocorrência de Calcário no Estado da Paraíba.....	24
2.4 - Experiências na Utilização de Materiais Calcários.....	27
2.4.1 - Introdução.....	27
2.4.2 - Experiências Diversas.....	27
2.4.3 - Experiências no Nordeste do Brasil no Uso de Materiais Calcários.....	31
2.4.4 - Parâmetros de Influência dos Agregados Graúdos Não Convencionais no Comportamento dos Concretos Asfálticos.....	37
2.4.5 - Especificações para Agregados Usados na Pavimentação.....	37
2.4.6 - Influência dos Materiais Betuminosos nos Concretos Asfálticos.....	43
2.5 - Especificações para Misturas Betuminosas à Quente.....	44
2.5.1 - Dosagem.....	46
2.5.2 - Algumas Propriedades não Comuns aos Agregados Convencionais e não Convencionais.....	48
2.5.2.1 - Absorção.....	48
2.5.2.2 - Degradação.....	50
2.5.2.3 - Resistência ao Polimento.....	51
2.5.2.4 - Massa Específica.....	51
2.6 - Conclusões.....	51
CAPITULO 3 - Materiais e Métodos.....	53

3.1 - Introdução.....	53
3.2 - Localização e Coleta dos Materiais.....	53
3.2.1 - Agregados Graúdos.....	53
3.2.2 - Agregados Miúdos.....	55
3.2.3 - Material de Enchimento.....	55
3.2.4 - Cimento Asfáltico.....	56
3.3 - Mistura dos Agregados Utilizados na Pesquisa.....	56
3.4 - Escolha dos Teores de Ligante Adotados para Moldagem dos Corpos de Prova.....	57
3.5 - Métodos de Ensaio.....	57
3.5.1 - Introdução.....	57
3.5.2 - Preparação dos Materiais Utilizados na Pesquisa.....	58
3.5.3 - Misturas dos Agregados Utilizados na Pesquisa.....	60
3.5.4 - Escolha dos Teores de Ligante Adotados para Moldagem dos Corpos de Prova.....	60
CAPITULO 4 - Apresentação e Análise dos Resultados.....	67
4.1 - Introdução.....	67
4.2 - Resultados Obtidos por Outros Pesquisadores.....	68
4.2.1 - Características Físicas e Mecânicas.....	68
4.2.2 - Em Misturas Asfálticas.....	69
4.3 - Características Físicas e Mecânicas dos Agregados Estudados.....	72
4.3.1 - Composição Granulométrica dos Agregados.....	72
4.3.2 - Massa Específica Real e Aparente dos Agregados Graúdo, Miúdo e Material de Enchimento.....	73
4.3.3 - Índice de Forma de Agregado.....	74

4.3.4 - Ensaio de Absorção.....	74
4.3.5 - Ensaio de Desgaste pôr Abrasão.....	76
4.3.6 - Ensaio de Esmagamento.....	79
4.3.7 - Ensaio de 10% de Finos.....	79
4.3.8 - Análise Química.....	80
4.4 - Avaliação Comparativa do Comportamento Físico e Mecânico da Mistura dos Agregados Estudados, Antes e Após a Utilização do Concreto Asfáltico.....	83
4.4.1 - Ensaio de Caracterização do Ligante.....	83
4.4.2 - Características do Ensaio Marshall e Teor Ótimo de Ligante.....	84
4.4.3 - Resultados Obtidos Após a Extração do Ligante...	93
4.4.4 - Conclusões.....	99
4.5 - Avaliação Comparativa dos Custos de Extração e Britagem do Material Estudado e os Custos do Agregado Convencional.....	99
4.5.1 - Custos de Extração.....	99
4.5.2 - Custos de Britagem.....	101
4.5.3 - Conclusões.....	102
CAPITULO 5 - Conclusões.....	103
CAPITULO 6 - Sugestões Para Futuras Pesquisas.....	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
APENDICE 1 - Relação das Ocorrências de Calcário Sedimentar e Cristalino na Paraíba.....	113

ANEXO 1 - Resumo do Estudo Geotécnico Feito do Concreto Betuminoso Usinado à Quente e do Pré- Misturado à Frio Usado pela Prefeitura de Mossoró-RN, para Recapeamento das Ruas da Cidade.

ANEXO 2 - Resumo do Estudo Feito Quando da Ampliação do Aeroporto de Mossoró.

ANEXO 3 - Um Resumo das Jazidas Visitadas e Cadastradas por Ocasão desta Pesquisa

ANEXO 4 - Fotos

RESUMO DE TABELAS

TABELA 2.1 -Classificação dos Calcários/Dolomitos....	7
TABELA 2.2 -Reservas Oficiais de Calcário no Brasil..	23
TABELA 2.3 -Reservas Oficiais de Calcário, Estado da Paraíba	25
TABELA 2.4 -Rodovias Particulares na Cidade de Mossoró.....	32
TABELA 2.5 - Rodovias Executadas pelo D.N.E.R.....	33
TABELA 2.6 - Estradas Executadas pelo D.E.R. do Rio Grande do Norte-DER, Distrito de Mossoró.....	34
TABELA 2.7 - Rodovias Particulares, Petrobrás, Mossoró - RN.....	35
TABELA 2.8 - Rodovia Particular Construída pela Constru- tora Contrepadre - Ceará.....	35
TABELA 2.9 - Valores Especificados no Brasil para Desgaste "Los Angeles".....	38
TABELA 2.10 - Resistência Mecânica Recomendada para Agregados Rodoviários Naturais da África do Sul.....	42
TABELA 2.11 - Valores Encontrados Para Esmagamento e Impacto para diferentes Grupos de Rochas.....	42

TABELA 2.12 - D.N.E.R., Especificações para Material de Enchimento, 1974.....	42
TABELA 2.13 - Especificações para Uso do Cimento Asfáltico, D.N.E.R.....	45
TABELA 2.14 - Características Determinadas através do Ensaio Marshall, D.N.E.R.....	45
TABELA 3.1 - Agregados Graúdos Utilizados na Pesquisa.....	54
TABELA 3.2 - Agregados Miúdos Utilizados na Pesquisa..	55
TABELA 3.3 - Metodologia de Ensaio Empregada para os Agregados Utilizados na Pesquisa.....	62
TABELA 3.4 - Metodologia de Ensaio Empregada nas Misturas Betuminosas da Pesquisa.....	63
TABELA 3.5 - Metodologia de Ensaio Empregada para o Cimento Asfáltico Utilizado na Pesquisa..	64
TABELA 4.1 - Resultados de Dosagem Marshall, Obtidos por Brasileiro(1983) e Macêdo(1989), Utilizando Brita Granítica e Calcário.....	72
TABELA 4.2 - Resumo da Granulometria do Material Utilizada na Dosagem Marshall.....	77
TABELA 4.3 - Comparativo das Características Físicas e Mecânicas dos Agregados Estudados e a Brita Granítica.....	80
TABELA 4.4 - Análise Química do Calcário Utilizado na Dosagem Marshall desta Pesquisa.....	81

TABELA 4.5 - Análise Química do Calcário de Mossoró, RN.....	82
TABELA 4.6 - Caracterização do Ligante Utilizado na Pesquisa.....	83
TABELA 4.7 - Resultados Obtidos no Ensaio Marshall p/50 Golpes.....	85
TABELA 4.8 - Resultados Obtidos no Ensaio Marshall p/75 Golpes.....	86
TABELA 4.9 - Resultados Obtidos Usando a Massa Específica Efetiva, p/50 Golpes.....	92
TABELA 4.10 - Resultados Obtidos Usando a Massa Específica Efetiva, p/75 Golpes.....	92
TABELA 4.11 - Granulometria Após Extração do Ligante (50 Golpes).....	94
TABELA 4.12.1 - Resultados Obtidos Após Extração do Ligante, p/50 Golpes.....	95
TABELA 4.12.2 - Resultados Obtidos Após Extração do Ligante p/50 Golpes. (Continuação).....	95
TABELA 4.13 - Granulometria Obtida Após Extração do Ligante, para 75 Golpes.....	97
TABELA 4.14.1 - Resultados Obtidos Após Extração de Ligante, para 75 Golpes.....	98
TABELA 4.14.2 - Resultados Obtidos Após Extração do Ligante para 75 Golpes. (Continuação).....	98
TABELA 4.15 - Custos de Extração.....	100
TABELA 4.16 - Custos de Britagem.....	101

CAPITULO 1

APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1 - Apresentação

No Brasil, o setor rodoviário é um dos que mais necessita de investimentos para melhorar as condições de tráfego de suas estradas. No entanto com a falta de recursos, o transporte de material faz-se dia a dia mais caro, tornando-se o aproveitamento de materiais locais um poderoso instrumento no barateamento das obras de pavimentação. Apesar da extrema importância do trabalho realizado há algumas décadas com a utilização de tecnologia importada e sua adaptação ao ambiente técnico científico brasileiro, pouco tem sido feito com características inovadoras, visando a utilização de materiais locais para a obtenção de agregados que viabilizem a construção de pavimentos com baixo custo com a utilização de, pôr exemplo, concreções lateríticas e rochas calcárias. Devido a escassez de materiais convencionais em determinadas regiões, torna-se necessário o estudo de materiais alternativos predominantes nessas mesmas regiões, que possam substituir quando necessário o agregado comumente utilizado em pavimentação que é a brita granítica,

minimizando assim os custos da obra. Nos últimos anos tem-se desenvolvido trabalhos visando estabelecer normas específicas desde a caracterização até a avaliação "in situ" dos materiais calcários. Procura-se desse modo definir a viabilidade desses materiais no que diz respeito ao enquadramento dentro dos parâmetros de resistência e deformação aceitáveis e a sua exequividade econômica. Todavia ainda não se pode concluir nada a este respeito de modo que torna-se necessária a efetuação de pesquisas nesta área para que possam ser tiradas as devidas conclusões científicas a respeito do assunto em questão.

1.2 - Objetivos

Esta pesquisa tem por objetivos, estudar o agregado calcário como material alternativo na fabricação de Concreto Betuminoso Usinado à Quente, e consta de :

- comprovar a utilização do agregado calcário em substituição a brita granítica, viabilizando seu uso em Concretos Betuminosos Usinados à Quente.
- estudar um traço alternativo que possa ser convenientemente utilizado.
- fazer um estudo comparativo dos custos de extração e de britagem do calcário e da brita granítica, de modo a encontrar a opção mais econômica para uso.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Introdução

Este capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica, com relação aos tópicos pertinentes ao assunto desta pesquisa. No seu contexto global, a revisão bibliográfica constará de duas partes. Na primeira parte, será feita uma revisão das principais características dos materiais utilizados na pesquisa, em particular dos calcários. Neste aspecto serão abordadas características dos agregados calcários, tais como: origem, formação, classificação, composição e principais usos, bem como, potencial de reservas no exterior e no Brasil. Na segunda parte, será feita uma revisão dos artigos e trabalhos de pesquisa já realizados, bem como os feitos por ocasião da realização deste trabalho sobre a utilização de calcário como material alternativo, na fabricação de concreto asfáltico.

2.2 - Materiais Calcários

2.2.1 - Origem

As rochas mais interessantes para obtenção de agregados com finalidades rodoviárias, sob os aspectos da composição química e da estrutura cristalina de seu mineral mais importante são os silicáticos, os carbonáticos e os silicíticos.

Como se sabe o termo calcário, provém do latim "Calcarius", e é aplicado em geologia a rochas cujos minerais constituintes possuem em suas composições químicas porcentagens superiores à 50% de carbonato de cálcio e/ou magnésio.

Tem como elementos acessórios várias espécies minerais, onde se incluem carbonatos, fluoretos, fosfatos, matéria orgânica, óxidos, sílica, silicatos, sulfetos, sulfatos, resultantes de metamorfismo, metassomatismo e de outros processos migratórios químicos-geológicos. Segundo Guimarães, (1978, 1984), um aumento de qualquer dessas impurezas é o que da origem aos minérios ou rochas intermediárias, como arenito-calcário, calco-xisto, mármore, penca-lito e outros ; uma vez que essas impurezas interferem com sua presença nos resultados físicos e

químicos exercendo notável influência no tipo e na valorização de sua utilização.

As camadas calcárias tem origem nas acumulações de organismos inferiores, principalmente de ambiente marinho e na precipitação de carbonato de cálcio dissolvido nas águas dos rios, lagos, mares e fontes. A diagênese e o metamorfismo são responsáveis pelas alterações profundas das características, (principalmente físicas) destes sedimentos, que se encontram distribuídos abundantemente na crosta terrestre, onde se formaram ao longo dos diversos períodos geológicos, Monteverde (1968), Guimarães (1978), Macêdo (1989).

Do ponto de vista genético, os calcários constituem um grupo heterogêneo, alguns são detríticos, transportados e depositados como sedimentos clásticos. Outros são de origem química ou bioquímica, seja precipitados de soluções, seja formados "in situ". Os processos diagenéticos posteriores podem alterar profundamente estes tipos de rochas, de maneira que o caráter original desaparece parcial e até totalmente. Por isso, vários autores propuseram abandonar o termo calcário substituindo-o por nomes mais exatos. Todavia o nome persiste e é usado como um termo geral, especialmente para fins comerciais como o nome de campo, Grabau (1904).

Para tratar da composição e litologia dos sedimentos calcários, será aqui usada uma subdivisão em tipos dos

calcários adotada por Habesooome (1967), em seu livro "Sedimentologia", que é uma classificação de conveniência e inclui todos os tipos existentes numa maneira simples, excluindo porém as considerações sobre os calcários de origem marinha, pelo fato destes serem raros e também pela falta de referências e classificação.

2.2.2 - Formação Geológica

As rochas carbonatadas ocorrem em abundância na crosta terrestre, sob a forma de lentes e camadas metamorfizadas, em extensas camadas sedimentares e ainda sob a forma de arrecifes e bancos de corais e conchas. Apresentam-se nos diversos períodos geológicos, desde o Quaternário até o Pré-cambriano, intercaladas em diversos tipos litológicos. Por vezes, são bem individualizadas, constituindo depósitos expressivos para fins de aproveitamento econômico.

2.2.3 - Classificação

A classificação mais simples e mais adotada para o geólogo de campo é a baseada na classe do mineral cristalizado ou na sua proporção em relação a substâncias estranhas. Nos calcários calcíticos o mineral predominante é a calcita (carbonato de cálcio); mas a presença de magnésio pode determinar a formação de carbonato duplo de

cálcio e magnésio constituindo, a rocha dolomítica. Por outro lado os percentuais destes minerais podem variar, resultando em rochas com denominações intermediárias. Entretanto, segundo Monteverde e Salvador (1968), a participação de elementos estranhos pode crescer em relação à porcentagem do carbonato de cálcio e resultar em outros tipos de rochas como por exemplo as "margas" e "toscas". De acordo com esta classificação, baseada na composição, nas percentagens de calcita e dolomita presentes na rocha, as rochas carbonatadas são subdivididas como exposto na Tabela 2.1 .

NOMES DAS ROCHAS	TEOR (%)	TEOR (%)
	CALCITAS	DOLOMITAS
Calcário	95	5
Calcário Magnesiano	90 - 95	5 - 10
Calcário Dolomítico	10 - 50	50 - 90
Calcário Calcítico	50 - 90	10 - 50
Dolomito	10	90

**Tabela 2.1 - Classificação dos Calcários/Dolomitos,
Guimarães, (1978).**

Baseado no teor de MgO, Pettijohn (1957), classifica tais rochas em cinco tipos, pelo percentual de oxido de magnésio contido:

Calcário Puro:	0 à 1,1% de MgO
Calcário Magnesiano:	1,1 à 2,1% de MgO
Calcário Dolomítico:	2,1 à 10,8% de MgO

Dolomito Calcítico:	10,8 à 19,5% de MgO
Dolomito:	19,5 à 21,7% de MgO

2.2.4 - Litologia e Composição

A litologia dos calcários orgânicos é extremamente variável, dependendo em primeiro lugar da natureza e quantidade de fósseis presentes, da cimentação e do grau de preservação. Se os restos dos organismos faltam ou são raros, o cimento domina e pode-se distinguir o caráter grosseiro ou fino. Observa-se algumas indicações da pureza do calcário através da cor, por exemplo:

Rochas brancas, amarelas ou cinzentas - contém pouca matéria detrítica.

Rochas vermelhas - presença de óxido de ferro.

Rochas cinzas escuras e pretas - resultam de matéria carbonosa.

Rochas marrons e ocres - contém certa quantidade de matéria argilosa.

As rochas carbonatadas apresentam cores variadas, conforme o pigmento presente, desde a cor branca até a preta, passando pela cinza, amarela, verde e azulada e até mesmo as variegadas. Pequenos teores de minerais argilosos ou partículas de matéria orgânica comunicam-lhes cores que vão da tonalidade cinza-clara até a cor preta. A coloração esverdeada é devido à presença de materiais argilosos,

glauconita ou compostos de ferro finamente dispersos; enquanto que os aspectos vermelhos, pardacento e amarelo são atribuídos à presença de minerais com íon férrico, Guimarães (1978), Macêdo (1989) .

A textura é variável, dependendo da presença (ou ausência) assim como do tamanho dos restos fósseis e, também, do grau de compactação do cimento. Comumente os calcários possuem texturas médias; os tipos não fossilíferos possuem texturas finas.

Quanto a composição mineralógica, a maior parte é constituída de calcita, que pode ser muito ou pouco magnésifera, e no caso de calcários recentes, de argonita.

No campo, os calcários são comumente bem estratificados, porém isto nem sempre é bem visível; acumulações de organismos coloniais possuem formas lenticulares ou monticulares, chamados de biohermas. Quando os organismos sedentários formam camadas calcárias de grande extensão, fala-se de biostromas. Em tais tipos de rochas, os organismos fósseis são facilmente reconhecíveis.

Como se sabe são os calcários extremamente puros que variam desde a matéria branda e incoerente até a rocha dura e compacta; com rochas homogêneas e bem estratificadas. Sendo estes sedimentos muito puros, a composição mineralógica mostra quase sempre somente calcita, com uma quantidade muito pequena de minerais acessórios, dos quais a glauconita é o mais freqüente. Quanto aos calcários

dolomíticos sabe-se que devem ter uma proporção de $MgCO_3$ de pelo menos 10%.

As rochas calcárias originam-se por acumulação de organismos principalmente marinhos tais como conchas e corais, ou por precipitação química do carbonato de cálcio dissolvido nas águas de mares, rios e lagos, Pettijohn (1957), distingue os calcários formados "in situ" ou autóctones daqueles formados por material transportado ou alóctones.

Freqüentemente nas áreas de ocorrência de calcário manifesta-se uma feição geomorfológica característica. Desde o principio do século, procura-se fixar a terminologia que identifique corretamente os vários tipos de rochas denominadas como "calcário". Aspectos de composição química, textura, fácies, diagênese e epigênese (alteração), tem sido utilizados em conjunto ou isoladamente como parâmetros para as várias classificações existentes, todas exigindo que trabalhos de laboratórios suplementem ou modifiquem as denominações propostas no campo. Vários estudiosos propuseram nomenclaturas diversas, consideradas em geral bastante imprecisas; a mais utilizada e aceitável é a classificação estabelecida por Pettijohn (1957).

2.2.5 - Principais Usos

2.2.5.1- Fabricação de Cimento

O calcário é a matéria-prima essencial na manufatura deste importante produto. Necessita de elevado teor em carbonato de cálcio, pequena proporção em óxidos de ferro e alumínio, e principalmente baixo teor de carbonato de magnésio. A palavra cimento procede do latim "coemenium" e designava uma espécie de pedra natural de rochedos utilizada pelos antigos romanos. Certas rochas calcárias depois de calcinadas, moídas e misturadas com água, formam o também chamado cal romano. Da mesma forma eles misturavam calcário com cinza vulcânica do Vesúvio, obtendo um material denominado "pozzolana", de grande durabilidade. Atualmente denomina-se cimento pozolânico aquele que apresenta boa resistência principalmente ao ataque de ácidos e soluções salinas.

As normas brasileiras admitem um teor máximo de óxido de magnésio da ordem de 6% para o calcário destinado à fabricação de cimento. É comum haver variações do teor de magnésio de uma jazida e isto ocasiona problemas, fazendo com que grande parcela dos jazimentos de calcário não se

prestem a fabricação de cimento. É necessário um controle rígido e constante na qualidade do material empregado.

2.2.5.2- Fabricação de Cal

É comum nas áreas produtoras a existência de fornos rudimentares "caieiras", onde o calcário após ser grosseiramente triturado por processos manuais, é calcinado. Normalmente se utiliza lenha para a queima do material, a razão do consumo entre o calcário e a lenha utilizada para a calcinação não obedece a nenhuma especificação técnica. Como se sabe quando submetido a uma temperatura que varia de 1000°C à 1100°C o calcário se dissocia, produzindo então a cal virgem, que dependendo da rocha a ser calcinada pode ser calcítica ou dolomítica. A partir desta composição o material perde cerca de 44% à 48% do seu peso sob a forma de gás carbônico; vale observar que por ser a reação reversível a cal deve ser estocada em lugar seco, livre de umidade e por tempo relativamente curto. Quando adequadamente tratada com água, obtém-se um produto mais estável, a cal hidratada.

Os usos da cal são vários: manufatura de papel e couros, indústria de açúcar, fabricação de velas, soda cáustica e ácido acético, purificação de gases, fusão do chumbo, vulcanização da borracha, feitura de argamassas,

tijolos sílico-calcários, obras de saneamento e depuração de materiais.

2.2.5.3- Corretivos de Solos

A percentagem de calcário destinado a calagem de solos, passa por um processo de britagem e moagem, tendo que apresentar especificações, que obedecem a dispositivos legais, que determinam: quando passarem 100% em peneira N^o 10 (abertura 2 mm) e 50% em peneira N^o 50 (abertura de 0,30 mm). É utilizada como corretivo de solos pois diminui a acidez do solo, aumentando o seu PH, possibilitando dessa forma um melhor desenvolvimento das culturas, porém faz-se necessário o uso de calcários dolomíticos, recomendando-se ainda que o teor de carbonato de magnésio da rocha seja superior a 5%. Abreu (1973) informa sobre a existência de dois tipos comumente utilizados no Brasil, o tipo "A" com mínimo de 45% de CaO, e o tipo "B" apresentando um mínimo de 40% para a soma CaO + MgO, sendo que o teor de MgO deve ser no mínimo de 10%.

2.2.5.4- Fundente em Metalurgia

Para esse fim emprega-se o calcário puro, magnesiano ou dolomítico visando formar escórias fluidas de silicato

de cálcio que facilitem a eliminação das impurezas como fósforo, enxofre e sílica durante a fabricação do aço.

2.2.5.5- Produtos Químicos e Farmacêuticos

O calcário tem várias aplicações nesse campo para a elaboração da soda cáustica, bicarbonato de sódio, inseticidas, fungicidas, corantes, refinação de açúcar (como agente precipitador), tintas gnáissicas, pigmentos, refinação de petróleo e outros.

2.2.5.6- Fabricação de vidro

Apesar de existirem determinados tipos de vidros(cristal), que não o empregam, na formação do silicato complexo que é o vidro o calcário participa na proporção de 10 à 20% das cargas.

2.2.5.7- Pedra Ornamental

Para essa finalidade existem os mármorees de diversos tipos, cores e tonalidades; os mais comuns são os mármorees brancos, cinzentos e róseos. Devem apresentar boa aparência estética quando polidos e resistir às intempéries, servindo também como pisos e revestimentos de paredes.

2.2.5.8- Pavimentação

Embora consideradas de qualidade inferior, às rochas graníticas e gnáissicas, os agregados calcários são amplamente utilizados em diversas partes do mundo na pavimentação, mesmo que às vezes não atendam a certas exigências adotadas nas especificações convencionais, em virtude das rochas calcárias não apresentarem homogeneidade em suas ocorrências devido à baixa dureza da calcita. A segunda parte tratará com mais detalhes deste uso dos agregados calcários.

2.3 - Produção e Reservas de Calcário no Mundo e no Brasil

2.3.1 - No Mundo

A produção de calcário em todo o mundo é muito grande sendo esta substância um dos bens minerais mais consumidos juntamente com o petróleo, carvão e ferro. Os dados de produção geralmente estão divididos entre cimento e cal. Deve-se levar em conta que para produzir 1000 kg de cimento são empregados de 1100 à 1200 kg de calcário (processo úmido) e na produção de cal perde-se quase 50% sob a forma de gás carbônico (CO₂). Sabe-se também que os calcários e os dolomitos são rochas abundantes e que ocupam 5 a 6% da

parte sólida da superfície terrestre. Constituem 10 a 15% das rochas sedimentares e contribuem com significativa parcela para os depósitos metamórficos e ígneos, Macêdo (1989).

