

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



NERINEI ALVES BATISTA

RENATO RESQUE TEIXEIRA

**REPAROS RÁPIDOS EM PISTAS DE POUSO E
DECOLAGEM NA AMAZÔNIA**

*Trabalho de Graduação
2003*

*Infra-Estrutura
Aeronáutica*

**NERINEI ALVES BATISTA
RENATO RESQUE TEIXEIRA**

ENGENHARIA DE CAMPANHA
**REPAROS RÁPIDOS EM PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM
NA AMAZÔNIA**

Orientadores

Prof. Dr. Eugenio Vertamatti – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Ten. Ronaldo Gonçalves de Carvalho - Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Co-orientadores

Cap. Eng. Nelson R. da Rocha Filho

Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2003

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA**

<p>Batista, Nerinei Alves Teixeira, Renato Resque Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem na Amazônia/ Nerinei Alves Batista, Renato Resque Teixeira São José dos Campos, 2003. 189p</p> <p>Trabalho de Graduação – Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2003. Orientadores: Prof. Dr. Eugenio Vertamatti; Ten. Ronaldo Gonçalves de Carvalho</p> <p>1. Reparo Rápido. 2. Engenharia de Campanha. 3. Pistas da Amazônia. I. Nerinei Alves Batista; Renato Resque Teixeira. II. Centro Técnico Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica. III. Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem na Amazônia</p>
--

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BATISTA, Nerinei Alves; TEIXEIRA, Renato Resque. **Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem na Amazônia**. 2003. 198p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR : Nerinei Alves Batista; Renato Resque Teixeira

TÍTULO DO TRABALHO: Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem na Amazônia

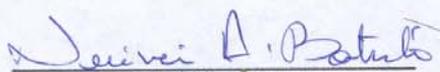
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2003

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

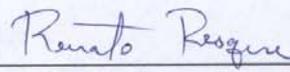
Nerinei Alves Batista
CTA H8-A Apt. 142
São José dos Campos-SP

Renato Resque Teixeira
CTA H8-C Apt.320
São José dos Campos-SP

REPAROS RÁPIDOS EM PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM NA AMAZÔNIA

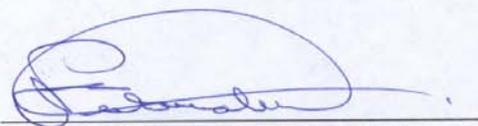


Nerinei Alves Batista

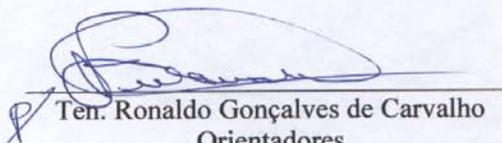


Renato Resque Teixeira

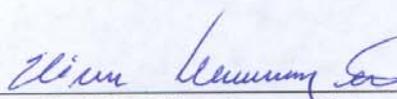
Autores



Prof. Dr. Eugenio Vertamatti



Ten. Ronaldo Gonçalves de Carvalho
Orientadores



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

São José dos Campos, 26 de novembro de 2003

Dedicatória

aos meus queridos pais, Nelito e Dalva, exemplos irretocáveis a serem seguidos, que incondicionalmente sempre me deram apoio, permitindo-me alcançar o sonhado diploma de engenheiro. E à minha irmã Neli, amiga e companheira, que muito me ajudou nesta difícil jornada através do ITA.

Nerinei Alves Batista

aos meus pais, com muito amor e carinho, pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis de minha vida. Ao meu irmão, exemplo de perseverança e pelo qual tenho muita admiração e respeito, e a uma pessoa muito especial que, mesmo distante, trouxe-me palavras de afeto e conforto ao longo desses cinco anos de conquistas.

E, mais uma vez, a Deus por ter me dado a oportunidade de estar aqui e alcançar o tão desejado título de Engenheiro do ITA.

Renato Resque Teixeira

AGRADECIMENTOS

Partilhamos a importância deste trabalho de graduação no âmbito da Aeronáutica e sua participação na extensão universitária, enriquecendo a experiência de vida com a dedicação e o aprendizado. Neste momento, queremos lembrar de todos os laços firmados nessa longa caminhada, agradecendo a todos que contribuíram, seja por ações ou palavras, para a realização deste grande projeto.

Em particular, expressamos nossos sinceros agradecimentos:

- ao Professor Vertamatti e ao Tenente Ronaldo, orientadores, pelos valiosos ensinamentos recebidos e palavras de incentivo;
 - aos professores Delma, Wolney e Régis da Divisão de Engenharia de Infra-estrutura Aeronáutica do ITA, pelos constantes diálogos;
 - à Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA), pela excelente oportunidade oferecida e, em especial, ao Capitão Rocha por nos presentear com um trabalho realmente importante para o fortalecimento da Força Aérea Brasileira;
 - à Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (DIRENG), pelo valioso apoio prestado através da Seção de Engenharia de Campanha; e
- agradecemos, principalmente, a Deus por mais esta jornada.

RESUMO

O presente trabalho de graduação tem por objetivos fazer um levantamento das diversas técnicas da Engenharia de Campanha e propor soluções de reparos rápidos para a restituição da operacionalidade de uma pista bombardeada na Região Amazônica, levando-se em consideração a grande dificuldade de se construir nessa região.

Na primeira etapa do trabalho de graduação, fez-se uma ampla revisão bibliográfica junto à Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (DIRENG), disponibilizando todo material referente à Engenharia de Campanha. Em seguida, estudaram-se as técnicas de reparos rápidos mais utilizadas atualmente em Campanha, destacando-se os Métodos Convencionais e os Não-convencionais.

Posteriormente, partiu-se para uma análise da realidade geotécnica da Amazônia, buscando-se avaliar as diversas soluções adotadas nas construções das pistas e as possíveis soluções de reparos a serem empregadas em caso de ataques. Paralelamente a estas pesquisas, outras ocorreram com o intuito de coletar informações sobre assuntos específicos, como visitas à Base Aérea do Galeão (BGL), para coletar dados sobre a logística de Transporte de Carga, à Divisão de Ensaio em Vôos – AEV, no CTA, para a determinação da Faixa Operacional Mínima (FOM) a ser adotada no trabalho, e à Divisão de Sistemas Bélicos do Instituto de Aeronáutica e Espaço (ASB/IAE), para o estudo de bombas antipistas.

Por fim, estudos de casos foram realizados para três aeródromos da região, considerando a situação hipotética das pistas estarem seriamente danificadas após ataque inimigo, buscando-se avaliar as soluções propostas no trabalho e as diversas logísticas de reparos requeridas em virtude das peculiaridades existentes em cada localidade da Amazônia.

ABSTRACT

This work concerns to the raising of several techniques of Campaign Engineering and the proposal for quick repair solutions to recover the readiness performance of a bombed runway in Amazon region, considering the building difficulties in this area.

As a first step of this work, it was made a large bibliographic revision with Aeronautical Engineering Management Office (DIRENG), wich made all the Campaign Engineering data available. Afterwards, the most used quick repair techniques were studied, pointing out the conventional and non-conventional methods.

In the next phase, the geotecnics reality of Amazon Region was studied, so that the several adopted solutions could be analysed and so the possible repair solutions applied in certain cases of attack. At the same time those researches were done, another ones was also achieved, in order to gather information about specific subjects, such as visits to Galeão Air Base (BGL), collection of data about the of cargo transport logistics to the Flying Tests Division – AEV, at CTA, to define the Minimum Operating Strip (MOS) to be adopted in the work, and to the War Systems Division of the Aeronautical and Space Institute (ASB/IAE), to study the against-runaway bombs.

Concluding this work, real cases studies were made for three airdromes in Amazon area, considering now the seriously damaged runaway after a foe attack hypothetic situation, appraising the proposed solutions in the report and the several required repair logistics actions because of the existing particularities at each locality in Amazon.

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

ABO	- Air Base Operability
ABS	- Air Base Survivability
AEV	- Divisão de Ensaio em Vôos
ASB	- Divisão de Sistemas Bélicos
BAPI	- Bomba Antipista
BGL	- Base Aérea do Galeão
BLG	- Bomba Lança Granadas
CBR	- California Bearing Ratio
CBU	- Cluster Bombs Units
CBUQ	- Concreto betuminoso usinado a quente
CDS	- Container Delivery System
CM	- Compactador Manual
	- Cura Média
COMAER	- Comando da Aeronáutica
COMAR	- Comando Aéreo Regional
COMARA	- Comissão de Aeroportos da Amazônia
CR	- Cura Rápida
CTA	- Centro Técnico Aeroespacial
DIRENG	- Diretoria de Engenharia da Aeronáutica
EMA	- Escalão Móvel de Apoio
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAB	- Força Aérea Brasileira
FOD	- Foreign Object Damage
FOM	- Faixa Operacional Mínima
FUNAI	- Fundação Nacional do Índio
GT	- Grupo de transporte
IAE	- Instituto de Aeronáutica e Espaço
ILA	- Instituto de Logística da Aeronáutica
ONG	- Organizações Não Governamentais

PMF	- Pré misturado a frio
RM	- Ruptura média
RRP	- Reparo Rápido de Pista
SIVAM	- Sistema de Vigilância da Amazônia
SERENG	- Serviço Regional de Engenharia
SOMA	- Superfície Operacional Mínima do Aeródromo
SPVEA	- Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SUDAM	- Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
TG	- Trabalho de Graduação
TSS	- Tratamento Superficial Simples
UCE	- Unidade Celular de Engenharia
UME	- Unidade Móvel de Engenharia
USAF	- United States Air Force
UXO	- Unexploded Ordnance
ZL	- Zona de lançamento

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	17
1.1 O QUE É A ENGENHARIA DE CAMPANHA	17
1.2 A REGIÃO AMAZÔNICA COMO PONTO ESTRATÉGICO	18
1.3 COMISSÃO DE AEROPORTOS DA AMAZÔNIA (COMARA)	19
1.4 A ENGENHARIA DE CAMPANHA NO ÂMBITO DO COMAER	20
1.5 DESCRIÇÃO DO TRABALHO E SUA IMPORTÂNCIA PARA O COMANDO DA AERONÁUTICA 21	
CAPÍTULO 2 - CONTEXTO TÉCNICO CIENTÍFICO	23
CAPÍTULO 3 - DISPOSIÇÕES PRELIMINARES	25
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3.2 DEFINIÇÕES	25
3.2.1 Unidades de Engenharias	25
3.2.2 Aeródromo	26
3.2.3 Reparo	26
3.2.4 Reparo Rápido de Pista (RRP)	26
3.2.5 Cratera	27
3.2.6 Diâmetro Real	27
3.2.7 Diâmetro Aparente	27
3.2.8 “Ejecta”	27
3.2.9 “Unexploded Ordnance (UXO)”	28
3.2.10 “Foreign Object Damage (FOD)”	28
3.2.11 SOMA	28
3.2.12 Faixa Operacional Mínima (FOM)	28
3.3 OPERACIONALIDADE DE BASE AÉREA	28
3.4 PLANEJAMENTO	29
3.4.1 Anterior ao Ataque	30
3.4.2 Durante o Ataque	30
3.4.3 Posterior ao Ataque	31
3.5 ANÁLISE DE DANOS	32
3.5.1 Tipos de Armamentos Utilizados	32
3.5.1.1 Bombas de Fragmentação	32
3.5.1.2 Bombas de Fins Gerais	34
3.5.1.3 Bombas de Penetração	35
3.5.2 Tipologia de Danos	36
3.5.2.1 “Estilhas”	36
3.5.2.2 “Camouflets”	37
3.5.2.3 “Crateras”	38
3.5.3 Seleção da FOM	38
3.5.3.1 Localização dos Danos na Pista	38
3.5.3.2 Determinação da FOM	41
3.5.3.3 Posicionamento da FOM	42
3.6 ÂMBITO	44
3.7 GRAU DE SIGILO	44

CAPÍTULO 4 - MÉTODOS DE REPARO DISPONÍVEIS ATUALMENTE 45

4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	45
4.2	RECONHECIMENTO DOS DANOS	46
4.3	LIMPEZA DO LOCAL	46
4.4	PREENCHIMENTO DA CRATERA	47
4.5	REPARO DO REVESTIMENTO	51
4.5.1	Reparos Convencionais	52
4.5.1.1	Revestimento com Pré-Misturado a Frio (P.M.F).....	52
4.5.1.2	Revestimento com Concreto Cimento de Cura Rápida.....	53
4.5.1.3	Revestimento com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (C.B.U.Q).....	55
4.5.1.4	Tratamento Superficial Simples (TSS).....	56
4.5.2	Reparos Não-convencionais	58
4.5.2.1	Revestimento com Placas de Concreto Armado.....	58
4.5.2.2	Chapas de Alumínio do tipo ÆM-2	59
4.5.2.3	Placas dobráveis de Fibra de Vidro	61
4.5.2.4	Concreto de Resina.....	64
4.5.2.5	Micro-Concreto de Cura Rápida	65

CAPÍTULO 5 - EQUIPAMENTOS AEROTRANSPORTÁVEIS 68

5.1	HISTÓRICO DO BGL.....	68
5.2	AERONAVES PARA O TRANSPORTE DE CARGA.....	70
5.2.1	C-130 (Hércules)	70
5.2.1.1	Logística do Transporte de Cargas	72
5.2.1.1.1	Lançamento de “Cargas Leves” (CDS - Container Delivery System) ...	72
5.2.1.1.2	Lançamento de Cargas Pesadas (Heavy).....	74
5.2.1.1.3	Extração a Baixa Altitude.....	76
5.2.2	C-91 (Avro)	77
5.2.2.1	Análise de Capacidade de Carga	78
5.2.2.2	Logística do Transporte de Cargas	79
5.2.3	C-115 (Búfalo).....	80
5.2.3.1	Análise de Capacidade de Carga	80
5.3	PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS AEROTRANSPORTÁVEIS.....	81
5.3.1	Mini Escavadeira Hidráulica B 12.....	81
5.3.2	Mini Escavadeira Hidráulica X325	82
5.3.3	Mini Pá Carregadeira 753.....	83
5.3.4	Mini Pá Carregadeira SL 55 B	85
5.3.5	Trator de Lâmina D 20	86
5.3.6	Rolo do Tipo Combinado VV 600	87
5.3.7	Rolo Compactador do tipo Combinado CG 141	88
5.3.8	Rolo Compactador do Tipo Tandem CB 214 C (Carterpillar)	89
5.3.9	Compactadores Portáteis	90
5.3.9.1	Compactador Vibratório de Solo e Asfalto	90
5.3.9.2	Compactador de Solo Hoffmann CSH 80 (100% Nacional).....	90
5.3.9.3	Placa Vibratória tipo CM-20 (Diesel/Elétrica).....	92
5.3.10	Placa Vibratória tipo CM-13 (Diesel)	93
5.3.11	Cortadora de Pisos com Motor à Gasolina	94
5.3.12	Betoneiras	96
5.3.13	Caminhões	97

CAPÍTULO 6 - REALIDADE GEOTÉCNICA DA AMAZÔNIA.....	99
6.2.1. Solos de Textura Fina.....	104
M.E.GRAOS.....	104
CLASSIFIC.....	104
6.2.2. Solos Plintíticos.....	106
M.E.GRAOS.....	107
CLASSIFICAÇÃO.....	107
6.2.3. Solos Lateríticos Concrecionados.....	110
CAPÍTULO 7 - ANÁLISE DE TÉCNICAS APLICÁVEIS À REGIÃO AMAZÔNICA	117
7.1. SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA A BACIA PODZÓLICA DO XINGU.....	117
7.2. SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA A BACIA PODZÓLICA DO SOLIMÕES.....	120
7.3 REGIÃO LATOSSÓLICA DO AMAZONAS.....	122
CAPÍTULO 8 - ESTUDO DE CASOS.....	124
8.1 CONSIDERAÇÕES.....	124
8.2 AERÓDROMO DE CARACARAÍ.....	125
8.2.1 Levantamento de dados.....	125
8.2.2 Planejamento.....	125
8.2.3 Roteiro para a Execução dos Reparos.....	129
8.2.3.1 Análise dos Recursos Locais.....	129
8.2.3.2 Escolha da Técnica de Reparo Rápido.....	130
Pré-Misturado a Frio (P.M.F).....	130
Tratamento Superficial Simples (TSS).....	133
Placa Dobrável de Fibra de Vidro.....	134
8.3 AERÓDROMO DE EIRUNEPÉ.....	136
8.3.1 Levantamento de Dados.....	136
8.3.2 Planejamento.....	137
8.3.3 Roteiro para a execução dos reparos.....	141
8.3.1.1 Análise dos Recursos Locais.....	141
8.3.1.2 Escolha da Técnica de Reparo Rápido.....	141
Pré-Misturado a Frio (P.M.F).....	143
Placas de Concreto Armado.....	147
8.4 AERÓDROMO DE MATURACÁ.....	149
8.4.1 Histórico.....	149
8.4.2 Planejamento.....	150
8.4.3 Roteiro para a execução dos reparos.....	153
CAPÍTULO 9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	154
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	157
APÊNDICE - DIMENSIONAMENTO DE GEOSSINTÉTICOS.....	159
ANEXO A - PRINCIPAIS AERONAVES DA FAB.....	163
ANEXO B - MONTAGEM PLACAS DE CONCRETO ARMADO.....	184
ANEXO C - FECHAMENTO DE CRATERAS COM ABERTURA DE RAMPA.....	185
ANEXO D - KIT COMPACTO TAPA BURACO TBR 500.....	186

LISTA DE FIGURAS E FOTOS

Figura 1 – Esquema básico de uma cratera típica	27
Figura 2 – Esquema da bomba de fragmentação	33
Figura 3 – Bomba MK-84AR Snakeye	34
Figura 4 – Esquema de funcionamento da BAPI	36
Figura 5 - Danos do tipo estilha	37
Figura 6 – Dano do tipo “Camouflet”	37
Figura 7 – Dano tipo cratera	38
Figura 8 - Esquema geral para localização de danos	40
Figura 9 – Posicionamento da FOM	43
Figura 10 – Exemplo de dano em pista	45
Figura 11 – Estrutura do pavimento destruída	47
Figura 12 – Início do aterro da cratera	48
Figura 13 – Preenchimento com sacos de areia compactada	49
Figura 14 - Preenchimento com pedras	49
Figura 15 – Emprego do geossintético	51
Figura 16 – Esquema para aplicação da técnica	54
Figura 17 – Esquema para aplicação da técnica	60
Figura 18 – Emenda das placas de fibra de vidro	62
Figura 19 – Acoradores para placas de fibra de vidro	63
Figura 20 – Preenchimento com brita e recobrimento com areia	65
Figura 21 – Esquema de lançamento do micro-concreto	66
Figura 22 – Detalhe da emenda do pavimento com o reparo	66
Figura 23 – Fardo do tipo A-22	73
Figura 24 – Posicionamento dos fardos do tipo A-22	74
Figura 25 – Lançamento da carga	75
Figura 26 – Esquema de amarração de uma carga pesada	76
Figura 27 – Lançamento de equipamentos a baixa altitude	77
Figura 28 – Lançamento de fardos pelo Sistema de Lançamento Múltiplo de Cargas	79
Figura 29 – Informações técnicas do B 12	82
Figura 30 – Informações técnicas do X 325	83
Figura 31 – Informações técnicas do Mini Pá Carregadeira 753	84
Figura 32 – Esteira e Vassoura Mecânica	84
Figura 33 – Esteira e Vassoura Mecânica	85
Figura 34 – Dimensões do Trator de Lâmina D 20	86
Figura 35 – Dimensões do Trator de Lâmina D 20	87
Figura 36 – Dimensões do Rolo Compactador CG 141	88
Figura 38 – Compactador RS-800A	90
Figura 39 – Compactadores à Gasolina e Elétrico	91
Figura 40 – Caminhão Modelo Pesado da Volkswagen – 17.210C	98
Figura 41 – Rede Aeroportuária da Amazônia	100
Figura 42 – Localização de soluções geotécnicas típicas	100
Figura 43 – Distribuição esquemática dos principais solos amazônicos	101
Figura 44 – Macro-zonas com aptidões geotécnicas distintas	102
Figura 45 – Locais dos quais as amostras foram retiradas	103
Figura 46- Curvas granulométricas dos Solos finos	105

Figura 47- Histograma com valores de CBR para os Solos finos	106
Figura 48- Curvas granulométricas para os Solos Plintíticos.....	108
Figura 49 – Curvas granulométricas para os Solos Lateríticos Concrecionados	112
Figura 50 – Valores de CBR para Solos Pedregulhosos	113
Figura 51 – Distribuição geográfica das principais regiões e corpos isolados lateríticos	114
Figura 52 – Localização dos depósitos de latossolos	116
Figura 53 – Bacia Podzólica do Xingu em destaque.....	118
Figura 54 – Bacia Podzólica do Solimões em destaque.....	121
Figura 55 – Perfis de pavimentos com piçarra.....	123
Figura 56 – Mapeamento de Danos.....	126
Figura 57 – Posicionamento da FOM.....	128
Figura 58– Croqui das jazidas (extraído da sala de Comando da COMARA-Caracará)	129
Figura 59 – Logística de Transporte na Amazônia.....	132
Figura 60 –Aplicação da solução	135
Figura 61 - Localização do Município de Eirunepé	136
Figura 62– Mapeamento de Danos.....	138
Figura 63 – Posicionamento da FOM.....	140
Figura 64 – Extração a baixa altura	146
Figura 65 – Mapeamento de Danos.....	151
Figura 66 – Posicionamento da FOM.....	152
Figura 67 – Esquema de forças atuantes no geossintético.....	159
Figura 68 – Esquema da colocação do geossintético	161
Figura 69 – Esquema de montagem das placas de Concreto Armado.....	184
Figura 70 – Esquema da cratera com rampa de acesso	185
Figura 71- Caminhão equipado com o kit	186
Foto 1 –Base Aérea do Galião (30/10/2003).....	69
Foto 2 – C-130 2470 do 1º/1º GT	70
Foto 3 – C-91 2508 do 1º/2º GT (30/10/2003).....	78
Foto 4 – Carregamento com o auxílio de empilhadeira	79
Foto 5 – Pista de Caracará.....	125
Foto 6 – Execução da base em brita graduada.....	130
Foto 7 – Porto de Eirunepé.....	137
Foto 8 – Perfil de solo de Jazida.....	141
Foto 9 – Pista do aeródromo de Maturacá.....	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Quadro-resumo das diferenças básicas entre as unidades	26
Tabela 2 – Faixas aceitáveis para o uso de agregados	57
Tabela 3 – Taxas de Aplicação e de Espalhamento.....	57
Tabela 4 – Quadro resumo da capacidade de carga do C-130.....	71
Tabela 6 – Quadro resumo da capacidade de carga do C-91.....	78
Tabela 7 – Quadro-resumo da capacidade de carga do C-115	80
Tabela 8 – Características Básicas de Operação do B12.....	81
Tabela 9 – Características gerais de operação do X 325	82
Tabela 10 – Características Gerais do Equipamento.....	83
Tabela 11 – Características Básicas de Operação	85
Tabela 12 -Características Básicas de Operação	86
Tabela 13- Características Básicas de Operação	87
Tabela 14 – Características Básicas de Operação	88
Tabela 15– Características Básicas de Operação	89
Tabela 16 – Características técnicas.....	90
Tabela 17 – Características técnicas.....	91
Tabela 18 – Características Básicas de Operação do CM-20.....	92
Tabela 19 – Características Básicas de Operação	93
Tabela 20 – Características Básicas de Operação do Cortador de Pisos.....	95
Tabela 21 – Características básicas de operação das Betoneiras.....	96
Tabela 22 – Características básicas de operação Caminhão Basculante.....	97
Tabela 23 – Características dos Solos finos da Amazônia.....	104
Tabela 25 – Características dos Solos finos da Amazônia.....	107
Tabela 26 – Valores de CBR para amostras de Solos Plintíticos	109
Tabela 27 – Valores de CBR para amostras de Solos Lateríticos	111
Tabela 28 – Locais dos depósitos latosólicos.....	115
Tabela 29- Melhoras obtidas utilizando-se estabilização com cal	119
Tabela 30– Quadro resumo de danos no aeródromo de Caracarái.....	127
Tabela 31 – Quadro de danos do aeródromo de Eirunepé.....	139
Tabela 32– Quadro de danos de Maturacá	151

1.1 O que é a Engenharia de Campanha

A primeira idéia de Engenharia de Campanha, bem como a necessidade da criação de um batalhão de engenharia, surgiu em 1851, quando o Brasil se mobilizava para a guerra contra Rosas e Oribe, que terminou em Caseros, imposta pela Divisão Brasileira comandada pelo Brigadeiro Manuel Marques de Souza. Essa campanha viera revelar as graves deficiências da organização do nosso Exército, bem como a falta de elemento técnico de apoio à tropa para facilitar o seu deslocamento, a respeito dos obstáculos naturais do terreno e dos que opunha o inimigo.