O calcário constitui-se uma das matérias primas mais utilizadas pelo homem, devido as suas aplicações variadas. Até o início do século XX a indústria de construção era sua principal consumidora, atingindo 75% no transcorrer do período 1900-1910. A partir de 1930 esta situação se inverteu, com o crescimento das indústrias química e metalúrgica que passaram a liderar o consumo mundial.

2.3.2 - No Brasil

No Brasil os depósitos de calcários e dolomitos são abundantes e freqüentemente de grande porte, ocorrendo de várias maneiras: calcários altamente cristalinos formando camadas e lentes intercaladas em rochas cristalinas e metamórficas mais antigas; em rochas sedimentares, formando por vezes extensas camadas e em depósitos modernos como recifes de coral, leitos conchíferos atuais e acumulações artificiais de conchas calcárias (sambaquis). Esta reserva é constituída de rochas carbonatadas que variam quanto à composição e grau de pureza em quase todos os estados brasileiros. De maneira geral, na região Sul-sudeste, predominam os tipos mais ricos em magnésio e nas regiões

Norte, Nordeste e Centro-oeste os que tem predominância do carbonato de cálcio. Esta diversidade na disseminação, aliada à heterogeneidade das condições geo-econômicas das regiões onde se situam e, os variados mercados dessas matérias primas, levam a muitas dificuldades para a realização de um estudo abrangente que procure avaliar as potencialidades de uso e mercado para os calcários e dolômitos no Brasil, Guimarães (1984).

As ocorrências de calcário no Brasil estão distribuídas nos seguintes estados, segundo Abreu (1973) :

Acre - A noroeste do Acre, as camadas cretáceas encerram pequenos horizontes calcários, como se sabe os calcários silicosos as margens do rio Moa.

Amazonas - São ainda pouco conhecidos os recursos neste estado. Conhece-se a existência de afloramento no rio Paruari, provavelmente do calcário carbonífero que aflora mais a leste, em Itaituba-Pará.

Pará - As camadas calcárias de carbonífero, apresentam grandes afloramentos em Itaituba, no Tapajós e em Monte Alegre, próximo a margem esquerda do rio Amazonas, onde já foram cubadas reservas na ordem de 30 milhões de toneladas, suscetíveis de utilização em cimento. Nos municípios de Salinas e Capanema, aflora o calcário terciário, pobre em magnésio, utilizado na fabricação de cimento. Em Marabá há ocorrências de calcário, ainda pouco conhecidas.

Maranhão - Conhece-se calcário em Aarão Reis, Codó e Barra de Corda. No litoral, há pequenos sambaquis e leitos conchilíferos.

Piauí - Ocorre no litoral em afloramentos terciários da Formação Pirabas (Parnaíba) nos municípios de União, José de Freitas, Luís Correia e Buriti dos Lopes. No estado, o calcário é pouco abundante.

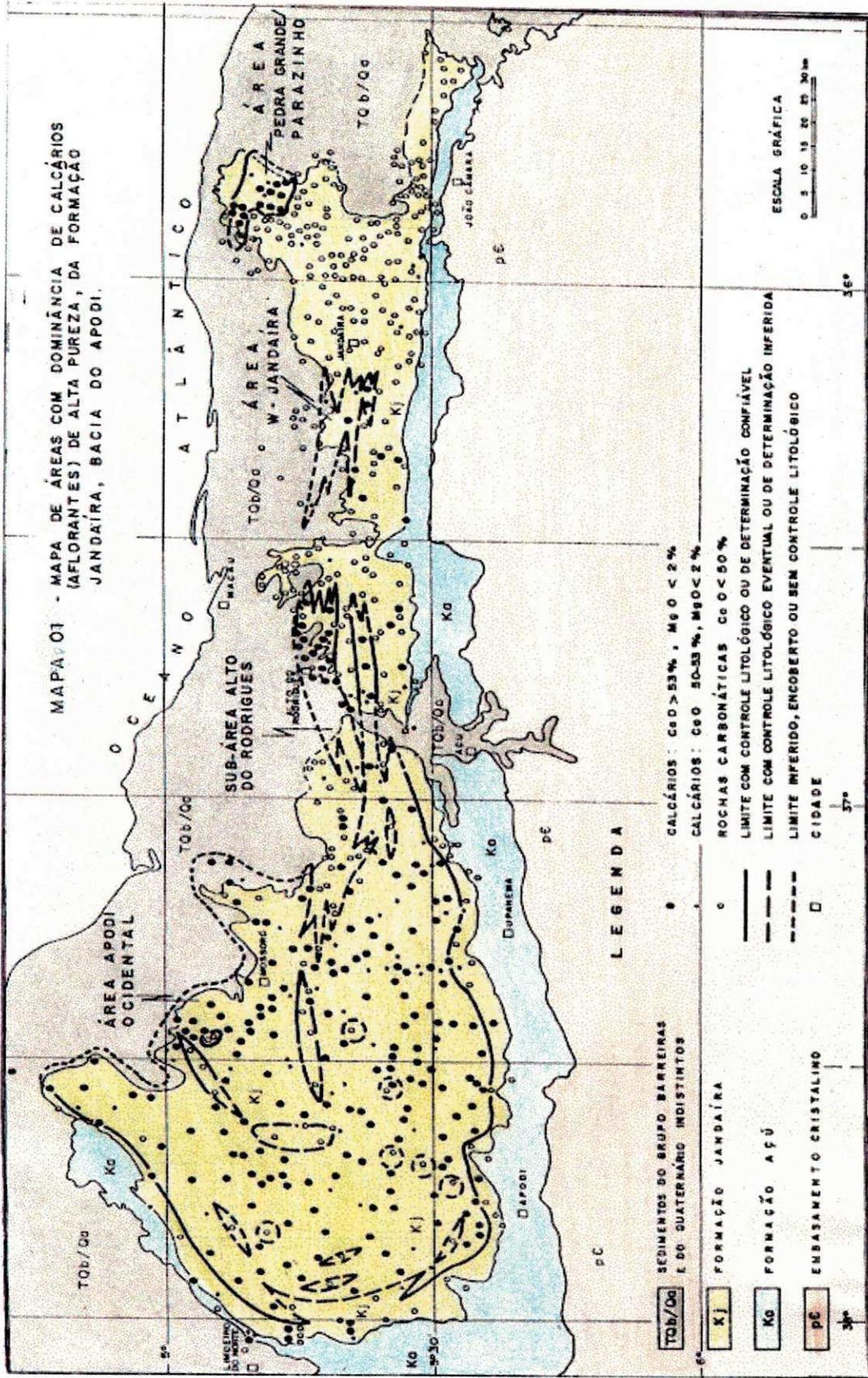
Ceará - Encontra-se nas formações Pré-cambrianas (Acarapé e Pacatuba) calcário cristalino, magnesiano; há calcários dolomíticos nas formações do Grupo Ceará em José de Alencar, Iguatu, Lavras e calcários cretáceos na chapada do Araripe em Santanópolis, Crato, Barbalha, assim como em Russas e Limoeiro do Norte.

Rio Grande do Norte - Uma grande área calcária estende-se desde Mossoró por Macau, Lages, Baixa Verde, Ceará Mirim, Macaíba e Pedro Velho, constituindo a formação Terciária e Cretácea, que se estende até o litoral de Pernambuco, conforme Mapa 1.

Paraíba - Em vários municípios do interior, há ocorrências de calcários nos xistos cristalinos e gnaisses. A principal área calcária acha-se no litoral, aflorando nas proximidades de João Pessoa, onde há numerosas exposições do calcário Gramame, já utilizado na fabricação de cimento e cal. Conforme Mapa 2.

Pernambuco - em Itapeçoca e Paulista, explora-se o calcário das camadas sedimentares Maria Farinha (superior) e

MAPA 01 - MAPA DE ÁREAS COM DOMINÂNCIA DE CALCÁRIOS (AFLORES) DE ALTA PUREZA, DA FORMAÇÃO JANDAÍRA, BACIA DO APODI.



LEGENDA

- TOb/Oc SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS E DO QUATERNÁRIO INDISTINTOS
- Kj FORMAÇÃO JANDAÍRA
- Kg FORMAÇÃO AÇÚ
- Pé EMBASAMENTO CRISTALINO
- CALCÁRIOS: CoO > 53%, MgO < 2%
- CALCÁRIOS: CoO 50-55%, MgO < 2%
- ROCHAS CARBONÁTICAS CoO < 50%
- LIMITE COM CONTROLE LITOLÓGICO OU DE DETERMINAÇÃO CONFIÁVEL
- - - LIMITE COM CONTROLE LITOLÓGICO EVENTUAL OU DE DETERMINAÇÃO INFERIDA
- - - LIMITE INFERIDO, ENCOBERTO OU SEM CONTROLE LITOLÓGICO
- CIDADE

ESCALA GRÁFICA
0 5 10 15 20 25 30 km

Gramame(inferior). No interior, em vários municípios, há ocorrências de xistos e gnaisses em Caruaru, São Caetano, Águas Belas, Floresta, Sertania, etc.

Alagoas - Pequenas camadas calcárias são encontradas no litoral (Maragoji, Passo de Camarajibe, Maceió, etc). No interior, há várias ocorrências entre xistos cristalinos e gnaisses em Palmeira dos Índios, Batalha, Quebrangulo, Pão de Açúcar, Mata Grande, etc. Na costa, há bancos coralígenos e acumulações de conchas e detritos de coral.

Sergipe - Na bacia cretácea no centro desse Estado, há importantes exposições de calcário em Riachuelo, Maroim, Laranjeiras e Contiguiba.

Bahia - A grande formação calcária do Grupo do Bambuí aflora em grandes extensões no Vale do Rio São Francisco e de alguns de seus afluentes. Conhecem-se calcários em Bom Jesus da Lapa, Xiquexique, Santo-Sé, Santa Maria da Vitória, Carinhanha, Macaúba, Oliveira dos Brejinhos, Paratinga, etc. Na parte norte e nordeste, há inúmeras ocorrências de calcários cristalinos dolomíticos nos municípios de Euclides da Cunha, Glória e Tucano e calcários puros em Juazeiro, Jaguarari e Uauá. Na região costeira há calcários dolomíticos em Cairu, Camamú, além dos inúmeros bancos de corais e depósitos de conchas na Baía de Todos os Santos, Ilha de Itaparica, e na costa desde o Morro de São Paulo até a foz do rio Mucurí.

Espírito Santo - Calcários cristalinos puros e magnesianos ocorrem em Cachoeiro do Itapemirim e São José do Calçado. Camadas de conchas são encontradas em Vitória, Guarapari, Anchieta, bem como recifes de corais no trecho setentrional.

Rio de Janeiro - Calcários cristalinos puros e dolomíticos em jazidas são encontrados nos municípios de Itaperuna, Campos, Cambuci, Itaocara, Cantagalo, Cordeiro, em menores proporções. Depósitos de conchas no fundo das lagunas e em grandes camadas no litoral, são encontrados com abundância em Cabo Frio, São Pedro da Aldeia, Araruama e Saquarema.

São Paulo - Conhecem-se ocorrências nos municípios de Santana do Parnaíba, Franco da Rocha, São Roque, Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Capão Bonito, Itapeva, Guapiara, Iporanga, Apiaí e Ribeira.

Paraná - Os depósitos mais importantes localizam-se nos municípios de Cerro Azul, Rio Branco do Sul e Almirante Tamandaré.

Santa Catarina - Na região de rochas Pré-cambrianas da costa, há calcários em lavra, para cimento, em Camboriú. Em Ribeirão do Ouro, há importantes depósitos puros, também utilizados na fabricação de cimento. No litoral há concheiros e sambaquis há muito utilizados no fabrico do cal. O sambaqui da Cabeçuda é célebre pela exploração intensiva há muitos anos.

Rio Grande do Sul - Conhecem-se ocorrências de calcário nesse estado em: Bajé, Pinheiro Machado, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul, São Gabriel, Rio Pardo, Arroio Grande e outros municípios incluídos em rochas do embasamento e do Paleozóico.

Minas Gerais - A principal zona calcária de Minas Gerais é a bacia do rio São Francisco, onde são freqüentes os afloramentos possantes do calcário siluriano (calcário do grupo Bambuí). As ocorrências mais conhecidas estão nos municípios de Santa Luzia, Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Sete Lagoas, Cordisburgo, Paraopeba, Curvelo, Corinto, Buenópolis, Bocaiúva, Montes Claros, Francisco Sá, São Romão, Januária, Manga, Bambuí, Arcos, Formiga, Pains, Presidente Olegário, Vazante, João Pinheiro, Paracatu.

Goiás - São conhecidas algumas jazidas em Ipameri, Caldas Novas, Goiânia, Corumbá de Goiás, Pirenópolis, Niquelândia, Rio Verde e no Distrito Federal.

As reservas brasileiras de calcário, computando-se apenas as aprovadas pelo DNPM em relatórios de pesquisa e lavra, estão apresentadas na Tabela 2.2.

Unidade da Federação	Medida (Ton.)	Indicada (Ton.)	Inferida (Ton.)
ALAGOAS	54.677.255	-	-
AMAZONAS	185.629.184	506.774.936	25.000.000
BAHIA	478.194.899	105.556.519	92.154.000
CEARÁ	1.094.565.369	20.146.400	1.200.430.200
DISTRITO FEDERAL	195.289.424	56.336.424	79.850.381
ESPIRITO SANTO	278.234.523	95.176.614	30.271.272
GOIÁS	253.839.967	109.331.558	130.699.150
MARANHÃO	285.808.369	17.574.582	-
MATO GROSSO	92.859.732	183.925.255	51.608.610
MATO GROSSO DO SUL	564.681.954	660.605.000	96.355
MINAS GERAIS	3.365.593.527	1.679.160.711	2.351.815.002
PARÁ	313.082.868	175.604.722	278.810.059
PARAÍBA	105.572.166	102.865.694	38.284.905
PARANÁ	2.157.415.617	1.527.967.700	1.597.151.640
PERNAMBUCO	323.101.265	140.662.585	126.879.685
PIAUI	20.673.560	9.167.120	55.700.000
RIO DE JANEIRO	710.862.422	551.284.327	407.219.629
RIO GRANDE DO NORTE	1.385.025.458	981.104.193	461.412.515
RIO GRANDE DO SUL	378.060.561	252.496.144	151.039.737
SANTA CATARINA	49.443.465	12.337.155	4.718.185
SÃO PAULO	1.219.707.549	481.147.543	302.079.538
SERGIPE	231.787.501	83.967.979	98.835.188

TABELA 2.2 -Reservas Oficiais de Calcário no Brasil, DNPM (1980).

2.3.3 - Áreas de Ocorrência de Calcário no Estado da Paraíba

A Paraíba conta com expressivas ocorrências de calcário dispersas por praticamente todo o Estado. Dois grandes grupos podem ser individualizados, os calcários sedimentares e os cristalinos. No transcorrer dos trabalhos de pesquisa feitos pela CDRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, através do Cadastramento de Recursos Minerais Não-Metalicos do estado da Paraíba, foram cadastradas 152 ocorrências em mais de 60 municípios, sendo 13 de calcário sedimentar e 139 de calcário cristalino (metamorfico), numa indicação clara da abundância desse bem mineral no Estado. As áreas de maior concentração situam-se na faixa litorânea, destacando-se João Pessoa que é responsável por aproximadamente 70% da produção obtida, Alhandra, Conde e Caaporã no interior do Estado, sobressaindo-se Boqueirão, Campina Grande, Queimadas, Congo e São Sebastião do Umbuzeiro. A relação destas ocorrências encontra-se no Apêndice 1.

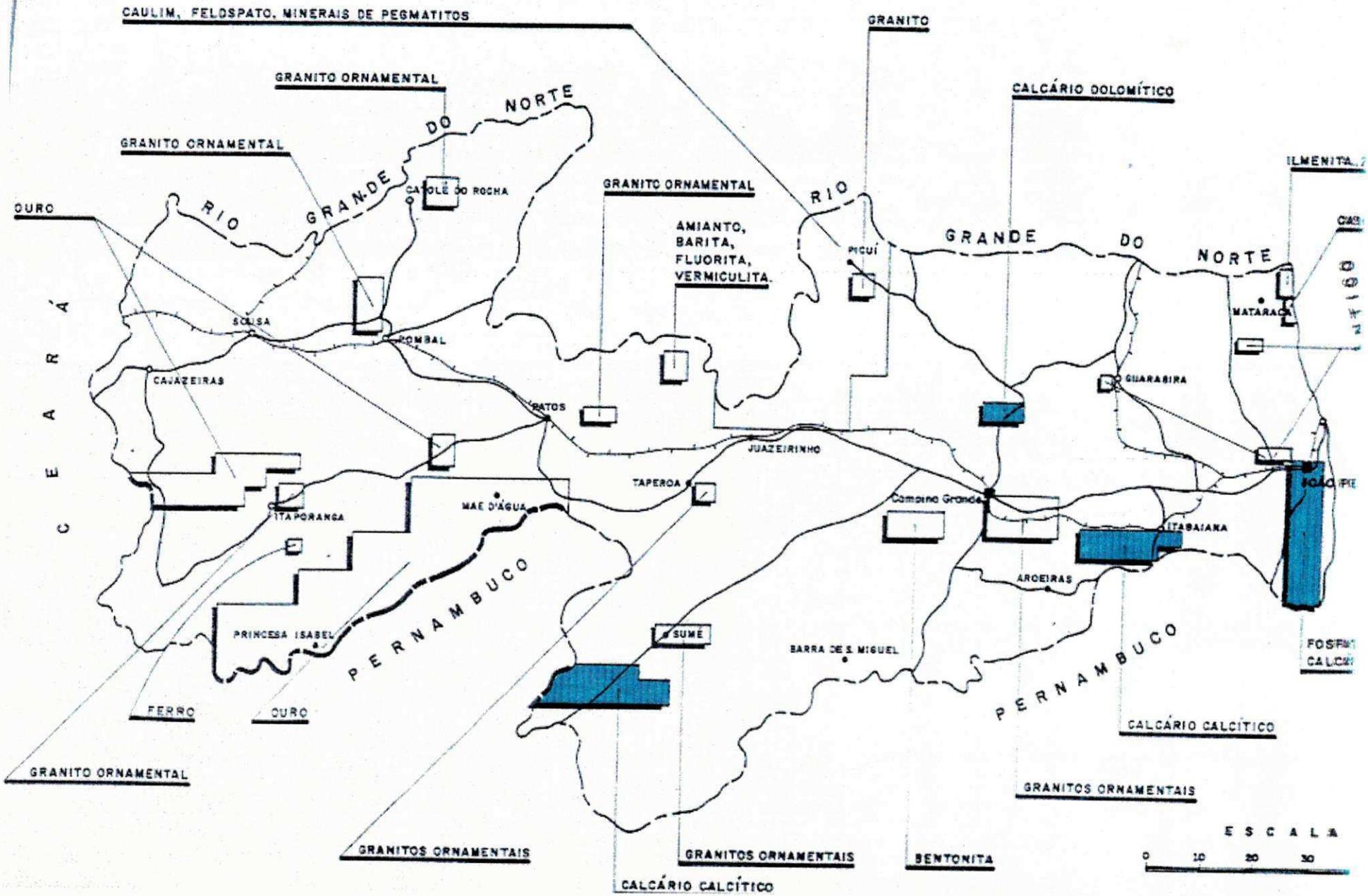
Em razão das múltiplas e variadas aplicações do calcário na indústria moderna, o consumo desta substância mineral vem assumindo posição de destaque dentro do contexto da produção mineral. A indústria de calcário do Estado tem se desenvolvido, quase que exclusivamente, em função de sua utilização na fabricação de cimento e cal.

Segundo levantamento de produção levado a efeito pela CDRM, em 1980, onde foram identificados desde 50 fornos rudimentares para fabricação de cal, como também outras unidades operando rudimentarmente para obtenção do calcário moído, empregado na calagem de solos e clarificação de açúcar. A indústria cimenteira ocupa lugar de destaque, absorvendo cerca de 70% do calcário extraído no Estado (segundo levantamento realizado em 1979).

Atuam na periferia de João Pessoa algumas pedreiras, que operam de forma rudimentar, para a obtenção do calcário bruto, destinando-o para a construção civil como pedras argamassadas para fundação de residências. Segundo avaliação do Setor Mineral do Estado da Paraíba - 1979, as reservas de calcário apresentaram os seguintes valores, mostrados na Tabela 2.3 e no Mapa 2.

MUNICÍPIO	MEDIDA (TON.)	INDICADA (TON.)	INFERIDA (TON.)
ALHANDRA	13.939.098	16.000.000	10.000.000
BOQUEIRÃO	719.124	-	-
CAAPORÃ	387.848	-	-
JOÃO PESSOA	39.978.096	-	1.000.000
TOTAL	55.024.166	16.000.000	11.000.000

TABELA 2.3- Reservas Oficiais de Calcário, Estado da Paraíba, DNPM (1979).



2.4 - Experiências na Utilização de Materiais Calcários.

2.4.1 - Introdução

A experiência com a utilização de materiais calcários, é antiga em alguns países onde já se obtém bons resultados na pavimentação rodoviária e obras de engenharia, condicionando-se seu uso em função de algumas características técnicas que dependem da origem e formação das rochas matrizes, e que podem apresentar propriedades particulares. No Brasil, se resume a pequenas aplicações em obras, em sua maioria, ainda sem o devido acompanhamento técnico; movidas na maioria das vezes, pela necessidade de redução de custos, já que os materiais são abundantes e de fácil aquisição.

2.4.2 - Experiências Diversas

Segundo Macêdo (1989), mesmo sendo considerados inferiores as rochas gnáissicas, isto apesar da falta de homogeneidade de suas jazidas, de sua baixa dureza os agregados calcários são mundialmente usados em pavimentação e os resultados gerais tem sido bons. O comportamento aparentemente satisfatório pode ser devido em parte à hidrofobicidade, principalmente em misturas betuminosas à

quente; além do mais, sabe-se que o calcário está isento dos processos de decomposição, razão pela qual resulta numa rocha praticamente inalterável em função de seu pequeno grau de solubilidade; embora esta última propriedade não possa ser garantida quando na presença de águas sulfatadas ou ácidas, na presença das quais o calcário torna-se bastante vulnerável e por isso, não é indicada sua utilização como agregado graúdo para concreto de cimento Portland utilizado em construções submersas.

Font e Elia (1968) apontam fatores que podem ser adotados com o objetivo de melhorar a qualidade das misturas betuminosas à quente que são fabricadas com agregados calcários, dentre eles:

i) Deve-se moldar os corpos de prova com misturas obtidas diretamente dos silos quentes, para que se possa obter melhor uniformidade nos parâmetros do ensaio Marshall. As diferenças observadas no comportamento das misturas betuminosas fabricadas em laboratório, daquelas obtidas com a mistura retirada na usina, são provocadas principalmente devido ao sistema de processamento (beneficiamento, alimentação, secagem e pesagem) na usina que difere da preparação com amostras retiradas da ocorrência e preparadas em laboratório; além disso, grandes porcentagens de finos, principalmente na forma de agregações, provocam redução/variações na estabilidade da mistura ocasionada pela imersão dos corpos de prova em banho-maria.

ii) O processo de britagem também é importante para o bom desempenho dos materiais calcários. Segundo pesquisadores, o material deve ser britado/destorroadado por processo adequado, de preferência por equipamentos providos de trituradores do tipo martelo pelo qual os nódulos mais brandos são pulverizados, o que não se consegue adequadamente quando se utilizam os equipamentos de trituração convencional à mandíbula e o cone. Tal argumento as vezes não é adequado quando trata-se de camadas que não são submetidas a excessivas passadas do rolo compactador, onde neste caso o processo de execução não produz tantos finos, e portanto não compromete a mistura do ponto de vista de degradação; também pode-se eliminar os excessos de finos através da lavagem dos agregados já britados o que melhora a adesividade destes com o ligante betuminoso, segundo experiências realizadas em Mossoró pelo D.E.R. local, quando da utilização do calcário como agregado em diversas estradas vicinais, visitadas durante a presente pesquisa e citadas nas Tabelas 2.3 e 2.4.

Segundo Buft (1986), ficou evidenciado melhorias concedidas as misturas asfálticas com a adição da cal como "material de enchimento" e/ou aditivo, mesmo em pequenas quantidades, o que concede as misturas asfálticas os seguintes resultados:

- Melhor adesividade dos agregados devido a sua natureza alcalina, neutralizando a acidez dos mesmos;

- Melhor resistência ao efeito deletério da ação prolongada à água e à temperatura, através do aumento de sua impermeabilidade e melhoria nas condições de adesividade;
- Aumenta a viscosidade do ligante betuminoso; diminuindo a susceptibilidade térmica da mistura;
- Proporciona diminuição nos vazios da mistura betuminosa, minimizando, assim, os efeitos de oxidação do asfalto pela ação do calor e do ar, impedindo a deterioração prematura da capa asfáltica, proporcionando desta forma, aumento na durabilidade do revestimento quando sujeito à ação do tráfego.

Experiências práticas existentes sobre solução antiderrapante para revestimentos construídos com a utilização de rochas calcárias, são citadas por Bonnot (1975) e Macêdo (1989).

Com relação ao emprego de calcários em obras rodoviárias, existem algumas técnicas desenvolvidas a partir de experiências práticas verificadas na Argentina, França e África do Sul que permitem o uso destes materiais com certa segurança, tanto em camadas estruturais do pavimento, como em revestimento betuminoso. Na Austrália, Netteberg (1971) e Visser (1984) afirmam ter conseguido revestimento de qualidade satisfatória com agregados calcários com perda de 35% respectivamente no ensaio "Los Angeles" e, para tráfego leve obtiveram também bons

resultados com agregados que apresentavam desgaste "Los Angeles" entre 40 e 50%. Já na Nigéria, os autores afirmaram que os agregados calcários não apresentaram bom desempenho em revestimento do tipo tratamento superficial e apresentaram resistência mecânica medidas pelo ensaio 10% de finos entre 20 kN e 55 kN.

Com relação as rochas utilizadas no Brasil, pode-se dizer que são as diabases e os basaltos (especialmente estes) que, quando britados, apresentam maior porcentagem de fragmentos lamelares. São os calcários que produzem o melhor agregado com relação a forma dos fragmentos; os granitos e gnaisses, quando corretamente britados, produzem agregados de forma aceitável, Senço (1980).

De maneira geral, em virtude de sua adesividade satisfatória, não têm existido objeções para o uso de rochas calcárias britadas em obras de pavimentação, desde que apresentem resistência adequada ao tráfego esperado e não sejam muito porosas, Macêdo (1989).

2.4.3 - Experiências no Nordeste do Brasil, no Uso de Materiais Calcários.

No Brasil, especialmente no Nordeste, sabe-se da utilização do agregado calcário como substituto da brita granítica na cidade de Mossoró - RN, por órgãos públicos

como: Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, Departamento de Estradas e Rodagens do Rio Grande do Norte, Petrobrás, pela Infraero quando da reforma do aeroporto desta cidade e Prefeitura Municipal de Mossoró - RN. Empresas particulares como a Maísa (fábrica de beneficiamento de frutos tropicais) e Itapetinga Agro-Industrial (fábrica de cimento pertencente ao grupo Nassau). Empregado na confecção de paralelepípedos na pavimentação de ruas, como agregado graúdo em concreto de cimento Portland e material de enchimento, na execução de pavimentos e revestimentos asfálticos; com eficiência comprovada em dois estados, objetos de observações da presente pesquisa: Rio Grande do Norte e Ceará. Conforme Tabelas: 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, e Anexos 1 e 2.

RODOVIA	EXTENSÃO	LOCALIZADA	REVESTIMENTO	VIDA ÚTIL
PARTICULAR	15 km	MAÍSA	2km - C.B.U.Q. 13km - REVEST. PRIMÁRIO	8 anos
PARTICULAR	2 km	ITAPETINGA AGRO-INDÚS- TRIAL S/A	TRATAMENTO SUP. DUPLO	12 anos

TABELA 2.4 - Rodovias Pavimentadas com agregados calcários na cidade de Mossoró-RN, 1994.

RODOVIA	LOCALIZAÇÃO	REVESTI- MENTO (TIPO)	OBS.: Situação Atual 1994
BR - 110 (1970)- 24 Anos de vida útil	MOSSORÓ -RN AREIA BRANCA-RN	T.S.D.	Está sendo realizada uma operação tapa- buraco, devido as más condi- ções do tráfego
BR - 304 (1970)- 24 Anos de vida útil	MOSSORÓ-RN - ARACATI-RN - AÇU-RN - CAÇIMBA FUNDA- RN DIVISA DO CEARÁ	C.B.U.Q.	Os dois trechos estão em boas condições de uso

**TABELA 2.5 - Rodovias Pavimentadas com Agregados Calcários -
Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.**

	TRECHO	EXTENSÃO (km)	LIGANTE TIPO	LIGANTE l/m ²	TAXA DE AGREGADOS Kg / m ²	VIDA ÚTIL	CONDIÇÃO
RN- 012	GANGORRA- GROSSOS (en troncamento com RN 013)	18	cap 150/200	1 cam.-1,4 2 cam.-1,2	1ª cam. -24 2ª cam. -12	19 anos 1975-1994	Aos 14 anos foi feita lama asfáltica
RN - 013	Entronc. BR304 -Gan- gorra	14	cap 150/200	1ºcam. -1,4 2ºcam. -1,2	1ª cam. -24 2ª cam. -12	18 anos 1976-1994	Boas con- dições de uso
RN - 013	Gangorra- Tíbau	14	cap 150/200	1ºcam. -1,6 2ºcam. -1,4	1ª cam. -24 2ª cam. -12	18 anos 1976-1994	Melhores condições que o trecho an- terior
RN - 015	Mossoró - Baraúna	30	cap 150/200	1ºcam. -1,4 2ºcam. -1,2	1ª cam. -24 2ª cam. -12	12 anos 1982-1994	O trecho que mais deslocou ligante.

TABELA 2.6 - Estradas Pavimentadas pelo Departamento de Estradas e Rodagens do Rio Grande do Norte - D.E.R., RN - Distrito de Mossoró, 1994.

ESTRADA	TRECHO	EXTENSÃO, km	VIDA ÚTIL, anos	CONDIÇÕES Em 1994, quando da pesquisa.
CANTO DO AMARO	MOSSORÓ - AREIA BRANCA	7	4 1990-1994	Perfeitas condições de uso
BAIXA DO ALGODÃO	_____	3	4 1990-1994	Perfeitas condições de uso
CAMPO DE PETRÓ- LEO DE UPANEMA	inicia-se na BR 304 e termina no campo petrolífero.	7	5 1989-1994	Boas condições de uso
TRÊS MARIAS	Entre Mossoró e Apodi	6	4 1990-1994	Razoáveis
ALTO DO RODRI- GUÊS	_____	20	9 1985-1984	Está sendo dado um banho com emulsão em virtude da oxidação do asfalto, porém o agregado foi encontrado em boas condições.

TABELA 2.7 - Rodovias Particulares, Petrobrás, Setor de E. Civil da Petrobrás -Mossoró, RN.

RODOVIA	TRECHO	EXTENSÃO	VIDA ÚTIL	OBSERVAÇÕES:Condições em 1994
CE 261	BR 304 - Icapui, CE	24 km	3 anos 1991-1994	Têm 3 km em T.S.D. e 21 em C.B.U.Q

TABELA 2.8 - Rodovia Particular Construída pela Petrobrás e a Construtora Contrepadre-Ce.

A cidade de Mossoró conta também com dois aeroportos :

1) Aeroporto Dix-Sept Rosado

Construído inicialmente em 1942 em C.B.U.Q., tendo a brita granítica como agregado principal, sofreu reforma em 1993, para ampliação de suas dependências com objetivo de melhorar seus espaços físicos; com o fim de conciliar sua utilização de vôos civis e militares, e também para uso de vôos domésticos. O revestimento utilizado foi o mesmo, tendo como agregado graúdo o calcário. O estacionamento também foi ampliado com brita calcária, só que em Tratamento Superficial Duplo, conforme resumo do Anexo 2.

2) Aeroporto particular da Maísa

Localizada no km 9 da BR 304 divisa com o Ceará, fazenda de beneficiamento de frutos tropicais, cuja extensão é de 60 km, conta com aeroporto de uso interno para voos diurnos, em cuja pista de pouso com 2 km de extensão foi usado o ligante CR 250, com revestimento executado em C.B.U.Q. e pátio em T.S.D.; em todo o aeroporto recentemente ampliado pela Construtora EIT(1992), foi utilizado o agregado calcário.

2.4.4 - Parâmetros de Influência dos Agregados Graúdos não Convencionais no Comportamento dos Concretos Asfálticos

Apesar de não se ter ainda estudos mais específicos, individualizados para os agregados graúdos não convencionais na fabricação de concretos betuminosos usinados à quente, pressupõe-se pela estrutura obtida em laboratório que os agregados convencionais e não convencionais tem alguns parâmetros em comum e que estes têm a mesma influência nas misturas betuminosas, seriam eles: forma, textura, quantidade, tipo e granulometria do agregado graúdo.

A durabilidade do agregado é a denominação dada a capacidade do agregado resistir aos desgastes provocados não somente pela abrasão, direta do tráfego como também por movimentos recíprocos entre si, e pela ação das intempéries. Existem vários ensaios com o objetivo de prever estas condições a partir de ensaios de abrasão e tenacidade, Neville (1982).

2.4.5 - Especificações para Agregados Usados na Pavimentação

No Brasil os valores aceitáveis para a porcentagem de desgaste determinada (de acordo com a metodologia do

(D.N.E.R.), dependem do tipo de serviço considerado, e estão expostos na Tabela 2.9 . Têm sido empregado no Brasil materiais com desgaste superior à 50%, avaliando suas características após moldagens e remoldagens em ensaios de CBR ,Souza (1976). Segundo Birmam (1969) no estado do Rio de Janeiro, na maioria dos concretos asfálticos executados pelo D.E.R. utilizou-se agregados com desgaste superior a 55 % e estes revestimentos, alguns até com 10 anos de idade sob um tráfego intenso e pesado não acusaram defeitos relacionados ao desgaste por abrasão. Procurou-se compensar esta deficiência projetando com rigor, mistura na qual os agregados graúdos fossem como que protegidos por uma argamassa de areia, material de enchimento e cimento asfáltico, a fim de que o atrito fosse diminuído.

SERVIÇO	(%) DE PERDA
TRATAMENTO SUPERFICIAL E MACADAME BETUMINOSO	Quando não houver disponibilidade de material com desgaste < 40%, admite-se desgaste de até 50%, desde que tenha apresentado bom comportamento quando utilizada anteriormente.
CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE	< 50
CONCRETO DE CIMENTO (ABNT)	< 50

TABELA 2.9 - Especificações no Brasil Para o Abrasão "Los Angeles"

O valor da resistência ao esmagamento varia de 90 % para agregados excepcionalmente resistentes, a 65% para agregados inaceitáveis. O'Flaherty (1974) e Macêdo (1989), sugerem que agregados com resistência ao esmagamento menores do que 65% são muito fracos para serem utilizados em pavimentação e afirmam que tanto o ensaio de esmagamento com 10% de finos e impacto, procuram descrever o comportamento do agregado em serviço quando submetido aos esforços dos rolos durante a compactação e ao carregamento repetido provocado pelo tráfego.

O D.N.E.R. exige que o agregado graúdo que se destine a concreto deverá apresentar os seguintes valores para a resistência ao esmagamento:

- i) para concreto sujeito a desgaste superficial...65%
- ii) para outros concretos.....55%

O ensaio de 10% de finos foi criado com a finalidade de corrigir as deficiências verificadas no ensaio de esmagamento; neste ensaio um valor numérico mais alto indica uma maior resistência do agregado. A Tabela 2.10 mostra valores de ensaios de esmagamento e 10% de finos obtidos pelo National and Road Research (NITRR) - South África com agregados locais, para amostras secas.

Comforme a B.S. 812 (1960) a porcentagem em peso de finos produzidos no ensaio, passando na peneira n^o. 7 (2,36 mm) é o valor do impacto do agregado normalizado. Também sabe-se do impacto modificado que é basicamente o mesmo descrito pela B.S., diferindo apenas na altura de queda do martelo que muda de 381 mm para 190 mm e é utilizado para classificação de pedregulhos lateríticos proposta por De-Graft-Johnson (1969). Os valores de impacto variam desde 10% para agregados excepcionalmente resistentes, a 35% para agregados inaceitáveis; basicamente apresenta os mesmos valores encontrados para o esmagamento na maioria dos agregados. A Tabela 2.11 mostra valores de esmagamento e impacto encontrados para diferentes grupos de rochas.

Adesividade é a propriedade que o ligante que recobre o agregado apresenta de resistir ao deslocamento em presença d'água, e a maior ou menor afinidade que o ligante apresenta em relação ao agregado umedecido; portanto as propriedades de superfície dos agregados têm muita importância nas misturas betuminosas, uma vez que a principal função de um ligante betuminoso é aderir as partículas de um agregado, Macêdo (1989).

O material de enchimento tem grande importância na composição das misturas asfálticas, principalmente as densas

que são estruturas formadas por um esqueleto pétreo integrado por agregados graúdo e miúdo, devidamente adensados, cujos vazios existentes são preenchidos pelo conjunto coesivo formado pelo betume, no qual encontra-se disperso o material de enchimento. Material este cujas funções básicas neste tipo de mistura resumem-se em: encher os vazios deixados pelos agregados graúdo e miúdo, aumentar a durabilidade das misturas, incorporar-se ao betume tornando-o mais consistente e incrementando a resistência à deformação do meio coesivo formado nas misturas betuminosas, Pinilla(1965).

De acordo com especificações do D.N.E.R.(1974), o material de enchimento deve-se constituir por materiais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes, atendendo a granulometria da Tabela 2.12.

GRUPOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIA	REVESTIMENTO			BASE
	ROLLED -IN CHIPS	TRATAMENTO SUPERFICIAL	MISTURA BETUMINOSA	
ROCHA CRISTA-LINA ÁCIDA	10% Finos; 210 kN ESM : 13%	10% Finos; 210 kN ESM : 21%	10% Finos; 160 kN ESM : 25%	10% Finos; 110 kN ESM : 29%
ROCHA CALCÁRIA	10% Finos; 210 kN ESM : 18%	10% Finos; 210 kN ESM : 21%	10% Finos; 160 kN ESM : 25%	10% Finos; 110 kN ESM : 29%

TABELA 2.10 - Resistência Mecânica Recomendada Para Agregados Rodoviários Naturais na África do Sul, NITRR (1981).

GRUPO MINERALÓGICO	ESMAGAMENTO (%)	IMPACTO
BASALTO	12	16
GRANITO	20	13
CALCÁRIO	24	9

TABELA 2.11 - Valores Encontrados Para Esmagamento e Impacto em Diferentes Grupos de Rocha, Neville (1982).

PENEIRAS	% EM PESO PASSANDO (MÍNIMO)
Nº. 40	100
Nº. 80	95
Nº. 200	65

TABELA 2.12 - D.N.E.R. , Especificações para Material de Enchimento, 1974.

2.4.6 - Influência dos Materiais Betuminosos nos Concretos Asfálticos.

O asfalto é sem dúvida alguma, o mais antigo material betuminoso utilizado pelo homem, escavações arqueológicas revelam o seu emprego em épocas anteriores a nossa era. Assim, na Mesopotâmia, o asfalto era usado como aglutinante em trabalhos de alvenaria e construção de estradas. Os reservatórios de água e os banheiros sagrados eram impermeabilizados com asfalto. Citações bíblicas revelam o seu emprego como impermeabilizante na Arca de Noé, os egípcios utilizaram o asfalto em trabalhos de mumificação, os gregos por sua vez, fabricavam com esses materiais, bolas de fogo que eram arremessadas por catapultas dentro das muralhas dos inimigos. Por volta de 1800, os materiais betuminosos, passaram a ser utilizados em pavimentação, ainda sob a forma de rocha asfáltica, Senço (1980).

Segundo Senço (1980), as principais qualidades que fizeram com que os pavimentos cada vez mais fossem construídos com materiais betuminosos são:

- adesividade entre o betume e os agregados, que permite a ligação entre as pedras;
- impermeabilidade;

- durabilidade das misturas e manutenção das propriedades do betume por muitos anos;
- possibilidade de trabalho a diversas temperaturas;
- preço competitivo ou vantajoso em relação a materiais destinados as mesmas funções.

A partir de 1909 iniciou-se o emprego de asfalto derivado de petróleo, o qual pelas suas características de economia e pureza, em relação aos asfaltos naturais, constitui atualmente a principal fonte de suprimento, IBP (1986). No Brasil as especificações e métodos de ensaios ligados a materiais asfálticos ficam sob a organização da Comissão de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP) que em sua EB /78, fixa as características exigíveis ao cimento asfáltico para fins de produção e utilização, citando os métodos de ensaio para determinação dessas características, e, ainda usa a penetração para classificar os 4 tipos de cap, a saber : 30/45, 50/60, 85/100 e 150/200, Macêdo (1989).

2.5 - Especificações para Misturas Betuminosas à Quente

No Brasil o D.N.E.R. (1974) faz entre outras as seguintes exigências para a utilização correta dos cimentos asfálticos

e do concreto betuminoso usinado à quente, encontradas nas Tabelas 2.13 e 2.14 respectivamente.

ENSAIO	MÉTODO	TIPOS DE CAP			
		50/60	85/100	100/120	150/200
PENETRAÇÃO, 100g, 5s à 25° C, mm	DNER - ME 03 - 73	50 - 60	85 - 100	100-120	150-200
PONTO DE FULGOR, °C, min.	MB - 50	235	235	235	220
DUCTILIDADE à 25°C, cm, min.	PMB - 167	60	100	100	100
VISCOSIDADE à 135°C, minutos.	DNER - ME 04 - 73	110	85	80	70
% DE BETUME EM PESO, minutos.	MB - 166	99,5	99,5	99,5	99,5
ÍNDICE PFEIFFER	-2 a +1	-2 a +1	-2 a +1	-2 a +1	-2 a +1

**Tabela 2.13- Especificações para Uso do Cimento Asfáltico,
D.N.E.R. (1974).**

CARACTERÍSTICAS DETERMINADAS ATRAVÉS DO ENSAIO MARSHALL	CAMADA DE ROLAMENTO	CAMADA DE LIGAÇÃO OU "BINDER"
PERCENTAGEM DE VAZIOS (%Vv)	3 - 5	4 - 6
RELAÇÃO BETUME/VAZIOS (% RBV)	75 - 82	65 - 72
ESTABILIDADE (mínima) (kN)	3,5 (75 golpes) 2,5 (50 golpes)	3,5 (75 golpes) 2,5 (50 golpes)
FLUÊNCIA (mm)	2 - 4,5	2 - 4,5

**Tabela 2.14 - Características Determinadas Através do Ensaio
Marshall , D.N.E.R. (1974).**

A mistura de agregados deve apresentar uma granulometria contínua e se enquadrar numa das faixas propostas pelo D.N.E.R..

2.5.1 - Dosagem

Na prática raras são as vezes em que se usam misturas betuminosas à quente com granulometria aberta. As organizações rodoviárias exigem em suas especificações misturas com granulometrias densas com diversos diâmetros máximos. Mantendo-se outros fatores invariáveis, misturas com maior diâmetro máximo dão maiores estabilidades e exigem menor quantidade de ligante. Esta recomendação é muito importante e deve sempre ser levada em consideração quando se empregam agregados sem rugosidade necessária para produzir o atrito interno adequado para a obtenção de uma estabilidade satisfatória, Martin e Wallace (1958), Macêdo (1989).

Com relação à quantidade de agregados graúdos na mistura betuminosa, verifica-se que se aumentada, torna a mistura mais resistente às deformações pelo maior contato entre as partículas graúdas, formando um esqueleto estrutural que dá maior estabilidade ao conjunto. Em experiências realizadas pelo RRL (1962) citadas por Brasileiro (1983) e Macêdo (1989),

com o aumento nas quantidades de agregado graúdo em mistura areia, material de enchimento, betume, verificou-se acentuado acréscimo na estabilidade da mistura, em torno de 125%, quando se elevou a quantidade de agregado de 0 a 55%, verificando-se, também, um decréscimo de estabilidade para maiores quantidades de agregado graúdo, onde as misturas tornavam-se ásperas e de difícil trabalhabilidade,

A quantidade e o tipo de agregado miúdo é de maior importância em misturas densas onde se consegue boa trabalhabilidade, principalmente quando se utiliza areia de grãos arredondados. Brito (1978) e Macêdo (1989) consideram que a utilização de areias com exagerada finura em misturas betuminosas, dá como consequência, de um lado a impossibilidade de misturas à frio, e de outro, devido à grande superfície específica, elevado teor de betume nas misturas à quente.

Dentre os métodos existentes e conhecidos no Brasil (métodos Marshall, Hubard-Field, Hveen, Ruiz Granulométrico), para enquadrar as características do concreto asfáltico, a metodologia mais comumente adotada no Brasil para dosagem do concreto betuminoso que é a mistura asfáltica mais nobre é o método Marshall, que tem suas características principais citadas na Tabela 2.14 .

O teor ótimo de ligante a adotar para confecção do concreto betuminoso é geralmente o correspondente à média aritmética dos teores correspondentes às seguintes características :

- a) A máxima estabilidade;
- b) A máxima densidade aparente;
- c) A média dos limites especificados para a porcentagem de vazios;
- d) A média dos limites especificados para a relação betume/vazios RBV;
- e) A média dos limites especificados para a fluência.

2.5.2 - Algumas Propriedades não Comuns aos Agregados Graúdos Convencionais e Não Convencionais.

Dentre as propriedades não comuns aos agregados graúdos convencionais e não convencionais, pode-se citar:

2.5.2.1 - Absorção

Tem-se verificado que alguns tipos de agregados não convencionais, apresentam alta absorção de água. Esta

propriedade do agregado graúdo, em primeira instância, poderá causar erro no cálculo da determinação dos vazios da mistura betuminosa, pelo emprego inadequado da densidade do agregado.

Como se sabe, as normas usuais empregadas para determinação do peso específico do agregado graúdo utilizado na fabricação de concreto betuminoso, usam duas formas de determinação, a primeira denominada de peso específico dos grãos do agregado, e a outra de peso específico aparente dos grãos do agregado, quando se leva em consideração ou não os vazios permeáveis do agregado determinados pela absorção da água. A adoção de um desses valores no cálculo do peso específico teórico da mistura betuminosa, uma vez que o agregado graúdo absorve menor quantidade de cimento asfáltico, poderá acarretar num inadequado conceito do teor de vazios da mistura, com comprometimento da qualidade do concreto betuminoso.

Como observam Birman (1969) e Brasileiro (1983), em agregados graúdos com baixa absorção de água, esta propriedade real e aparente dos grãos do agregado, são de valores relativamente próximos entre si, o que não acontece com agregados graúdos de alta absorção de água.

2.5.2.2 - Degradação

Desaconselha-se o emprego de agregados graúdos em misturas betuminosas que apresentam alto grau de degradação, que como se sabe caracteriza-se pela desintegração do agregado na mistura betuminosa, quando submetida aos esforços mecânicos produzidos pela compressão das camadas, pelo tráfego em serviço ou pelo atrito interno entre as partículas do agregado. Alguns agregados graúdos não convencionais, apresentam maiores valores de desagregação, comparados com os agregados graúdos convencionais, quando medidos pelo ensaio de abrasão Los Angeles. Sobre o assunto, Birman (1969) observa que em obras realizadas pelo DER - GB, concretos betuminosos executados com agregados graúdos com valores de abrasão superiores aos máximos permitidos pelas especificações brasileiras, tinham bom comportamento e não apresentavam defeitos após 10 anos de uso, que pudessem ser atribuídos a baixa qualidade do agregado, definida pelo ensaio de abrasão Los Angeles, Brasileiro (1983).

2.5.2.3 - Resistência ao Polimento

Esta propriedade em alguns agregados não convencionais, caracteriza-se pelo excessivo desgaste superficial dos revestimentos betuminosos, provocado pela ação conjunta do tráfego e da água. Segundo Beaton e Asce (1971), e, Macêdo (1989), este problema é de fundamental importância e requer cuidados especiais nos países onde há predominância de rochas susceptíveis a esse tipo de desgaste, e que por motivos de ordem econômica, sejam utilizados como agregados graúdos nos revestimentos betuminosos.

2.5.2.4. - Massa Específica

Não é recomendada a utilização de agregados com baixa massa específica em concretos betuminosos, em virtude do baixo valor de suporte produzido nas misturas, Macêdo (1989).

2.6 - Conclusões

Ainda se fazem necessárias muitas observações e pesquisas, tanto aplicadas quanto científicas, objetivando um melhor conhecimento dos materiais calcários e do seu

comportamento, pois estes constituem uma enorme fonte de matéria prima, que se bem aproveitadas, representarão um enorme avanço tecnológico na utilização destes agregados em revestimentos asfálticos em regiões onde houver carência dos agregados convencionais.

CAPITULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Introdução :

Este capítulo apresenta as características e propriedades dos materiais utilizados nesta pesquisa, assim como, descreve os métodos de ensaios empregados. Quando se tratar de métodos normalizados e de amplos conhecimentos, apenas referências serão feitas.

3.2 - Localização e Coleta dos Materiais

3.2.1 - Agregados Graúdos

Utilizou-se nesta pesquisa agregados graúdos denominados não convencionais que foram os calcários calcíticos e dolomíticos, conforme mostrado na Tabela 3.1 .