A experiência, pelos relatórios e estudos feitos logo depois da campanha, indicava ser urgente a criação de uma unidade especializada que aliasse a capacidade combatente dos quadros e da tropa à preparação profissional para transpor e remover obstáculos com o emprego de métodos e equipamentos das missões táticas das três Armas, facilitando-lhes o deslocamento e a abordagem do inimigo nas diversas circunstâncias da guerra. O problema era para ser resolvido com a experiência adquirida no Teatro de Operações, mas longe dele, em tempo de paz, com os recursos que só poderiam ser devidamente aproveitados nos centros de estudo e nos estabelecimentos industriais concentrados no Rio de Janeiro, Capital do Império, como foi feito.

O Brasil já dispunha do grande valor comprovado dos oficiais do Corpo de Engenheiro, aos quais apenas faltava a experiência da guerra de movimento. A idéia foi de aproveitar o preparo profissional dos engenheiros, fazendo-os atuar, na guerra, de mãos dadas com a capacidade combatentes de oficiais cuidadosamente selecionados nas Armas tradicionais, de modo a compor uma unidade capaz de enfrentar as novas características da guerra, exigindo a presença, no quadro da Grande Unidade constituída, de uma Engenharia de Campanha.

Foi essa idéia que inspirou a criação do Batalhão de Engenheiros, depois da Guerra contra Rosas. A criação dessa histórica unidade, com a qual começava a surgir a futura Arma de Engenharia, foi determinada pelo Decreto nº 1.535, de 23 de janeiro de 1855, e logo depois, a 1º de abril de 1855, ela passava ter a sua organização como corpo de tropa técnico e

unidades de combate, em cujas fileiras passaram a servir oficiais do Corpo de Engenheiros e oficiais combatentes das outras Armas.

O Exército Brasileiro, ainda muito precariamente organizado, teria na Guerra contra Rosas a sua primeira grande experiência sobre relevante papel da Engenharia e tratava de aproveitá-la com a organização do Batalhão de Engenheiros na antiga Escola de Aplicação, fato que bem demonstra o caráter experimental da primeira organização da Unidade, com os seus efetivos ainda reduzidos.

1.2 A Região Amazônica como Ponto Estratégico

Os vestígios e as ruínas de inúmeras fortalezas e os preservados fortes artilhados com velhos canhões de bronze são testemunhas de mais de 350 anos de lutas travadas pelos nossos antepassados para conquistar e manter a Amazônia Brasileira. E o emprego das técnicas da guerra de guerrilhas tem sido uma constante nessas lutas. O ambiente de selva, a extensão territorial, a imensa faixa de fronteira, a rarefação demográfica, a deficiência de transportes e a precariedade de comunicações, todos fatores característicos daquela que, hoje, é a Área Estratégica de maior prioridade no território brasileiro, têm contribuído para que esta singular forma de combater encontre naquele ambiente operacional magníficas condições de condução.

Ao longo dos anos, tornou-se muito claro que o vetor principal do desenvolvimento da Amazônia tem sido a ação pioneira e desbravadora das Forças Armadas, as quais, sem medir esforços e sacrifícios, sempre se fizeram presentes. O Exército, influenciando de modo decisivo na formação e na consolidação da nacionalidade das populações e a Aeronáutica, com sua Força Aérea, contribuindo para reduzir o isolamento da região Amazônica e das dispersas comunidades nela agregada, assistindo populações antes esquecidas e perpetuando a soberania nacional.

Devido a longas distâncias entre uma e outra localidade, intempéries restringindo a navegação fluvial e inviabilizando a construção de rodovias, houve a necessidade de se implantar uma malha aeroviária na região. Para a consolidação e o aperfeiçoamento desse objetivo, criou-se a COMARA para estudar, projetar, construir e equipar os aeroportos da Amazônia.

Nos dias de hoje, observa-se uma verdadeira orquestração, em especial dos países desenvolvidos, para desnacionalizar a Amazônia. As diversas matérias veiculadas na mídia internacional enfocando, com destaque, as queimadas e a devastação da floresta Amazônica, visariam, de um lado, a formação na opinião pública mundial de um sentimento de que a Amazônia deveria pertencer à humanidade e, de outro, a de que o Brasil não demonstra competência para preservá-la. Dessa forma, assiste-se a uma invasão silenciosa de Organizações Não Governamentais (ONG's), atuando como instrumento de uma verdadeira guerra psicológica, com vultosos recursos de apoio, capazes de mobilizar a opinião pública internacional no sentido de considerar que o desenvolvimento amazônico constitui uma ameaça ao meio ambiente global.

É objetivo do Governo não só proteger a região, mas também promover seu desenvolvimento sustentável, considerando os vários aspectos envolvidos entre os quais o social, o econômico e o ambiental. Sabe-se, porém, das dificuldades impostas pela própria natureza e até as limitações com que o governo se depara ao tentar levar a efeito um programa que se contraponha à série de fatores que impedem a prosperidade, de fato, da região.

Assim, a defesa dos interesses vitais do Brasil naquela área não é obra exclusiva dos soldados da Amazônia. É uma responsabilidade de todos os brasileiros, militares e civis, inclusive de outras regiões. E nada poderá refletir melhor esta determinação na consecução das missões de segurança e integração da Amazônia do que a frase do antigo chefe, Gen Rodrigo Otávio:

"Árdua é a missão de desenvolver e defender a Amazônia, muito mais difícil, porém, foi a de nossos antepassados em conquistá-la e mantê-la!"

1.3 Comissão de Aeroportos da Amazônia (COMARA)

A criação da COMARA é um marco no processo de desenvolvimento da Amazônia e um capítulo à parte na história da Força Aérea Brasileira. Passados quase meio século desde sua criação, vislumbrou-se um passado cheio de realizações. No início da década de 50 existiam na Amazônia apenas 17 aeródromos, dos quais somente Manaus (AM) e Belém (PA) eram asfaltados. Para se chegar à criação da COMARA, em 1953 foi implantada por preceito constitucional a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), que se transformou depois na SUDAM. Entre as suas atribuições estava a

implantação da malha aeroviária da região. O Ministério da Aeronáutica através do então Comando da 1ª Zona Aérea, sediado em Belém, criou a Comissão Mista FAB/SPVEA, que após um ano e sete meses foi transformada em COMARA (Comissão de Aeroportos da Região Amazônica), através do Decreto nº 40.551 de 12 de dezembro de 1956.

A COMARA surgiu da necessidade de gerenciar e executar obras aeroportuárias com apoio da Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (DIRENG), principalmente no que tange à política de desenvolvimento dos aeroportos da Região Amazônica. Conta com profissionais que atuam nas áreas da administração moderna, com ênfase no planejamento administrativo, logístico e de engenharia. Por determinação do Comandante da Aeronáutica, tem como principal missão a realização de obras nos aeroportos da Região Norte, tendo em vista as grandes dificuldades de transporte de material e pessoal dos grandes centros do sul do país para a Amazônia, podendo também estender seus braços, a outras regiões brasileiras, se necessário.

Assim, nesses 45 anos de atividades, a COMARA foi responsável pela construção e recuperação mais de 150 pistas, além de viabilizar mais de 70 obras de reformas de instalações aeroportuárias e vias públicas. Também é uma organização militar que dá apoio a diversos órgãos federais, como quartéis de fronteiras do Exército, Marinha, FUNAI e SUDAM. Tudo isso em prol da vitória contra os espaços vazios, pelo bem da segurança nacional e contra o abandono e isolamento que afligiam os irmãos amazônidas, buscando estabelecer o bem-estar social, moral e econômico na região. Sua maior credencial e a que a faz de vital importância para o desenvolvimento sócio-econômico da Amazônia é o fato de ser responsável por toda a potencialidade do Norte na construção de aeroportos de qualidade, sem agredir o meio ambiente.

1.4 A Engenharia de Campanha no Âmbito do COMAER

A organização da Engenharia de Campanha no Comando da Aeronáutica tem por objetivo o emprego eficiente dos meios disponíveis a fim de assegurar apoio eficaz as Unidades Aéreas ou de Aeronáutica. Suas Unidades, comandadas por oficiais Engenheiros, devem assegurar pronto reparo a danos pesados causados às Unidades da FAB, construir e ampliar aeródromos e instalações operacionais ou de apoio, utilizadas pelos sistemas de armas empregadas pela Força Aérea no Teatro de Operações. O elo fundamental entre a Engenharia

e os escalões apoiados é estabelecida em função das experiências obtidas em diversos Teatros de Operações.

Assim, pode-se dizer que a Engenharia de Campanha na FAB está relacionada às atividades de engenharia de infra-estrutura, de edificações e de instalações, quando desenvolvidas em proveito do emprego das unidades aéreas em missões de guerra reais ou simuladas. Sua constituição envolve Comandos ou Chefias, Unidades Executantes e Equipes.

No Comando da Aeronáutica, a Engenharia de Campanha recebe o apoio de um órgão central (DIRENG), que detém todos os elos subordinados tecnicamente, porém não administrativamente, que são: os elos permanentes (SERENG) em tempo de paz, e os elos eventuais, além dos SERENG's, a Unidade Celular de Engenharia (UCE) e Unidade Móvel de Engenharia (UME), em tempo de guerra. Em Campanha, essas Unidades de Engenharia são coordenadas através de um Escalão Móvel de Apoio (EMA), no caso da UCE ou de um Grupamento Logístico (estrutura de maior porte), no caso de uma UME.

O apoio de Engenharia em Campanha prevê, portanto, o comprometimento do Sistema de Engenharia, através do seu Órgão Central que fornecerá a orientação técnica e o material necessário (entenda-se as máquinas e os equipamentos) ao adequado funcionamento das atividades a serem desenvolvidas. O apoio dos materiais necessários às obras é regionalizado, e será prestado através dos COMAR. As máquinas e equipamentos necessários ao funcionamento das UCE e UME, quando ativadas, serão fornecidas, em princípio, pela DIRENG.

1.5 Descrição do Trabalho e sua importância para o Comando da Aeronáutica

Vindo ao encontro da necessidade de superar os diversos obstáculos existentes na Amazônia, foi que surgiu a idéia de se fazer um Trabalho de Graduação (TG) voltado para a integração, defesa e desenvolvimento da Amazônia. O referido TG trata de um tema muito conhecido no meio militar, que é a Engenharia de Campanha. Como se trata de um assunto bastante amplo e complexo, a vertente da Engenharia de Campanha que será explorada neste trabalho diz respeito às técnicas de reparos rápidos aplicáveis às pistas da região amazônica, quando danificada por armamento aéreo.

Numa primeira etapa é feita uma descrição das principais técnicas de reparos rápidos utilizadas atualmente, bem como os equipamentos e materiais necessários para execução da missão. Numa segunda etapa, propõem soluções de reparos em pistas da Amazônia, levando-

se em consideração toda a problemática intrínseca existente naquela região. Por último, tem-se a simulação de casos em aeródromos conhecidos, a fim de se avaliar a metodologia desenvolvida no trabalho e a viabilidade de implantação dessas soluções.

Dessa forma, inicia-se a fase de alavancamento de um tema muito comentado porém pouco desenvolvido na Força Aérea Brasileira, que é a Engenharia de Campanha – a “menina dos olhos” de toda Organização Militar. Daí a relevância deste Trabalho de Graduação para o Comando da Aeronáutica e, em especial, para a COMARA que, com o seu pessoal vivido e experiente nas construções da selva amazônica, simbolizará o braço operacional da Engenharia Militar nessa difícil missão de defesa e manutenção da soberania do espaço aéreo da tão cobiçada Região Amazônica.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO TÉCNICO CIENTÍFICO

“É mais fácil e efetivo destruir o poder aéreo inimigo através da destruição de seus ninhos e ovos no chão que caçar seus pássaros no ar” (Douhet, 1921)

Giulio Douhet é o autor da frase acima citada e que jamais perdeu sua validade, como mostra a história, além de ser um dos pioneiros e principais estrategistas do Poder Aéreo. Desde 1.915, Douhet defendeu o ataque às bases operacionais do inimigo e em seu primeiro trabalho escrito sobre a importância do Poder Aéreo (1.909) já havia concebido o conceito da Guerra Total, que estabelecia que a destruição da aviação militar oponente em suas bases operacionais significava igualmente a destruição de suas forças morais.

Até a Primeira Guerra Mundial, a construção de aeródromos resumia-se na escolha de local que tivesse características adequadas ao pouso e decolagem das aeronaves. As aeronaves de aplicação tática em geral possuíam um trem de pouso robusto e raramente exigiam superfícies muito suaves, construídas de concreto ou asfalto. Os danos que essas pistas sofriam eram quase na totalidade devido às aeronaves amigas que tivessem algum problema durante o pouso ou decolagem, podendo ser facilmente reparados por poucas pessoas utilizando equipamentos manuais.

Entre a Primeira e a Segunda Guerra, as aeronaves aumentaram de tamanho e peso, fazendo com que as pistas naturais (em solos nus ou gramados) não mais fossem adequadas.

Durante a Segunda Guerra, as grandes dimensões dos teatros de operações e as distâncias entre esses teatros obrigaram a construção de vários aeródromos. Observou-se também que as linhas de contato não eram estáticas e conforme se avançava era necessário recuperar as pistas capturadas.

Embora nesta época as aeronaves não demandassem pistas sofisticadas, os aeródromos e respectivas instalações já eram alvos prioritários. Assim, o trabalho da engenharia de campanha era de fundamental importância quando aeronaves mais pesadas, que exigiam pistas mais resistentes, precisavam pousar em pistas pouco resistentes, sendo utilizadas esteiras de aço para construir superfícies adequadas às operações. Os reparos, quando necessários, eram simples para os padrões correntes.

Provavelmente, o mais conhecido e efetivo exemplo do uso do poder aéreo para destruição de forças oponentes ocorreu em 1967, na Guerra dos Seis Dias, entre árabes e israelenses. A ação inicial da guerra consistiu no ataque aéreo israelense contra oito

aeródromos egípcios no Sinai, no Canal de Suez e nas vizinhanças do Cairo. O ataque cuidadoso, perfeitamente coordenado e executado, destruiu 300 aeronaves egípcias ainda no solo. Ataques simultâneos contra aeródromos na Síria, Jordânia e Iraque infligiram perdas severas a Força Aérea Síria e, praticamente, destruíram a Força aérea Jordania.

Naquela ocasião, os israelenses empregaram bombas especialmente projetadas para provocar danos e crateras aos aeródromos egípcios. No fim do primeiro dia, os israelenses já tinham destruído 400 aeronaves árabes e obtido a superioridade aérea com apenas 20 engajamentos contra aeronaves árabes no ar.

Há vários exemplos recentes do emprego da estratégia concebida por Douhet, como a guerra Índia-Paquistão em 1971, a disputa da ilha de Chipre entre gregos e turcos em 1974, ou a guerra das Malvinas entre argentinos e ingleses.

Na guerra das Malvinas, um bombardeiro Vulcan inglês alvejou o aeródromo de Port Stanley, abrindo várias crateras ao longo da pista e desta forma impedindo que suprimentos chegassem por via aérea às tropas argentinas que se encontravam nas ilhas. Sem o apoio aéreo e com o mar bloqueado pelos submarinos nucleares ingleses, as mal treinadas tropas argentinas não conseguiram fazer frente ao Regimento de Pára-quedistas Britânicos e aos Reais Fuzileiros Navais.

A interdição dos aeródromos inimigos tem sido essencial para a obtenção e manutenção da desejada superioridade aérea. Dada sua importância, diversos armamentos foram ou estão sendo desenvolvidos com a finalidade específica de causar o maior danos possível às áreas pavimentadas. Alguns desses artefatos podem penetrar até 60cm no concreto, criando crateras de cerca de 200 metros quadrados, causando um dano mais difícil de reparar que aquele causado por bombas convencionais.

Assim, para efeito da superioridade aérea, é tão essencial manter operacionalidade dos aeródromos próprios quanto negar ao inimigo a utilização dos seus, ficando claro a necessidade de se ter, não somente, uma base aérea moderna, mas também de se dispor de meios para recuperá-la em um curto espaço de tempo.

CAPÍTULO 3

DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

3.1 Objetivos Específicos

O presente Trabalho de Graduação tem por finalidade a apresentação de propostas de técnicas de reparos rápidos aplicadas às condições da Amazônia, visando à manutenção da operacionalidade dos aeródromos da região.

3.2 Definições

Para a confecção deste item, foi imprescindível a utilização de muitos conceitos técnicos retirados do Manual da Unidade Celular de Engenharia – MMA 400-7 (1991), do trabalho realizado por Rocha (1998) sobre reparos rápidos, além da consulta às informações contidas no Department of the Army (1988).

3.2.1 Unidades de Engenharias

Dentro da Força Aérea Brasileira existem unidades destinadas ao planejamento e execução das atividades de engenharia. Para o planejamento e execução de obras de engenharia de campanha, duas unidades podem ser mobilizadas: a Unidade Celular de Engenharia (UCE) e Unidade Móvel de Engenharia (UME).

A UCE é o grupamento, sem existência permanente, constituído pelo pessoal, material e equipamentos necessários ao apoio, em serviços específicos de Engenharia e serviços especiais, à Unidade Aérea de nível Esquadrão e ao seu Escalão Móvel de Apoio, quando operando fora de sede. Sua missão consiste em executar serviços específicos de engenharia e serviços especiais, mantendo os aeródromos e as instalações em condições de operação, a fim de apoiar a unidade aérea até nível esquadrão, quando deslocada da sua sede. Como suas atribuições, têm-se:

- a) limpeza, preparo e organização do terreno;
- b) locação das instalações e facilidades;
- c) energia elétrica, água, esgoto e drenagem;
- d) balizamento diurno;

- e) execução de reparos rápidos e de emergência;
- f) execução de serviços especiais (por exemplo camuflagem).

A UME é a Unidade de Engenharia de Campanha capaz de operar isoladamente, que dispõe de pessoal, material e equipamento necessários ao apoio as Unidades Aéreas deslocadas, que excedam a capacidade da Unidade Celular de Engenharia. A sua missão UME consiste no preparo, manutenção e reparos de aeródromos, bem como suas instalações, de modo a permitir a operação das Unidades Aéreas.

Estando definidas Unidade Celular de Engenharia e Unidade Móvel de Engenharia, algumas diferenças fundamentais podem ser estabelecidas como mostra o quadro-resumo apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 –Quadro-resumo das diferenças básicas entre as unidades

DIFERENÇAS	UNIDADES	
	UCE	UME
Quanto ao deslocamento	depende de uma Unidade de Defesa e Segurança.	tem capacidade de se deslocar sozinha e se instalar
Capacidade de Construção	pode construir aeroportos e instalações.	não tem capacidade de construir, apenas reparar.

De forma geral, pode-se dizer que a UME pode executar todas as atribuições que cabem a UCE, porém em maior escala, tendo como característica marcante a capacidade de construir.

3.2.2 Aeródromo

Local destinado ao pouso, decolagem e estacionamento; compreendo, também, as instalações específicas para operações de aviões e/ou helicópteros.

3.2.3 Reparo

Consiste na execução de uma tarefa, visando o restabelecimento das condições originais de um aeródromo.

3.2.4 Reparo Rápido de Pista (RRP)

Reparo rápido ou emergencial de pistas de pouso e decolagem, habilitando a operação de aeronaves num prazo de quatro horas após o ataque inimigo.

3.2.5 Cratera

Dano no pavimento, representado por uma depressão ou cavidade, fruto de armamento convencional como a explosão de uma bomba. Se a cratera tiver um diâmetro aparente superior a 4,5 m, esta é chamada de grande cratera, caso seja igual ou inferior a esta medida, é chamada de pequena cratera.

3.2.6 Diâmetro Real

Medida do diâmetro da cratera, contabilizando as extremidades da área levantada da superfície pavimentada.

3.2.7 Diâmetro Aparente

Constitui o diâmetro visível da cratera, medido a partir das extremidades da superfície pavimentada destruída.

3.2.8 “Ejecta”

Material solto resultante da explosão, incluindo pavimento quebrado e terra, que pode ser utilizado no reparo. A Figura 1 resume os conceitos abordados até agora sobre crateras.

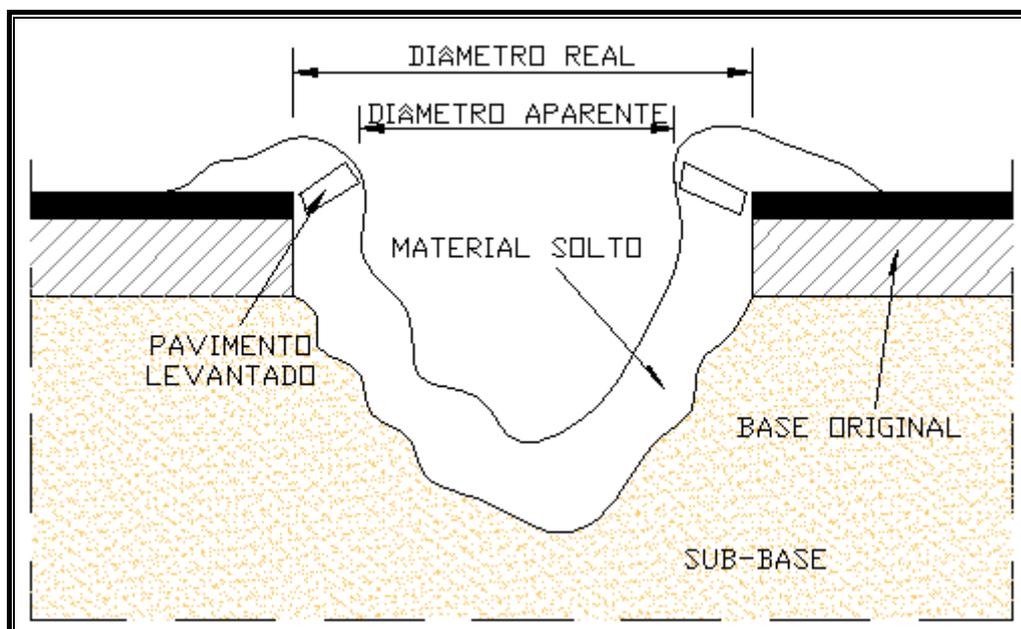


Figura 1 – Esquema básico de uma cratera típica

3.2.9 “Unexploded Ordnance (UXO)”

Termo que se refere às munições que não explodiram lançadas pelo inimigo contra a Base Aérea, podendo ser de qualquer tipo, forma e tamanho.

3.2.10 “Foreign Object Damage (FOD)”

Todo tipo de detrito sólido solto na pista causador de danos às aeronaves. Estes fragmentos atingem as aeronaves, causando entalhes, podendo ser aspirado pelas turbinas e até mesmo danificar os pneus.

3.2.11 SOMA

Ao conjunto de todas as áreas requeridas para as operações denomina-se Superfície Operacional Mínima do Aeródromo – SOMA

3.2.12 Faixa Operacional Mínima (FOM)

É a menor área que se deve reparar para possibilitar as operações de pouso e decolagem de aeronaves após um ataque. A seleção da FOM dependerá do grau de exigência da missão, acesso à pista de táxi, dos recursos disponíveis e do tempo estimado para o reparo.

3.3 Operacionalidade de Base Aérea

No começo da década de 80, a Força Aérea desenvolveu o conceito de Operacionalidade de Base Aérea (ABO -Air Base Operability) em resposta ao perigo em potencial contra suas bases no exterior. Inicialmente, a operacionalidade de base aérea estava associada à sua capacidade de sobrevivência (ABS -Air Base Survivability). Com o tempo, verificou-se que uma base aérea precisava não apenas sobreviver, mas sobretudo permanecer operacional.

Levando-se em conta a simples magnitude das ameaças que as bases aéreas enfrentam, é inegável a importância da missão da ABO e de dos seus objetivos, que são:

- a) reduzir as proporções de um ataque inimigo;
- b) minimizar os impactos do ataque quando da realização de surtidas;
- c) recuperar-se do ataque dentro um prazo mínimo.

Como a operacionalidade de uma base aérea está diretamente ligada a manutenção das operações de pouso e decolagem das pistas que compõem o aeródromo, tornou-se

fundamental a análise detalhada, neste trabalho de graduação, do terceiro objetivo da ABO, onde se destaca o importante papel desempenhado pela UCE e UME para reparos rápidos a danos em pistas.

Pensando somente na UCE, esta deve ser capaz de efetuar reparos de emergências em bases aéreas danificas pela guerra. Para atender esses objetivos, a UCE desenvolverá planos e procedimentos para tratar da recuperação da base após ataques. No caso específico de pistas, após a avaliação de danos, a UCE empreende esforços no sentido de proporcionar uma pista mínima de operação, um número suficiente de pistas de táxi e outras superfícies para a operação de aeronaves.

A capacidade dos reparos pela UCE é limitada por alguns fatores, que por sua vez dependem:

- a) níveis de qualificação e treinamento das equipes de reparos;
- b) emprego ou ameaça de armas químicas;
- c) efetivo;
- d) disponibilidade e possibilidade de sobrevivência do equipamento pesado;
- e) munições que não explodiram;
- f) disponibilidades de materiais para reparos;
- g) possibilidade de ataques durante as operações de reparos (inclusive fogo de inquietação ou de atiradores de tocaia por forças especiais ou irregulares);
- h) tipo de aeronave que usa o aeródromo;
- i) condições meteorológicas;
- j) horário.

3.4 Planejamento

Frente às possibilidades de ameaças, torna-se necessário efetuar operações de emergências em aeródromos durante um conflito contra um inimigo capacitado. É preciso estar preparado para absorver o impacto de um ataque, empregando uma engenharia capaz de realizar reparos rápidos e restabelecer a sua operacionalidade.

O sucesso de um planejamento depende da correta avaliação do problema, ainda mais quando realizado em um ambiente totalmente atípico como a Amazônia, sendo, portanto, recomendado o estudo minucioso da situação anterior, durante e após o ataque.

3.4.1 Anterior ao Ataque

Um planejamento prévio de reparos deve ser concebido, levando em consideração alguns fatores decisivos para a restituição da operacionalidade do aeródromo. Dentre eles, destacam-se os seguintes:

a) Identificação da Área

A produtividade de uma equipe de reparo pode ser rapidamente aumentada, caso seja necessário, com o levantamento de materiais e equipamentos existentes nos locais de possível emprego, com a avaliação das potencialidades regionais (recursos humanos e materiais), além do cadastramento de empresas privadas no caso da capacidade da UCE ser excedida.

Para o caso da Amazônia, o aproveitamento dos recursos naturais locais será de fundamental importância para o sucesso da missão, pois diminui a logística de transporte de materiais para local de execução dos reparos e conseqüentemente os custos operacionais.

b) Treinamento de Pessoal

Outro fator chave para o sucesso dos reparos rápidos é a rapidez e eficiência com que a equipe executa os serviços. A UCE deve contar com uma equipe bem treinada para o desempenho das diversas funções que envolvem os reparos, aumentando sobremaneira a flexibilidade de mão de obra e reduzindo os riscos de acidentes.

O treinamento do grupamento especializado em reparos ficará sob responsabilidade da COMARA, que funcionará como UME, tendo em vista sua vasta experiência em construções na Amazônia.

c) Seleção de Materiais

O conhecimento dos materiais existentes no entorno, por meio de ensaios e análise de suas propriedades, é de suma importância para a escolha da técnica mais adequada a ser aplicada no reparo. Com o estoque de materiais previamente selecionados, há economia no tempo de execução do reparo e diminuição dos custos com transportes de materiais de outras localidades, além de evitar erros.

d) Estado do Equipamento

Os equipamentos da UCE, utilizados durante as operações de emergências, devem estar sob rigorosos padrões de qualidade, obtida por meio de constantes e rigorosas manutenções, evitando assim a possibilidade de falhas.

3.4.2 Durante o Ataque

Trata-se da situação mais crítica para a realização de um reparo. Neste caso, quando houver reais possibilidades do ataque voltar a ocorrer, os chamados *ataques subseqüentes*, as

equipes de planejamento deverão prever medidas de proteção do pessoal e equipamentos da UCE.

No caso dos equipamentos, meios imediatos de remoção devem ser incluídos no planejamento, principalmente para os pesados, de difícil locomoção, e os que sofreram avarias durante o ataque. A tática utilizada para a preservação dos equipamentos, a fim de reduzir a possibilidade de danos durante os ataques, é camuflagem e a colocação dos equipamentos em áreas remotas e dispersas.

3.4.3 Posterior ao Ataque

Para a execução dos reparos, imediatamente após o ataque, deve-se avaliar os seguintes critérios que influenciarão a operação:

a) Extensão dos Danos

O levantamento da localização e tipos de danos provocados, após um ataque, é o primeiro passo para a determinação das áreas a serem restauradas, também chamadas de SOMA, que requerem um bom grau de experiência da equipe de engenheiros. De posse dessas informações, melhor será a escolha da FOM e a quantificação dos serviços necessários.

No caso de danos em equipamentos, o levantamento imediato das avarias permitirá um tempo maior para as possíveis soluções de reparos ou até mesmo a substituição dos mesmos.

b) Perdas de Pessoal

Trata-se de um perigo real que acarreta restrições críticas decorrentes das baixas sofridas, sendo necessário o levantamento imediato do pessoal perdido para o planejamento de uma equipe de emergência.

c) Bombas não detonadas (UXO)

As UXO representam um perigo às equipes de reparos. Caso ocorram, extremos cuidados devem ser tomados, devendo as operações nessas áreas ser liberadas somente depois de confirmado um nível satisfatório de segurança.

Primeiramente, especialistas em armamentos serão acionados para a verificação do local onde se localizam as UXO. Se na avaliação técnica for confirmada a impossibilidade de solução, sugere-se a detonação dessas bombas com o emprego de explosivos ou granadas.

d) Fatores Climáticos

Em regiões onde as precipitações são frequentes e intensas, como no caso da Região Amazônica em determinados períodos do ano, a verificação dos danos às valas de drenagem deve ser feita imediatamente, uma vez que a falta de um sistema de drenagem pode prejudicar os serviços já executados. Além disso, o nivelamento e limpeza das valas podem ser feitos

simultaneamente às operações de limpeza da pista, a fim de se aproveitar parte do material resultante para o preenchimento das crateras.

3.5 Análise de Danos

Um estudo detalhado dos níveis de danos causados por um ataque inimigo é de suma importância para o bom desempenho de um reparo rápido, constituindo o primeiro critério a ser analisado num planejamento pós-ataque, como foi mostrado no item anterior.

Inicialmente se faz necessário a identificação dos tipos de interdições mais utilizados contra as pistas de pouso, para que em seguida sejam avaliados o grau de avarias (tipologia) causados e solução mais indicada de reparo para o determinado dano.

3.5.1 Tipos de Armamentos Utilizados

Ao se recuperar uma pista que sofreu ataques hostis, a equipe de reparo pode se deparar com danos provocados por três tipos diferentes de bombas: as bombas de fragmentação, cujos danos são superficiais; bombas de uso geral, que provocam danos localizados e as bombas de penetração, formadora das grandes crateras.

3.5.1.1 Bombas de Fragmentação

As bombas de fragmentação consistem de um cilindro rígido de metal que se quebra, liberando várias bombas menores. As bombas menores se espalham por uma área relativamente grande. A Figura 2 ilustra de forma clara o funcionamento de uma bomba de fragmentação.

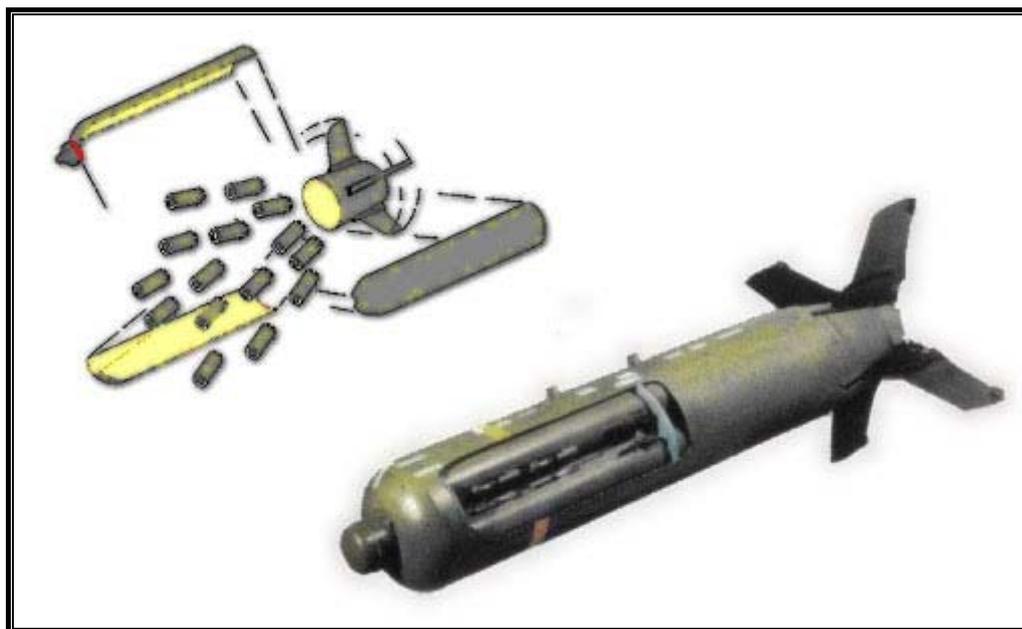


Figura 2 – Esquema da bomba de fragmentação

As bombas de fragmentação contêm uma percentagem de explosivo muito menor (10% a 20% do seu peso total) do que as bombas comuns (cinquenta por cento), já que o seu objetivo não é causar uma enorme explosão, mas sim espalhar estilhaços à sua volta. Ao explodir, a bomba se separa em vários pedaços de dimensões pré-definidas, causando um efeito mais devastador do que acontece com uma única explosão concentrada.

Nos EUA as bombas de fragmentação são conhecidas como "Cluster Bombs", em geral designações que começam por CBU (Cluster Bombs Units). Há mais de cem modelos diferentes de CBU. A CBU-87, de 450 quilos, é uma das "Cluster Bombs" mais usadas pela Força Aérea dos EUA, sendo eficaz contra pessoal e material, incluindo blindados. Cada bomba contém 202 bombas de pequena dimensão ("bomblets" ou "bombinhas"). O invólucro de cada uma dessas pequenas bombas (20cm comprimento, 6cm de largura e 1,5Kg de peso) divide-se em cerca de 300 fragmentos de aço, o que significa que cada bomba dá origem a 60.600 fragmentos. Cada CBU-87 pode destruir uma zona de 200 por 400 metros, sendo que o normal, atendendo à regulação da arma e à altitude do lançamento, é atingir uma área de 120 por 240 metros. Durante a operação Tempestade no Deserto, a Força Aérea Americana lançou 10.035 dessas bombas. Os britânicos usam bombas de fragmentação semelhantes, as RBL755, que lançam 147 bombas de pequena dimensão.

Algumas das "Cluster Bombs" são lançadas de aviões com a finalidade de distribuir minas terrestres por uma dada zona, como a CBU-89 Gator, que pode cobrir uma enorme área com 72 minas antitanque e 22 minas antipessoal de fragmentação (destinadas a dissuadir o

desarmamento das minas antitanque). Estas minas não explodem ao chegar ao solo. Simplesmente transformam uma área num campo minado.

No Brasil é usada a BLG (Bomba Lança Granadas), que tem as mesmas características das “Cluster Bombs” americanas. Embora os danos causados por esse tipo de bomba não sejam profundos, geralmente se restringindo ao revestimento do pavimento, o desarmamento das minas lançadas é demorado, mantendo a pista inoperante durante um longo período.

3.5.1.2 Bombas de Fins Gerais

São bombas mais simples em termos de tecnologia e começaram a ser desenvolvidas nos anos cinquenta pela necessidade de bombas que produzissem menos arrasto aerodinâmico. Todas da série MK-80 (ver Figura 3) são semelhantes em desenho, são cilíndricas e equipadas com caudas cônicas ou retardantes. Elas são usadas para deslocamento de massa, produção de crateras no solo ou em estruturas, e em lançamento de fragmentos.



Figura 3 – Bomba MK-84AR Snakeye

A MK-84/BLU-109 é uma bomba de queda livre, não guiada de 909 Kg com ogivas convencionais, penetrantes/retardantes ou de fragmentação. Sua carga explosiva usa 45% do peso da bomba, sendo normalmente equipada com cauda de arrasto que garante que caia de "nariz" ao solo.

Na variante de fragmentação, possui um radar de proximidade para que a explosão ocorra antes que toque o solo, sendo utilizadas em operações de bombardeio onde é desejado o máximo efeito explosivo. Foram projetadas com desenhos aerodinâmicos para evitar que o

excesso de vibração (turbulência) faça a bomba explodir durante a queda, ou pior, sob as asas da aeronave.

As bombas de fins gerais foram produzidas em duas variantes: a “Slick” e a “Snakeye”, que possui a cauda maior e achatada que se abre depois de lançada (como um pára-quedas) e produz maior arrasto para uma queda mais lenta. São utilizadas em ataques à baixa altitude, onde a demora na queda resguarda a aeronave dos efeitos da explosão.

As bombas de fins gerais geralmente não afetam a estrutura do pavimento, e também não deixam minas no local, sendo estes danos os mais fáceis de serem reparados.

3.5.1.3 Bombas de Penetração

As bombas de penetração são similares as de uso geral, diferenciando-se por uma armadura colocada para que penetrem na terra ou concreto, sendo apenas de 25% a 30% do peso em explosivo. Um exemplo deste tipo de artefato bélico é a BAPI (Bomba Antipista), de origem brasileira, desenvolvida em colaboração com o Centro Técnico Aeroespacial (CTA). Esta bomba possui um peso bruto de 200Kg e capacidade de penetração de 40cm no concreto reforçado.

Depois de lançada, um sistema eletrônico controla uma série de eventos para assegurar o máximo dano ao alvo. Inicialmente a bomba é retardada por um pequeno pára-quedas, provocando uma desaceleração da ordem de 70g. O primeiro pára-quedas é solto e em seguida o pára-quedas principal é aberto, reduzindo a velocidade para cerca de 20m/s e ajustando o ângulo de queda o mais próximo da vertical. O pára-quedas principal é então solto e o motor entra em ação, elevando a velocidade para cerca de 250m/s antes do impacto, como pode ser observado na Figura 4.

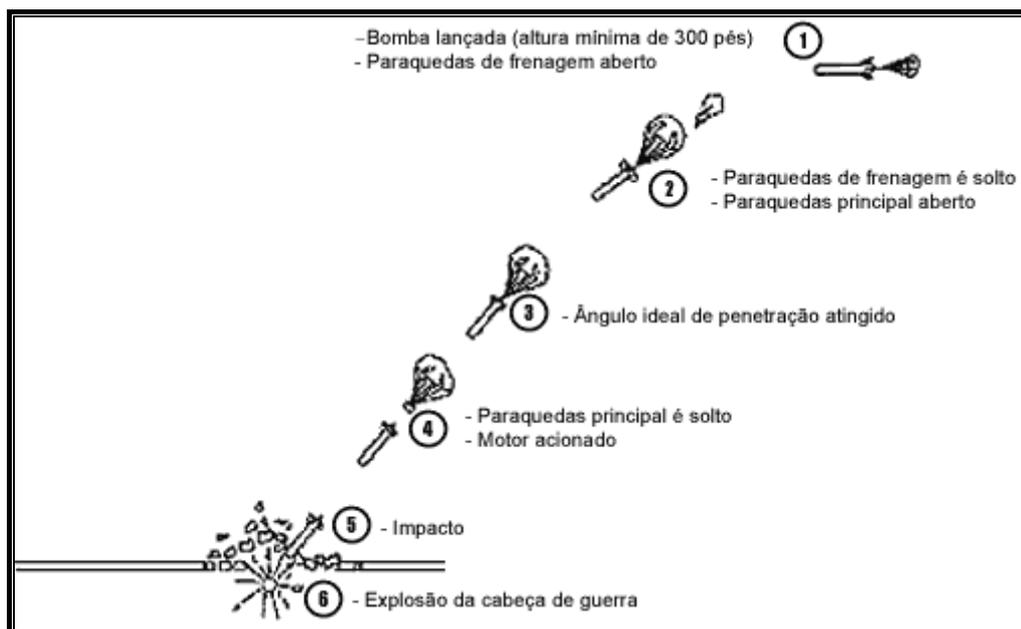


Figura 4 – Esquema de funcionamento da BAPI

Esta bomba tem capacidade de destruir toda a estrutura do pavimento. Sua “cabeça de guerra” possui uma carga de 12Kg de explosivo do tipo RDX, que abre uma cratera na pista com profundidade de 2m a 3m e raio de cerca de 5 m.

3.5.2 Tipologia de Danos

Os danos causados em uma pista após um ataque, possuem características distintas, justificando classificá-los segundo o grau deterioração apresentado no pavimento.

3.5.2.1 “Estilhas”

São danos ocorridos somente na superfície do pavimento, não chegando a atingir a base. São produzidos por munições de baixo poder explosivo, como granadas, foguetes e morteiros de infantaria.

Normalmente as *Estilhas*, como pode ser visto na Figura 5, limitam-se a uma área inferior a 2m², de simples reparação do ponto de vista técnico. Contudo, podem tornar-se preocupantes quando envolverem áreas muito grandes, como as provocadas pelas “Cluster Bombs”.

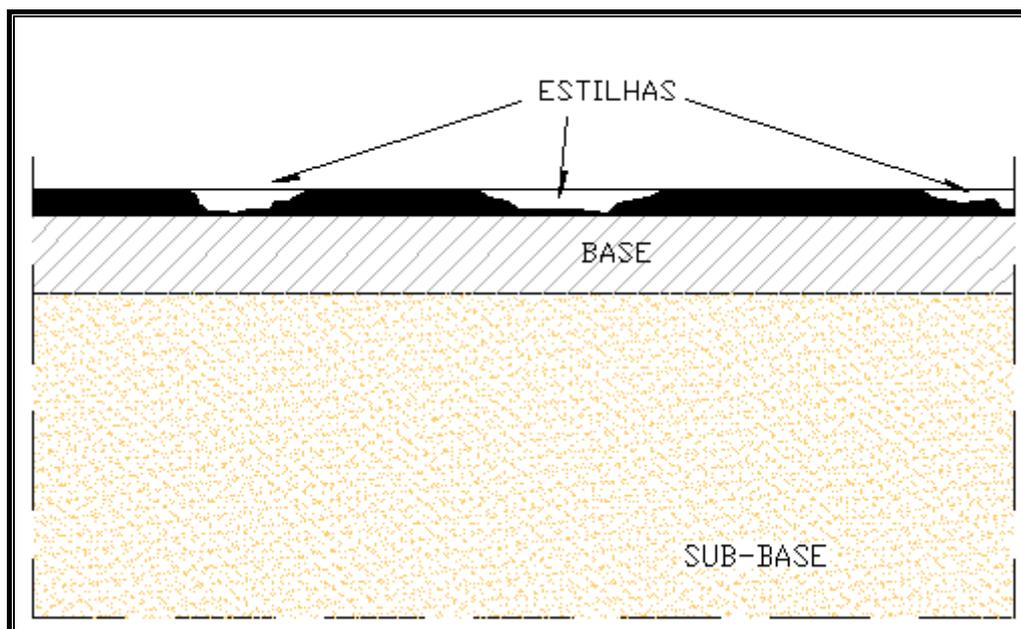


Figura 5 - Danos do tipo estilha

3.5.2.2 “Camouflets”

Os Camouflets são danos especiais, que ocorrem quando os gases provenientes da explosão de uma bomba, dependendo da profundidade de penetração, não são suficientes para expulsar o material de base e/ou sub-base do pavimento.

O procedimento de reparação para esse tipo de dano consiste na escavação e limpeza do buraco, para posterior aplicação da técnica mais adequada às condições locais. A Figura 6 ilustra muito bem o dano do tipo Camouflet.

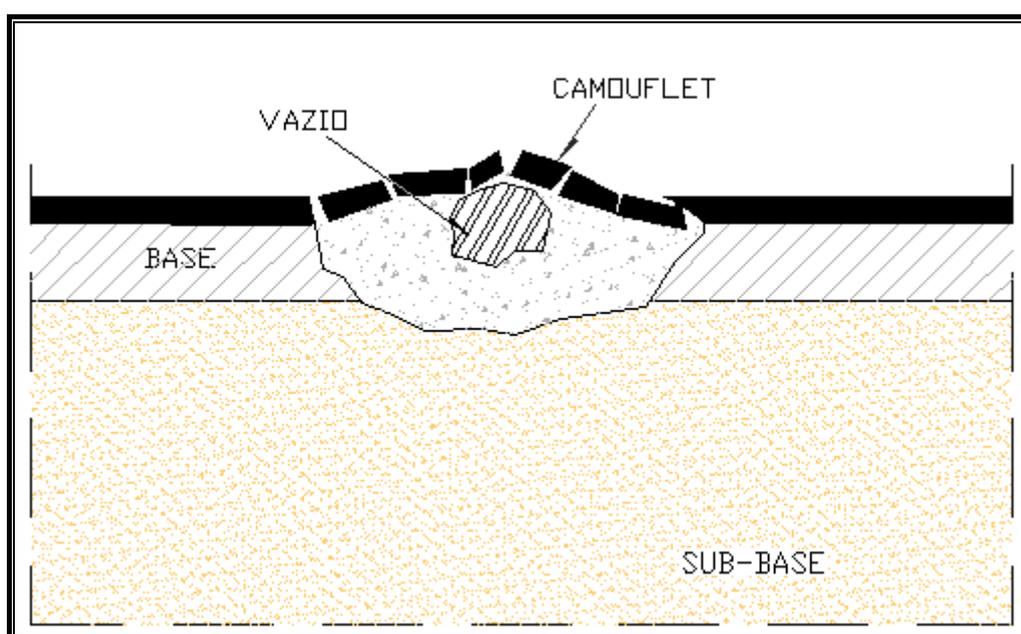


Figura 6 – Dano do tipo “Camouflet”

3.5.2.3 “Crateras”

As crateras constituem os tipos de danos mais prejudiciais, pois afetam o subleito do pavimento. Tais danos são produzidos por munições de elevado poder explosivo ou por bombas antipista, como a BAPI ou a “Durandall”.

Conforme pode ser visto na Figura 7, as crateras diferenciam-se dos demais danos mostrados anteriormente por configuração após o ataque, podendo ser consideradas pequenas quando o seu diâmetro aparente for inferior a 4,5m, e/ou o diâmetro real inferior a 6m; do contrário, são consideradas grandes.

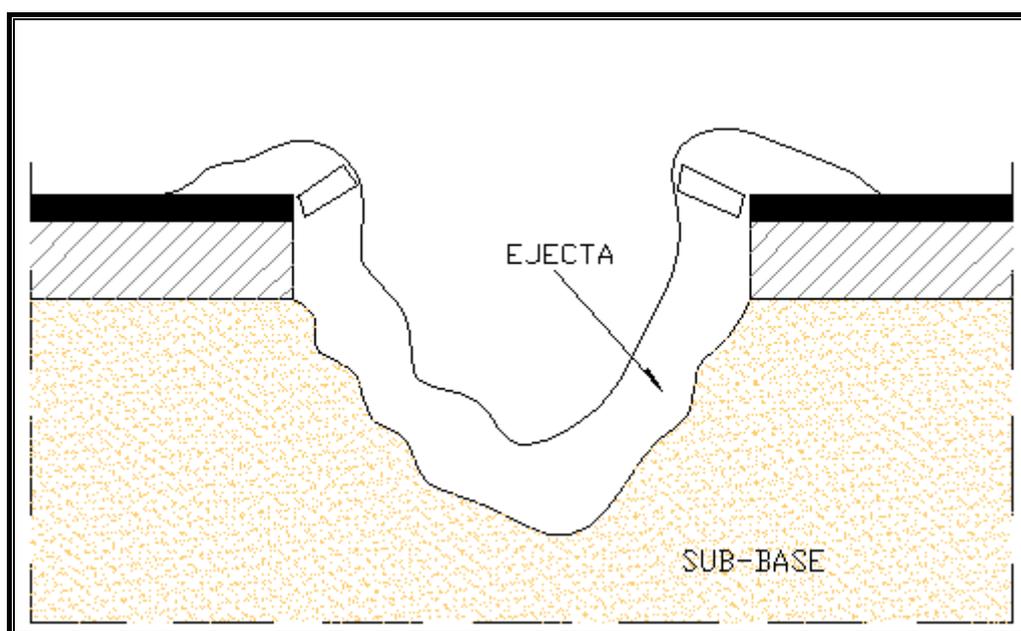


Figura 7 – Dano tipo cratera

3.5.3 Seleção da FOM

3.5.3.1 Localização dos Danos na Pista

A melhor forma de se visualizar os impactos causados na pista, após um ataque, é a plotagem dos danos em planta do aeródromo em questão, bem como a organização (em tabela) das informações levantadas sobre os efeitos do ataque, com suas respectivas posições (coordenadas) e dimensões.