AGREGADOS GRAÚDOS	JAZIDA
CALCÁRIO CALCÍTICO	CALCIGRA -JOÃO PESSOA - PB
CALCÁRIO CALCÍTICO	BOA VISTA - PB
CALCÁRIO DOLOMÍTICO	PEDRA LAVRADA - PB

TABELA 3.1 - Agregados Graúdos Utilizados na Pesquisa

Os blocos de pedra calcária calcítica provenientes de João Pessoa foram coletados na Calcigra dos seus locais de estocagem de material e acondicionados em sacos de 50 kg, para posterior britagem.

Os blocos de calcário calcítico e dolomítico provenientes respectivamente de jazidas em Boa Vista - PB e Pedra Lavrada - PB foram coletados na Dolomil - Campina Grande - PB também em seus locais de estocagem da material e acondicionados em sacos para uma posterior britagem.

O critério para utilização destes agregados foi a sua formação geológica e também a necessidade de um agregado substituto para a brita granítica. Observando-se também o fato de que o custo de extração da brita vem se tornando cada vez mais elevado; bem como as grandes distâncias percorridas no transporte desta até a obra tornam o custo final de execução do pavimento mais oneroso.

3.2.2- Agregados Miúdos

Os agregados miúdos utilizados nesta pesquisa foram os mesmos que são comumente usados nas obras de engenharia rodoviária da região, conforme apresentado na Tabela 3.2 .

AGREGADOS MIÚDOS	JAZIDA
AREIA	MAGLIANO, GRAMAME- JOÃO PESSOA- PB

TABELA 3.2 - Agregados Miúdos Utilizados na Pesquisa

A areia proveniente da jazida de Magliano, Gramame - João Pessoa -PB, foi coletada na jazida e estocada em sacos plásticos de 50 kg para posterior utilização.

3.2.3 - Material de Enchimento

Como material de enchimento foi escolhido o calcário, por ser um material de comprovada qualidade como tal, industrializado, e de custo inferior aos de seus similares, tais como cimento e cal hidratada, na fabricação de concretos betuminosos. Foi fornecido em sacos fechados pela Companhia Industrial de Gramame - CIGRA, situada no município de

Alhandra - PB, e ficou armazenado no laboratório de asfalto da UFPB - Campus II, Campina Grande - PB.

3.2.4 - Cimento Asfáltico

O cimento asfáltico utilizado foi conseguido junto a Construtora Cojuda, de sua usina gravimétrica localizada na rodovia vicinal PB 055 nas proximidades de Sapé - PB. A coleta foi feita diretamente nos tanques para depósitos de cimento asfáltico da usina e o material betuminoso chegou ao laboratório acondicionado em recipientes apropriados de 20 L. O CAP utilizado foi o 50/60 por ser o mais usado na região atualmente.

3.3 - Mistura de Agregados Utilizados na Pesquisa

Os agregados utilizados na pesquisa foram estudados numa granulometria contínua, que foi obtida pela ajustagem da granulometria dos agregados graúdos, miúdos e material de enchimento de modo a proporcionar a mistura usada uma granulometria situada nos pontos médios da faixa "B", conforme Tabela 4.2 no próximo capítulo.

3.4 - Escolha dos Teores de Ligante Adotados para Moldagem dos Corpos de Prova

O teor de ligante para moldagem dos corpos de prova correspondente para cada agregado graúdo, denominado de teor ótimo de ligante, foi definido de forma que os parâmetros de estabilidade, fluência, RBV e VAM mais se aproximassem ou se situassem dentro dos limites estabelecidos pelo D.N.E.R., para o concreto betuminoso usinado à quente. Os teores de ligante utilizados estão no próximo capítulo nas Tabelas 4.7 para 50 golpes e 4.8 para 75 golpes.

3.5 - MÉTODOS DE ENSAIO

3.5.1 - Introdução

Os métodos de ensaio utilizados na presente pesquisa foram em sua maioria métodos propostos pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - D.N.E.R. .

Procedeu-se então a caracterização dos agregados usados, tanto os graúdos como miúdos e o material de enchimento, bem como a caracterização do material betuminoso e das misturas betuminosas utilizadas na pesquisa, usando os seguintes

métodos de ensaio que encontram-se especificados nas Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 a seguir, bem como algumas informações consideradas necessárias para análise dos resultados obtidos em função da metodologia empregada.

O Fluxograma da Figura 1, mostra esquematicamente as atividades e ensaios desenvolvidos nesta pesquisa.

O Mapa 3, mostra os locais das jazidas utilizadas nesta pesquisa.

Foram também feitas Tabelas comparativas dos custos de extração e britagem do calcário e da brita granítica que encontram-se resumidos no próximo capítulo nas Tabelas 4.14 e 4.15.

3.5.2 - Preparação dos Materiais Utilizados na Pesquisa

Os materiais para utilização como agregado graúdo, obedeceram a um mesmo processo de preparação para britagem. As pedras calcárias foram reduzidas por impacto, com o auxílio de um martelo de 5 kg, para facilidade de britagem e por imposição da abertura máxima permitida pelo britador utilizado, que foi um britador de mandíbulas BMA 21, fabricado pela Máquinas Renardo - Indústria e Comércio Ltda, e pertencente ao Laboratório de Solos do Centro de Ciências e

tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

Nenhum dos materiais utilizados na pesquisa no laboratório sofreu qualquer processo de lavagem. Todos os agregados utilizados nos ensaios (com exceção dos ensaios de Absorção) foram previamente secos em estufa calibrada à 110 Graus Centígrados, por 24 horas para que se pudesse retirar o excesso de umidade existente nos mesmos. A seguir foi feita uma homogeneização com as britas 25 e 19 (corrida), através de quarteamento.

Após a obtenção dos diversos agregados graúdos foram separados nas frações recomendadas de acordo com a metodologia adotada para cada ensaio. As frações assim separadas foram acondicionadas em sacos plásticos para posterior realização dos ensaios. Este mesmo processo foi adotado para a areia utilizada como agregado miúdo.

O material de enchimento, enviado em embalagem própria, em sacos de plástico grosso foi depositado em local seco e arejado para evitar que a umidade prejudicasse sua composição.

O cimento asfáltico acondicionado em recipientes metálicos foi colocado em local adequado no laboratório e, mantido fechado para que não houvesse contaminação

proveniente de outros materiais; os depósitos só eram abertos quando da utilização do material.

Após a britagem dos agregados graúdos, observou-se que mesmos apresentavam uma grande quantidade de finos que ficavam aderidos às suas partículas.

3.5.3 - Misturas de Agregados Utilizados na Pesquisa

Os agregados utilizados na pesquisa foram estudados numa granulometria contínua, que foi obtida pela ajustagem da granulometria das britas calcárias 25 e 19 (corrida), bem como dos agregados miúdos e material de enchimento de modo a proporcionar a mistura usada uma granulometria situada nos pontos médios da faixa "B", do D.N.E.R..

3.5.4 - Escolha dos Teores de Ligante Adotados para Moldagem dos Corpos de Prova

O teor de ligante para moldagem dos corpos de prova correspondente a cada agregado graúdo, denominado de teor ótimo de ligante, foi definido de forma que os parâmetros de estabilidade, fluência, relação betume/vazios e vazios do agregado mineral mais se aproximassem ou se situassem dentro

dos limites estabelecidos pelo D.N.E.R., para o concreto betuminoso usinado à quente. Os teores de ligante utilizados estão no próximo capítulo, nas Tabelas 4.7 e 4.8 .

ENSAIOS	METODOLOGIA	OBSERVAÇÕES
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS E MIÚDOS.	-DNER ME 83-63	-GRANULOMETRIA PARA PENEIRAMENTO -UMIDADE NATURAL
DENSIDADE REAL DOS AGREGADOS: - GRAÚDOS - AREIA -MAT. ENCHIMENTO	-DNER -ME 81-64 -DNER -ME 84-64 -DNER -ME 85-64	- ÁGUA DESTILADA - QUEROSENE
DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DOS GRÃOS	- ABNT -ME 29	-RETIDOS NA # 4,8 mm
ÍNDICE DE FORMA DO AGREGADO	-DNER -ME 86-64	-C. Calcítico = Faixa C -C. Dolomítico = Faixa B
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DOS GRÃOS	- ABNT -ME 29	
RESISTÊNCIA DO AGREGADO AO ESMAGAMENTO	- DNER -ME 42-71	AVALIOU-SE O ESMAGAMENTO DO AGREGADO PELO MATERIAL RETIDO NA # 2,4 mm.
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO AGREGADO PELO MÉTODO 10% DE FINOS	-DNER -ME 96 -71	SECAGEM AO AR
DESGASTE DO AGREGADO POR ABRASÃO. Máq. "Los Angeles"	-DNER -ME 35 -64	FAIXA "B" Número de esferas = 11

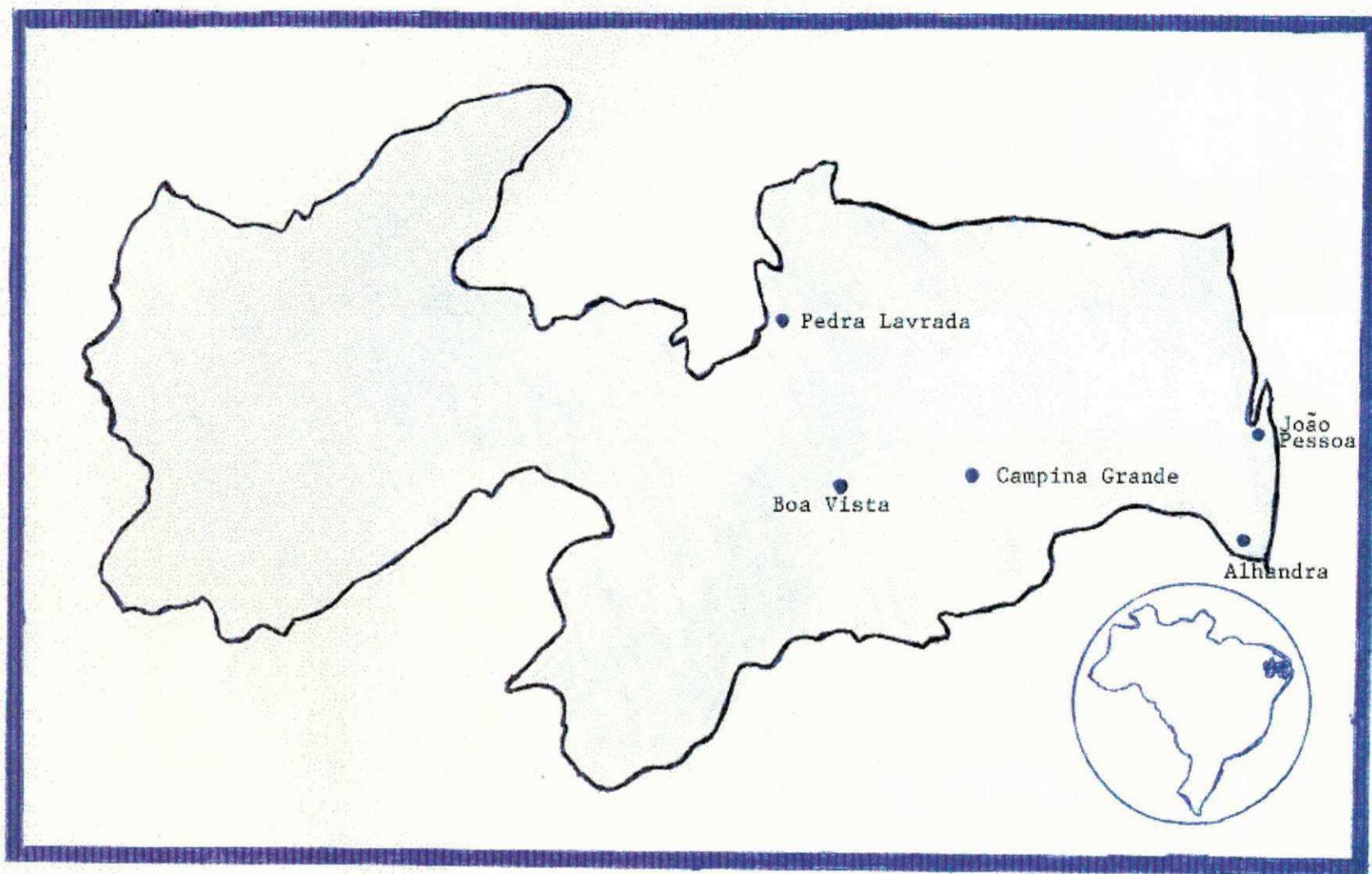
TABELA 3.3 - Metodologia de Ensaio Empregada Para os Agregados Utilizados na Pesquisa.

ENSAIO	METODOLOGIA	OBSERVAÇÕES
ENSAIO MARSHALL PARA MISTURAS BETUMINOSAS	- DNER -ME 43-64	-O N ^o . DE GOLPES APLICADO FOI DE 50 E 75 POR FACE, NA MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA. -OBSERVOU-SE PERDA DE FINOS QUANDO DA RETIRADA DA MISTURA PARA O MOLDE DE COMPACTAÇÃO.
DENSIDADE APARENTE DO CORPO DE PROVA DE MISTURAS BETUMINOSAS.	DNER - ME 77-67	
EXTRAÇÃO DO LIGANTE DAS MISTURAS BETUMINOSAS.	DNER -ME 53-63	-O CORPO DE PROVA ERA AQUECIDO E DESTORROADO. -FOI UTILIZADA GASOLINA ADITIVADA NO LUGAR DE TETRA CLORETO DE CARBONO. -NA EXTRAÇÃO DO BETUME UTILIZOU-SE O ROTAREX.
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DO AGREGADO	DNER -ME 83-63	-VIA SECA

TABELA 3.4 - Metodologia de Ensaio Empregada nas Misturas Betuminosas da Pesquisa.

ENSAIO	METODOLOGIA	OBS.:
DENSIDADE DE MATERIAIS BETUMINOSOS	DNER - ME 16 - 64	
PENETRAÇÃO DE MATERIAIS BETUMINOSOS	IBP/ABNT - MB107/1970	OBJETIVA MEDIR A CONSISTÊNCIA DO C.A. EM- PIRICAMENTE
PONTO DE AMOLECIMENTO (ANEL E BOLA)	IBP/ABNT - MB164	
VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL	IBP/ABNT - PMB 517/1970	MEDE PRATICAMEN <u>TE</u> A CONSIS <u>TE</u> TÊNCIA

TABELA 3.5 - Metodologia de Ensaio Empregada para o Cimento Asfáltico Utilizado na Pesquisa.



MAPA 3 - Localização das jazidas da pesquisa.

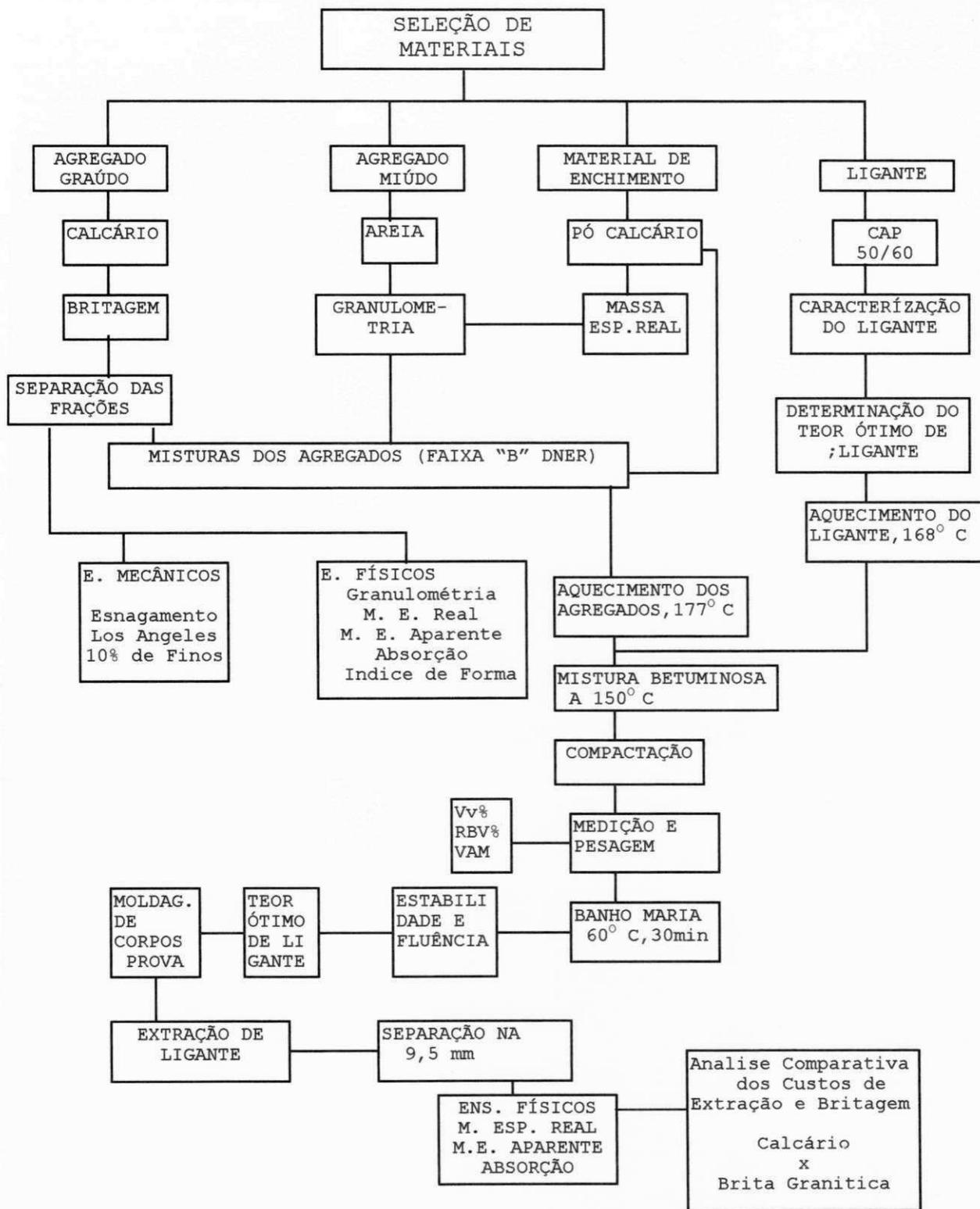


FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DA PESQUISA

CAPITULO 4

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 - Introdução

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos nesta pesquisa, bem como são incluídos resultados encontrados por outros pesquisadores visando dar uma maior abrangência e entendimento à análise dos resultados. Foi a seguinte, a ordem de apresentação e discussão dos resultados:

- Resultados encontrados por outros pesquisadores.
- Características físicas e mecânicas dos agregados estudados.
- Avaliação comparativa do comportamento físico e mecânico das misturas dos agregados estudados antes e após a utilização do concreto asfáltico.
- Avaliação comparativa dos custos de extração e britagem do material estudado e os custos do agregado convencional.

4.2 - Resultados Obtidos Por Outros Pesquisadores

4.2.1 - Características Físicas e Mecânicas

Segundo estudos realizados por Neto (1976), Brasileiro (1983), Lucena e Araújo (1988), Macêdo (1989), a absorção está relacionada com o volume e a quantidade de poros permeáveis do agregado, como também fornece uma indicação aproximada da resistência mecânica deste, principalmente quando é um material granular natural. No caso das britas calcárias e lateríticas, a alta absorção pode ser provocada pelo microfissuramento superficial do agregado decorrente da britagem, e desta forma poderá não causar influência na sua resistência.

De maneira geral os agregados pesquisados quando submetidos em seu estado natural aos ensaios de esmagamento e 10% de finos tiveram seus valores superiores aqueles obtidos após 24 horas de imersão, indicando que a resistência dos mesmos diminuiu após o processo de saturação mesmo com pequeno tempo de imersão.

Para pavimentação a NBR - 7583 estabelece como limite 55% para desgaste o que enquadraria os dois agregados quando da secagem ao ar. Em nível internacional o valor de desgaste na França é de 20%, enquanto na Espanha e Checoslováquia é 35%, o que descartaria os dois agregados. Porém nos Estados Unidos aceitam-se agregados com perdas de

15 à 60% e em alguns casos até 65% o que enquadraria os dois agregados quando secos ao ar ou imersos por 24 horas, Brasileiro (1988).

Segundo Fernandes e Domingues (1994), Tabela 1, foram extraídas algumas características dos calcários que contém menos de 90% de calcita. Estes são valores médios que podem se fortemente influenciados pela presença de minerais particulares.

Segundo Fernandes e Domingues (1994), Tabela 2, constam algumas propriedades para determinadas rochas e de alguns materiais para comparação com as primeiras, extraídas de Van Vlack (1985), de Nogami (1977) e de Tourenq (1990). Desta foram utilizados apenas alguns valores de Massa Específica Real, que foram de 25 kN/m³ à 27,6 kN/m³ para o Granito, de 17 kN/m³ à 28,6 kN/m³ para os calcários sedimentares e 26 kN/m³ à 28 kN/m³, para os calcários metamórficos.

4.2.2 - Em Misturas Asfálticas

Para que seja possível fazer uma avaliação mais abrangente a respeito do agregado estudado, faz-se necessária uma breve explanação dos resultados obtidos por outros pesquisadores que anteriormente fizeram estudos sobre o agregado em questão.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4.1 após pesquisas feitas por Brasileiro (1983) e Macêdo (1989), utilizando comparativamente o agregado estudado e a brita granítica em concretos asfálticos, observou-se que a porcentagem de vazios de brita granítica encontrada que mais se aproximou do intervalo exigido pelo D.N.E.R. ($3 \leq \%Vv \leq 5$), foi a de 5% de ligante, e que mesmo assim ficou fora das Normas. Já o agregado calcário ultrapassou o intervalo exigido pelo D.N.E.R. aos 5% de ligante, porém, enquadrou-se no intervalo em outras porcentagens, e como pode-se observar atingiu o valor próximo da média com 6% de ligante.

Quanto a relação Betume/Vazios, conforme exigências D.N.E.R. ($75 \leq \%RBV \leq 82$), pode-se observar que a brita granítica já ultrapassou o valor máximo exigido com 5,5% de ligante, enquanto que o agregado calcário atingiu os valores dentro dos limites exigidos entre 6,0 e 7,0% de ligante.

A estabilidade mínima exigida para os agregados 2,5 kN (p/ 50 golpes) e 3,5 kN (p/75 golpes) foi ultrapassada desde que se trabalhou com um teor mínimo de ligante (no caso 5,0%). Sendo que, na estabilidade para a brita granítica obteve-se o valor máximo com 5,0% de ligante que foi diminuindo a medida que foram sendo aumentados os teores de ligante, enquanto que, para a brita calcária,

obteve-se com menores teores de ligante, menores valores de estabilidade, e a medida que aumentaram os teores de ligante, aumentou a estabilidade até um determinado nível, no caso 6,5% de ligante, quando esta começou a cair também.

Observou-se também que nenhum dos agregados estudados teve seus valores dentro dos limites estabelecidos para Fluência nos teores de ligante estudados.

Observou-se ainda na Tabela 4.1 que, a medida que aumentou o teor de ligante caiu inversamente a relação estabilidade/Fluência para a brita granítica, enquanto que isto não ocorreu necessariamente para o agregado calcário. Os vazios do agregado mineral aumentaram a medida que o teor de ligante aumentou para ambos agregados.

AGREGADOS GRAÚDOS	TEORES DE LIGANTE, %				
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
	PESO ESPECÍFICO APARENTE - (kN/m ³)				
BRITA GRANÍTICA	24,1	24,0	23,9	23,9	23,8
CALCÁRIO J. PESSOA-PB	22,5	22,7	22,6	22,5	22,5
	PORCENTAGEM DE VAZIOS - (%V _v)				
BRITA GRANÍTICA	2,7	2,3	1,7	1,0	1,1
CALCÁRIO J. PESSOA-PB	5,9	4,8	3,9	3,2	3,3
	RELAÇÃO BETUME/VAZIOS - RBV (%)				
BRITA GRANÍTICA	81,4	85,0	89,2	93,9	93,7
CALCÁRIO J. PESSOA -PB	65,3	71,8	77,3	81,9	82,3
	ESTABILIDADE (kN)				
BRITA GRANÍTICA	5,4	5,1	4,9	4,8	4,2
CALCÁRIO	5,4	5,7	5,7	6,2	5,1
	FLUÊNCIA (mm)				
BRITA GRANÍTICA	5,5	6,1	6,5	7,2	8,2
CALCÁRIO	5,5	7,1	6,3	7,1	8,1
	ESTABILIDADE/FLUÊNCIA (kN/mm)				
BRITA GRANÍTICA	0,98	0,84	0,75	0,67	0,51
CALCÁRIO	0,98	0,80	0,90	0,87	0,63
	VAZIOS DO AGREGADO MINERAL-VAM (%)				
BRITA GRANÍTICA	14,5	15,3	15,8	16,3	17,4
CALCÁRIO	17,0	17,0	17,2	17,7	18,7

TABELA 4.1-Resultados de Dosagem Marshall, Obtidos por Brasileiro (1983) e Macêdo (1989), Utilizando Brita Granítica e Calcário.

4.3 - Características Físicas e Mecânicas dos Agregados Estudados

4.3.1 - Composição Granulométrica dos Agregados

As composições granulométricas dos agregados utilizados no ensaio Marshall, encontram-se na Tabela 4.2,

cuja mistura enquadrou-se na faixa "B" do D.N.E.R. para agregados usados em misturas betuminosas de obras rodoviárias. Os agregados utilizados na mistura foram formados de fragmentos livres de torrões de argila e de substâncias nocivas, e atenderam ao valor especificado por Norma para abrasão Los Angeles de 50%, apresentando boa adesividade.

4.3.2 - Massa Específica Real e Massa Específica Aparente dos Agregados Graúdos, Miúdo e Material de Enchimento.

Nesta pesquisa, para a brita calcária 25 e a brita calcária 19, obteve-se um massa específica real de 24,3 kN/m³. Quanto as massas específicas reais dos calcários calcítico e dolomítico estudados foram as mesmas, isto é, de 28,6 kN/m³. Fato que as coloca na média de experiências realizadas por Brasileiro (1983) e Macêdo (1989); cujo resultado foi 27 kN/m³. Segundo Fernandes (1994) Tabela 2, os calcários estudados encontraram-se dentro de algumas propriedades citadas dos calcários sedimentares que vão de 17 kN/m³ à 28,5 kN/m³. Também mostrou que os valores encontrados ficaram próximos aos da brita granítica que foi de 27 kN/m³. Quanto aos agregados miúdos utilizados na pesquisa observou-se que o massa específica real média encontrada com a utilização do método do picnometro foi 26,2 kN/m³ para a areia. Já a massa específica real do

material de enchimento foi de 25,4 kN/m³. Encontrou-se um valor que variou de 13,3 kN/m³ à 23,8 kN/m³, para as massas específicas aparentes dos calcários estudados.

4.3.3 - Índice de Forma de Agregado

Para o agregado de Mossoró-RN, considerou-se os resultados de Brasileiro (1983), que foram de 0,79. O calcário calcítico de João Pessoa-PB teve valores de 0,83 que mostra melhor forma que o de Mossoró; enquanto que o calcário de Boa Vista-PB teve seus valores de 0,89, o que mostrou um agregado de formato levemente arredondado porém, com boa forma; já para o calcário dolomítico de Pedra Lavrada-PB, obteve-se valores de índice de forma de 0,67. O qual mesmo com mais lamelaridade do que o de Boa Vista-PB, e também com um índice de forma menor que o da brita granítica estudada por Brasileiro (0,79), permaneceu acima dos limites estabelecidos para um agregado aceitável em pavimentação que são de índice de forma > 0,5.

4.3.4 - Ensaio de Absorção

A absorção da água é uma das características importantes a ser analisada nos materiais, pois agregados de alta absorção, geralmente estão associados à baixa resistência mecânica. Não existem parâmetros definidos na

norma brasileira, de faixas de aceitação para valores de absorção, estando a norma da África do Sul, a indicar que um agregado deverá ter no máximo 4% de absorção à água para apresentar bom comportamento em serviços de revestimentos rodoviários. Experiências japonesas entretanto utilizando agregados com absorção de até 9%, em concretos betuminosos, atestam que o revestimento apresentou desempenho satisfatório em serviço. Pode-se observar que os agregados estudados não estão totalmente discrepantes de resultados já anteriormente encontrados, e cujo comportamento foi satisfatório.

Determinou-se a absorção das britas calcárias 25 e 19 de João Pessoa, bem como dos calcários calcítico de Boa Vista e dolomítico de Pedra Lavrada - PB usando a norma MB-29; a absorção do calcário calcítico de João Pessoa foi de 7%, quanto aos calcários calcítico e dolomítico de Boa Vista e Pedra Lavrada ficaram próximos a brita granítica e foram de 0,4% e 0,3% respectivamente, o que mostrou que apenas os calcários de Boa Vista e Pedra Lavrada enquadraram-se nas normas japonesas que limitam a absorção em 3%. Já o D.N.E.R. não estabelece limites para absorção em suas especificações. Porém vale salientar que os agregados estudados confirmaram as observações feitas por Pompeu Neto (1976), Souto (1980) e Guimarães (1978), que encontraram uma faixa desde 0,3 até 12% de absorção para os calcários dependendo da sua era de formação.

4.3.5 - Ensaio de Desgaste do Agregado por Abrasão

Para os ensaios de desgaste por Abrasão utilizou-se a norma do D.N.E.R. ME 35-64, trabalhou-se na faixa "B" em cada ensaio. Os resultados do desgaste para os calcários calcíticos coletados na localidade de Alhandra em seu estado natural foram de 47% a 52%. Já no ensaio de desgaste feito com os calcários calcítico e dolomítico, de Boa Vista e Pedra Lavrada respectivamente para a mesma faixa de trabalho encontrou-se os seguintes resultados:

calcário calcítico - An = 41%

calcário dolomítico - An = 38%

Pode-se observar que dentre os calcários estudados apenas o de João Pessoa ficou fora dos limites de desgaste estabelecidos pelo D.N.E.R. para Concreto Betuminoso Usinado à Quente, que exige que o agregado graúdo sujeito a desgaste tenha valores $\leq 50\%$.

AGREGADOS USADOS	PENEIRAS EM (mm) - % PASSANDO									
	38,1	25,4	19,1	12,7	9,5	4,8	2,0	0,42	0,18	0,074
BRITA CALCÁRIA 25	100	98,4	10,9	1,1	0,8	0,5	0,4	-	-	-
BRITA CALCÁRIA 19 (CORRIDA)	100	100	99,4	70,9	39,8	25,0	13,4	8,4	6,7	6,0
AREIA	100	100	100	100	99,3	96,5	83,7	45,0	17,3	5,1
MAT. DE ENCHIMENTO	100	100	100	100	100	100	100	100	99,7	90,2
MISTURA	100	99,7	83,8	70,6	57,7	50,7	41,0	23,4	11,6	6,0
FAIXA "B", D.N.E.R.	100	95-100	80-100	-	45-80	28-0	20-45	10-32	8-20	3-8

TABELA 4.2 - Resumo da Granulometria do Material Utilizado na Dosagem Marshall.

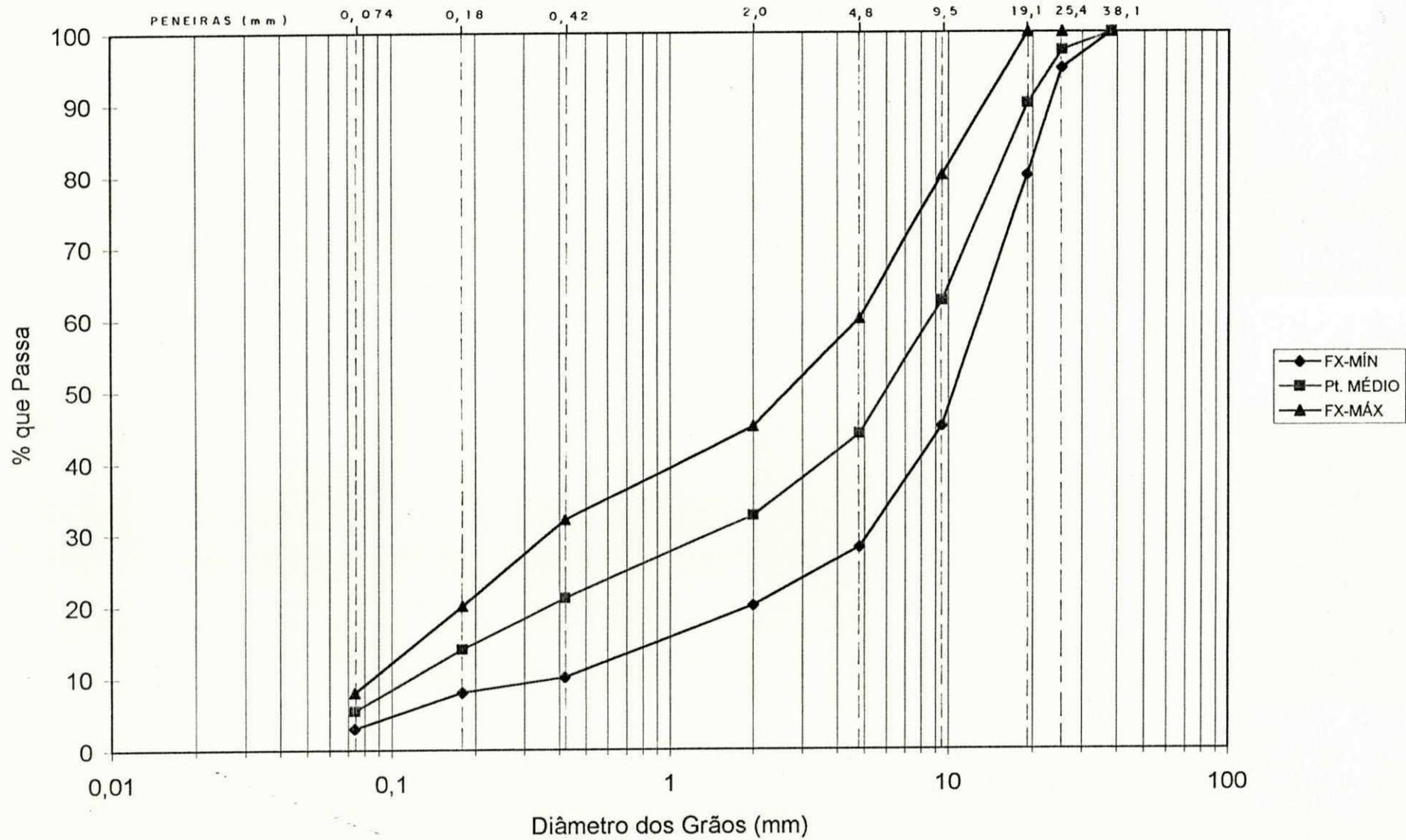


GRAFICO 1 -GRANULOMETRIA DA MISTURÁ UTILIZADA NA DOSAGEM MARSHALL

4.3.6 - Ensaio de Esmagamento

O valor da resistência ao esmagamento varia de 90% para agregados excepcionalmente resistentes à 65% para agregados inaceitáveis. O'Flaherty (1974) sugere que agregados com resistência ao esmagamento menores do que 65%, são muito fracos para serem utilizados em pavimentação, o que não enquadraria os agregados estudados, já que os valores foram de no máximo 65%.

Os resultados obtidos foram resumidos na Tabela 4.3, e encontraram-se dentro das normas exigidas pelo D.N.E.R. para concretos sujeitos a desgaste superficial que é de 65%; porém pela BS 882 (1973), verificou-se que os limites para agregado utilizado em concreto devem apresentar perda máxima de 30% em concretos sujeitos a desgaste superficial e 45% nos demais concretos, o que só enquadrou o calcário de Mossoró.

4.3.7 - Ensaio de 10% de Finos

O calcário de João Pessoa apresentou os valores mostrados na Tabela 4.3. e para o calcítico de Boa Vista os valores foram de 74 kN; porém o dolomítico de Pedra Lavrada mostrou resultados de 99 kN. Segundo a BS 882-73, apenas os agregados de Pedra Lavrada encontraram-se na

faixa especificada para serem usados em concretos resistentes. Já O'Flaherty (1974) obteve valores para 10% de finos de 10 kN para giz e 40 kN para agregados resistentes, o que mostra que mesmo com os valores não tão altos conseguidos neste ensaio, também pode-se obter agregados resistentes.

MATERIAIS	BRITA1	CALC 1	CALC 2	CALC 3	CALC 4
ENSAIOS					
ABRASÃO LOS ANGELES (%)	21,2	47	41	38	30
ÍNDICE DE FORMA	0,79	0,83	0,89	0,67	0,79
MASSA ESPECIFICA REAL	27	24,3	28,6	28,6	26
ABSORÇÃO (%)	0,7	6	0,4	0,3	0,3
ESMAGAMENTO (%)	23	34	61	65	29
10% DE FINOS (kN)	109	65	74	99	-

TABELA 4.3 - Comparativo das Características Físicas e Mecânicas dos Agregados Estudados e a Brita Granítica.

LEGENDA: brita 1 = Brita Granítica
 calc 1,2,4 = Calcário Calcítico
 calc 3 = Calcário Dolomítico

4.3.8 - Análise Química

A análise química do calcário utilizado na Dosagem Marshall, apresentou os resultados encontrados na Tabela 4.4.

ANALISE QUÍMICA - CALCÁRIO - ALHANDRA - PB	
TIPO DE ANALISE	PORCENTAGENS ENCONTRADAS
PR (Perda ao Rubro)	41,57
RI (Resíduo Insolúvel)	1,44
MATERIAIS ENCONTRADOS	PORCENTAGENS
SiO ₂ (Óxido de Silício)	3,56
Fe ₂ O ₃ (Óxido de Ferro)	0,38
Al ₂ O ₃ (Óxido de Alumínio)	0,92
CaO (Óxido de Cálcio)	48,44
MgO (Óxido de Magnésio)	3,16
K ₂ O (Óxido de Potássio)	0,30
Na ₂ O (Óxido de Sódio)	0,20

TABELA 4.4 - Análise Química do Calcário Utilizado na Dosagem Marshall Desta Pesquisa.

A Tabela 4.4 mostra ser um Calcário Calcítico, devido a sua alta porcentagem de Óxido de Cálcio. Observou-se também que não ocorre presença de sais neste calcário o que não acontece com o calcário de Mossoró, onde os sais estão presentes (conforme resultados apresentados na Tabela 4.5):

ANALISE QUÍMICA - CALCÁRIO - MOSSORÓ - RN	
TIPO DE ANALISE	PORCENTAGENS ENCONTRADAS
PR (Perda ao Rubro)	42,47
RI (Resíduo Insolúvel)	0,15
MATERIAIS ENCONTRADOS	PORCENTAGENS
SiO ₂ (Óxido de Silício)	1,49
Fe ₂ O ₃ (Óxido de Ferro)	0,53
Al ₂ O ₃ (Óxido de Alumínio)	0,20
CaO (Óxido de Cálcio)	54,12
MgO (Óxido de Magnésio)	0,55
K ₂ O (Óxido de Potássio)	0,17
Na ₂ O (Óxido de Sódio)	0,28
SO ₃ (Sulfeto de Enxofre)	0,04
MgCO ₃ (Carbonato de Magnésio)	0,63

TABELA 4.5 - Análise Química do Calcário de Mossoró - RN

4.4 - Avaliação Comparativa do Comportamento Físico e Mecânico da Mistura dos Agregados Estudados antes e após a utilização do Concreto Asfáltico.

4.4.1 - Ensaio de Caracterização do Ligante

A Tabela 4.6 apresentou os resultados dos ensaios para caracterização do ligante betuminoso utilizado na pesquisa. Com relação as especificações em vigor conforme a Tabela 2.13, o ligante apresentou as características necessárias para ser classificado como do tipo CAP 50/60. Os resultados obtidos no ensaio Marshall para 50 e 75 golpes, obedeceram as especificações citadas na Tabela 2.14, e encontram-se respectivamente nas Tabelas 4.7 e 4.8 .

CARACTERIZAÇÃO DO LIGANTE (CAP 50/60)	
E N S A I O	V A L O R
PENETRAÇÃO (1/10 / 25°C /5 s)	53
PONTO DE FULGOR °C	265
VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL (s) TEMPERATURA °C= 135	220
ESPUMA A 175 °C	NÃO
PONTO DE AMOLECIMENTO (ANEL E BOLA) °C	52
ÍNDICE DE PFEIFFER	-0,7
DENSIDADE	1,02

TABELA 4.6 - Caracterização do Ligante Utilizado na Pesquisa

4.4.2 - Características do Ensaio Marshall e Teor Ótimo de Ligante

Mesmo sendo um ensaio ainda com algumas limitações pode-se observar que o Ensaio Marshall atende as características de praticidade necessárias ao seu uso.

Apesar de existirem outros métodos este foi selecionado devido as seguintes características: custo de equipamentos, acessibilidade de sua realização pelo pessoal técnico de nível médio (laboratoristas), participação e rapidez de sua execução em laboratórios centrais e de campo (na obra).

Observou-se o fato que os teores de ligante encontrados para as misturas betuminosas com agregados não convencionais (6,0 - 6,5) estudados, foram basicamente os mesmos teores de ligante comumente usados quando nestas mesmas misturas o agregado utilizado foi a brita granítica, fato também observado por Macêdo (1989). A massa específica real média dos agregados utilizado na Dosagem Marshall foi 25 kN/m^3 , e a massa específica real do ligante foi de $10,2 \text{ kN/m}^3$.

Verificou-se também que comparando os resultados encontrados com o agregado convencional (Tabela 4.1) com os encontrados na Tabela 4.7 para massa específica aparente

% LIGANTE	γ_1 (kN/m ³)	γ_2 (kN/m ³)	R.B.V. (%)	Vv (%)	ESTABILIDADE (kN)	FLUÊNCIA (mm)
5,0	21,9	23,4	62,5	6,4	3,94	3,1
5,5	22,0	23,2	70,6	4,9	4,51	3,6
6,0	22,1	23,1	76,6	3,9	4,68	4,0
6,5	22,1	22,9	80,1	3,5	4,08	4,0
7,0	21,9	22,7	82,0	3,3	3,83	4,3
7,5	21,8	22,6	83,8	3,1	3,52	4,8

TABELA 4.7 - Resultados Obtidos no Ensaio Marshall p/50 Golpes.

Legenda: Massa Específica Aparente = γ_1

Massa Específico Teórico = γ_2

com o agregado estudado, obteve-se valores menores que aqueles com a brita granítica, para mesmos teores de ligante. O mesmo ocorrendo para a relação, betume/vazios. Porém, a porcentagem de vazios foi maior para o agregado calcário do que para a brita convencionalmente usada. Já a fluência da mistura com o agregado calcário não fugiu as especificações, enquanto que a fluência da mistura com brita granítica não enquadrou-se em nenhum dos teores estudados.

A granulometria da mistura de agregados obtida para a dosagem Marshall enquadrou-se na Faixa "B" do D.N.E.R., e o massa específica real média encontrada da mesma foi 25 kN/m³. O teor de ligante ideal para os 50 golpes foi 6,5%,

em virtude dos valores encontrados nesta faixa enquadrarem-se com melhor precisão nas especificações recomendadas pelo D.N.E.R., visto que os vazios totais foram 3,5% e a estabilidade corrigida foi de 4,08 kN, isto para uma fluência de 4,0 mm. Portanto, a dosagem em peso recomendada neste caso foi a seguinte:

Brita Calcária 25 = 16,8%

Brita Calcária 19 (corrida) = 37,4%

Areia = 37,4%

Material de Enchimento = 1,9%

Ligante = 6,5%

% LIGANTE	γ_3 (kN/m ³)	γ_4 (kN/m ³)	RBV (%)	Vv (%)	ESTABILIDADE (kN)	FLUÊNCIA (mm)
5,0	22,1	23,4	66,5	5,4	4,5	3,3
5,5	22,2	23,2	73,2	4,4	5,2	3,6
6,0	22,3	23,1	79,1	3,6	5,6	3,8
6,5	22,1	22,9	80,9	3,3	5,3	4,0
7,0	22,1	22,7	83,7	2,9	4,9	4,3
7,5	21,9	22,6	85,4	2,7	4,2	4,8

**TABELA 4.8 - Resultados Obtidos no Ensaio Marshall
p/75 Golpes.**

Legenda : Massa Específica Aparente = γ_3

Massa Específica Teórica = γ_4

A mistura dos agregados que foi utilizada para a dosagem Marshall com 75 golpes enquadrou-se na faixa "B". A

massa específica real média da mistura de agregados foi 25 kN/m³, a dosagem em peso recomendada foi o seguinte:

Brita Calcária 25 = 16,9%

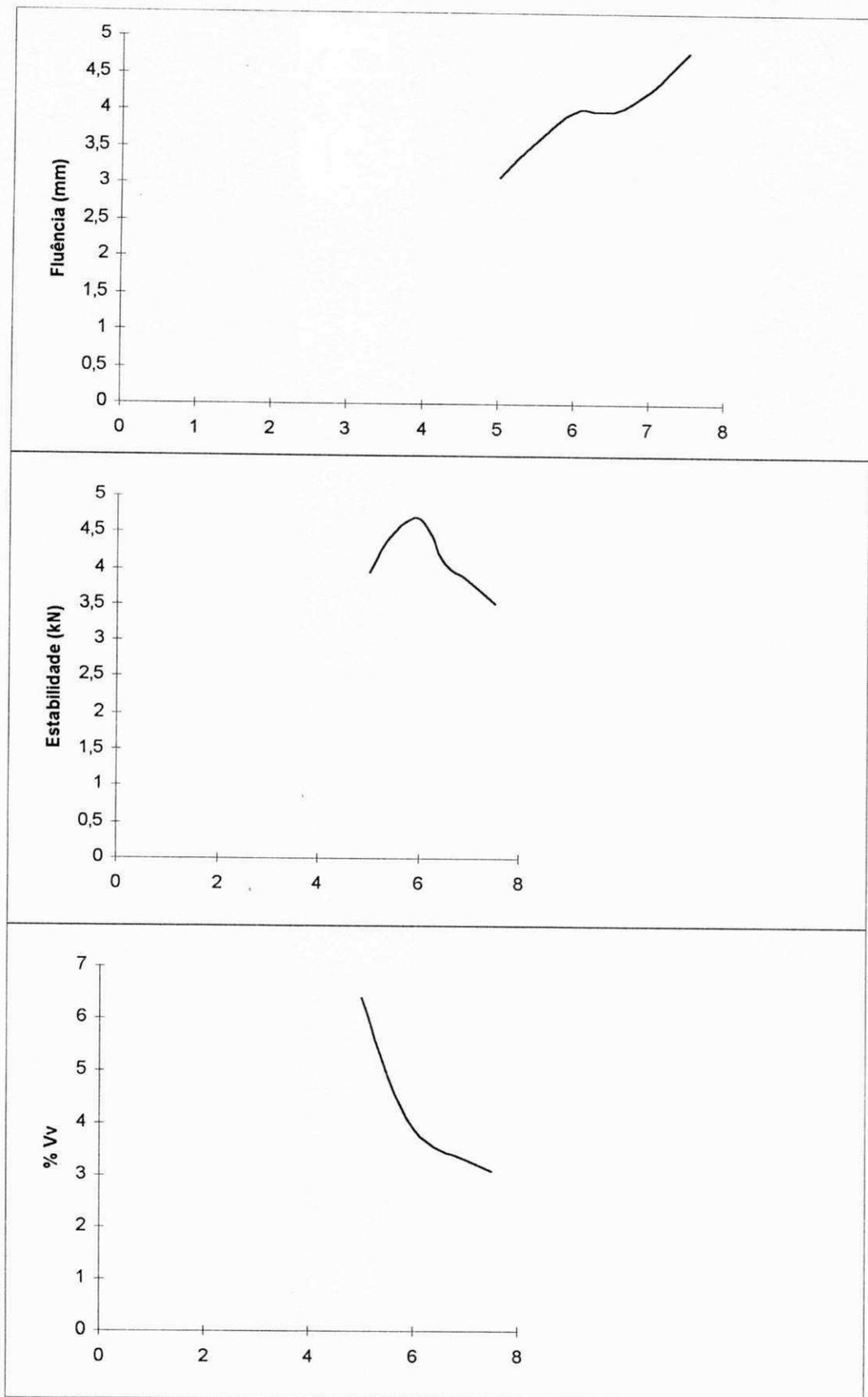
Brita Calcária 19 (corrida) = 37,6%

Areia = 37,6%

Material de Enchimento = 1,9%

Ligante = 6,0%

Esta dosagem enquadrou-se nas especificações do D.N.E.R. reproduzidas na Tabela 2.14. Os resultados para 50 e 75 golpes estão reproduzidos nos Graficos 4.2 e 4.3.