Para tanto, são necessárias a identificação e classificação dos tipos de danos existentes na pista ou demais áreas da base aérea. Para a identificação, utilizam-se letras, em ordem alfabética, partindo-se da cabeceira de menor numeração para a de mais alto número (Figura 8). Na fase de classificação, símbolos são atribuídos aos diversos tipos de danos.

A localização em planta é feita da seguinte forma:

- a) medem-se os distanciamentos entre danos e destes com os limites da pista;

- b) define-se um sistema de coordenadas com origem está localizada no canto esquerdo, em relação ao eixo longitudinal, da cabeceira de menor número;
- c) em seguida são verificadas as extensões dos danos, avaliando-se profundidades e diâmetros aparentes (pequenas ou grandes crateras);
- d) é realizada a confecção de um croqui, reproduzindo a pista e seu sistema de coordenadas, em escala ampliada, com o desenho das crateras (grandes e pequenas), estilhas, “camouflets” e as “UXO”;
- e) por fim, faz-se uma tabela com todas as informações referentes aos danos: posições e extensão dos danos.

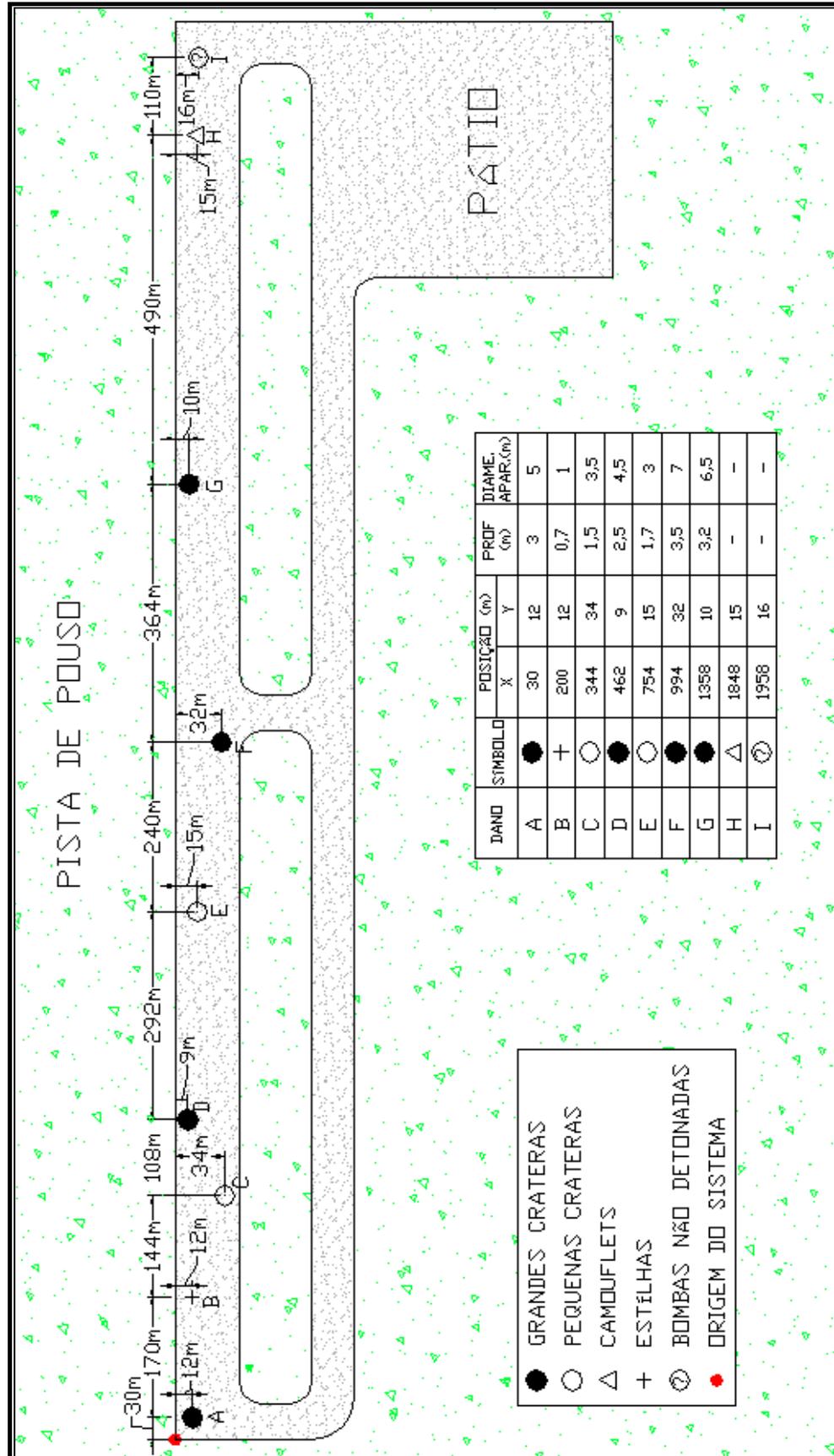


Figura 8 - Esquema geral para localização de danos

3.5.3.2 Determinação da FOM

Para sua determinação, devem ser considerados o tipo e o peso das aeronaves que irão operar em condições de emergência, bem como as condições de altitude e temperatura locais. O comprimento deve ser determinado a partir das curvas de performance das aeronaves estarão em jogo no Teatro de Operações, adotando-se o comprimento da FOM de acordo com a aeronave mais crítica.

Na Tabela 2, montada para o caso específico de missão na Amazônia, podem ser observadas as distâncias mínimas de pouso e decolagem para as principais aeronaves de combate da FAB, considera-se o peso das aeronaves armadas, altura do aeródromo como sendo ao nível do mar, inclinação da pista nula, ventos nulos, um obstáculo de 50 pés (15m) no fim da pista e temperatura de 30°C.

Tabela 2 – Faixas Operacionais Mínimas das principais aeronaves da FAB

AERONAVE	LARGURA MÍNIMA (m)	DISTÂNCIA DE POUSO (m)	DISTÂNCIA DE DECOLAGEM (m)	ARMAMENTO	PESO DA AERONAVE ARMADA (Kg)
T 27	15	550	1200	4 x BAFG 120	3100
AMX	15	910	1145	2 x TQ 580L 6 x MK 82	12280
F5	15	1676	1187	2 x Python 3 2 x AIM-9I 1 x TQ CL 275gl	8618
Super Tucano	15	1140	864	Confidencial	5000

Fonte: Divisão de Ensaios em Vãos – AEV –CTA

Deste modo, a FOM a ser estabelecida para operação na Amazônia ter dimensões de 1676 m de comprimento por 15 m de largura, tendo em vista que a aeronave crítica é o F-5, e este requer 1676 m para pousar nas condições analisadas.

Definida as dimensões da faixa, determina-se a posição da FOM na pista, visando uma menor quantidade de serviços a serem executados.

3.5.3.3 Posicionamento da FOM

A FOM pode ser posicionada na pista principal, em uma “taxiway“ paralela ou até mesmo numa área alternativa para pouso e decolagem, dentro ou fora da base, conforme ilustrado na Figura 9. A sua localização afeta as operações de pouso ou decolagem pela restrição da aproximação das aeronaves ou pela limitação do controle de tráfego aéreo e acesso.

Caso a situação não permita atender aos requisitos para pouso da aeronave crítica, existem duas opções:

- a) buscar um aeródromo alternativo, que neste caso, recebe a denominação de Aeródromo de Recolhimento;
- b) instalar barreira de contenção.

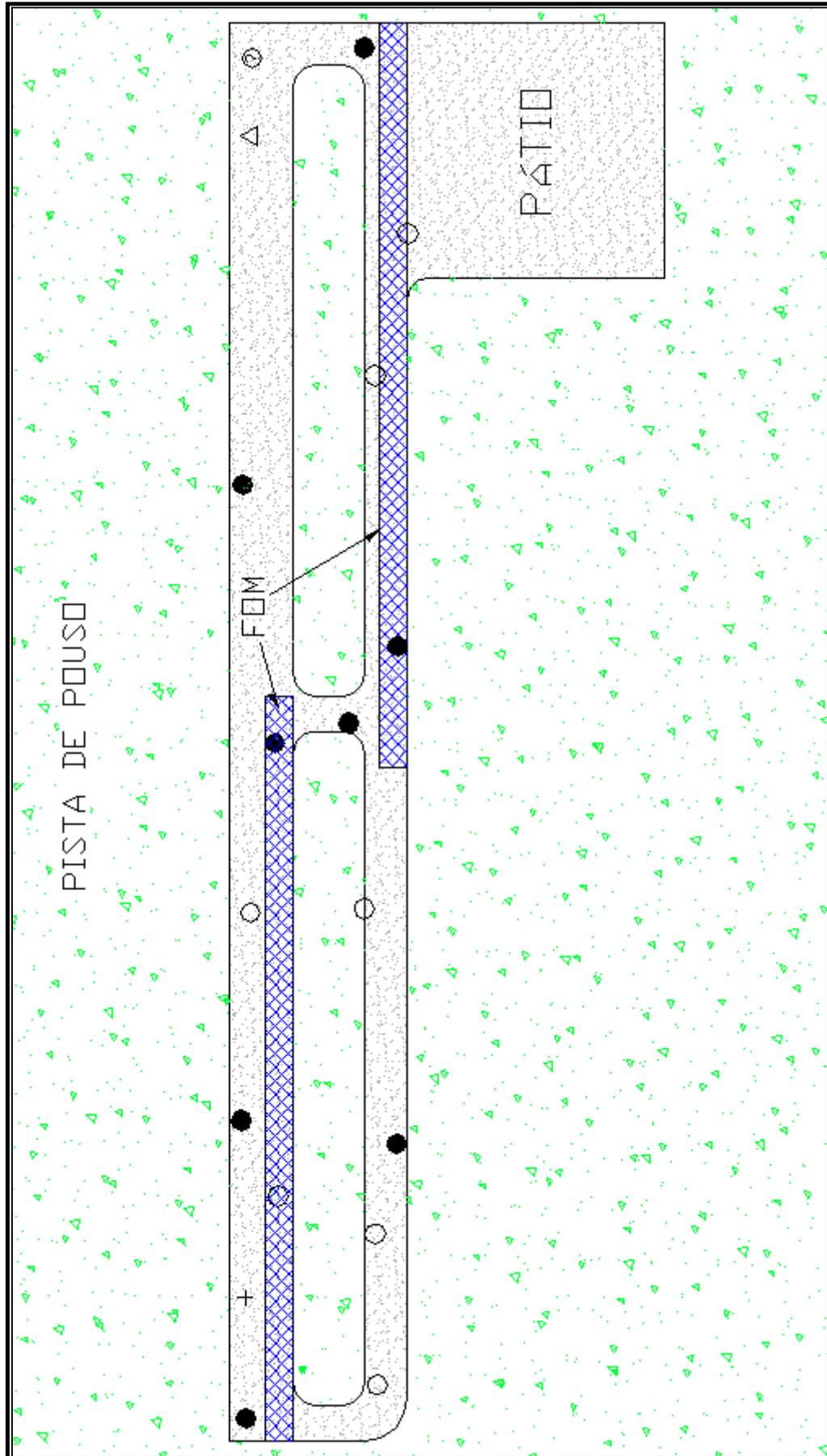


Figura 9 – Posicionamento da FOM

3.6 Âmbito

O presente Trabalho de Graduação destina-se à orientação do corpo técnico da Força Aérea Brasileira envolvido com a Engenharia de Campanha.

3.7 Grau de Sigilo

Ostensivo.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE REPARO DISPONÍVEIS ATUALMENTE

4.1 Considerações iniciais

As informações contidas neste capítulo foram extraídas do Manual da Unidade Celular de Engenharia (1991) e complementada com outras bibliografias consultadas.

Quando se pensa em reparar danos que uma pista sofreu devido a ataques hostis, deve-se dividir o processo de reparo nas quatro etapas distintas: reconhecimento dos danos, limpeza do local, preenchimento da cratera e reparo do revestimento.



Figura 10 – Exemplo de dano em pista

Inicialmente, faz-se um reconhecimento dos danos para se determinar quais locais devem ser reparados de forma a se obter uma SOMA. Em seguida, passa-se a limpeza do local retirando-se artefatos bélicos que tenham falhado durante o ataque, mas que ainda representam perigo. Estando o local seguro, remove-se o “ejecta” e se limpa os locais do pavimento não afetados.

Depois da limpeza, procede-se o preenchimento da cratera. Neste momento avalia-se o material disponível (qualidade e quantidade) para que se possa escolher qual a técnica a ser adotada. É necessário, desde já, avaliar quais as possibilidades de revestimento disponíveis, pois para cada técnica de revestimento há uma necessidade distinta de resistência da base.

A última etapa consiste no reparo do revestimento, que deve proporcionar uma superfície de rolamento adequada para as aeronaves, classificando-se as técnicas de revestimento em convencionais e não convencionais.

4.2 Reconhecimento dos danos

Antes de iniciar qualquer processo de reparo é necessário saber quais áreas foram danificadas e avaliar quão severo foram os danos. Isso é muito importante para se determinar quais áreas deverão ser limpas e reparadas de forma a se disponibilizar uma SOMA e tornar a base novamente operacional, no menor espaço de tempo possível. Nesse momento, analisa-se que técnica melhor se enquadra à situação, qual a quantidade de material necessária para os reparos e como alocar o pessoal de forma a obter o máximo rendimento da equipe.

Visto que os reparos só podem ser iniciados após o reconhecimento dos danos, é necessário que esta etapa seja feita rapidamente e com precisão, devendo-se identificar:

- a) locais danificados – indicar com precisão as áreas onde o pavimento foi afetado;
- b) severidade dos danos – distinguir os danos classificando-os se são superficiais ou se afetaram a estrutura do pavimento;
- c) locais onde existam bombas não explodidas – é muito importante a localização de todas as bombas não explodidas e sua demarcação com precisão a fim de evitar que as pessoas que estão trabalhando no local sejam suas vítimas;
- d) muitas vezes a remoção de artefatos não explodidos pode levar muito tempo – deve-se, quando possível, escolher a SOMA em locais onde existam poucos artefatos não explodidos.

4.3 Limpeza do local

Estando definidos os locais a serem reparados, promove-se a limpeza dos mesmos. Para isso, primeiramente é necessária a retirada de artefatos não explodidos. Esse processo é demorado e muitas vezes é a etapa que consome mais tempo no processo de recuperação da pista. É o caso de pistas danificadas por bombas de fragmentação, onde centenas de minas antipessoal e antitanques são espalhadas e são difíceis de serem desarmadas.

Todo material solto existente na pista de pouso, dentro da área da SOMA, deverá ser removido pelos meios existentes, recomendando-se iniciar a limpeza de volumes maiores com o auxílio de uma pá mecânica e ajuda manual, passando em seguida a vassoura mecânica tantas vezes quantas necessárias. O material proveniente dessa limpeza poderá ser reutilizado na recomposição das áreas atingidas, desde que seu estado seja de boa qualidade. Os fragmentos com tamanho superior a 30 cm de diâmetro devem ser removidos.

As áreas ao redor das crateras que apresentarem pavimento levantado (Figura 11) deverão ser cortadas e o material removido. A base deve ser cortada verticalmente às bordas do pavimento não danificado. Além disso, toda a água, lama ou material solto na cratera devem ser removido antes dos serviços de aterro.

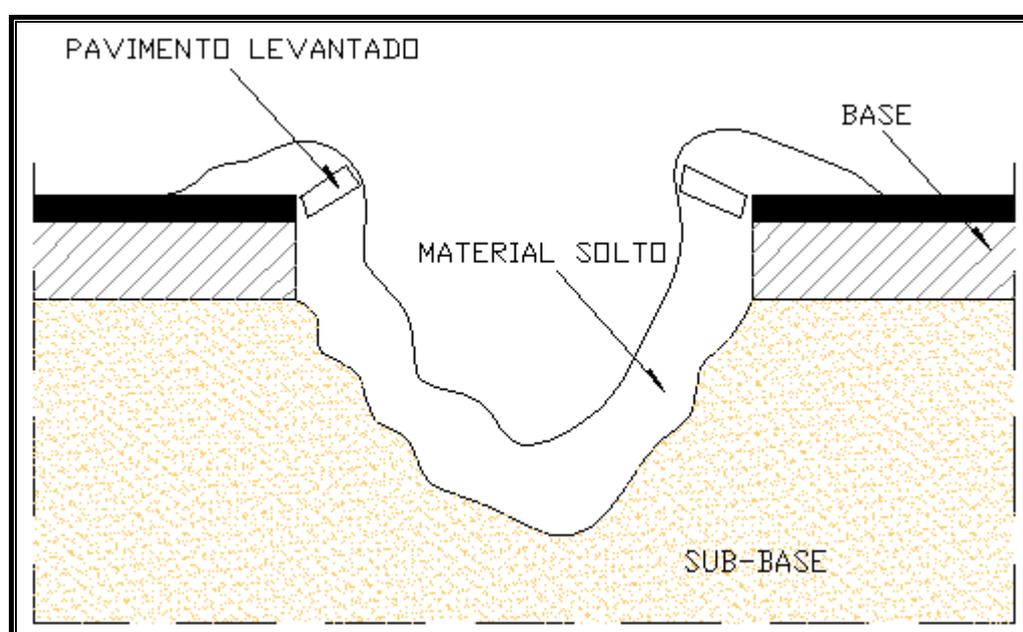


Figura 11 –Estrutura do pavimento destruída

Pode-se deixar no fundo da cratera uma quantidade de material solto, desde que não exceda 30 cm de espessura para compactação.

4.4 Preenchimento da Cratera

O preenchimento da cratera deverá ser executado em camadas horizontais sucessivas, compactadas com espessuras menores ou iguais a 30 cm, com o material de maior CBR existente na área, ou material proveniente da própria cratera, deixando-se os últimos 50 cm,

descontada a espessura do revestimento para o material de base, conforme apresentado na Figura 12.

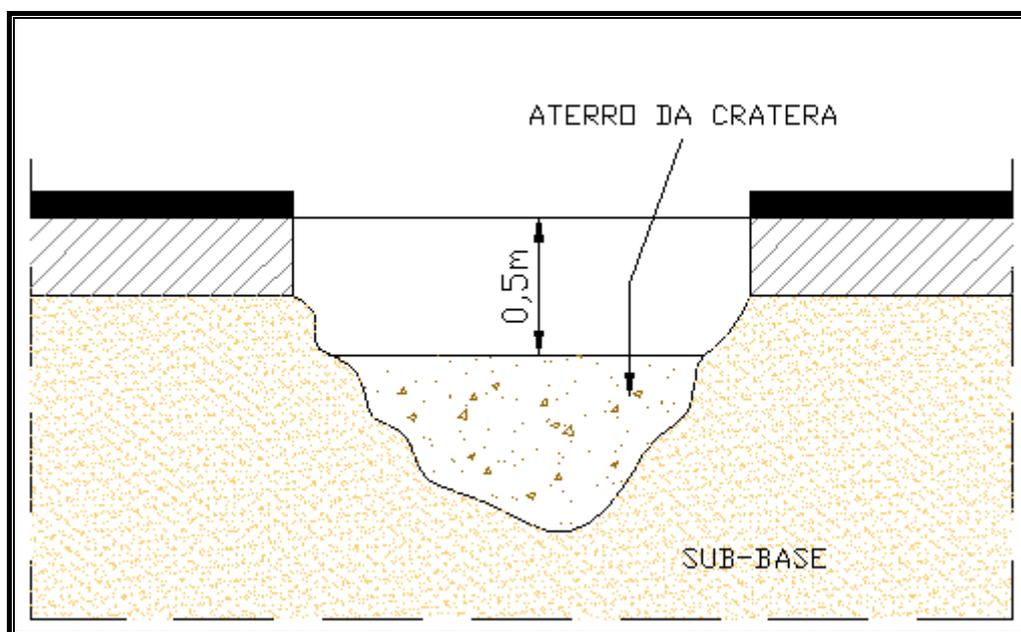


Figura 12 – Início do aterro da cratera

O preenchimento da cratera pode ser feito utilizando-se pedra, brita, seixo, material arenoso e outros materiais estáveis disponíveis no local. O material expulso da cratera ou solto pela explosão pode ser utilizado, novamente desde que os fragmentos com tamanho superior a 30cm sejam retirados.

Em emergências, material de acostamentos de estradas ou do próprio aeródromo pode ser emprestado e devolvido mais tarde. Quando a situação permitir e a ação inimiga for prevista com antecedência suficiente, estoques de materiais com propriedades conhecidas ou áreas de empréstimo podem ser preparados em áreas convenientes.

Para recomposição da base, deve-se usar materiais com CBR adequados ao tipo de revestimento que vai ser empregado. Na falta de materiais ensaiados, utiliza-se pedra britada.

Como alternativa, na falta de material e disponibilidade de equipamentos convenientes, camadas de sacos de areia com solo compactado manualmente podem ser utilizados no aterro (ver Figura 13). Quando este for o caso, não utilizar concreto asfáltico usinado a quente como revestimento.

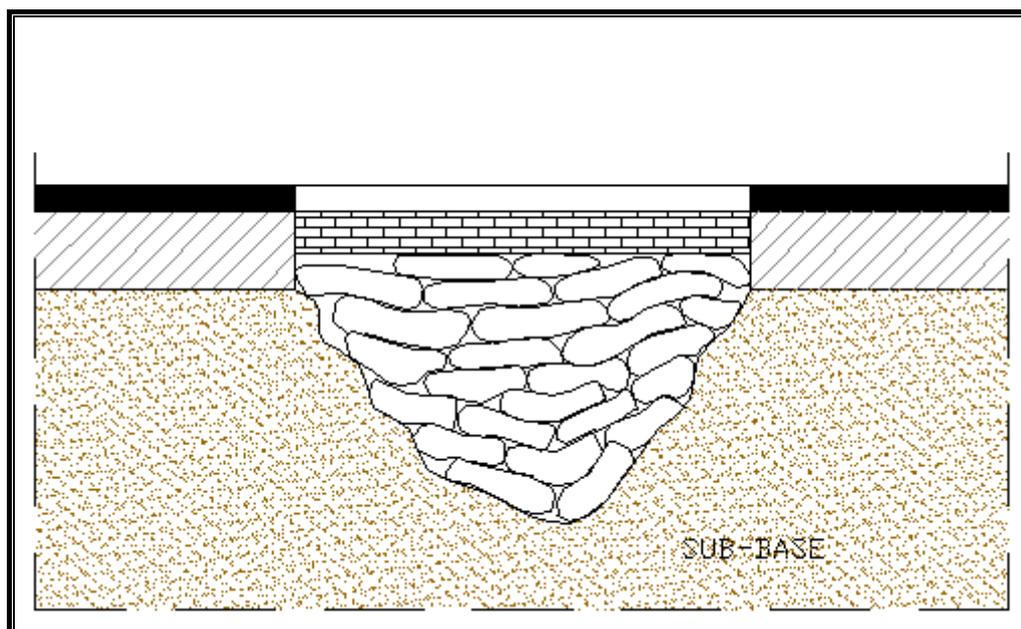


Figura 13 – Preenchimento com sacos de areia compactada

Na presença de chuvas, recomenda-se retirar a água por intermédio de bombas antes do reparo. Se chuvas fortes ocorrerem durante o processo de reparo, o "Ejecta" se tornará inadequado para utilização no aterro. Quando o material vira lama, nenhum suporte pode ser obtido, nem mesmo a base poderá ser compactada adequadamente. Nesse tipo de situação, uma das medidas é executar o aterro totalmente com pedra britada (Figura 14). Outra alternativa é preencher a parte inferior com pedregulho de 7cm a 15cm de diâmetro e então preencher o restante com pedra britada na granulometria adequada e compactada.