% DE LIGANTE

GRÁFICO 2 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO MARSHALL P/50 GOLPES

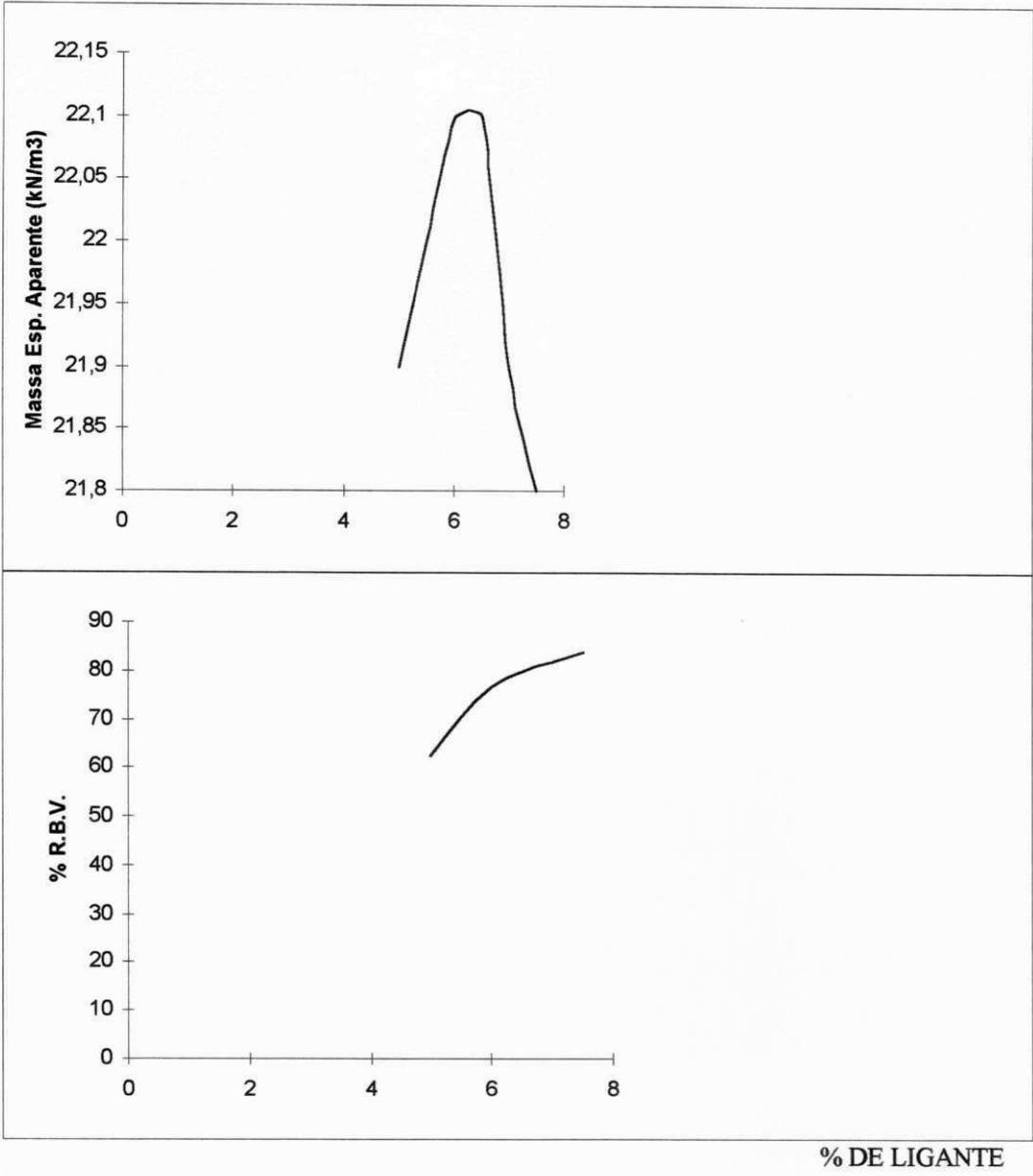
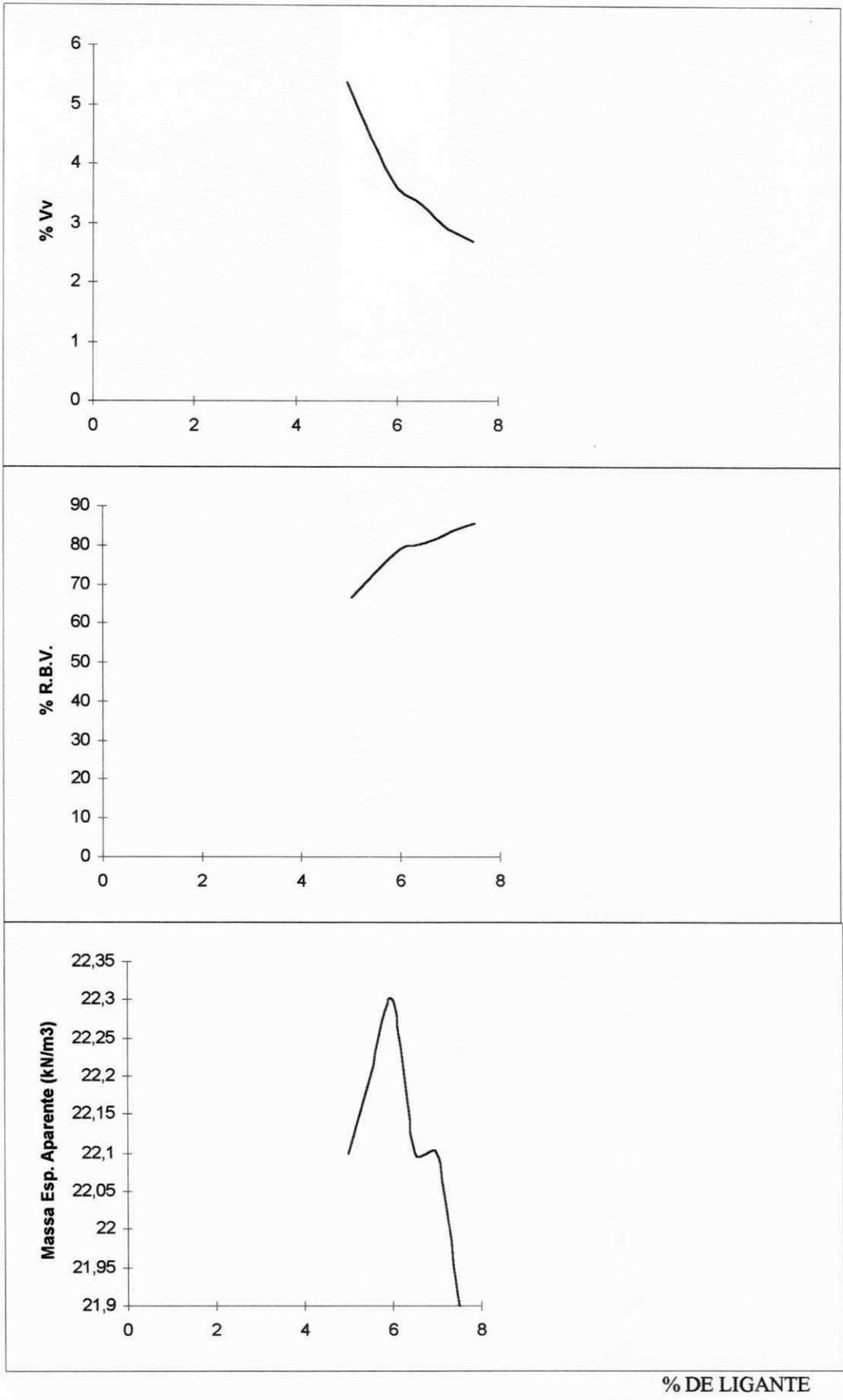


GRÁFICO 2 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO MARSHALL
P/50 GOLPES (CONTINUAÇÃO)



% DE LIGANTE

GRÁFICO 3 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO MARSHALL P/75 GOLPES

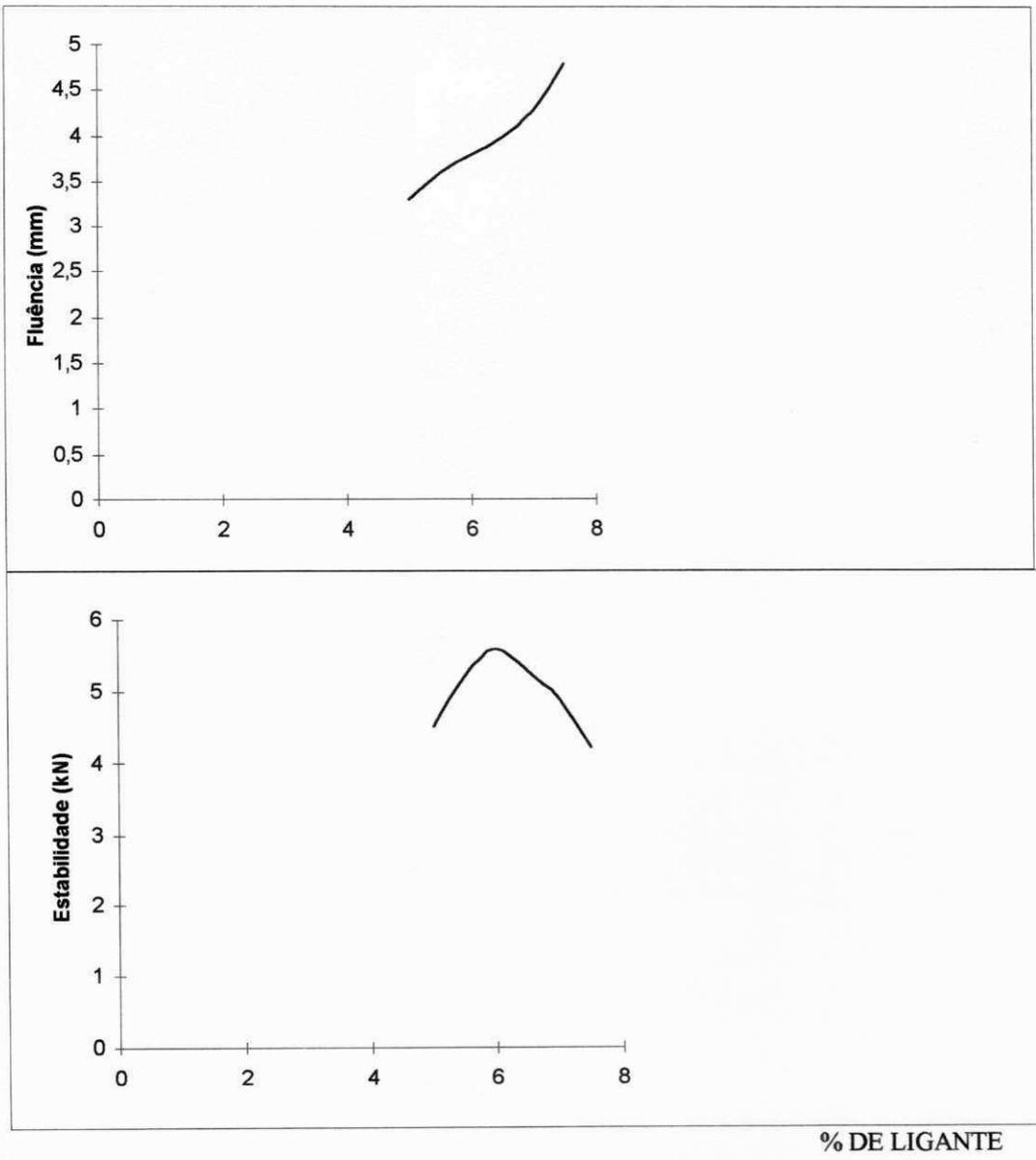


GRÁFICO 3 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO MARSHALL
P/75 GOLPES (CONTINUAÇÃO)

LIGANTE P/PESO DE MISTURA	γ APARENTE (kN/m^3)	γ EFETIVO (kN/m^3)	VOLUME TOTAL DE VAZIOS %	RELAÇÃO BETUME/ VAZIOS %	% TOTAL DE VAZIOS
5,0	21,9	24,2	6,4	62,5	9,7
5,5	22,0	24,1	4,9	70,6	8,6
6,0	22,1	24,0	4,0	76,6	8,0
6,5	22,1	24,0	3,5	80,1	7,9
7,0	21,9	23,9	3,4	81,5	8,0
7,5	21,9	23,8	3,1	83,8	8,1

TABELA 4.9 - Resultados Obtidos Utilizando a Massa Especifica Efetiva, para 50 Golpes.

LIGANTE P/PESO DE MISTURA	γ APARENTE (kN/m^3)	γ EFETIVO (kN/m^3)	VOLUME TOTAL DE VAZIOS %	RELAÇÃO BETUME/ VAZIOS %	% TOTAL DE VAZIOS
5,0	22,1	24,2	5,4	66,5	8,8
5,5	22,2	24,1	4,4	73,1	8,1
6,0	22,3	24,1	3,5	79,1	7,5
6,5	22,1	24,0	3,3	81,0	7,7
7,0	22,1	23,9	2,9	83,7	7,7
7,5	22,0	23,8	2,8	85,4	7,8

TABELA 4.10 - Resultados Obtidos Utilizando a Massa Especifica Efetiva, para 75 Golpes.

As Tabelas 4.9 e 4.10 foram os resultados obtidos com a utilização da massa especifica efetiva para 50 e 75 golpes respectivamente.

4.4.3 - Resultados Obtidos Após a Extração do Ligante

Para determinação e comprovação do real teor de asfalto contido em cada um dos corpos de prova, tornou-se necessária a extração do betume nas proporções existentes em cada corpo de prova com o auxílio do Rotarex.

Observou-se que os agregados utilizados na mistura betuminosa para dosagem Marshall conservaram após a extração do betume características que os enquadraram na mesma faixa granulométrica anterior, conforme Tabelas 4.11 e 4.13. Também os resultados encontrados nas Tabelas 4.12.1 e 4.12.2, Tabelas 4.14.1 e 4.14.2, foram resultados de ensaios feitos com os agregados após a extração do ligante.

PENEIRAS # (mm)	NÚMERO DE CORPOS DE PROVA															FAIXA "B"	
	01	02	04	05	06	07	08	10	11	13	14	15	40	41			
	42																
38,1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25,4	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	98	100	98	100	95-100	
19,1	90	86	87	93	86	86	86	84	85	91	86	88	88	85	87	80-100	
9,5	57	59	61	68	61	60	64	65	51	61	65	68	60	62	62	45-80	
4,8	44	46	48	50	52	46	48	48	38	48	53	50	45	50	49	28-60	
2,0	37	37	40	40	38	37	39	39	32	39	43	41	38	39	40	20-45	
0,42	22	21	24	22	24	22	23	24	20	23	26	25	22	20	25	10-32	
0,18	9	8	9	8	10	8	8	9	8	9	9	9	8	8	10	8-20	
0,074	4	4	4	4	5	4	3	4	3	4	4	4	3	3	5	3-8	
FAIXA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D.N.E.R	

TABELA 4.11 - Granulometria Após Extração do Ligante (50 golpes).

CORPOS/PROVA	40	41	42	01	02	04	05	06
% LIGANTE	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	6,0
EXTRAÇÃO ROTAREX	5,04	5,06	4,91	5,50	5,49	6,11	6,07	5,73
Nº. GOLPES	50	50	50	50	50	50	50	50
ABSORÇÃO (%)	1,80	1,89	1,90	3,60	3,68	2,68	1,61	1,63
γ REAL (kN/m ³)	21,7	21,9	21,8	21,7	21,7	21,8	21,8	21,9
γ APARENTE (kN/m ³)	20,9	21,1	20,9	20,1	20,1	20,6	20,5	21,1

TABELA 4.12.1 - Resultados dos Ensaio Após a Extração do Ligante, para 50 Golpes.

Nº. CORPOS/PROVA	07	08	10	11	13	14	15
% LIGANTE	6,5	6,5	7,0	7,0	7,5	7,5	7,5
EXTRAÇÃO ROTAREX	6,41	6,50	7,14	6,80	7,34	7,32	7,39
Nº. GOLPES	50	50	50	50	50	50	50
ABSORÇÃO (%)	3,10	1,57	2,97	2,75	1,67	1,75	1,75
γ REAL (kN/m ³)	21,9	21,9	21,6	21,6	21,9	21,9	21,8
γ APARENTE (kN/m ³)	20,5	21,1	20,3	20,4	21,1	21,1	21,1

TABELA 4.12.2 - Resultados dos Ensaio Após a Extração do Ligante, para 50 Golpes. (Continuação)

PARA 50 GOLPES :

Observou-se que após extração do ligante no Rotarex a absorção dos agregados variou de um mínimo de 1,61% até um máximo de 3,68% para o calcário de João Pessoa utilizado na Dosagem Marshall, notando que sendo os valores finais após a extração do betume menores que os anteriormente encontrados (7%), a absorção foi bastante reduzida. Quanto a massa específica real observou-se uma variação de 21 kN/m³ à 22 kN/m³, valores que não ficaram muito abaixo dos anteriormente encontrados. Já a massa específica aparente

encontrada foi em torno de 20 à 21 kN/m³, enquanto que a mistura continuou enquadrada na Faixa "B" de D.N.E.R.

PENEIRAS # (mm)	NÚMERO DE CORPOS DE PROVA															FAIXA "B"
	43	44	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	
38,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25,4	100	98	100	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95-100
19,1	90	86	87	89	85	86	85	87	86	85	85	90	88	84	88	80-100
9,5	59	68	59	62	66	70	69	61	61	69	57	68	67	55	62	45-80
4,8	45	54	48	49	55	57	54	47	47	54	45	54	54	43	47	28-60
2,0	38	44	40	40	43	45	43	38	39	43	39	43	45	36	38	20-45
0,42	21	26	25	25	25	28	26	23	23	26	24	25	27	22	22	10-32
0,18	11	10	10	10	10	11	9	9	9	9	10	10	9	9	9	8-20
0,074	7	5	5	5	5	6	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3-8
FAIXA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D.N.E.R

TABELA 4.13 - Granulometria Obtida Após Extração do Ligante, p/75 Golpes.

CORPOS/PROVA	43	44	16	17	18	19	20	21
% LIGANTE	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	6,0	6,0	6,0
EXTRAÇÃO/ROTAREX	5,06	4,95	5,40	5,37	5,33	5,86	5,88	5,78
N ^o . GOLPES	75	75	75	75	75	75	75	75
ABSORÇÃO	1,46	1,62	2,69	2,23	3,55	1,43	2,56	2,92
γ REAL	21,9	21,9	21,4	21,7	21,7	21,8	22,0	21,9
γ APARENTE	21,2	21,9	20,2	20,7	20,2	21,1	20,8	20,6

TABELA 4.14.1 - Resultados dos Ensaio Após Extração do Ligante, para 75 Golpes.

N ^o . CORPOS/PROVA	22	23	25	26	27	28	29
% LIGANTE	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	7,5	7,5
EXTRAÇÃO/ROTAREX	6,50	6,35	6,88	6,81	7,43	7,42	7,37
N ^o . GOLPES	75	75	75	75	75	75	75
ABSORÇÃO	2,10	1,95	1,83	2,20	2,58	1,97	2,88
γ REAL	21,9	21,9	21,8	22,0	21,8	21,9	21,6
γ APARENTE	21,1	20,1	20,9	21,0	20,7	21,0	20,4

TABELA 4.14.2 - Resultados dos Ensaio Após Extração do Ligante para 75 Golpes. (Continuação)

PARA 75 GOLPES

Pode ser notado que a absorção após extração do ligante variou de um mínimo de 1,43% à um máximo de 2,92%.

Quanto a massa específica real, ficou em torno de 21 kN/m³ à 22 kN/m³, e a massa específica aparente após extração foi em torno de 20 à 22 kN/m³.

4.4.4 - Conclusões

Observou-se que os resultados finais encontrados foram satisfatórios, apesar de algumas propriedades do calcário não serem tão semelhantes as da brita granítica, como foi o caso da absorção, observou-se porém que após a extração do ligante da mistura betuminosa a absorção posterior foi bem menor do que a encontrada neste mesmo material, quando fora da composição original, talvez em virtude dos poros do agregados terem sido preenchidos pelos finos e ligante, (o que os tornou mais impermeáveis) quando da realização da dosagem Marshall.

4.5 - Avaliação Comparativa dos Custos de Extração e Britagem do Material Estudado e os Custos do Agregado Convencional.

4.5.1 - Custos de Extração

Os resultados resumidos na Tabela 4.15 foram obtidos de custos de fabricantes de vários locais. Com a finalidade de fazer um comparativo final, que encontra-se, nesta Tabela com sua respectiva variação, o calculo foi feito para 8 horas de trabalho consecutivas ao dia, e com um mês de 25 dias úteis.

CUSTOS DE EXTRAÇÃO			
ROCHA CALCÁRIA		ROCHA GRANÍTICA	
	VALORES (US\$/m ³)		VALORES (US\$/m ³)
CEARÁ	2.38	CEARÁ	4.00
PARAÍBA	2.51	PERNAMBUCO	5.00
RIO GRANDE DO NORTE	2.95	RIO GRANDE DO NORTE	5.30
PARAÍBA	2.90	PARAÍBA	4.56
PARAÍBA	2.40	PARAÍBA	4.90
RIO GRANDE DO NORTE	1.80	PARAÍBA	5.50
VALOR MÉDIO	2.49	VALOR MÉDIO	4.87
COMPARATIVO DE CUSTOS CALCÁRIO X GRANITO			
CALCÁRIO (MÉDIA) - A	GRANITO (MÉDIA) - B	VARIÇÃO - C $C = [(B/A) - 1] \times 100$	
2.49	4.87	95,85 %	

TABELA 4.15- Resumo Comparativo de Custos de Extração
Dolar do dia 19/10/95 1 R\$ = 0.955 US\$

Observou-se que a variação de custos de extração da brita granítica com relação ao calcário ficou em 95,85 %. Visto que existem os custos adicionais com explosivos, existindo uma maior necessidade de mão-de-obra; a depreciação do equipamento usado quando da extração da brita granítica é por vezes bem maior que quando o mesmo equipamento é usado na extração da Rocha calcária. Enquanto uma perfuratriz do tipo ROC 601 tem uma vida útil de 200.000,00 horas/und e um volume/vida útil de 45.600.000 m³/und para a extração do calcário, a mesma perfuratriz tem um volume de vida útil de 26.010.000 m³/und para a extração da rocha granítica, o que dá uma variação de 75,32% no

volume de vida útil da brita calcária com relação a brita granítica.

4.5.2 - Custos de Britagem

Os resultados de custo de britagem de calcário e brita granítica encontrados na Tabela 4.16, também obtidos de fabricantes de varios locais, encontram-se resumidos para efeito de comparação.

CUSTOS DE BRITAGEM (US\$/m ³)			
ROCHA CALCÁRIA		ROCHA GRANÍTICA	
	VALORES (US\$/m ³)		VALORES (US\$/m ³)
PARAÍBA	2.10	PERNAMBUCO	3.00
RIO GRANDE DO NORTE	2.33	RIO GRANDE DO NORTE	2.70
PARAÍBA	2.00	PARAÍBA	4.35
PARAÍBA	1.90	PARAÍBA	2.60
RIO GRANDE DO NORTE	2.50	PARAÍBA	3.80
VALOR MÉDIO	2.17	VALOR MÉDIO	3.29
COMPARATIVO DE CUSTOS: CALCÁRIO x BRITA GRANÍTICA			
CALCÁRIO, (VALOR= A)	GRANITO, (VALOR=B)	VARIACÃO - C	
2.17	3.29	C = [(B/A) - 1] x 100 C = 51.61%	

TABELA 4.16 - Resumo Comparativo de Custos de Britagem
Dolar do dia 19/10/95 1 R\$ = 0.955 US\$

4.5.3 - Conclusões

Concluiu-se portanto que ocorreu uma variação para mais nos custos tanto de extração como de britagem da brita granítica em relação ao calcário. Visto que esse último por tratar-se de um material de menor dureza que o granito, pode ser extraído com maior facilidade sendo menores os custos de depreciação dos materiais utilizados na extração e na britagem, o que faz com que se obtenha no final custos bem menores do que a brita granítica. Considerando-se os custos de extração e britagem totais, verifica-se que a brita granítica produzida tem um custo 75,1% superior à da brita de rocha calcária.

CAPITULO 5

CONCLUSÕES

Baseados nos resultados obtidos, pode-se concluir quanto aos ensaios físicos realizados que:

- as massas específicas obtidas para a brita calcária ($24,3 \text{ kN/m}^3$ à $28,6 \text{ kN/m}^3$), foram um pouco menores do que os obtidos para a brita granítica (27 kN/m^3). Estando porém dentro da média dos calcários sedimentares que vai de 17 kN/m^3 à $26,5 \text{ kN/m}^3$;
- Quanto ao Índice de Forma observou-se que o calcário calcítico de João Pessoa - PB apresentou um índice de 0,83 com melhor forma que o de Mossoró, cujo índice foi 0,79. Já o agregado calcário de Boa Vista - PB apresentou um índice de 0,89 o que mostrou um agregado levemente arredondado e com boa forma. Observou-se também que o calcário de Pedra Lavrada - PB apesar de ter mais lamelaridade que o de Boa Vista -PB, teve um Índice de Forma (0,67), menor que o da brita granítica estudada anteriormente que foi de 0,79, também esteve com limites acima do mínimo esperado para utilização em pavimentos ($f > 0,5$);
- Quanto a Absorção os resultados obtidos tiveram uma variação de 0,3% (Pedra Lavrada) à 7% (para João Pessoa). Mesmo tendo índices de absorção maiores que os da brita granítica (0,7), a brita calcária pode ser empregada no

concreto betuminoso usinado à quente, com resultados já comprovados, quando de sua utilização no Rio Grande do Norte em rodovias particulares, vicinais e federais.