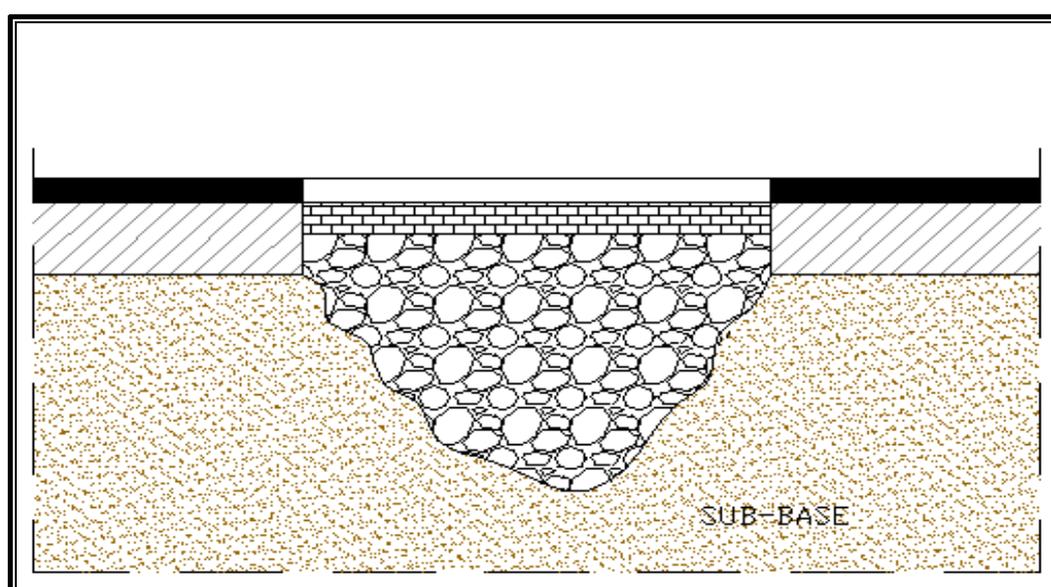


Figura 14 - Preenchimento com pedras

Na eventualidade dessa água provir do lençol freático, deve-se aterrar com o pedregulho especificado anteriormente até cerca de 30 cm acima da altura do nível do lençol existente. O aterro restante pode ser preenchido com material de CBR adequado ao revestimento a ser adotado ou com pedra britada.

A compactação do material de preenchimento da cratera e de recomposição da base é feita utilizando-se o rolo vibratório CG-11 e o compactador manual de placa vibratória CM-20. O CM-20 deve ser utilizado em áreas pequenas que não permitam a manobra do CG-11.

Solos não coesivos (areia, cascalho) devem ser compactados em camadas de 30 cm, na umidade ótima em 6 passadas. Solos coesivos (siltosos e argilosos) devem ser compactadas em camadas de 20 cm, na umidade ótima em no mínimo 8 passadas.

O controle da umidade deve ser feito através do "Speedy", cujos procedimentos são explicados no manual próprio deste equipamento. Deve-se ter cautela ao utilizar este tipo de equipamento, pois os resultados obtidos para materiais plásticos (argilosos e siltosos) apresentam valores inferiores à umidade real. Muitas vezes a umidade excessiva impossibilita uma adequada capacidade de suporte do material, apesar de todo o esforço de compactação. Se após os serviços, a área trabalhada estiver sujeita a deformações impostas pelo peso de uma pessoa, como no caso da pressão forte do calcanhar provocando uma deformação significativa, então o material está com umidade excessiva e/ou o grau de compactação baixo.

Outra alternativa, caso haja dificuldade em se conseguir material para preencher a cratera, é a utilização de geossintéticos como base para o revestimento. Neste método não é necessário que a base tenha capacidade de suporte elevada, pois o geossintético suporta a carga repassando as tensões para as áreas adjacentes a cratera que não foram afetadas. Utiliza-se um geocomposto¹ ancorado nas bordas da cratera e sobre ele executa-se o revestimento, como mostra a Figura 15. Este método possui a desvantagem de ser necessária a remoção do pavimento ao redor da cratera para a ancoragem do geocomposto. Para a Um método de dimensionamento para o geossintético pode ser visto no Anexo A.

¹ trata-se de uma geogrelha de alta resistência à tração para suportar as cargas em conjunto com uma geomembrana para impermeabilizar

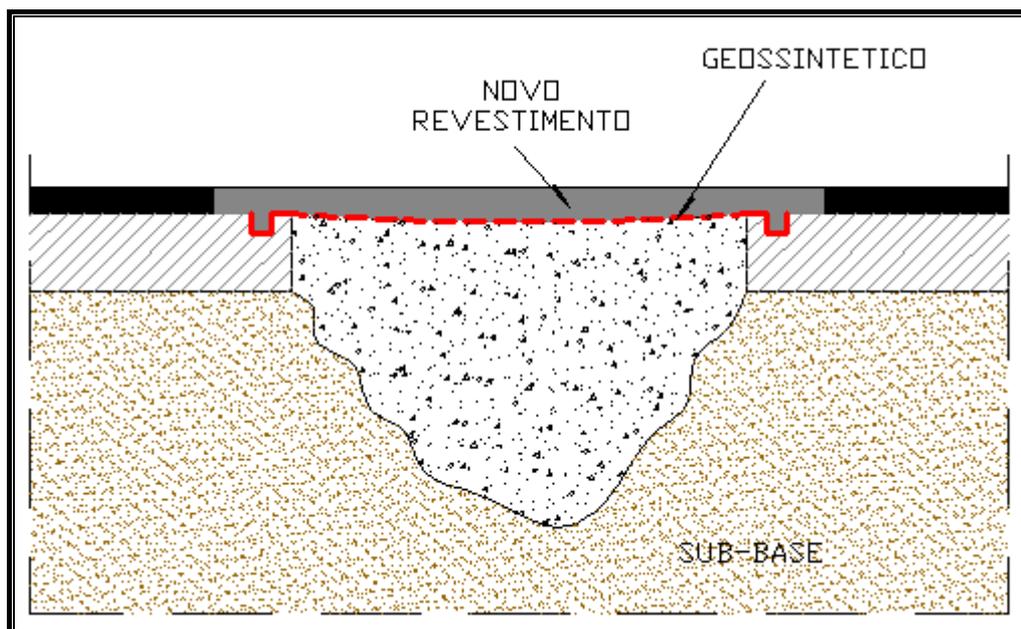


Figura 15 – Emprego do geossintético

4.5 Reparo do Revestimento

As aeronaves modernas necessitam de uma superfície de rolamento com características como atrito, regularidade e inclinação bastante definidas para que possam executar decolagens seguras e sem prejuízos aos equipamentos das mesmas. Isso se deve ao fato delas dispensarem trens de pouso robustos em prol de um menor peso, visando melhorias das características das aeronaves em vôo. Assim, é necessária a execução de uma camada de revestimento para regularizar a superfície do reparo, conferindo-lhe as características necessárias para que a pista seja novamente operacional.

Existem muitas técnicas disponíveis para reparo do revestimento que nos permitem atingir este objetivo, por isso se faz necessário agrupar essas técnicas em categorias, utilizando critérios adequados para facilitar a escolha da que mais se adapta as contingências da situação. Desta forma, classificaram-se as técnicas em convencionais e não-convencionais, entendendo-se por convencionais as técnicas que não necessitam de materiais ou conhecimentos específicos, com os equipamentos comuns de pavimentação e pessoal sem treinamento especial é possível executar este tipo de solução; enquanto que as técnicas não-convencionais exigem conhecimentos específicos ou materiais específicos, que não se dispõe usualmente em obras de pavimentação.

Como técnicas de reparo convencionais, destacam-se: o pré-misturado a frio (P.M.F.), concreto cimento de cura rápida, pré-misturado a quente (C.B.U.Q.) e o tratamento superficial

simples. Quanto às técnicas não-convencionais disponíveis, têm-se: revestimento com placas de concreto, chapas de alumínio do tipo "AM-2", placas dobráveis de fibra de vidro, concreto de resina e micro-concreto de cura rápida.

4.5.1 Reparos Convencionais

4.5.1.1 Revestimento com Pré-Misturado a Frio (P.M.F)

Esta técnica consiste em, após o preenchimento da cratera com pedra britada ou outro material que resulte em um CBR adequado para o recebimento do revestimento em questão, na aplicação de uma camada de revestimento de pré-misturado a frio.

Se for garantida uma base com CBR igual ou superior a 80%, uma camada de P.M.F com espessura de 8 cm é suficiente para proporcionar o suporte necessário a operação das aeronaves.

O P.M.F é de fácil preparo, sendo composto por agregado (areia e brita com umidade inferior a 3%) e ligante (asfalto) misturado à temperatura ambiente, podendo seu preparo ser feito utilizando uma betoneira comum ou na falta desta manualmente. A massa asfáltica assim obtida poderá ser estocada e abrigada, para uso posterior.

Os ligantes empregados no P.M.F são em geral os seguintes:

- a) emulsões catiônicas de ruptura média: RM;
- b) emulsões catiônicas de ruptura lenta: RL;
- c) asfaltos diluídos de cura rápida: CR-250 e CR-800;
- d) asfaltos diluídos de cura média: CM-250 e CM-800

Para a aplicação, a superfície deverá estar limpa, seca e imprimada ou com pintura de ligação, sendo que a distribuição da mistura asfáltica poderá ser feita manualmente ou com o auxílio de pá mecânica, em caso de grandes quantidades. Além disso, a espessura deverá ser acrescida de 15% para compensar a redução da compactação;

Caso a mistura seja recente, a compactação deverá ser iniciada 2 horas após o espalhamento (tempo de aeração). Para misturas estocadas, poderá ser feita logo após o espalhamento. Para a compactação, pode-se utilizar placa vibratória, rolo compressor ou, em último caso, pneus de caminhão carregados devidamente umedecidos para evitar a aderência da mistura.

As vantagens deste método são:

- a) rápida aplicação, que não exige equipamentos sofisticados ou mão de obra especializada;

b) liberação imediata da pista após o reparo.

Suas desvantagens são:

- a) necessidade de materiais específicos;
- b) baixa durabilidade do P.M.F se comparado à da mistura usinada a quente.

Os equipamentos para execução são:

- a) depósito para o ligante, sem necessidade de aquecimento;
- b) para grandes quantidades é recomendável a utilização de uma usina para mistura do pré-misturado a frio, mas em pequena escala pode ser utilizada uma betoneira;
- c) caminhões para transporte da mistura;
- d) acabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura segundo as especificações requeridas;
- e) rolo vibratório, liso, autopropulsor, com frequência controlada, ou um rolo pneumático, de pressão variável, autopropulsor para a operação de compactação.

Uma variação deste método é o revestimento com Areia Asfalto a Frio. A diferença se dá na composição do revestimento, que embora utilize o mesmo tipo de ligante asfáltico, utiliza apenas a areia como agregado. Tal técnica de areia asfalto a frio apresenta a vantagem de não utilizar brita, mas tem como desvantagem uma menor resistência a deformações plásticas.

4.5.1.2 Revestimento com Concreto Cimento de Cura Rápida

Esta técnica lança mão do concreto de cimento Portland aditivado com acelerador de pega. O procedimento consiste em, após o preenchimento da cratera (estando à superfície limpa e úmida), espalhar o material manualmente em faixas de 2,5 m de largura e 15cm de altura (Figura 16), que deve então ser vibrado e a superfície regularizada com auxílio de uma desempenadeira.

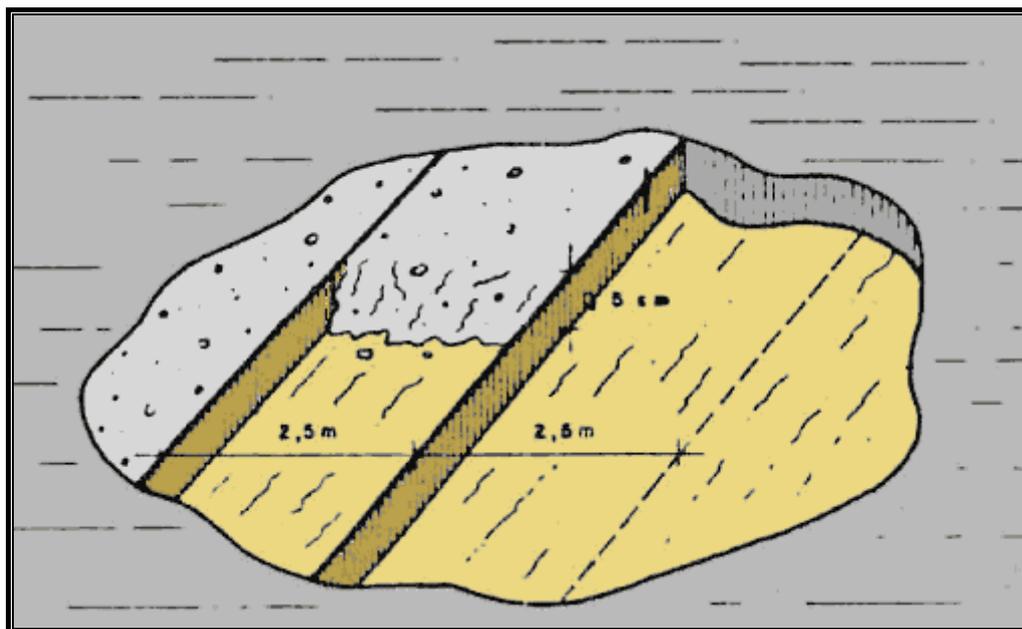


Figura 16 – Esquema para aplicação da técnica

O concreto deve ser misturado em uma betoneira com traço 1:1:2 (cimento; pedra; areia), aditivado com acelerador de pega SIKA-SET N (polímero modificado, que acelera a pega sem aumentar a retração) na proporção 1:3 (SIKA-SET: ÁGUA).

As principais vantagens que esta técnica apresenta são:

- a) durabilidade do reparo;
- b) alta rigidez, proporcionando boa distribuição das cargas do trem de pouso, permitindo a utilização de uma sub-base com baixo CBR ($\geq 40\%$);
- c) fácil aplicação, não exigindo mão-de-obra especializada.

As desvantagens do seu uso são:

- a) Alto custo dos materiais;
- b) Longo prazo demandado para que a pista esteja novamente operacional, uma vez que a aplicação do concreto é lenta e o tempo de cura mínimo é de 1 dia.

Os equipamentos necessários para aplicação desta técnica são:

- a) caminhão tipo betoneira para mistura e transporte do material;
- b) vibrador para adensamento do concreto;
- c) caminhão pipa para manter o concreto úmido durante o período de cura.

4.5.1.3 Revestimento com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (C.B.U.Q)

O revestimento com C.B.U.Q. é diretamente aplicado após o preenchimento da cratera, requerendo uma base com resistência mínima (CBR) superior a 80%. A superfície deve estar limpa, seca e imprimada (ou com pintura de ligação) e o espalhamento deve ser feito manualmente ou dependendo da quantidade com auxílio de uma pá mecânica (no momento do espalhamento a temperatura do C.B.U.Q deve ser de no mínimo 140°C). Em geral utiliza-se uma camada com 8 cm de espessura, devendo-se acrescentar esse valor de 15% para compensar a redução pela compactação. A compactação deve ser iniciada 30 minutos após a aplicação, utilizando-se rolo compactador ou os próprios pneus, devidamente umedecidos para evitar a aderência, de um caminhão carregado.

O C.B.U.Q. é um produto resultante de uma mistura a quente, em usina apropriada, de mineral graduado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico. Em geral são utilizados cimentos asfálticos de petróleo (CAP) de penetração 50/60, 85/100 ou 100/120.

Este método apresenta como vantagens:

- a) durabilidade elevada;
- b) aplicação rápida;
- c) liberação quase imediata da pista após o reparo, o que resulta em um tempo de reparo muito baixo;
- d) é uma técnica simples de ser aplicada, não exigindo mão de obra especializada.

As principais desvantagens são:

- a) os custos altos (dos materiais);
- b) necessidade de se ter uma usina de asfalto próxima ao local do reparo;
- c) deve ser aplicada com o tempo seco, pois a chuva irá atrapalhar a aderência do C.B.U.Q. com a base além de provocar fissuras na superfície devido ao resfriamento brusco do material.

Os equipamentos para execução são:

- a) depósito para o cimento asfáltico, munido de bomba de circulação de modo a garantir um fluxo contínuo, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. O depósito deve ser capaz de aquecer o material às temperaturas fixadas, o que deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. As

- tubulações e os acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor;
- b) usina para concreto asfáltico equipada com uma unidade classificadora de agregado, após o secador. Poderão ser utilizadas usinas volumétricas, gravimétricas ou mistas;
 - c) caminhões para transporte da misturado tipo basculante e possuindo caçambas metálicas;
 - d) acabadora automotriz;
 - e) equipamento de compactação constituído por rolo pneumático (que permita calibração de 35 a 120 libras por polegada quadrada, com seu peso variando de 5 a 35 toneladas) e rolo metálico liso, tipo tandem (de 8 a 12t), ou, ainda, rolo metálico liso vibratório.

4.5.1.4 Tratamento Superficial Simples (TSS)

A técnica de tratamento superficial, de penetração invertida, é um revestimento constituído de material betuminoso e agregado mineral, no qual o agregado é colocado uniformemente sobre o material asfáltico, aplicado em uma só camada e submetido à operação de compressão e acabamento.

Algumas considerações gerais para o uso desta técnica são prescritas, como o fato de não permitir a execução dos serviços em dias de chuva, o ligante betuminoso só poder ser aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 100 °C, além de todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra ter que apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

Essa técnica de tratamento resulta em um revestimento com baixa estabilidade e durabilidade, portanto exigindo uma base de boa capacidade de suporte ($\text{CBR} \geq 80\%$).

Os ligantes betuminosos a serem empregados podem ser os Cimentos Asfálticos (CAP-7 ou CAP 150/200), Asfaltos diluídos (tipo CR-250, CR-800 e CR-3000), emulsões asfálticas (tipo RR-1C e RR-2C) e até ligantes betuminosos modificados.

Os agregados podem ser pedra, escória, cascalho ou seixo rolado, britados. Devem consistir de partículas limpas, duras, resistentes, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. A tabela 2 dá idéia das faixas de tolerâncias para o uso de agregados.

Tabela 2 – Faixas aceitáveis para o uso de agregados

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS				
PENEIRAS		FAIXAS		TOLERÂNCIAS
pol.	mm.	A	B	Faixa de Projeto
1"	25,4	-	-	□ 7
3/4"	19,1	-	-	□ 7
1/2"	12,7	100	-	□ 7
3/8"	9,5	85-100	100	□ 7
Nº 4	4,8	10-30	85-100	□ 5
Nº 10	2,0	0-10	10-40	□ 5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	□ 2

As quantidades ou taxas de aplicação de ligante betuminoso e de espalhamento de agregados serão fixadas no projeto e ajustadas no campo, por ocasião do início dos serviços. Quando for empregado agregado poroso deverá ser considerada a sua porosidade na fixação da taxa de aplicação do ligante betuminoso. Recomendam-se, de uma maneira geral, as seguintes taxas de aplicação de agregados de ligante betuminoso:

Tabela 3 – Taxas de Aplicação e de Espalhamento

TAXAS	
LIGANTE BETUMINOSO	AGREGADO PÉTREO
0,8 l/m ² a 1,2 l/m ²	8 kg/m ² a 12 kg/m ²

Esta técnica apresenta como vantagens:

- aplicação rápida e a liberação imediata da pista após a conclusão do reparo;
- não exige mão de obra qualificada para sua execução;
- custos de aplicação são baixos, pois se gasta uma quantidade baixa de asfalto por metro quadrado.

Suas desvantagens são:

- baixa durabilidade e baixa estabilidade, pois devido ao revestimento ser muito delgado ele não distribui os esforços do trem de pouso, e desta forma se o aterro da cratera não for bem feito corre-se o risco da superfície ceder.

Os equipamentos para execução do tratamento superficial consistem em:

- veículos automotores, para transporte de agregado;

- b) distribuidor mecânico do agregado mineral (espalhador);
- c) equipamento de aquecimento do material betuminoso, capaz de aquecer e mesmo mantê-lo dentro dos limites especificados de temperatura;
- d) vassoura mecânica rotativa, ou vassouras comuns, quando a operação é feita manualmente. Pode ser usado também o jato de ar comprimido;
- e) caminhão tanque equipado com barra espargidora e caneta distribuidora, bomba reguladora de pressão, tacômetro, termômetro. Em casos de emergenciais, um regador pode ser utilizado para espalhar o material;
- f) tanque com capacidade adequada para depósito do material;
- g) rolos compactadores do tipo tandem de 2 rodas, com peso de 5 a 8 toneladas, ou rolos pneumáticos, propulsores, dotados de pneus que permitam a calibragem de 35 a 120 libras por polegada quadrada;
- h) ferramentas manuais (pás, enxadas, etc).

4.5.2 Reparos Não-convencionais

4.5.2.1 Revestimento com Placas de Concreto Armado

O procedimento nesta técnica consiste em, após o preenchimento da cratera, recortar o pavimento na forma de um retângulo ou quadrado (Anexo B) que possa ser coberto com um número de placas padrão de concreto (2 m × 1 m × 0,1m).

As placas são feitas com concreto de cimento Portland armadas com aço. É necessário que estas placas sejam feitas em tempo de paz, pois sua construção exige a fabricação de formas, corte do aço da armadura, além de o concreto ter um tempo de cura de 28 dias, o que inviabiliza a produção em situações de emergência. Uma solução para este problema é que as placas podem ser utilizadas em outros locais como piso, e quando necessário apenas transportadas para recobrir o local danificado.

Esse método apresenta várias vantagens, das quais se pode citar:

- a) fabricação das placas é simples, não dependendo de materiais importados;
- b) a placa não deteriora rapidamente, podendo ser feita com antecedência e o reparo tem boa durabilidade;
- c) fornece um reparo com alta capacidade de suporte o que faz com que as cargas dos trens de pouso sejam distribuídas pela base, permitindo que esta não tenha uma resistência muito elevada;
- d) o reparo fica bastante uniforme, não deixando ressaltos, o que é ótimo quando se opera aviões com equipamentos sofisticados.

As principais desvantagens deste método são:

- a) O peso da placa (por volta de 480 kg) que torna o seu transporte e manuseio difícil;
- b) O fato de exigir fabricação antecipada, o que torna esta técnica aplicável somente se houver um planejamento adequado;
- c) a necessidade de recortar o revestimento para permitir o perfeito encaixe da placa. O processo de corte do pavimento no entorno da cratera é lento e exige a disponibilidade de equipamento adequado;
- d) se o reparo não for bem executado podem ficar degraus entre as placas;

Os equipamentos necessários para execução deste tipo de reparo são;

- a) equipamento para corte e dobra da armadura;
- b) betoneira para preparo do concreto;
- c) carregadeira para transporte das placas;
- d) serra para corte do pavimento.

4.5.2.2 Chapas de Alumínio do tipo ÄM-2

A utilização de placas de alumínio remonta a década de 60 e originou-se de uma evolução das esteiras de aço que fizeram sucesso na Segunda Guerra Mundial. A técnica foi, inicialmente, aplicada na construção de pistas inteiras, táxis e pátios e, na década de 70, nos reparos rápidos e, até hoje, ainda são utilizadas pela United States Air Force (USAF).

Um kit deste tipo de reparo, de chapas de alumínio, cobre uma área de 16,4m por 23,5m, sendo que estas medidas podem ser diminuídas (não se utilizando todo o kit) ou aumentadas (usa-se mais de um kit num mesmo reparo), já que o reparo é uma soma de placas.

A operação de montagem é bastante simples: monta-se o kit de reparo em uma área não danificada, que deve estar limpa, próxima ao local a ser reparado. Utilizando-se tratores, arrasta-se o kit sobre a cratera (Figura 17), que deve estar preenchida, utilizando-se os métodos vistos no item 4.4. Após as placas estarem posicionadas, elas são colocadas utilizando-se fixadores parafusados no pavimento.

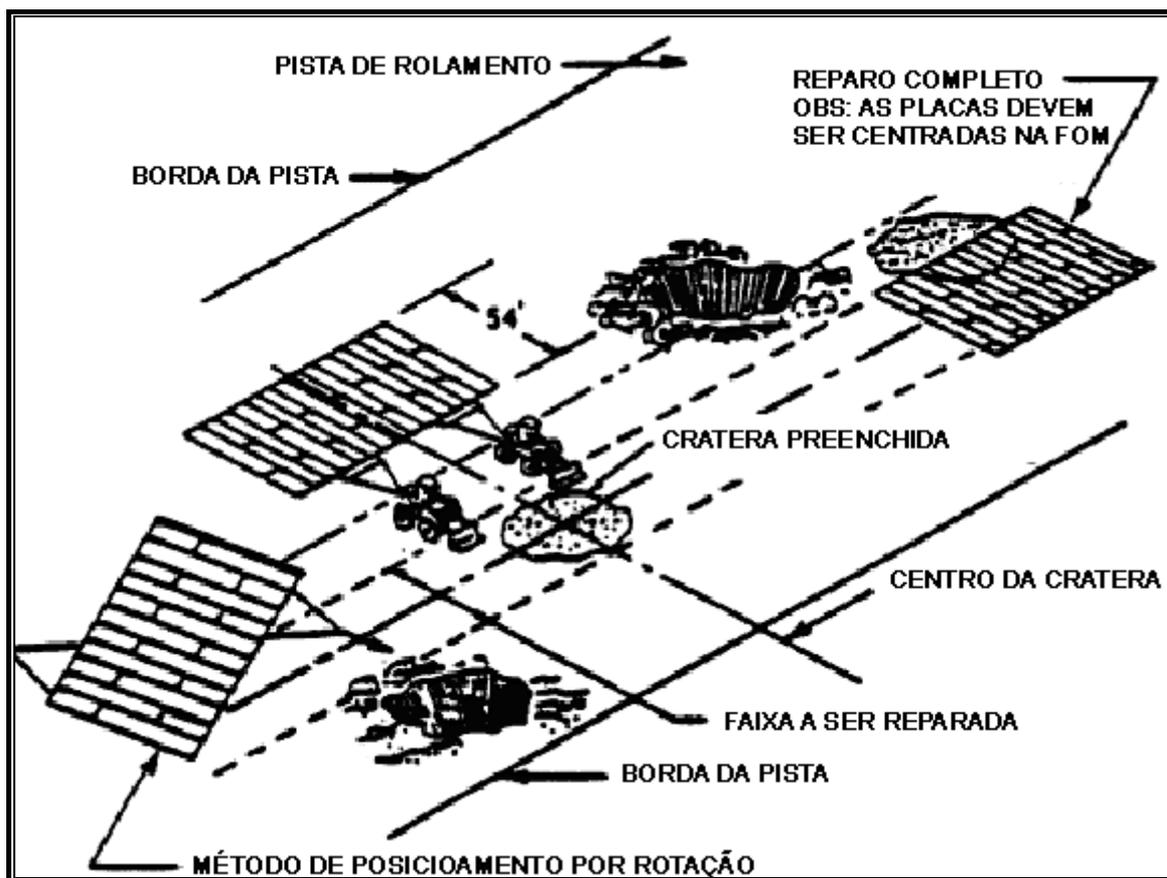


Figura 17 – Esquema para aplicação da técnica

Esta técnica tem como vantagens:

- transportabilidade, devido ao peso relativamente pequeno das placas elas podem ser transportadas por via aérea;
- durabilidade alta, as placas não se deterioram sob ação do tempo e têm alta resistência as cargas da aeronave;
- reaproveitamento, pois após a pista ser recuperada de forma definitiva as placas podem guardadas e reutilizadas em outros reparos.

Suas principais desvantagens são:

- necessidade de equipes numerosas;
- irregularidade superficial - as placas têm em geral de 3,75cm a 5cm de espessura (1,5 a 2 polegadas), que é o limite máximo de desnível para a maioria das aeronaves de caça quando estão decolando ou pousando, pois os equipamentos das aeronaves modernas são bastante sensíveis a esse tipo de irregularidade;

- c) as placas suportam bem aeronaves de caça, mas não são resistentes para suportar a operação de aeronaves de carga. Em casos de emergência, pode-se operar aeronaves de transporte, mas deve-se verificar as placas após cada operação, substituindo placas danificadas e substituindo ancoragens que tenham se rompido. Também não se deve manobrar as aeronaves nem acionar os freios (durante o pouso) sobre as placas.

Os equipamentos necessários são:

- a) equipamento de perfuração;
- b) Vassouras e material para limpeza;
- c) Tratores para transportes e posicionamento das placas.

4.5.2.3 Placas dobráveis de Fibra de Vidro

O desenvolvimento das placas de fibra de vidro ocorreu na década de 80, mas somente no início da década de 90 os americanos conseguiram desenvolver um produto que suplantou com vantagens todas as outras técnicas. As placas são compostas por duas ou mais camadas de fibra de vidro reforçado com poliuretano ou poliéster, as mais novas em geral usam poliuretano e são suficientemente delgadas, com sua espessura variando de 0,5cm a 1cm, tornando insignificantes os ressaltos na transição para o pavimento original.

Produzidas na base em tempo de paz, são feitas em conjuntos dobráveis não sendo flexíveis o suficiente para serem enroladas. As medidas mais comuns são 10m por 10 m para pequenas crateras e 15m por 20m metros para grandes crateras, sendo que, conforme a necessidade, placas podem ser cortadas ou emendadas. Para as emendas, utiliza-se uma resina de polietileno como ligante e sobrepõem-se as placas em 15cm como pode ser visto na Figura 18. Depois de quinze minutos a emenda já está com resistência adequada para operação.

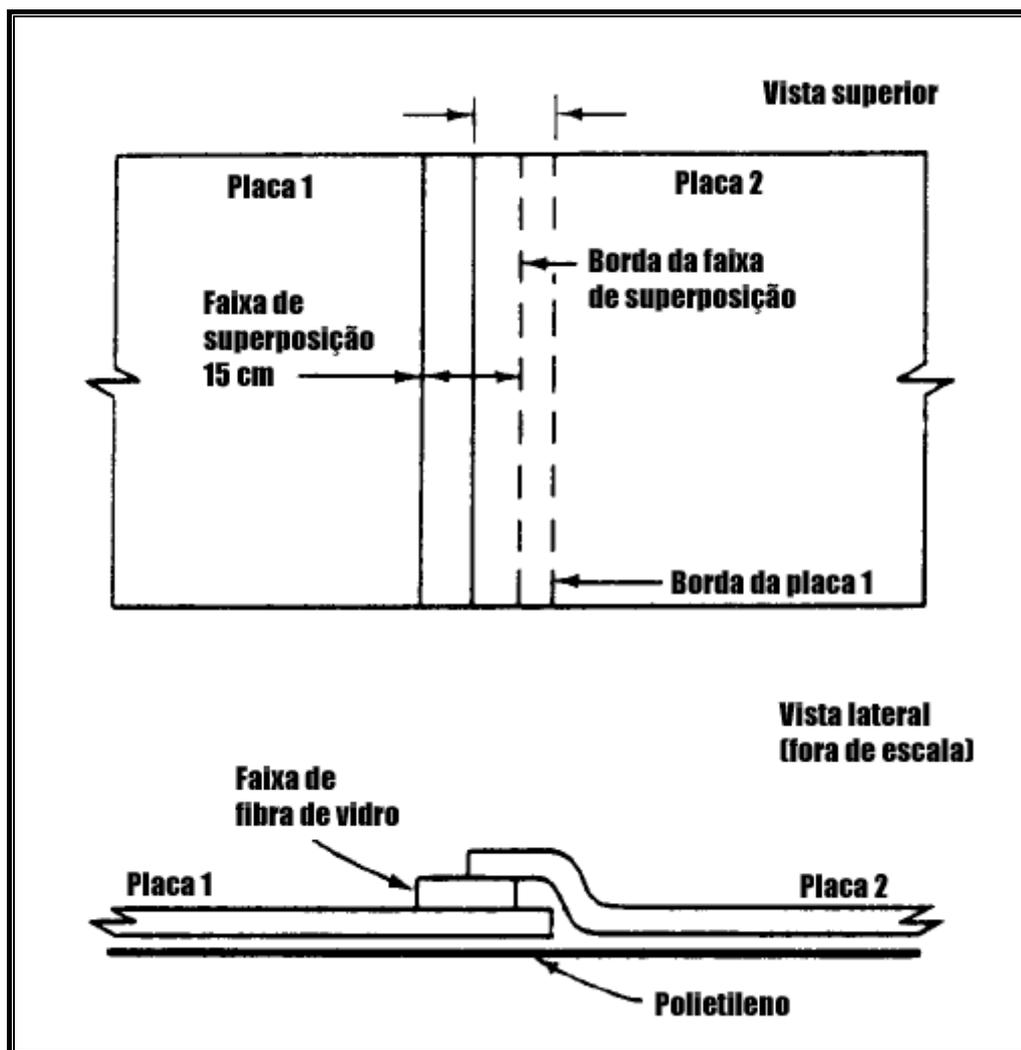


Figura 18 – Emenda das placas de fibra de vidro

Sua fixação é feita utilizando-se ancoradores metálicos similares ao utilizados por alpinistas ao escalarem montanhas rochosas. Estes ancoradores têm o seu tamanho definido pela resistência do material do pavimento, de forma que para pistas de concreto eles têm 12,5 cm e para pistas de material asfáltico 15 cm. O esquema dos ancoradores pode ser visto na Figura 19.

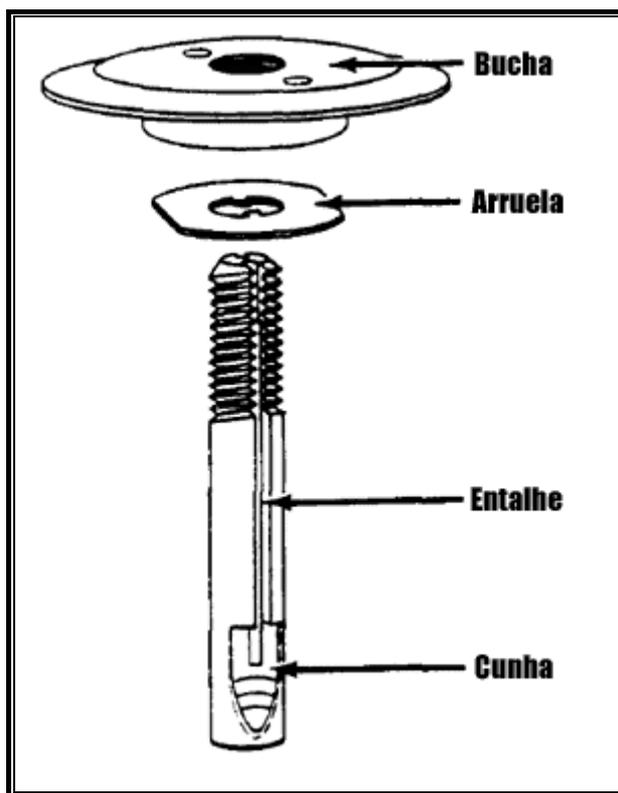


Figura 19 – Ancoradores para placas de fibra de vidro

As placas de fibra de vidro já devem ser feitas com os furos onde serão colocados os ancoradores. O processo de ancoragem consiste em fazer-se um buraco um pouco maior do que o diâmetro do ancorador no pavimento, aplicando-se um polímero de secagem rápida e colocando-se o ancorador. O polímero deve ter um tempo de secagem de no máximo um minuto.

Suas principais vantagens são:

- a) são mais leves e fáceis de transportar do que as chapas de alumínio;
- b) Permitem a recuperação de danos com rapidez e a um custo mais baixo quando comparadas com as placas de alumínio.

Suas principais desvantagens são:

- a) Segundo a USAF, tem a tendência a se deformarem e apresentarem desgastes rápidos nas dobradiças de elastômero (nos conjuntos dobráveis) quando o tráfego é intenso;
- b) Não tem capacidade estrutural para distribuir as cargas do tráfego, exigindo que o aterro da cratera tenha uma boa capacidade de suporte. São indicadas para aviões de caça, sendo que não tem resistência para operar aviões de carga.

Equipamentos necessários:

- a) Caminhão para transporte do material;
- b) Equipamento de perfuração para ancoragem das placas.

4.5.2.4 Concreto de Resina

Segundo Araújo (1982), o termo resina se refere ao produto cientificamente denominado polímero. Polímero pode ser definido como sendo um material composto por unidades químicas relativamente simples, repetidas várias vezes.

Existem resinas que apresentam qualidades físicas (alta resistência mecânica, baixa retração, resistência a ataques químicos, etc) que tem excelente aplicação como pavimento. Essas qualidades associadas com o tempo de pega controlável (através da adição de catalisadores ou inibidores), tornam este material bastante adequado para utilização em reparos rápidos.

O reparo utilizando o Concreto de Resina consiste em, após cratera preenchida, no espalhamento de uma camada de 6 cm de concreto de resina, que deve ser vibrada utilizando-se um vibrador equivalente ao usado no Concreto de Cimento Portland.

As principais vantagens desta técnica são:

- a) alta durabilidade devido a resistencia do concreto de resina;
- c) tempo de reparo reduzido com liberação logo após o termino do reparo;

As desvantagens desta técnica são:

- a) alto preço das matérias primas envolvidas na fabricação da resina;
- b) necessidade de mão de obra treinada no manuseio da resina.

Quanto à matéria prima empregada no reparo, tem-se:

- a) resina: resina poliéster ortoftálica não saturada, dissolvida em estireno, de reatividade média, rígida/elástica;
- b) sistema endurecedor: catalisador (peróxido de metil etil cetoma) e acelerador (naftaleno de cobalto);
- c) diluente monômero de estireno;
- d) resina flexibilizandte: resina poliéster não-saturada, disolvid em estireno;
- e) filer: Carbonato de cácio comercial;
- f) areia;

g) brita.

Os equipamentos empregados são:

- a) veículos para transporte do material;
- b) misturador Tipo bateadeira planetária;
- c) vibrador (do mesmo tipo utilizado em vibração de concreto convencional de cimento).

4.5.2.5 Micro-Concreto de Cura Rápida

Este método foi desenvolvido e patenteado pela empresa Lafarge Dondu International e se mostra muito eficiente, permitindo a reabertura da pista em aproximadamente 30 min após a finalização do reparo.

Nesta técnica, após a limpeza e o preenchimento da cratera deve-se garantir uma base com CBR no mínimo igual a 80 em caso de operação de aeronaves de carga, aplicando-se uma camada de areia de 1 a 3 centímetros a fim de se isolar a camada superior. A Figura 20 a aplicação desta técnica de reparo rápido.

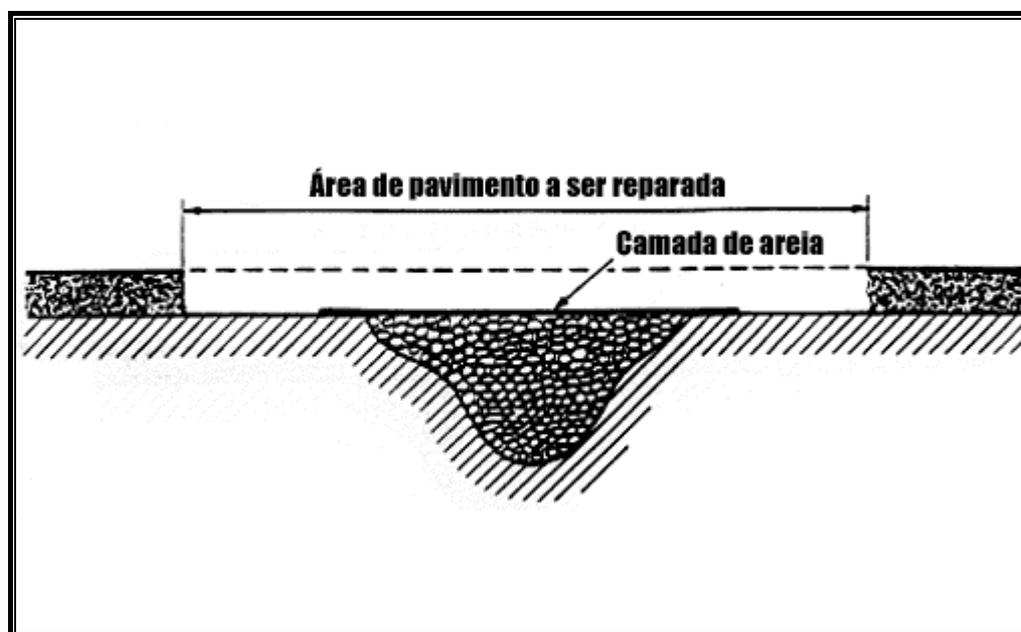


Figura 20 – Preenchimento com brita e recobrimento com areia

Termina-se de preencher o espaço do revestimento com pedra britada, deixando-se uma margem de 1cm a 2cm da superfície. Passa-se então à aplicação do micro-concreto (concreto com agregados de no máximo 4,8mm de diâmetro, auto-adensáveis). O micro-

concreto é lançado na superfície, penetrando na brita até alcançar a camada de areia como pode ser visto na Figura 21.

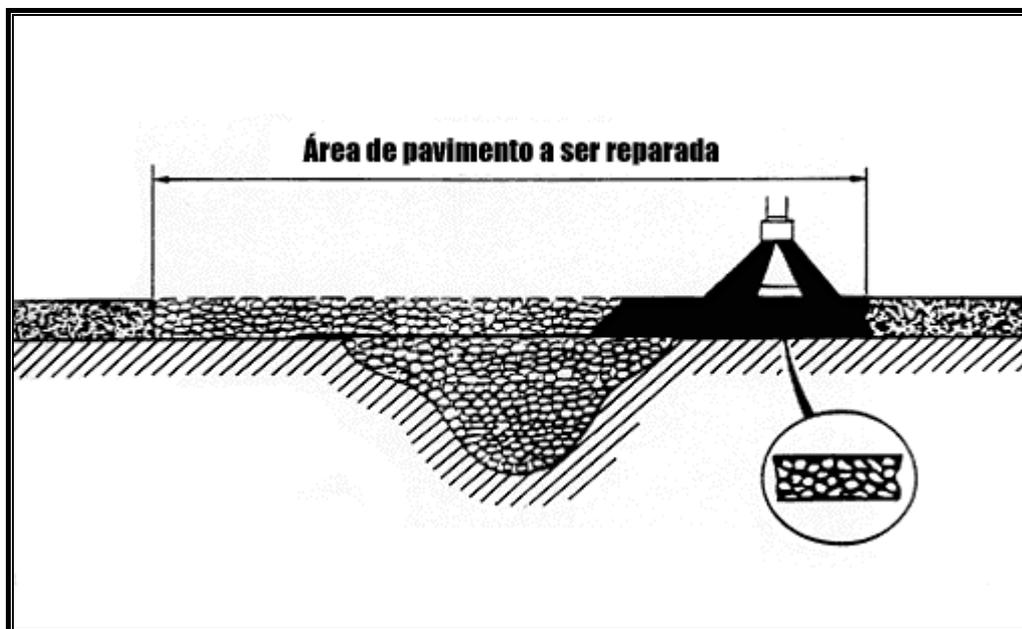


Figura 21 – Esquema de lançamento do micro-concreto

Como o micro-concreto é auto-adensável não é necessário nenhum processo de regularização da superfície, sendo que quando bem executado este processo não apresenta desníveis na emenda com o pavimento existente, ou falhas na superfície, como pode mostrado na Figura 22.



Figura 22 – Detalhe da emenda do pavimento com o reparo

Este sistema ainda se destaca pela velocidade e qualidade do reparo, havendo a possibilidade de recuperar uma cratera em cerca 2 horas e 20 minutos.

Seus pontos negativos são:

- a) a necessidade de material importado;
- b) infra-estrutura permanente e alto custo;
- c) ainda existe o problema do micro-concreto ter validade de 4 anos, perdendo suas características após este prazo, precisando portanto ser substituído, o que dificulta um planejamento em longo prazo.

A equipe necessária para a realização do reparo deve possuir 17 pessoas, entre operadores de máquinas e ajudantes.

Para a execução de tal técnica, os seguintes equipamentos são exigidos:

- a) retro-escavadeira;
- b) trator de pneus com pá carregadeira;
- c) caminhões;
- d) rolo vibratório;
- e) caminhão Pipa;
- f) plataforma semitrailer;
- g) bomba misturadora (fornecido pela empresa).

CAPÍTULO 5

EQUIPAMENTOS AEROTRANSPORTÁVEIS

Este capítulo tem por objetivo a descrição sucinta de equipamentos potencialmente aerotransportáveis para a Amazônia, mediante o estudo da capacidade de carga de algumas aeronaves de transporte da FAB e de toda logística de transporte necessária à realização de reparos rápidos e emergenciais. Para tanto, visitou-se a Base Aérea do Galeão (BGL) com a finalidade de coletar informações mais precisas e reais sobre esse tipo de transporte, bem como o que está sendo feito atualmente nessa área e quais as possíveis aeronaves a serem utilizadas nesse tipo de operação.

Dessa forma, as aeronaves da FAB que foram analisadas na BGL, que serão utilizadas no transporte de materiais, equipamentos e até pessoal, são: C-130e C-91, cujas fichas técnicas se encontram no Anexo A. Com relação à aeronave C-115 (Búfalo), atualmente localizada em Manaus, avaliou-se somente sua capacidade de carga, não sendo analisada a logística de transporte como nos demais casos.

De posse da verificação das restrições operacionais de transporte (lançamento de carga/descarregamento mediante pouso) e da capacidade de carga das aeronaves, selecionou-se uma lista com alguns equipamentos aerotransportáveis necessários para a realização das missões.

5.1 Histórico do BGL

A Base Aérea do Galeão (Foto 1), sediada na Ponta do Galeão, Ilha do Governador, Estado do Rio de Janeiro, foi criada pelo Decreto-Lei nº 3302, de 22 de maio de 1941 (D.O.de 24 de maio de 1941), mas sua origem remonta de 10 de maio de 1923, quando foram desapropriados terrenos pelo Governo Federal para a construção do Centro de Aviação Naval do Rio de Janeiro, posteriormente Base de Aviação Naval, que foi extinta, com a criação do Ministério da Aeronáutica, pelo Decreto-Lei nº 3142, de 25 de maio de 1941, sendo criada a Escola de Especialista de Aeronáutica, que passou a funcionar em suas instalações. Através do Decreto-Lei nº 3302, de 22 de maio de 1941, as Forças Aéreas Nacionais passaram a se denominar Força Aérea Brasileira, assim como seus estabelecimentos. Dentre eles destacava-se a Base de Aviação Naval do Rio de Janeiro que

passou a denominar-se: Base Aérea do Galeão, cuja sede funcionaria nas instalações do Centro de Aviação Naval.



Foto 1 –Base Aérea do Galeão (30/10/2003)

A Base Aérea do Galeão, a princípio, ficou subordinada a 3a Zona Aérea, e, nesta época foi sede do 4o Regimento de Aviação, que compreendia o 3o Grupo de Bombardeio Médio (anv B-25) e o 2º Grupo de Patrulha (anv CA-10 Catalina), durante o período de 1942 / 1948, fase da II Grande Guerra Mundial. Em 22 de janeiro de 1948 passou a ser subordinada à Diretoria de Rotas Aéreas iniciando o período de sua existência como Base de apoio do Correio Aéreo Nacional. Seus primeiros aviões foram os C-45 (Beechcraft), recebendo, logo após, a incorporação do 1º Grupo de Transporte com os famosos aviões C-47 (Douglas).

Em 12 de julho de 1951, a Base Aérea do Galeão passou a ser subordinada ao Comando de Transporte Aéreo. Pelo Decreto-Lei nº 39.495, de 03 de julho de 1957, foi organizada a 2º Esquadrilha de Ligação e Observação, que tinha como finalidade operar em cooperação com a Marinha e ficando sediada na Base Aérea do Galeão, sendo equipada com aviões T-6, hoje desativados.