- Observou-se que a brita calcária de João Pessoa, após a extração do ligante no ensaio Marshall, teve sua absorção consideravelmente reduzida. Para 50 golpes: mínimo de 1,57% até um máximo de 3,68% e, para 75 golpes: mínimo de 1,43% até um máximo de 3,55%. Provavelmente em virtude dos poros existentes serem preenchidos pelos finos quando da efetuação da mistura, o que, conseqüentemente poderá aumentar a sua resistência;

- observou-se também que dos agregados estudados a maioria teve valores de desgaste pôr Abrasão inferiores aos limites de DNER que são de no máximo 50%.

- Observou-se que a falta de normas específicas de diferentes tipos de serviço para os agregados tipo calcários e seixos rolados, encontrados nas diversas regiões tem feito com que sejam rejeitados materiais que poderiam, com uma adequação de ensaios e especificações, ser melhor aproveitados em serviços locais.

Sobre os resultados do Ensaio Marshall para o concreto asfáltico observou-se:

- na sua maioria os teores de ligante ótimos encontrados quando do uso do calcário, são superiores aos usados com a brita granítica;

- a relação betume/vazios esteve nos limites exigidos para o ensaio nos teores de 6,0 à 7,0% para 50 golpes e para 75 golpes de 6,0 à 6,5%;
- levando-se em consideração os vazios do agregado os limites especificados foram encontrados entre os teores de 6,0 a 7,0% de ligante;
- A estabilidade tanto para 50 como para 75 golpes esteve acima dos limites estabelecidos por Norma, para todos os teores de ligante estudados. Para maiores valores de energia obteve-se maiores valores de estabilidade;
- a fluência esteve dentro dos limites estabelecidos na maioria dos teores de ligante estudados com o calcário;
- Não foi possível trabalhar com teores de ligante menores que 5%, por não se conseguir uma mistura homogênea. Como também para teores a partir de 7,5% encontrou-se alguns corpos de prova exudados.
- Ocorre uma variação nos custos de extração e britagem da rocha calcária com relação a rocha granítica, considerando-se os custos totais, verifica-se que a brita produzida da rocha granítica tem um custo 75,1% superior a da brita de rocha calcária, o que faz com que esta torne-se viável em regiões onde não exista o agregado convencional;
- em face do aqui exposto conclui-se portanto, que a brita calcária pode perfeitamente substituir a brita granítica quando as condições forem viáveis para tanto.

CAPITULO 6

SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Baseado na experiência e conhecimentos adquiridos ao longo desta pesquisa, observou-se que ainda existem vários aspectos que merecem ser pesquisados, por isso segue-se para pesquisa entre outros :

- 1 - Utilização de análises granulométricas por via úmida para melhor identificação da granulometria do agregado graúdo, que apresenta após britagem maior quantidade de partículas finas.
- 2 - Fazer uma avaliação dos revestimentos sob o efeito do tráfego e das intempéries das rodovias citadas neste trabalho, nas quais foram empregados agregados não convencionais em revestimentos asfálticos.
- 3 - Fazer a estimativa dos custos dos materiais empregados nas rodovias, de modo a se ter um comparativo final de custos mais detalhado.
- 4 - Fazer um levantamento de todas as rodovias onde foram empregados agregados não convencionais, com avaliação para estudo do comportamento em serviço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baptista, C. F. N., 1980, Pavimentação, Tomo 1, 4ª edição, Porto Alegre.
- Birman, S., 1969, Concreto Asfáltico, Associação Brasileira de Pavimentação - ABPv, X Reunião Anual de Pavimentação, Bahia.
- Birman, Saul; Engenheiro, 1992 - O Estado da Arte do Controle Tecnológico de Concreto Asfáltico no Brasil, Anais da 26ª RAPv, "Reunião Anual de Pavimentação", Outubro, Sergipe, Aracajú; pág. 299.
- Bonnot, J., 1975, L'emploi des Calcaires dans les Couches de Roulement Bertumineuses, Revue Générale des Routes et des Aerodromes, França.
- Brasileiro, F. E., 1983, Estudo Comparativo do Comportamento de Concretos Betuminosos à Quente, Fabricados com Agregados Graúdos Convencionais e Não-Convencionais, Quando Utilizado o Ensaio de Estabilidade Marshall, Tese de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- Brasileiro, F. E., Lucena, F. B., Araújo, H. V. C., 1988, A Aborção da Água e Seus Efeitos nas Propriedades Físicas e Mecânicas de Agregados Graúdos com Diferentes Teores de Umidade, 9º Encontro de Asfalto, Rio de Janeiro.

- Buff, J. A., 1986, Estudo do Comportamento de Misturas Asfálticas à Quente, Aditivadas com Cal Hidratada, Associação Brasileira dos Produtores de Cal - ABPC, São Paulo.
- Coelho, V.; 1992, UNESP, Campus de Baurú, Considerações Sobre o Método Marshall, Anais da 26ª RAPV, "Reunião Anual de Pavimentação"; Sergipe, Aracajú; pág. 233.
- De Graft - Johnson, J. W. S., Bhatia, H. S. and Gudigasu, M. D., 1969, The Engineering Characteristics of the Laterite Gravels of Ghana, Proceedings of the Specialty Session on Engineering Properties of Lateritic Soils, VII ICSMFE, México.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - D.N.E.R., 1974, Especificações Gerais para Obras Rodoviárias, DNER, Rio de Janeiro.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - D.N.E.R., 1974, Métodos e Instruções de Ensaio, DNER, Rio de Janeiro.
- Ferreira, M. A., Garcia, 1986, Considerações Sobre Misturas Solo-Agregado Compostas por Materiais Tropicais para Uso em Pavimentação, Tese de Mestrado, USP, Escola de Engenharia de São Carlos, Dept^o. de Vias de Transporte e Topografia - STT, São Carlos.

- Fernandes, E. S., Domingues, F. A. A., 1994, Comentários Sobre o Desempenho de Algumas Rochas de Interesse Rodoviário em Função de sua Composição Mineralógica, Anais da 28ª RAPV, Belo Horizonte, Minas Gerais; pág. 129.
- Font, J. J. e Elia, M. I., 1968, Mezclas Calientes de Tosca o Suelo Calcareo - Arena - Asfalto, VI Congresso Argentino de Vialidad y Transito, Argentina.
- Grabau, A. W., 1904 - On the Classification of Sedimentary Rocks, AM, Genl., 33: 228 - 247.
- Guimarães, J. E. P., 1978, Calcários e Dolomitos no Brasil - Usos e Mercados, Associação Brasileira dos Produtores de Cal, ABCP, São Paulo.
- Guimarães, J. E. P., 1984, A Cal - Sua Origem, seus Tipos, suas Aplicações, sua Importância Econômica e Social, sua Participação nas Obras e nas Argamassas da Engenharia Civil, Revista Cerâmica nº 30, São Paulo.
- IBP, 1986, Informações Básicas sobre materiais asfálticos, 3 ED, Rev., Rio de Janeiro, IBP/Comissão de Asfalto.
- Macêdo, J. A. G., Lucena, F. B., Brasileiro, F. E., Ferreira, H. C., 1986, Estudo Comparativo entre Agregados Graníticos, Calcários e Lateríticos do Estado da Paraíba, 21ª. Reunião Anual de Pavimentação, Salvador, Bahia.

- Macêdo, J. A. G., 1989, Estudo Comparativo das Características Físicas e Mecânicas de Agregados Graúdos Convencional e Não-Convencionais visando suas Aplicações em Concreto Betuminoso Usinado à Quente, Tese de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba.
- Martinho, G. C., 1982, Perfil de Comercialização do Calcário do Estado da Paraíba, João Pessoa, SERM.
- Monteverde, A. e Salvador, D., 1968, La Calidad de Los Calcareos em Las Construcciones Viales, VI Congresso Argentino de Vialidad y Transito, Argentina.
- Munis, M. B., e Scheid, C., 1976, Projeto Cadastramento dos Minerais Não - Metálicos do Estado da Paraíba, Relatório Final Texto, vol I, págs 136 - 183, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência Regional de Recife.
- Nascimento, Úlpio, 1970, O Problema da Alterabilidade das Rochas em Eng. Civil, Memoria nº. 363, Ministério de Obras Públicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Netterberg, F., Calcrete in Road Construction, National Institute For Transport and Road Research - NITRR, Bulletin 10, Pretória - South Africa, 1971.
- Neville, A. M., 1982, Propriedades do Concreto, traduzido por Salvador E. Giamuso, Editora Pini Ltda, São Paulo.
- O'Flaherty, C. A., 1974, Highway Engineering, Vol. 2, Eduard & Arnold (Publishers) Ltda., London.

- Ogurtsova, João; DER/PR, 1992, Dosagem de Concreto Asfáltico Usinado à Quente, Anais da 26 RAPV, "Reunião Anual de Pavimentação"; - Sergipe, Aracajú; pág. 216.
- Pompeu Neto, B.B., 1976 - Um Estudo sobre as Propriedades de Resistência Mecânica de Concreto Laterítico, Tese de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba.
- Pettijohn, F. J., 1957 - Sedimentary Rocks, 2nd. Ed. New York, Harper & Brothers, 718p.
- Road Research Laboratory -RRL, 1962, Bituminous Materials in Road Construction, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Rodrigues, G. John Kennedy, 1992, Avaliação Estrutural de um Pavimento Flexível de Base Constituída de Solo Laterítico, Através dos Ensaios Deflectométricos e Pressiométricos, Dissertação de Mestrado - UFPB - CAMPUS II.
- Santana, H. e Gontijo, P., R., A., 1987, Os Materiais Lateríticos na Pavimentação de Baixo Custo no Brasil . 22 Reunião Anual de Pavimentação - Maceió, Alagoas, vol. 1 pág. 850.
- Senço, W., 1980, Pavimentação, 3ª Ed. Revisada e Ampliada, São Paulo.

Souto, J. F., 1980, Estudo Sobre Características de Concreto Laterítico: Propriedades e Metodologias, Tese de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba.

Souza, M. L., 1976, Pavimentação Rodoviária, IPR/DNER, Rio de Janeiro.

A P E N D I C E 1

RELAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE CALCÁRIO SEDIMENTAR E CRISTALINO NA PARAÍBA

1.1- CALCÁRIO SEDIMENTAR

Nº. DE ORDEM	T O P O N Í M I A	L O C A L I D A D E
187	ENGENHO GARAPU	ALHANDRA
203	FAZENDA ANDREZA	ALHANDRA
204	FAZENDA TABU	CAAPORÃ
224	SÍTIO PEDRA DA ONÇA	CAAPORÃ
225	SÍTIO CAXITU	CONDE
226	SÍTIO CAXITU	CONDE
227	SÍTIO PRAZERES	CONDE
228	SÍTIO RAMINHO	CONDE
229	ENGENHO PITUAÇU	CONDE
230	FAZENDA SANTA ALEXANDRINA	CONDE
240	ENGENHO UTINGA	CONDE
241	ILHA DO BISPO	JOÃO PESSOA

1.2 - CALCÁRIO CRISTALINO

Nº. DE ORDEM	T O P O N Í M I A	M U N I C Í P I O
188	SEDE DO MUNICÍPIO	ARARA
189	FAZENDA BOI BRAVO	BARRA DE SÃO MIGUEL
190	SITIO ATRÁS DE SERRA	BARRA DE SÃO MIGUEL
191	SÍTIO PEDRA D'ÁGUA	BARRA DE SÃO MIGUEL
192	SÍTIO CAMPOS	BONITO DE SANTA FÉ
193	FAZENDA RIACHO GRANDE	BOQUEIRÃO
194	SÍTIO RIACHO DO MEIO	BOQUEIRÃO
195	SÍTIO BELA VISTA	BOQUEIRÃO
196	FAZENDA MINEIRO	BOQUEIRÃO
197	SÍTIO CAMPO DA EMA	BOQUEIRÃO
198	SITIO CAMPO DA EMA	BOQUEIRÃO
199	S. CATOLÉ DA SERRA DO MONTE	BOQUEIRÃO
200	SÍTIO AÇUDE DE DENTRO	BOQUEIRÃO
201	SÍTIO SERRA DO MONTE	BOQUEIRÃO
202	FAZENDA FLORESTA	BREJO DO CRUZ
205	SÍTIO CABEÇA DO BOI	CABACEIRAS
206	FAZENDA PASSASSUNGA	CABACEIRAS
207	SÍTIO CIPÓ	CACHOEIRA DOS INDIOS

208	FAZENDA LIBERDADE	CACIMBA DE AREIA
209	FAZENDA LIBERDADE	CACIMBA DE AREIA
210	FAZENDA PRENSA	CAJAZEIRAS
211	FAZENDA CAIEIRAS	CAJAZEIRAS
212	CAMALAU VELHO	CAMALAU
213	SERRA DO CAROÁ	CAMALAU
214	SÍTIO DO MEIO	CAMALAU
215	ROÇA VELHA	CAMALAU
216	FAZENDA SANTA ROSA	CAMPINA GRANDE
217	SÍTIO RIACHO FUNDO	CAMPINA GRANDE
218	SÍTIO CACIMBA NOVA	CAMPINA GRANDE
219	FAZENDA LOGRADOURO	CAMPINA GRANDE
220	SÍTIO NAVIO	CAMPINA GRANDE
221	SÍTIO SACO DO RETIRO	CONCEIÇÃO
222	FAZENDA ORIENTE	CONDADO
223	SÍTIO SACO	CONDADO
231	FAZENDA SÃO JOÃOZINHO	CONGO
232	SÍTIO LAGOA FUNDA	CONGO
233	SÍTIO JUÁ	CONGO
234	JUÁ DO PINDURÃO DO COSTA	CONGO
235	SÍTIO CAIEIRA	ESPERANÇA
236	SÍTIO LAGOA DE CAIEIRA	ESPERANÇA
237	SÍTIO ESTREITO	GURJÃO
238	SÍTIO RIACHO DO ESTEVÃO	GURJÃO
239	SÍTIO CAVACO	ITABAIANA
242	FAZENDA ALBINO	JUNCO DO SERIDÓ
243	SÍTIO TAPERA	JUNCO DO SERIDÓ
244	ALTO DO SEMITÉRIO	MONTEIRO
245	SÍTIO TIMBAÚBA	NAZAREZINHO
246	PEDRA E CAL	NAZAREZINHO
247	SÍTIO LAGOA DA SERRA	NAZAREZINHO
248	SÍTIO GRAVIOLA	NAZAREZINHO
249	SÍTIO QUIXABA	NOVA PALMEIRA
250	SÍTIO PANTALEÃO	OURO VELHO
251	SÍTIO DEPENDÊNCIA	OURO VELHO
252	BANANEIRAS	PASSAGEM
253	FAZENDA SERROTE	PATOS
254	SÍTIO ONÇA	PATOS
255	FAZENDA TRINCHEIRA	PATOS
256	VIADUTO DA RFFSA	PATOS
257	SÍTIO CABEÇA DE VACA	PEDRA LAVRADA
258	SÍTIO FLECHA	PEDRA LAVRADA
259	SÍTIO SERROTE REDONDO	PEDRA LAVRADA
260	SÍTIO TANQUE	PEDRA LAVRADA
261	FAZENDA FAVELA	PEDRA LAVRADA
262	SÍTIO BROTAS	PIANCÓ
263	SÍTIO JITIRANA	PIANCÓ
264	SÍTIO TATU	PIANCO
265	SÍTIO PAU SECO	PIANCO
266	SÍTIO CARNEIRO	PIANCO
267	SÍTIO BONFIM	PIANCO
268	SÍTIO LAGOA DO MATO	POCINHOS
269	FAZENDA MALHADA DA VOLTA	POCINHOS
270	FAZENDA MONTEVIDÉU	POMBAL
271	SÍTIO MINAS	PRINCESA ISABEL
272	SÍTIO PIAU	PRINCESA ISABEL
273	SÍTIO CABEÇO	REMIGIO
274	SÍTIO TABOCA	SALGADO DE SÃO FELIX

275	FAZENDA ALAGAMAR	SALGADO DE SAO FELIX
276	SITIO IAIU	SANTA LUZIA
277	SITIO SÃO BENTO	SANTA LUZIA
278	SITIO RIACHO FUNDO	SANTA LUZIA
279	SITIO OLHO D'AGUA GRANDE	SANTA LUZIA
280	SITIO UMBUZEIRO DOCE	SANTA LUZIA
281	SITIO INVENÇÃO	SANTA LUZIA
282	FAZENDA BONANZA	SÃO JOAO DO CARIRI
283	FAZENDA SANTA CLARA	SAO JOAO DO CARIRI
284	FAZENDA LUCAS	SAO JOAO DO CARIRI
285	FAZENDA MACAMBIRA	SAO JOAO DO CARIRI
286	SITIO BOI BRAVO	SAO JOAO DO CARIRI
287	FAZENDA MACACOS	SAO JOAO DO CARIRI
288	SITIO BARRA DA COBRA	SAO JOSE DA LAGOA TAPADA
289	SITIO MARIA PAES DE CIMA	SAO JOSE DE ESPINHARAS
290	FAZENDA SÃO GERALDO	SAO JOSE DE ESPINHARAS
291	CAIEIRA CALDEIRÃO	SAO JOSE DE PIRANHAS
292	SÍTIO RIVERA	SÃO JOSE DO SABUGI
293	FAZENDA MALHADA VERMELHA	SAO JOSE DO SABUGI
294	SITIO CACIMBAS	SAO JOSE DO SABUGI
295	SITIO RIO DE FORA	SAO JOSE DOS CORDEIROS
296	SITIO RIO NOVO	SAO JOSE DOS CORDEIROS
297	SITIO JARAMATAIA	SAO JOSE DOS CORDEIROS
298	SITIO RIACHO D'AGUA	SAO JOSE DOS CORDEIROS
299	POVOADO DE PARARI	SAO JOSE DOS CORDEIROS
300	SITIO QUIXABA	SAO JOSE DOS CORDEIROS
301	SITIO RIACHO FUNDO	SAO MAMEDE
302	FAZENDA RAMADA	SAO MAMEDE
303	FAZENDA PAPAGAIO	SAO MAMEDE
304	SITIO GATOS	SAO MAMEDE
305	FAZENDA ESTOPIM	SAO MAMEDE
306	SÃO NICOLAU	SAO MAMEDE
307	SITIO ARAPUÁ	SAO MAMEDE
309	SITIO DAS ALMAS	SÃO MAMEDE
310	SITIO ROÇA	SAO MAMEDE
311	CACHOEIRA ROCHA	SAO MAMEDE
312	POVOADO DE ZABELÊ	S.SEBASTIAO DO MBUZEIRO
313	POVOADO DE ZABELÊ	S.SEBASTIAO DO MBUZEIRO
314	SITIO SERROTE PRETO	SAO VICENTE DO SERIDÓ
315	SITIO SERRA REDONDA	SAO VICENTE DO SERIDÓ
316	SITIO SERRA BRANCA	SAO VICENTE DO SERIDÓ
317	SITIO ACAUÁ	SAO VICENTE DO SERIDÓ
318	SITIO CAPIM	SAO VICENTE DO SERIDÓ
319	SITIO FUNDÃO	SAO VICENTE DO SERIDÓ
320	SITIO QUIXABA	SERRA BRANCA
321	FAZENDA CURRAL DE PEDRA	SOLEDADE
322	FAZENDA XIQUE-XIQUE	SOLEDADE
323	SITIO SALGADO DE BAIXO	TAPEROÁ
324	SITIO JATOBÁ	TAPEROÁ
325	SITIO SERROTA DE BAIXO	TAPEROÁ
326	SÍTIO MIRANDA	UIRAÚNA
327	SITIO QUEIMADAS	UIRAÚNA
328	SITIO CARCARÁ	UIRAÚNA
329	SITIO BAIRRO	UMBUZEIRO
330	SITIO QUIXABA	UMBUZEIRO

331	SITIO SANTA CECÍLIA	UMBUZEIRO
332	SITIO TAMANDUÁ	VÁRZEA
333	MINA QUIXABA	VÁRZEA
334	SITIO MACAMBIRA	VÁRZEA
335	SÍTIO PITUBEIRA	VÁRZEA
336	SÍTIO QUIXABA	VÁRZEA
337	SÍTIO XIQUE-XIQUE	VÁRZEA

Dados obtidos a partir do Relatório Final da C.D.R.M. (1976), Projeto de Cadastramento dos Recursos Minerais Não-Metálicos do Estado da Paraíba.

A N E X O 1

RESUMO DE ESTUDO GEOTÉCNICO FEITO DO CONCRETO BETUMINOSO
USINADO À QUENTE E DO PRÉ -MISTURADO Á FRIO USADO PELA

P R E F E I T U R A D E M O S S O R Ó

PARA RECAPEAMENTO DAS RUAS DA CIDADE.

2.1 RESUMO DOS ENSAIOS ASFÁLTICOS

2.1.1- PONTO DE FULGOR = COMBUSTÃO OU INFLAMAÇÃO DO CAP
50/60 ACIMA DE 250 ° C

- SATISFATÓRIO.

2.1.2- ENSAIO DE PENETRAÇÃO CAP 50/60 - MÉDIA = 56 .

2.1.3- ENSAIO DE ESPUMA À 175 ° C = NÃO ESPUMOU.

2.1.4- ENSAIO DE ADESIVIDADE = ÓTIMA .

2.1.5- ENSAIO DE VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL = 183 .

2.1.6- MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA À 165 ° C .

2.1.6 - RESUMO DO ENSAIO MARSHALL PARA ENCONTRAR O TEOR
ÓTIMO DE LIGANTE

LIGANTE P/PESO (%)	γ APARENTE	%Vv	(%RBV)	ESTABILIDADE (kN)	FLUÊNCIA (mm)
4,5%	23 kN/m ³	5,3 %	66,30	5,3	9
5,0%	23 kN/m ³	4,1 %	73,73	5,9	9
5,5%	23 kN/m ³	3,7 %	77,45	9,3	9
6,0%	23 kN/m ³	2,3 %	85,51	8,2	12

**QUADRO 1 - Resumo dos Ensaio p/ Teor Ótimo de Ligante,
Dosagem Marshall.**

Como se pode ver o teor que preencheu as especificações necessárias para ser o teor ótimo usado foi 5,5% .

2.3 - RESUMO DOS ENSAIOS DO AGREGADO MINERAL (CALCÁRIO)

2.3.1-Massas Específicas e Porcentagens dos Materiais :

Agregado Calcário/Material Betuminoso	Porcentegens (%)	M. ESPECÍFICA APARENTE (kN/m ³)	M. ESPECÍFICA REAL
BRITA 19,1 mm	20 %	14,5	25,8
BRITA 9,5 mm	35 %	12,8	26
ARISCO	45 %	14,9	25,9
ASFALTO CAP 50/60	5,5 %	-	10

QUADRO 2 - Resumo dos Ensaio do Agregado Mineral

2.3.2 - Massa Específica dos Agregados = 25,9 kN/m³

2.3.3 - Equivalente Areia..... = 80 %

2.3.4 - Los Angeles = 36 %

2.4 - TRAÇO DE C.B.U.Q. COM TEOR ÓTIMO DE 5,5% DE LIGANTE

2.4.1 - Massa Específica Real (kN/m³)

BRITA CALCÁRIA 19,1 mm = 25,8; Porcentagem usada = 20%

BRITA CALCÁRIA 9,5 mm = 26; Porcentagem usada = 35%

AREIA = 25,9; Porcentagem usada = 45%

2.4.2 - COMPOSIÇÕES :

PENEIRA # (mm)	BRITA 19,1 mm	% 20	BRITA 9,5 mm	% 35	AREIA	% 45	TOTAL	OBS :
25,4	100	20	100	35	100	45	100	FAIXA C
19,1	100	20	100	35	100	45	100	D.N.E.R
12,7	43	9	100	35	100	45	89	
9,5	8	2	89	31	100	45	78	
4			35	12	100	45	57	
10			4	1	97	44	45	
40			1		60	27	27	
80					22	10	10	
200					3	1	1	

QUADRO 3 - RESUMO DAS COMPOSIÇÕES USADAS NO C.B.U.Q.

2.5 - Resumo dos traços usados no Pré-misturado à Frio

2.5.1 - TRAÇO 1

Brita 9,5 mm = 68%

Areia Lavada = 32%

CR 250 (teor) = 4,5%

2.5.1.1 - Massa Específica Real:

Areia = 25,4 kN/m³

Brita 9,5 mm = 26 kN/m³

2.5.1.2 - Resumo do Ensaio Marshall

Massa Específica Aparente = 21,4 kN/m³

% de Vazios (Vv) = 11 %

Relação Betume Vazios (RBV %) = 47,64 %

Estabilidade = 3,9 kN

Fluência = 14,7 %

PENEIRAS mm	BRITA 9,5 68%		AREIA LAVADA 32%		MISTURA	ESPECIFICAÇÃO FAIXA = F
12,7	100	68	100	32	100	100
9,5	86	58	100	32	90	45 - 80
4	30	20,4	96	30,7	51	25 - 45
10	0,4	0,3	86	27,5	28	15 - 30
200	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0 - 8

**QUADRO 4 - AJUSTAGEM GRANULOMETRICA DO PRÉ-MISTURADO A FRIO
/PREFEITURA DE MOSSORÓ-RN**

2.5.2 - TRAÇO 2
 Brita 9,5 mm = 75%
 Areia = 25%
 CR 250 (teor) = 4,5%

2.5.2.1 -Massa Específica Real:

 Brita 9,5 mm = 26 kN/m³
 Areia = 25,4 kN/m³

2.5.2.2 - Resumo do Ensaio Marshall

Densidade Aparente = 21,8 kN/m³
Vazios (% Vv) = 9,3 %
Relação Betume Vazios (RBV %) = 52,2 %
Estabilidade = 3,6 kN
Fluência = 15,33 %

2.5.3 -Faixa utilizada nos traços :

Estabilidade = acima de 2,5 kN
 MIN. MAX.
Fluência = 8 18
Vazios = 5 30

PENEIRAS #	BRITA 9,5mm 68%		AREIA LAVADA 32%		MISTURA	ESPECIFICAÇÃO FAIXA = F
12,7	100	75	100	25	100	100
9,5	86	65	100	25	90	45 - 80
4	30	22,5	96	24	47	25 - 45
10	0,4	0,3	86	21,5	22	15 - 30
200	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0 - 8

QUADRO 5- AJUSTAGEM GRANULOMETRICA DO PRÉ-MISTURADO À FRIO

PREFEITURA DE MOSSORÓ -RN

ANEXO 2

RESUMO DO ESTUDO FEITO QUANDO DA AMPLIAÇÃO DO AEROPORTO DE MOSSORÓ-RN , EM 1993 (DADOS CEDIDOS PELO DER)

2.1 - Resumo do traço de Pré-Misturado à Quente (P.M.Q. drenante)

2.1.1 - O Quadro 6 mostra um resumo Granulométrico da mistura dos agregados.

# (mm)	% que passa da amostra total	FAIXA GRANULOMÉTRICA Faixa - A
38,1	100	100
25,4	88	70 - 100
19,1	75	50 - 80
4	14	10 - 30
10	9	5 - 20
200	2	0 - 5

QUADRO 6 - RESUMO GRANULOMÉTRICO DA MISTURA DOS AGREGADOS

2.1.2 - Resumo das porcentagens usadas na mistura para o traço do P. M. Q.

BRITA CALCÁRIA	31,8 mm	=	30%
BRITA CALCÁRIA	19,1 mm	=	30%
BRITA CALCÁRIA	9,5 mm	=	25%
AREIA		=	15%
LIGANTE CAP.50/60 *		=	3%

* - A porcentagem de ligante na mistura foi por peso de agregado

2.1.3 - Resumo dos resultados obtidos no Ensaio Marshall para o traço utilizado:

MASSA ESPECIFICA APARENTE	= 22,2 kN/m ³
MASSA ESPECIFICA REAL	= 24,8 kN/m ³
PORCENTAGEM DE VAZIOS	= 10,5 %
% R.B.V.	= 42,4 %
ESTABILIDADE	= 8,03 kN
FLUENCIA (1"/100)	= 14

2.2 - Resumo do Traço de Binder

2.2.1 - O resumo granulométrico da mistura dos agregados encontra-se no Quadro 7.

# (mm)	% que passa da amostra total	FAIXA GRANULOMÉTRICA		
		Faixa - 6		
38,1	100	100		
25,4	83	73	-	95
12,7	62	55	-	80
4	39	35	-	58
10	28	23	-	46
40	12	11	-	25
80	8	6	-	16
200	4	3	-	7

QUADRO 7 - Resumo Granulométrico da Mistura dos Agregados

2.2.2 - Resumo das porcentagens usadas para o traço do Binder

BRITA CALCÁRIA 25,4 mm	=	30%
BRITA CALCÁRIA 19,1 mm	=	20%
BRITA CALCÁRIA 9,5 mm	=	20%
AREIA LAVADA	=	27%
MATERIAL DE ENCHIMENTO	=	3%
LIGANTE CAP 50/60 *	=	4,5%

* - A porcentagem de ligante na mistura foi por peso de agregado

2.2.3 - Resumo dos resultados obtidos no Ensaio Marshall para o traço utilizado no Binder :

MASSA ESPECIFICO APARENTE	=	23 kN/m ³
MASSA ESPECIFICO REAL	=	25 kN/m ³
PORCENTAGEM DE VAZIOS(%)	=	6,22 %
% R.B.V.	=	62,33 %
ESTABILIDADE	=	8,81 kN
FLUÊNCIA	=	13

- O traço obtido obedeceu as seguintes especificações :

	MIN.	MÁX.
% Vazios	=	3 - 7
R.B.V.	=	60 - 70
ESTABILIDADE	≥	8 kN
FLUÊNCIA	≤	16

2.3 - Resumo do traço de C.B.U.Q.

2.3.1 - O resumo granulométrico da mistura dos agregados utilizados no C.B.U.Q. encontra-se no Quadro 8.

# (mm)	% que passa da amostra total	FAIXA GRANULOMÉTRICA		
		Faixa - 2		
25,4	100			100
19,1	95	80	-	98
12,7	82	68	-	93
4	63	45	-	75
10	53	32	-	62
40	25	16	-	37
80	12	10	-	24
200	6	3	-	8

QUADRO 8 - Resumo granulométrico da mistura utilizada no C.B.U.Q.

2.3.2 - O resumo das porcentagens utilizadas no traço de C.B.U.Q. encontra-se abaixo:

BRITA CALCÁRIA	19,1 mm	=	25%
BRITA CALCÁRIA	9,5 mm	=	27%
AREIA		=	25%
ARISCO	CALCÁRIO	=	20%
MATERIAL DE ENCHIMENTO		=	3%
LIGANTE CAP 50/60	*	=	6%

* - A porcentagem de ligante utilizada na mistura foi por peso de agregado.

2.3.3 - Resumo dos resultados obtidos no Ensaio Marshall para
o C.B.U.Q.

MASSA ESPECÍFICA APARENTE	= 23 kN/m ³
MASSA ESPECÍFICO REAL	= 24 kN/m ³
% PORCENTAGEM DE VAZIOS	= 4,11
% DE R.B.V.	= 77,00 %
ESTABILIDADE kN	= 9,8
FLUÊNCIA	= 13

- O traço obtido obedeceu as seguintes especificações :

	MIN.	MÁX.
% VAZIOS	= 3	- 5
% R.B.V.	= 70	- 80
ESTABILIDADE	≥ 8 kN	
FLUÊNCIA	≤ 16	

A N E X O 3

UM RESUMO DAS JAZIDAS VISITADAS E CADASTRADAS POR OCASIÃO DESTA PESQUISA

JAZIDA Nº = 1

LOCALIDADE: JUSSARA = FAZENDA
ARVORE ALTA , ALHANDRA -PB

PROPRIETARIO = IZAQUIEL SANTANA

JAZIDA Nº = 3

LOCALIDADE: JUSSARA = FAZENDA
ARVORE ALTA , ALHANDRA - PB

PROPRIETARIO = MARIO GOMES DA SILVA

JAZIDA Nº = 4

LOCALIDADE: SITIO CAXITU , proximo
a POLICOR -Distrito Industrial
João Pessoa - PB

PROPRIETARIO = CARLOS GOMES

JAZIDA Nº = 5

LOCALIDADE: SITIO CAXITU , grande jazida
vizinho a POLICOR -Distrito Industrial
João Pessoa - PB

PROPRIETARIO = CONSTRUTORA ENARQ

JAZIDA Nº = 6

LOCALIDADE: SITIO CAXITU ,após a POLICOR
Distrito Industrial -João Pessoa - PB

PROPRIETARIO = SR. JAILTON

JAZIDA Nº = 7

LOCALIDADE: SITIO BETEL (CAXITÚ)

PROPRIETARIO = OSIAS LOPES PEREIRA

JAZIDA Nº = 8

LOCALIDADE: SITIO CAXITÚ DO MEIO

PROPRIETARIO Nº = ARNOBIO FIRMINO DA SILVA

JAZIDA Nº = 9

LOCALIDADE: JOÃO PESSOA - PB ,
maior jazida em exploração.

PROPRIETARIO = CIMEPAR (fabricante do cimento Zebu)

JAZIDA Nº = 10

LOCALIDADE: MOSSORÓ - RN

PROPRIETARIO = ITAPETINGA AGRO-INDÚSTRIAL S/A - GRUPO JOÃO
SANTOS (fabricante de cimento Nassau)

JAZIDA Nº = 11

LOCALIDADE : BREJINHO - ACESSO BR 304
(ZÉ DA VOLTA 3) ,KM 57 - RN

PROPRIETARIO = JOSE MARIA DE MEDEIROS (fabricante de
paralelos)

JAZIDA N° = 12

LOCALIDADE : ACESSO BR 304

PROPRIETARIO : EMERSON DE AZEVEDO JUNIOR (maior fornecedor de Brita Calcária para uso rodoviario em MOSSORÓ e proximidades) .

ANEXO 4

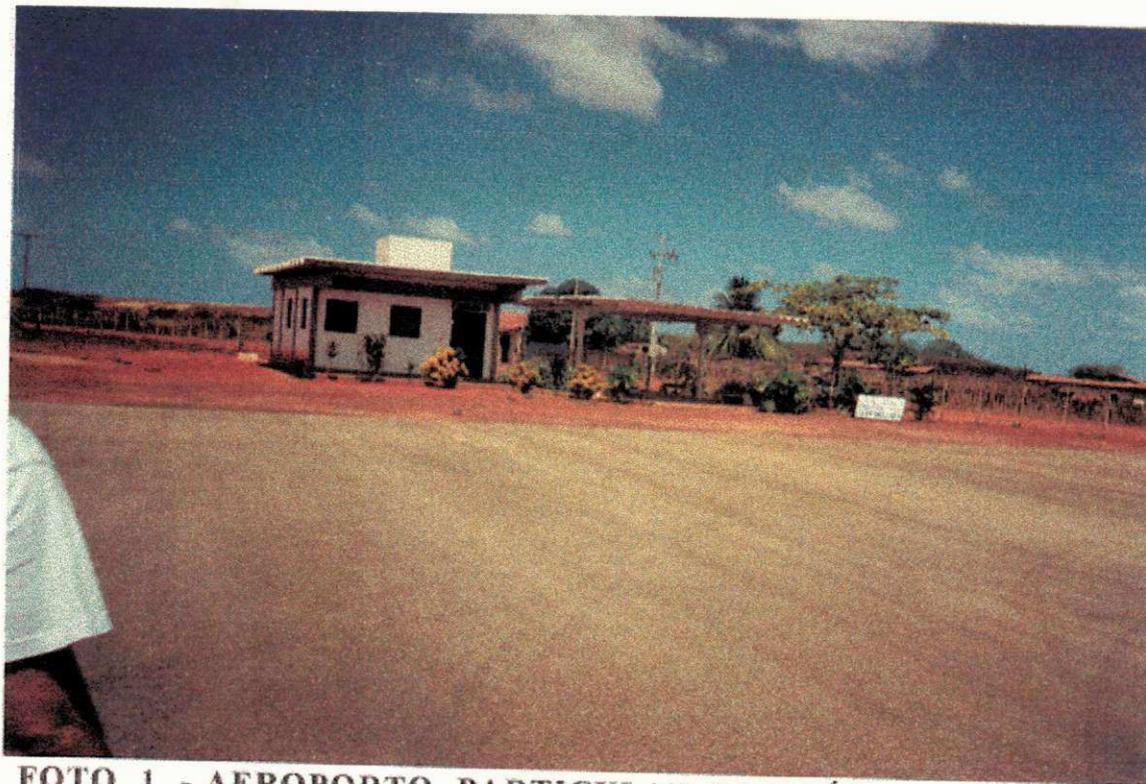


FOTO 1 - AEROPORTO PARTICULAR DA MAÍSA



FOTO 2 - VISTA DA PISTA DE POUSO DO AEROPORTO DA MAÍSA



FOTO 3 - AMPLIAÇÃO DO AEROPORTO DE MOSSORÓ - RN,
(1992) .



FOTO 4 - PISTA DE POUSO, APÓS A AMPLIAÇÃO , (1994)



FOTO 5 - ENSAIOS FEITOS COM O C.B.U.Q. USADO NA REFORMA DO AEROPORTO. (1992)



FOTO 6 - ENSAIO UTILIZANDO O PARALELO DE CALCÁRIO. (1992)



**FOTO 7 - SEDE DO D.E.R. EM MOSSORÓ-RN, 1994.
(PARALELO USADO = CALCÁRIO)**



**FOTO 8 - PARALELO DA ITAPETINGA AGRO-INDÚSTRIAL,
FEITO EM 1974:**

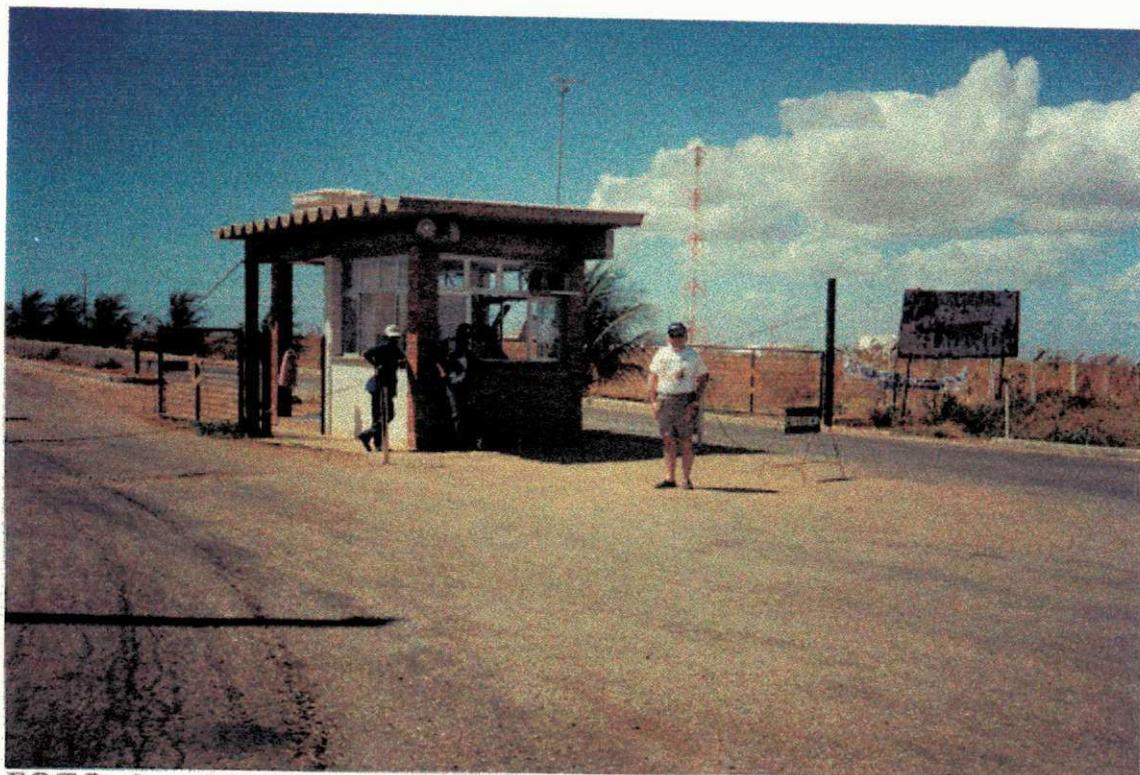


FOTO 9 - MAIOR CAMPO DE PETRÓLEO DA REGIÃO, CAMPO DO AMARO, COM TRATAMENTO EM T.S.D. (1994).

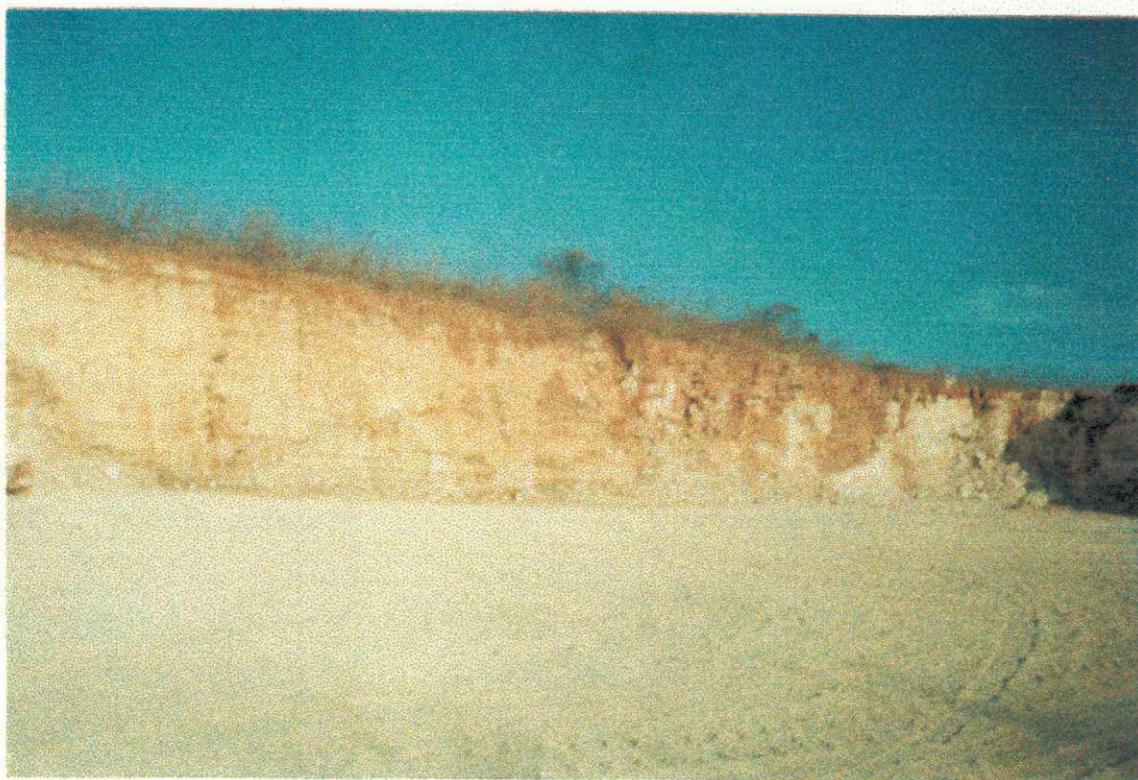


FOTO 10 - PARTE DA JAZIDA DA ITAPETINGA AGRO-INDÚSTRIAL EM EXPLORAÇÃO, (1994).

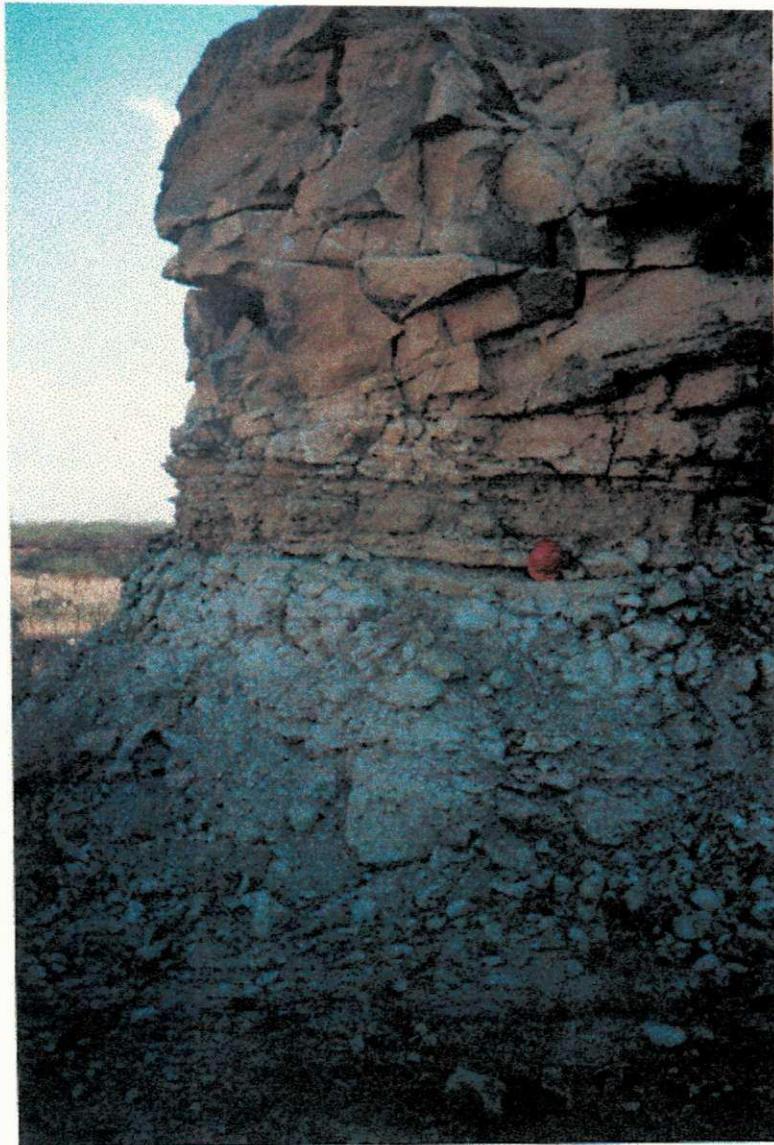


FOTO 11 - BANCADA AFLORANTE, COM 5 METROS DE ALTURA ÚNICA NO NORDESTE COM ESTRATIFICAÇÕES À MOSTRA, RESERVADA PARA PESQUISA, (1994)



**FOTO 12 - JAZIDA DE FABRICAÇÃO DE PARALELOS
CALCÁRIOS, BR 304 - R. N, (1994).**

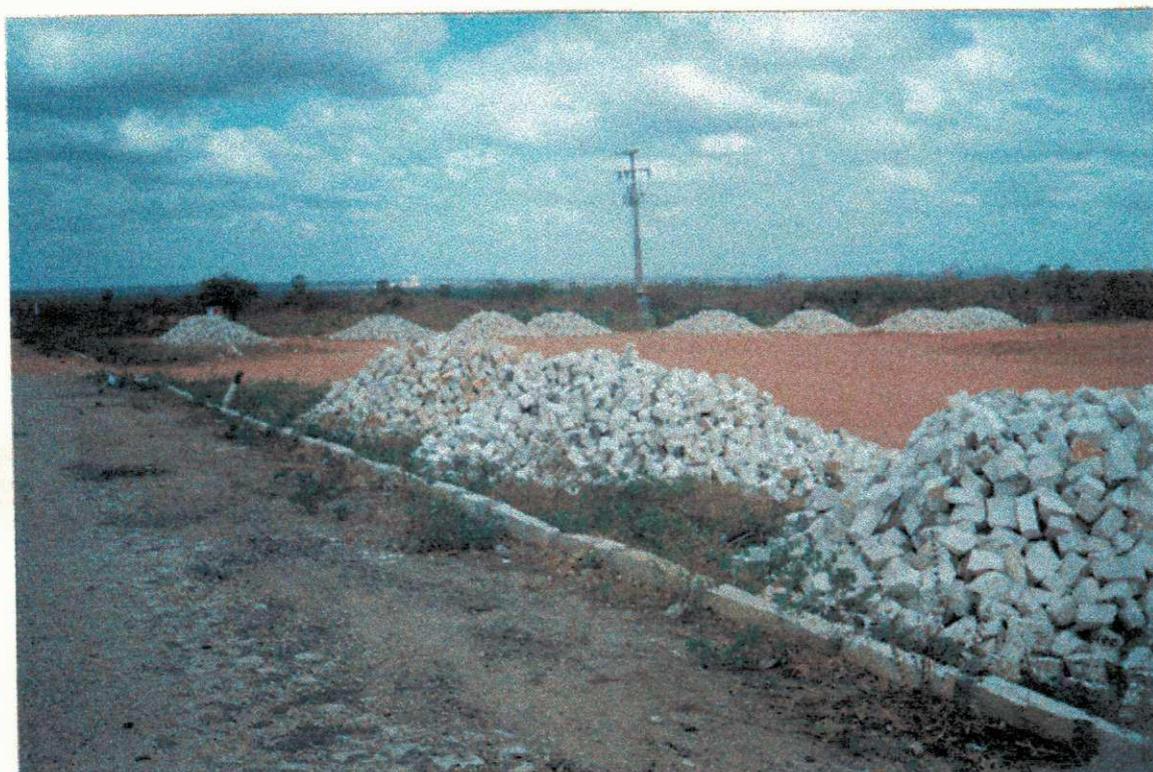


FOTO 13 - COLOCAÇÃO DE PARALELOS, (1994).