A partir de 1988, passou a ser subordinada ao III Comando Aéreo Regional, sendo a principal sede das Unidades Aéreas destinadas ao transporte aéreo e missões governamentais desta área, proporcionando também apoio dos Esquadrões nela sediados: 1º Esquadrão do 1º Grupo de Transporte (1º/1º GT), 1º Esquadrão do 2º Grupo de Transporte (1º/2º GT), 2º Esquadrão do 2º Grupo de Transporte (2º/2º GT) e 3º Esquadrão de Transporte Aéreo (3ºETA).

5.2 Aeronaves para o Transporte de Carga

Contando com a experiência dos Esquadrões Aéreos do 1º/1º GT (C-130) e 1º/2º GT (C-91), obtiveram-se informações técnicas quanto aos procedimentos de carregamento e logística de lançamentos de equipamentos, em situações críticas, quando da impossibilidade de pouso em pistas.

5.2.1 C-130 (Hércules)

No dia 17 de fevereiro de 1953, foi criado o 1º Esquadrão do 1º Grupo de Transporte (1º/1º GT) - o Esquadrão "Gordo". O esquadrão foi a primeira unidade da FAB selecionada para operar a nova aeronave de transporte pesado, o Lockheed C-130 Hércules.

O C-130 Hércules é o mais versátil avião de carga em sua classe. No Brasil, ele é responsável por transporte de pessoal e carga. Seu leque operacional abrange o lançamento de pára-quedistas, reabastecimento em vôo, busca e salvamento, e missões de transporte aéreo apoiando outros órgãos do governo em vôos à Antártica e à Amazônia, na implantação dos Projetos SIVAM (Sistema de Vigilância da Amazônia) e Calha Norte.

A Foto 2, tirada na Base Aérea do Galeão, na visita realizada em 30 de novembro de 2003, mostra uma aeronave C-130 da frota da FAB.



Foto 2 – C-130 2470 do 1º/1º GT

Hoje subordinado operacionalmente à V Força Aérea, o Esquadrão "Gordo" continua desempenhando com denodo e eficiências as missões a ele atribuídas.

5.2.1.1 Análise de Capacidade de Carga

A Tabela 4 mostra um quadro-resumo dos principais dados técnicos necessários para a análise de capacidade de carga da aeronave.

Tabela 4 – Quadro resumo da capacidade de carga do C-130

COMPARTIMENTO DE CARGA	Comprimento utilizável	10,68 m
	Largura utilizável sem "pallets"	2,62 m
	Altura utilizável	2,72 m
DIMENSÕES DA RAMPA DE CARGA	Comprimento utilizável	3,00 m
	Largura utilizável	3,00 m
	Altura utilizável	2,00 m
LIMITES DE PESO	Maxima carga paga (pay load)	44.000 lb
	Carga máxima em cada pallet	10.000 lb
	Resistência do Piso	50 lb/ m

Fonte: MMA 400-7 (Anexo VIII - Aeronaves)

Observações:

- 1) O termo "utilizável" prende-se a necessidade de espaços livres nos contornos, de modo que a tripulação possa circular e fazer as inspeções de rotina, bem como atender as situações de emergência. Outra observação importante é que embora.
- 2) Embora o limite de peso sobre a rampa seja de 5000lb, os planejadores não devem prever além de 2.200lb, tendo em vista o balanceamento da aeronave.
- 3) "Treadways" (pistas de rolagem) - são regiões reforçadas no sentido longitudinal, correspondente à bitola de viaturas, com capacidade para suportar 6.500lb por roda, ou 13.000lb por eixo. Fora dos "treadways" a carga rolante não deve exceder a 2.000 lb.
- 4) Recursos próprios para movimentação de carga:
 - a) unha manual - traciona até 5.000lb;
 - b) unha hidráulica - traciona até 4.000lb;
 - c) guincho - traciona até 12.000lb.
- 5) Pode-se carregá-lo ou descarregá-lo em cerca de 30 minutos, trabalhando-se com carga "paletizada". Com carga de difícil manuseio e num local desprovido de recursos, esse tempo pode dilatar-se até 7 horas.
- 6) Os planejadores não devem trabalhar com os fatores relativos ao Sistema "Paletizado" de Carga, pois raramente irão encontrar tais facilidades no teatro de operações ou numa área de operações.

- 7) No transporte de pessoal, máximo de 92 homens, computando-se 200 lb para cada homem com sua bagagem pessoal, ficando peso total de 18.400 lb bem aquém do peso disponível para a carga. Porém nessa situação, o piso do compartimento de carga ficará ocupado e haverá somente uma disponibilidade de 2.200 lb para carga na rampa, pois este é o limite de utilização da mesma.

5.2.1.1 Logística do Transporte de Cargas

Durante a visita a BGL, pôde-se conhecer um pouco da logística do transporte de materiais e equipamentos, bem como os tipos de lançamentos de carga em situações em que não há possibilidade do pouso da aeronave, seja por problemas de danos na pista ou por motivos próprios de segurança. Logo, no caso crítico, realizar-se-ão os seguintes tipos de lançamentos de cargas utilizando o C-130: Lançamento de Cargas Leves, Lançamento de Cargas Pesadas e Extração a Baixa Altura.

5.2.1.1.1 Lançamento de “Cargas Leves” (CDS - Container Delivery System)

O Sistema CDS (TO 1C-130A-9, 10-501/TO, 13C7-1-11) foi idealizado para o lançamento de fardos A-22 com um peso mínimo de 625lb (283,5Kg) até um peso máximo de 2.200lb (998Kg), excluindo o peso dos pára-quedas, das aeronaves C-130 equipadas com o sistema de trilhos duplos.

As dimensões máximas de um fardo do tipo A-22 completamente preparado para o lançamento são de 1,36m (53 ½ pol) de largura por 1,22m (48 pol) de comprimento. A altura poderá variar dependendo das particularidades de cada fardo. A altura limite será de 2,10m (83 pol), todavia, fardos com altura entre 2,10m e o limite máximo de 2,54m poderão ser lançados na configuração dupla mediante avaliação prévia de pessoal especializado. Além disso, para servir de base ao fardo A-22, plataformas do tipo padrão (53 ½ pol de altura por 48 pol de comprimento) podem ser utilizadas nas configurações simples ou dupla, sendo que ainda existe um tipo de plataforma dupla cujas dimensões são 53 ½ pol de largura por 96 pol de comprimento, que são utilizadas em um tipo especial de lançamento CDS. A Figura 5.2) uma ilustração de um fardo do tipo A-22 e sua respectiva plataforma de lançamento.

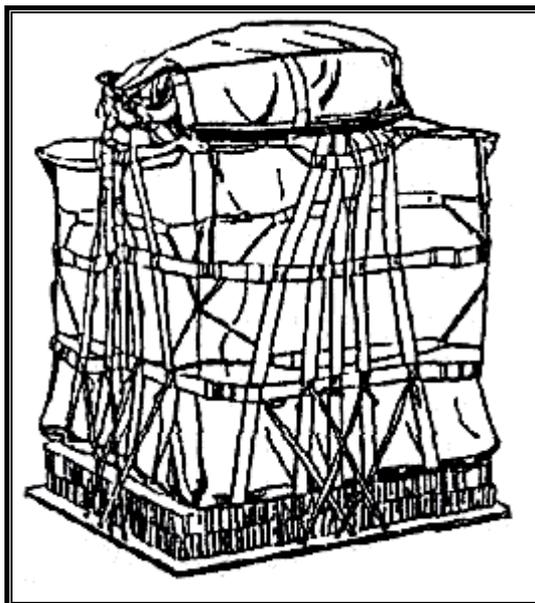


Figura 23 – Fardo do tipo A-22

Para o lançamento, fardos individuais (configuração simples de até oito fardos ou configuração dupla de 2 até 16 fardos, sempre em quantidade par) poderão ser posicionados em um grupo compacto e lançados utilizando-se um tipo especial de amarração traseira (Type XXVI Nylon Release Gate).

Os fardos são criteriosamente preparados (Figura 24), sendo porém a amarração ao piso da aeronave feita segundo os critérios mínimos de restrição delineados, ou seja, 3G para frente, 1,5G para trás, 1,5G lateralmente e 2G verticalmente para decolagem e pouso. Quanto ao critério mínimo de restrição dianteiro, serão utilizadas correntes de 10.000 lb, fitas tensoras de 5.000 lb ou uma bandeira estrutural especialmente construída e adaptável às travas do sistema de trilhos e ao piso do avião. A amarração traseira é proporcionada por um tipo especial de amarração e as amarrações laterais e verticais são feitas com fitas tensoras de 5.000 lb.

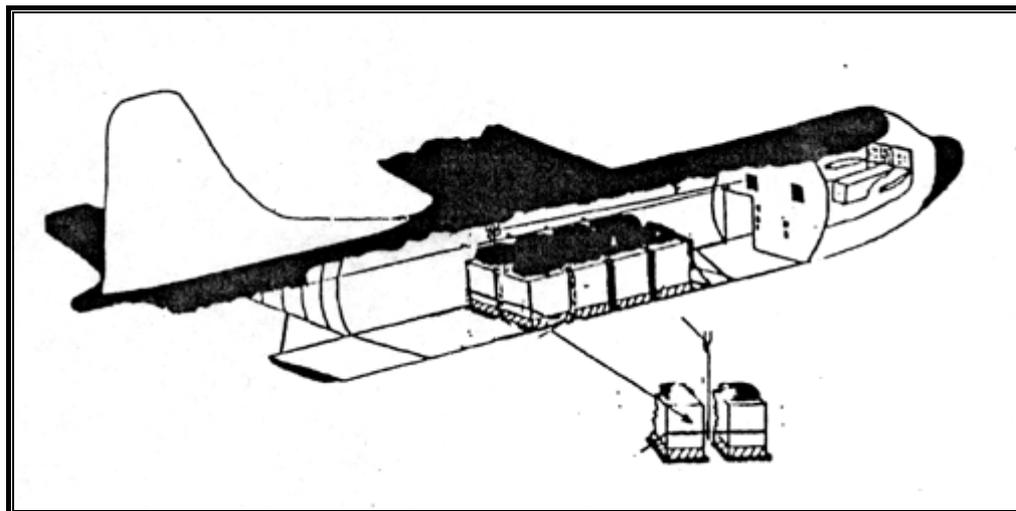


Figura 24 – Posicionamento dos fardos do tipo A-22

Antes do ponto de lançamento, as amarrações adicionais dianteiras, traseiras, laterais e verticais são removidas permanecendo somente a barreira dianteira e a amarração especial traseira. Na zona de lançamento (ZL), o sistema de liberação do fardo é ativado pelo guincho de recolhimento de fitas, a amarração traseira é cortada pela guilhotina e os fardos saem da aeronave por ação da gravidade. Dependendo das circunstâncias operacionais, os fardos poderão ser lançados em uma mesma ZL porém em passagens diferentes ou em ZL alternadas. Nesse caso, as amarrações especiais traseiras serão instaladas nas FS 737, 617, 550, 530 e 430. O guincho de recolhimento de fitas esquerdo é normalmente usado para acionar a guilhotina, entretanto, o guincho direito poderá ser utilizado nos lançamentos múltiplos ou se o guincho esquerdo estiver inoperante.

5.2.1.1.2 Lançamento de Cargas Pesadas (Heavy)

O sistema de lançamento Heavy é utilizado para a entrega de cargas que são pesadas demais para serem lançados pelo método CDS (acima de 2200 libras). Neste procedimento o limite de peso é definido pela capacidade do Hércules, que tem capacidade para transportar 42000 libras. As dimensões da carga também são limitadas pelo tamanho do compartimento de carga desta aeronave, ou seja, podemos lançar cargas com dimensões 10,68m de comprimento, 2,62 m de largura e 2,47m de altura.

Inicialmente o Hércules é carregado e o material a ser lançado é fixado adequadamente (em geral são usadas correntes com resistência de 10000 libras, tantas quanto necessárias para suportar a carga), a fim de que em casos de emergências (pousos forçados ou manobras bruscas) a carga não se movimente, o que pode danificar a aeronave ou ferir os tripulantes que

estejam no compartimento de carga. Logo antes da zona de lançamento as amarras são retiradas.

A segunda etapa do lançamento é feita pelo pára-quadras de extração, já que as cargas são muito pesadas para serem lançadas manualmente e por isso necessária a utilização deste pára-quadras para que a carga seja retirada da aeronave. A Figura 25 mostra uma carga sendo lançada e a Figura 26, o esquema de amarração desse tipo de carga, bem como a ligação do pára-quadras de extração.



Figura 25 – Lançamento da carga

Dependendo do peso da carga a transportada, os seguintes pára-quadras poderão ser utilizados:

- a) 2520 – 8000 libras: um pára-quadras de 15 pés;
- b) 7000 – 17500 libras: um pára-quadras de 22 pés;
- c) 16000 - 30000 libras: um pára-quadras de 28 pés;
- d) 28000 - 42000 libras: dois pára-quadras de 28 pés.

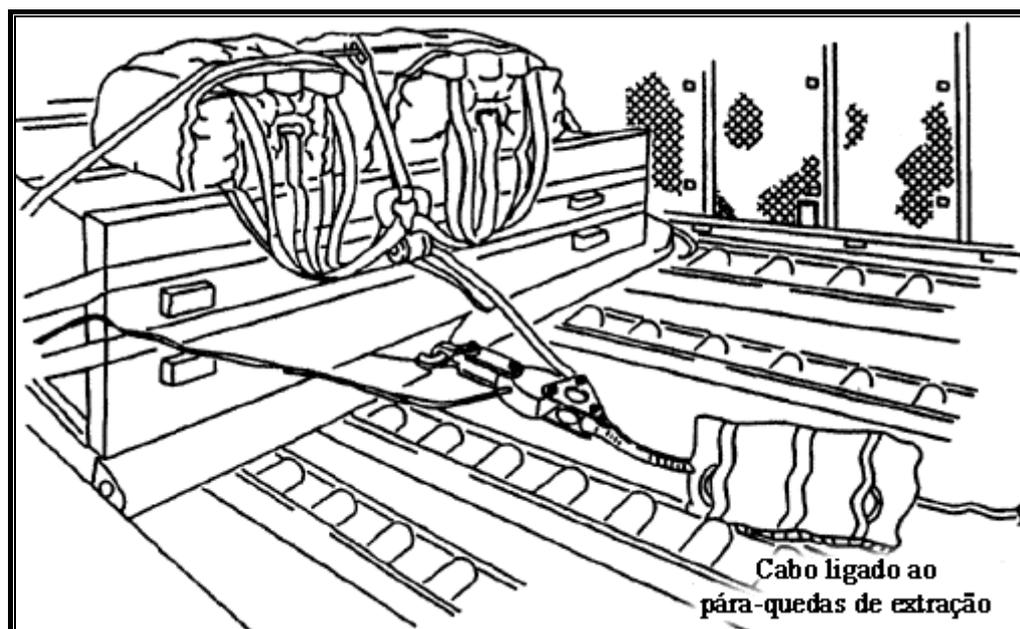


Figura 26 – Esquema de amarração de uma carga pesada

Finalmente, depois de extraído é aberto um pára-quadras principal, que tem por função diminuir o impacto do material com o solo. Estes pára-quadras são dimensionados utilizando-se como critérios à massa e a sensibilidade ao impacto do material lançado.

Este tipo de lançamento é realizado a uma altura que varia de 90m a 106m (300 a 350 pés), sendo sua margem de erro máxima de 250m segundo informações do 1º /1º GT (na prática esse erro não ultrapassa os 50m).

5.2.1.1.3 Extração a Baixa Altitude

Embora este procedimento não esteja sendo aplicado atualmente no Brasil por motivos de segurança (segundo informações obtidas no 1º/1º GT), em tempo de guerra poderá ser bastante útil, principalmente quando da necessidade de lançamento de equipamentos pesados, como jipes, equipamentos de reparos de pavimento, pequenos caminhões, etc.

Seu procedimento é idêntico ao descrito para o lançamento de equipamentos pesados, entretanto não se utiliza o pára-quadras principal devido ao fato de a carga ser lançada próxima ao solo, como pode ser visto na Figura 27.



Figura 27 – Lançamento de equipamentos a baixa altitude

5.2.2 C-91 (Avro)

Em 21 de setembro de 1959 foi criado o 1º Esquadrão do 2º Grupo de Transporte, através da Portaria Reservada nº 58/GM3. O Esquadrão foi ativado a 1º de outubro do mesmo ano, na Base Aérea do Galeão. Em 31 de março do ano seguinte, o Esquadrão recebeu seis aeronaves Avro 748 Srs 204/205, designados C-91 na FAB. Essas aeronaves, de matrícula 2500 a 2508 (Figura 28) eram oriundos da dotação do Grupo de Transporte Especial - GTE, onde haviam sido utilizados desde 29 de novembro de 1962 em missões de transporte de autoridades do governo brasileiro. No 1º/2º GT, passaram a desempenhar as missões de transporte aéreo atribuídas ao Esquadrão, inclusive o apoio ao CAN, em linhas regulares para a Argentina, Bolívia, Chile, EUA, México, Paraguai e Uruguai.

Das missões sobre a Cordilheira dos Andes, os tripulantes resolveram tomar como símbolo do Esquadrão o condor, a maior aeronave das Américas, dotada de grande envergadura, passando o 1º/2º GT a ser conhecido como Esquadrão "Condor", desde o início da década de 80.

Subordinado atualmente à V Força Aérea, o Esquadrão "Condor" realiza missões de transporte aéreo de pessoal e material, ressuprimento aéreo, aerotransporte, evacuação aérea e evacuação aeromédica, atendendo também a missões de apoio às atividades do Exército e Marinha e de demais órgãos governamentais.



Foto 3 – C-91 2508 do 1º/2º GT (30/10/2003)

5.2.2.1 Análise de Capacidade de Carga

Tabela 6 – Quadro resumo da capacidade de carga do C-91

COMPARTIMENTO DE CARGA	comprimento utilizável	8,50 m
	largura utilizável sem "pallets"	1,55 m
	altura utilizável	1,55 m
DIMENSÕES DA PORTA DE CARGA	Altura	1,72 m
	Largura	1,86 m
	altura do solo até o nível do piso da aeronave, na porta de carga	2,00 m
LIMITE DE PESO	máxima carga paga (pay load)	4083Kg (9000lb)

Fonte: 1º/2º GT – BGL (30/10/2003)

Observações:

- 1) Os recursos da aeronave para movimentação de carga são deficientes;
- 2) A aeronave pode ser carregada ou descarregada em cerca de 1 hora e 30 minutos com apoio de empilhadeira (ver Foto 3), podendo ser aberta a porta de passageiros a fim de se aumentar as dimensões da porta de carga de 1,86m para 2,67m de largura, conforme mostrado nas figuras abaixo.



Foto 4 – Carregamento com o auxílio de empilhadeira

5.2.2.2 Logística do Transporte de Cargas

O sistema de lançamento do C-91 é através de fardos com pára-quedas, semelhante ao realizado pelas aeronaves C-95 Bandeirantes, cujo Esquadrão (5° ETA) alcançou renome por haver desenvolvido o Sistema de Lançamento Múltiplo de Cargas (Figura 29), o qual permite lançar pela porta lateral de aviões C-95 até 1.000Kg de carga em fardos, em uma única passagem. Esse sistema foi homologado pelo Centro Técnico Aeroespacial em 1994.

O peso máximo de um fardo a ser lançado pela porta lateral de pára-quedista é de 500lb (227Kg) e medindo 48/30/66 pol. Além disso, um sistema de roletes é usado para facilitar o posicionamento da carga, a fim de facilitar o lançamento.



Figura 28 – Lançamento de fardos pelo Sistema de Lançamento Múltiplo de Cargas.

5.2.3 C-115 (Búfalo)

5.2.3.1 Análise de Capacidade de Carga

Tabela 7 – Quadro-resumo da capacidade de carga do C-115

COMPARTIMENTO DE CARGA	Comprimento utilizável	8,00 m
	Largura utilizável	2,00 m
	Altura utilizável	1,62 m
DIMENSÕES DA RAMPA DE CARGA * *APENAS PARA TRÂNSITO DE CARGA	Comprimento	1,77 m
	Largura	2,33 m
LIMITES DE PESO	Maxima carga paga (pay load)	12.000 lb
	Distribuição ao longo do piso	968 Kg/m ²
	Carga máxima concentrada	0,488Kg/cm ²
	Carga máxima transitando pela rampa	3400 Kg

Fonte: 1º/2ºGT – BGL (30/10/2003)

Observações:

- 1) O C-115 possui um guincho hidráulico com capacidade de tracionar 2000lb, diretamente, ou até 4000lb com o uso de roldanas;
- 2) Com carga não “paletizada”, com volumes de no máximo 200Kg por unidade, ocupando toda cubagem do compartimento de carga, pode-se carrega-lo ou descarrega-lo em cerca de 30 minutos, utilizando-se 6 homens na operação;
- 3) As cargas típicas são:
 - a) 20 tambores (200 Kg cada);
 - b) 70 tambores vazios (volume);
 - c) 2 “Jeeps” 1 com reboque;
 - d) viaturas diversas com peso máximo de 7500lb e com dimensões compatíveis com o compartimento de carga.

5.3 Principais Equipamentos Aerotransportáveis

5.3.1 Mini Escavadeira Hidráulica B 12

Tabela 8 – Características Básicas de Operação do B12

		
ALTURA MÁXIMA DE ELEVAÇÃO		3430 mm
ALTURA MÁXIMA DE DESCARGA		2420 mm
PROFUNDIDADE MÁXIMA DE ESCAVAÇÃO		1900 mm
COMPRIMENTO TOTAL COM O BRAÇO ESTENDIDO		4480 mm
COMPRIMENTO TOTAL COM O BRAÇO RECOLHIDO		3485 mm
COMPRIMENTO TOTAL DA ESTEIRA		1380 mm
LARGURA TOTAL MEDIDO A PARTIR DA ESTEIRA		960 mm
LARGURA DE CADA ESTEIRA		230 mm
LARGURA TOTAL DO EQUIPAMENTO		1000 mm
ALTURA TOTAL COM CAPOTA		2070 mm
PESO DE OPERAÇÃO		1200 kg
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	80.000,00
	LOCAÇÃO/MENSAL	6.400,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem.

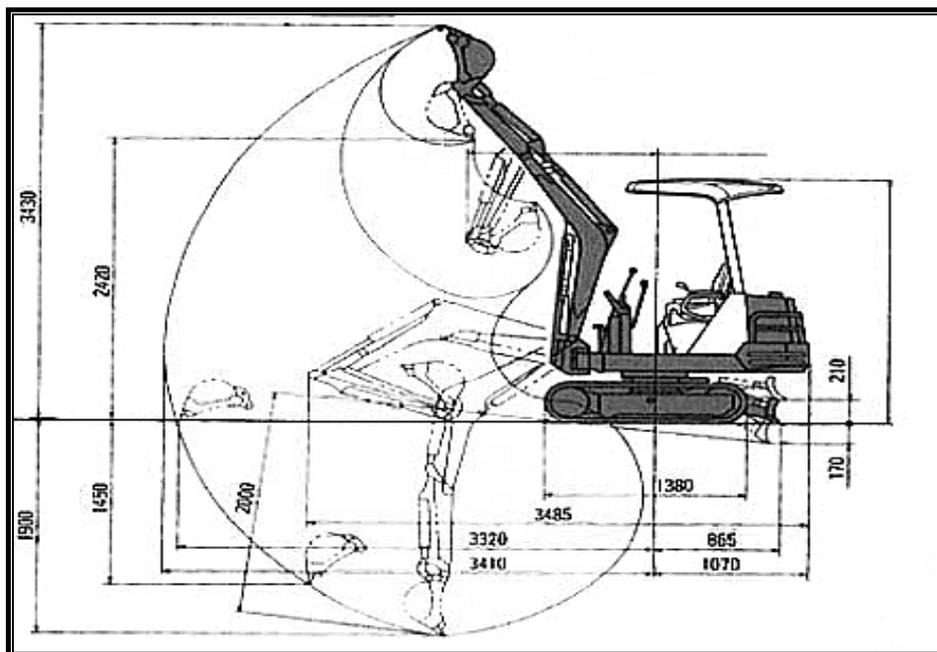


Figura 29 – Informações técnicas do B 12

5.3.2 Mini Escavadeira Hidráulica X325

Tabela 9 – Características gerais de operação do X 325

A	ALCANCE MÁXIMO DE ESCAVAÇÃO	3761 MM
B	ALCANCE MÁXIMO DE DESCARGA	2572 MM
C	PROFUNDIDADE MÁXIMA DE ESCAVAÇÃO	2472 MM
D	PROFUNDIDADE MÁXIMA DE ESCAVAÇÃO EM PAREDE VERTICAL	1594 MM
E	ALCANCE MÁXIMO DESDE O SOLO	4213 MM
F	FORÇA DE DESCARREGAMENTO	1752 KG
	COMPRIMENTO TOTAL COM BRAÇO RECOLHIDO	4217 MM
	ALTURA TOTAL COM CAPOTA	2437 MM
	LARGURA TOTAL (LÂMINA)	1400 MM
	ALTURA (LÂMINA)	371 MM
	LARGURA DE CADA LÂMINA	320 MM
	PESO OPERACIONAL COM ESTEIRA DE BORRACHA	2581 KG
	PESO OPERACIONAL COM ESTEIRA DE AÇO	2699 KG
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	110.000,00
	LOCAÇÃO/MENSAL	8.780,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem.

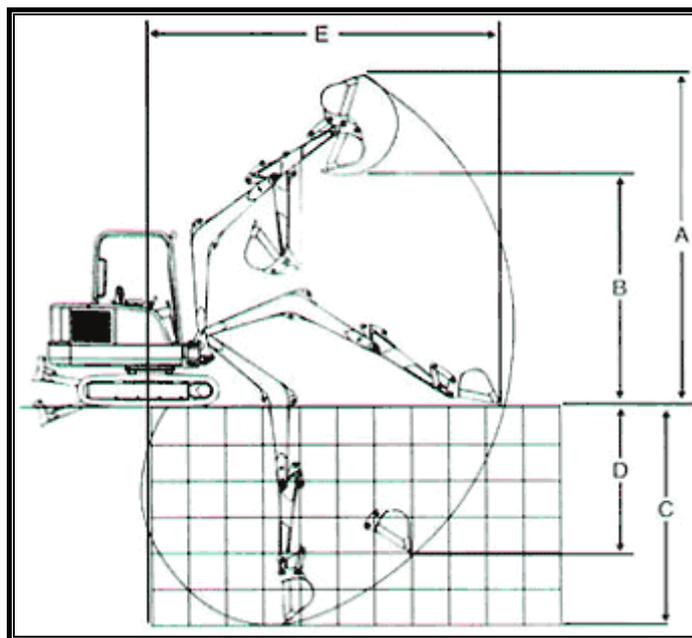


Figura 30 – Informações técnicas do X 325

5.3.3 Mini Pá Carregadeira 753

Tabela 10 – Características Gerais do Equipamento

	
PESO OPERACIONAL	2140 kg
CAPACIDADE DE LEVANTAMENTO	590 kg

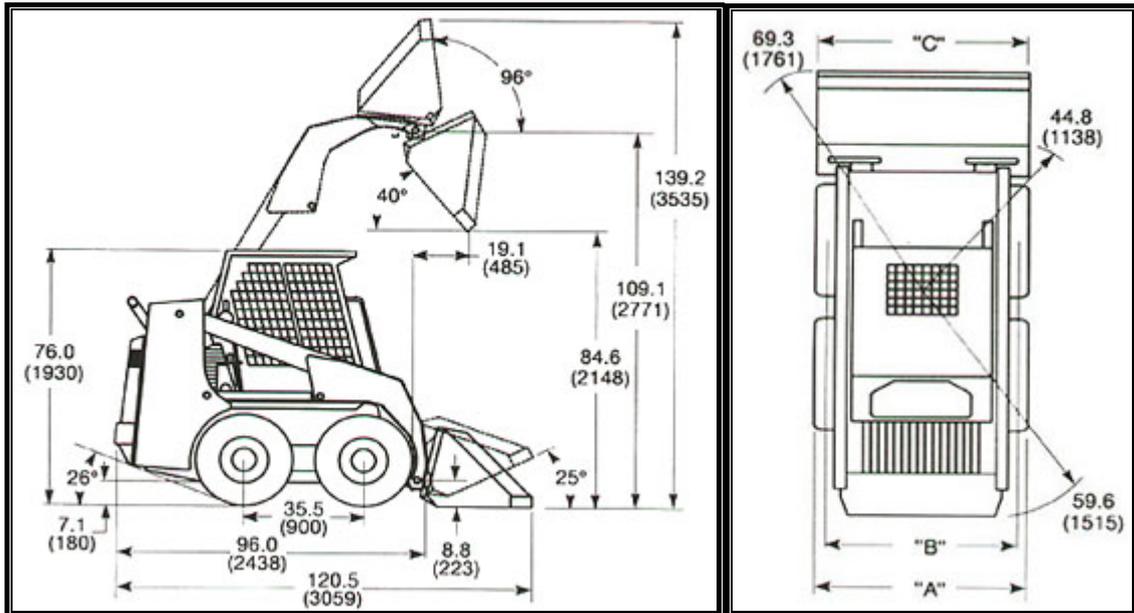


Figura 31 – Informações técnicas do Mini Pá Carregadeira 753

ACESSÓRIOS



Figura 32 – Esteira e Vassoura Mecânica

5.3.4 Mini Pá Carregadeira SL 55 B

Tabela 11 – Características Básicas de Operação

		
PESO DE OPERAÇÃO	2451 KG	
CARGA DE OPERAÇÃO	771 KG	
CARGA DE TOMBAMENTO	1546 KG	
FORÇA DE DESAGREGAÇÃO	1685 KGF	
CAPACIDADE DE ELEVAÇÃO	953 KGF	
COMPRIMENTO TOTAL	3040 MM	
LARGURA TOTAL SEM CAÇAMBA	1667 MM	
ALTURA TOTAL	1900 MM	
DISTÂNCIA ENTRE EIXOS	1079 MM	
ALTURA MÁXIMA DE DESCARGA	2296 MM	
ALCANCE DE DESCARGA	711 MM	
ALTURA LIVRE SOBRE O SOLO	200 MM	
ALTURA MÁXIMA DE OPERAÇÃO	3557 MM	
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	60.000,00
	LOCAÇÃO/ MENSAL	5.378,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem

ACESSÓRIOS

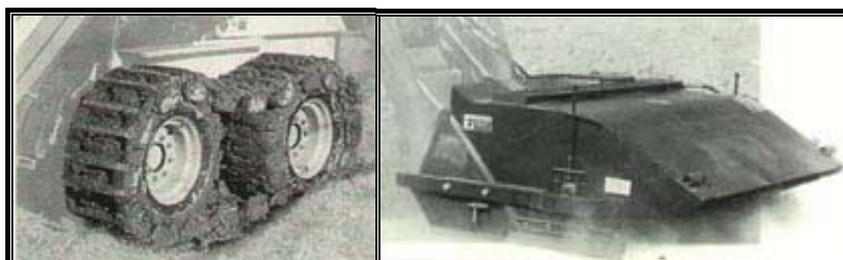


Figura 33 – Esteira e Vassoura Mecânica

5.3.5 Trator de Lâmina D 20

Tabela 12 -Características Básicas de Operação

		
PESO OPERACIONAL		4510 Kg
ALTURA DA LÂMINA		570 mm
LARGURA DA LÂMINA		2300 mm
COMPRIMENTO TOTAL		3580 mm
ALTURA SEM CAPOTA		2300 mm
LARGURA DE CADA ESTEIRA		300 mm
DISTÂNCIA DO SOLO		320 mm
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	70.000,00
	LOCAÇÃO MENSAL	5.982,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem

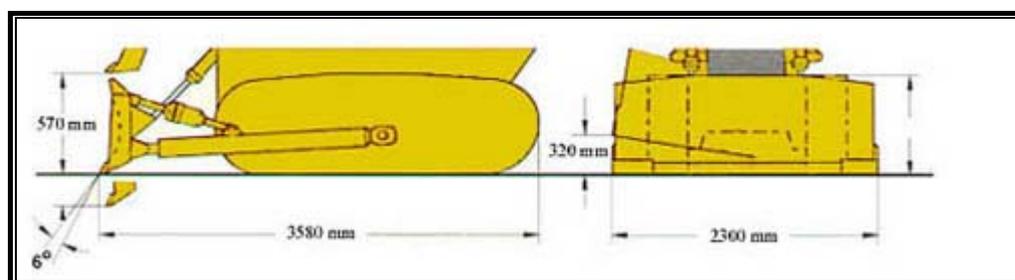


Figura 34– Dimensões do Trator de Lâmina D 20

5.3.6 Rolo do Tipo Combinado VV 600

Tabela 13- Características Básicas de Operação

		
PESO OPERACIONAL		5000 kg
IMPACTO DINÂMICO FINAL		15000 kg
LARGURA DO TAMBOR (ÁREA DE ROLAGEM)		1600 mm
LARGURA DO EQUIPAMENTO		1850 mm
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	80.000,00
	LOCAÇÃO MENSAL	7.034,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem

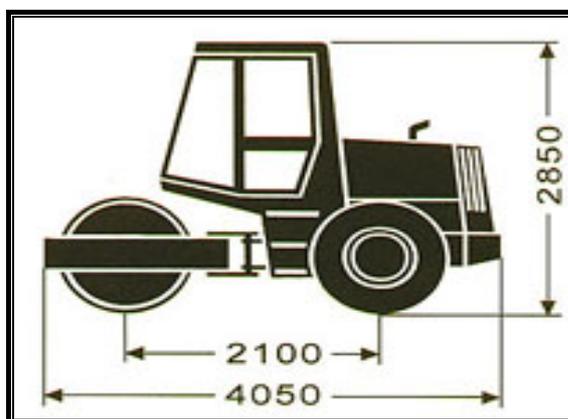


Figura 35 – Dimensões do Trator de Lâmina D 20

5.3.7 Rolo Compactador do tipo Combinado CG 141

Tabela 14 – Características Básicas de Operação

		
PESO OPERACIONAL		4600 Kg
PESO ESTÁTICO SOBRE O CILINDRO		2500 Kg
AMPLITUDE NOMINAL ALTA		0,65 mm
AMPLITUDE NOMINAL BAIXA		0.35 mm
IMPACTO DINÂMICO TOTAL (AMPLITUDE ALTA)		9500 kg
IMPACTO DINÂMICO TOTAL (AMPLITUDE BAIXA)		6200 kg
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	60.000,00
	LOCAÇÃO MENSAL	7.032,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem

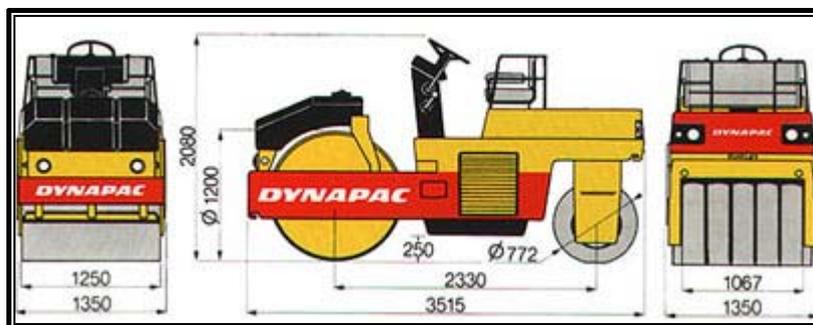


Figura 36 – Dimensões do Rolo Compactador CG 141

5.3.8 Rolo Compactador do Tipo Tandem CB 214 C (Carterpillar)

Tabela 15– Características Básicas de Operação

		
A	COMPRIMENTO OPERACIONAL	2430 mm
B	DISTÂNCIA ENTRE OS EIXOS DIANTEIRO E TRASEIRO	1700 mm
C	DIÂMETRO DO TAMBOR DIANTEIRO	700 mm
D	DIÂMETRO DO TAMBOR TRASEIRO	700 mm
E	LARGURA TOTAL DOS TAMBORES	1200 mm
F	ALTURA TOTAL	1640 mm
G	ALTURA TOTAL COM ROPS	2500 mm
H	ALTURA SOBRE O SOLO	250 mm
I	ESPAÇO LIVRE DA CORDA	400 mm
J	LARGURA TOTAL DA MÁQUINA	1300 mm
K	RAIO DE GIRO EXTERIOR	3625 mm
L	RAIO DE GIRO INTERIOR	2425 mm
	PESO OPERACIONAL ESTÁTICO	2420 Kg
	IMPACTO DINÂMICO EM CADA CILINDRO	7243 Kg
Custo Estimado (R\$)	VENDA	60.000,00
	LOCAÇÃO MENSAL	5.312,00

Fonte: Rental Escad - Locações p/Terraplenagem

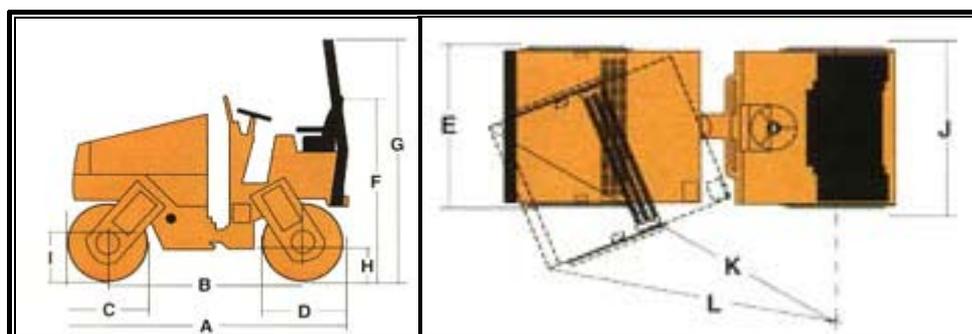


Figura 37– Dimensões do Rolo Compactador CB 214 C

5.3.9 Compactadores Portáteis

5.3.9.1 Compactador Vibratório de Solo e Asfalto

Trata-se do Modelo RS-800A, com um rolo de 0,72 metro de largura, de operação manual a gasolina e peso de operação de 465 quilos.



Figura 38 – Compactador RS-800A

5.3.9.2 Compactador de Solo Hoffmann CSH 80 (100% Nacional)

Os compactadores de solo CSH-80, à percussão, produzidos pela COMPAC SOLO, estão disponíveis em duas versões de motor, à gasolina e elétrico. É um equipamento leve de fácil manuseio, oferecendo assim economia, rendimento e qualidade final do serviço executado. A Tabela 16 mostra uma ficha técnica de tal equipamento.

Tabela 16 – Características técnicas

PROFUNDIDADE DE COMPACTAÇÃO	Até 40 cm
AUTO AVANÇO	30 m/min
IMPACTO APROXIMADO	650 kg
DIMENSÕES DA SAPATA	300 x 340 mm

Tabela 17 – Características técnicas

MOTOR	gasolina	elétrico
MARCA	Branco	Eberle
CICLO	2 Tempos	220/380 volts
POTÊNCIA	3,5 cv e 5,0 cv	2 cv
CAPACIDADE	2,2 Litros	Trifásico
CONSUMO	1 Litro/h	-
PESO C/ MOTOR	81,4 kg	76,2 kg
RPM	3.600	3.430

**Figura 39** – Compactadores à Gasolina e Elétrico

5.3.9.3 Placa Vibratória tipo CM-20 (Diesel/Elétrica)

Tabela 18 – Características Básicas de Operação do CM-20

	
APLICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Compactação de solos granulares em geral, de pisos industriais, residenciais, galerias, valas para instalações elétricas, hidráulicas, estacionamentos e grandes áreas.
INSTALAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhar com o equipamento nivelado para não comprometer o sistema de lubrificação do motor. • Para uma compactação mais eficiente, colocar camadas de terra de no máximo 30 cm de altura.
OPERAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar a operação, verificar o nível de óleo do motor e o nível de óleo diesel do tanque e completar, se necessário. • Ligue o motor e acelere-o totalmente, para obter o melhor desempenho da máquina e a refrigeração ideal do motor.
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar diariamente o nível de óleo da caixa vibratória. Verificar o óleo do filtro de ar, e trocá-lo semanalmente, principalmente em lugares muito empoeirados. • Reapertar todos os parafusos a cada 48 horas trabalhadas. • Manter as aletas de ventilação do motor sempre limpas.
USO ECONÔMICO	<ul style="list-style-type: none"> • Para melhor desempenho do equipamento, observar o tipo de terreno a ser compactado. • Não utilizar o compactador em terrenos encharcados.

5.3.10 Placa Vibratória tipo CM-13 (Diesel)

Tabela 19 – Características Básicas de Operação

	
APLICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Indicado para compactar solos granulares (areia, cascalho, sub base/base) e asfalto.
FUNCIONAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> Antes de funcionar o motor, observar: Se o motor é de 2 ou 4 tempos (2 tempos: misturar óleo na gasolina, 4 tempos: gasolina pura); Se o nível de óleo do motor está OK; Se há gasolina no tanque.
OPERAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Após funcionar o motor, acelerá-lo totalmente e o compactador começará a trabalhar naturalmente.
SEGURANÇA	<ul style="list-style-type: none"> Não funcionar o motor em locais fechados; Não transportar a máquina deitada; Ao abastecer o tanque de combustível, desligue antes o motor; Usar abafador de ruídos.
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	<ul style="list-style-type: none"> Verificar diariamente o nível de óleo e possíveis vazamentos do motor; Reapertar diariamente todos os parafusos; Verificar o nível de combustível a cada 4 horas trabalhadas.
USO ECONÔMICO	<ul style="list-style-type: none"> Limpar constantemente a placa vibratória para melhor desempenho do compactador.

5.3.11 Cortadora de Pisos com Motor à Gasolina

Possui um moderno design incorporando padrões internacionais de operação e construção, dando ótima capacidade de corte de junta de expansão em todos os tipos de pisos e pavimentos de concreto ou asfalto.

Observações:

- 1) É uma máquina de alta eficiência e rendimento, baseada em um conceito mecânico simples e versátil, resultando em uma máquina econômica com alta velocidade de corte.
- 2) Forte e Segura.
- 3) É construída em chapa de aço reforçada com estrutura tubular, o que lhe oferece força e durabilidade. Tem baixo peso e excelente performance para uma máquina com estas características.
- 4) Rolamentos blindados que asseguram uma alta durabilidade nas condições a que será submetida.
- 5) Sistema de fácil regulagem de rosca com manivela superior.
- 6) Proteção de polias e dispersor de água, que proporciona segurança e uma correta refrigeração do disco.
- 7) Tanque de água desmontável, especialmente projetado para lugares onde o fornecimento de água não é contínuo, incorporando bico de acoplamento rápido para fornecimento de água direto.
- 8) Está montada sobre 4 rodas de borracha vulcanizada e com rolamentos, nas quais as duas dianteiras são basculantes, permitindo regulagem a profundidade de corte com maior sensibilidade.

Tabela 20 – Características Básicas de Operação do Cortador de Pisos

MOTOR À GASOLINA	8 HP	13 HP
MOTOR ELÉTRICO	Trifásico 5 CV	Trifásico 7,5 HP
PROFUNDIDADE DE CORTE	0 mm até 110 mm	0 mm até 160 mm
PRODUÇÃO	200 m. / dia	200 m. / dia
DIÂMETRO DE DISCO	350 mm exterior	450 mm exterior
CAPACIDADE DE TANQUE DE ÁGUA	35 litros	60 litros
PESO	96 Kg	135 Kg
COMPRIMENTO X ALTURA X LARGURA	1.114mm x 920mm x 470mm	1.420 mm x 1102mm x 620mm

5.3.12 Betoneiras

Tabela 21 – Características básicas de operação das Betoneiras

	
APLICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação de massas e concreto, agilizando o processo e aumentando a produtividade.
INSTALAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar se o local de instalação do equipamento está devidamente nivelado; • A ligação da betoneira deve ser feita por um electricista especializado; • Colocar uma chave liga/desliga instalada próximo ao operador.
OPERAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar, com ferramentas adequadas, se todos os parafusos e porcas estão devidamente apertados e perfeitos; • Ao instalar o equipamento, verificar se as voltagens estão corretas; • Colocar a carga no bojo, não excedendo a capacidade do equipamento. • Sempre carregar o bojo (cuba) com a máquina ligada.
SEGURANÇA	<ul style="list-style-type: none"> • O operador deverá ler o manual de instruções e usar botas, luvas, abafador de ruídos, capacete e óculos para operar o equipamento.
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar diariamente se todos os graxeiros estão cheios; • Lubrificar as engrenagens expostas, após a limpeza do equipamento; • Reparar e limpar, após o término do serviço de concretagem, lavando somente com água os resíduos de concreto que caem nas engrenagens expostas e no corpo da betoneira.
USO ECONÔMICO	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar previamente o volume de massa a ser produzido, assim poderá utilizar o equipamento com capacidade real.

5.3.13 Caminhões

Tabela 22 – Características básicas de operação Caminhão Basculante

		
VOLKSWAGEN MODELO 17. 210C		
CAPACIDADE DE CARGA DE UM CAMINHÃO COM DOIS EIXOS (TOCO)		6 m ³
PESO EM ORDEM DE MARCHA EIXO DIANTEIRO		3140 Kg
PESO EM ORDEM DE MARCHA EIXO TRASEIRO		1790 Kg
PESO EM ORDEM DE MARCHA TOTAL		4930 Kg
CAPACIDADE TÉCNICA POR EIXO DIANTEIRO		6000 Kg
CAPACIDADE TÉCNICA POR EIXO TRASEIRO		10800 Kg
CAPACIDADE TÉCNICA POR EIXO TOTAL ADMISSÍVEL		16800 Kg
PESO BRUTO TOTAL (PBT) – HOMOLOGADO		16000 Kg
PBT COM 3º EIXO (INSTALADO POR TERCEIROS)		23000 Kg
PESO BRUTO TOTAL COMBINADO (PBTC) – HOMOLOGADO		34000 Kg
CAPACIDADE MÁXIMA DE TRAÇÃO (CMT)		34000 Kg
CAPACIDADE DE CARGA ÚTIL +CARROCERIA		11070 Kg
CUSTO ESTIMADO (R\$)	VENDA	80.000,00
	LOCAÇÃO MENSAL	5.352,00

Obs: Os pesos podem sofrer alterações devido aos itens opcionais.

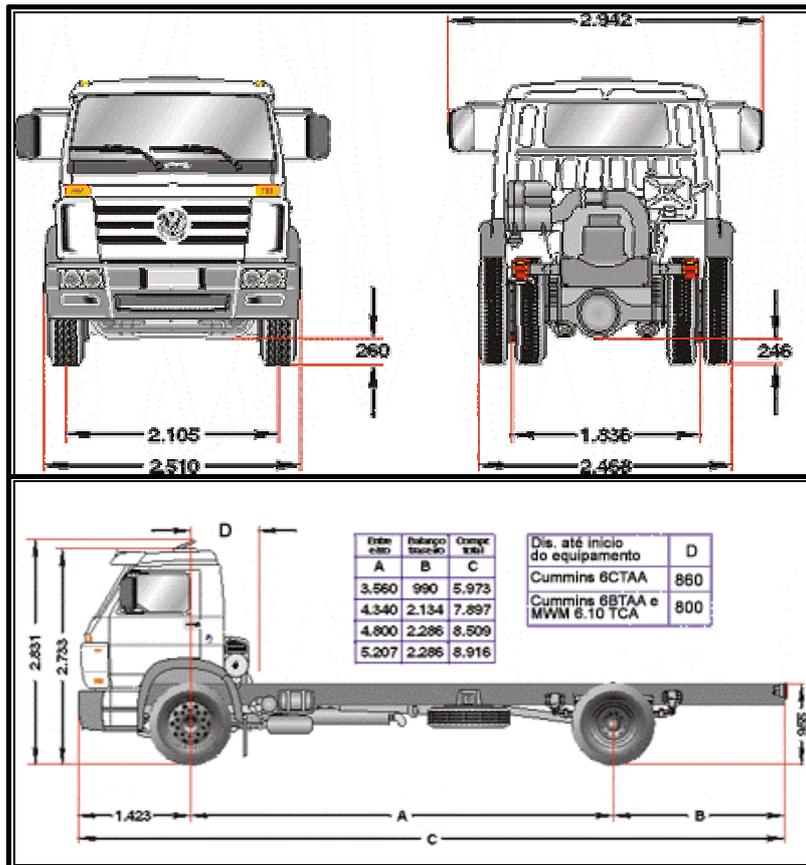


Figura 40 – Caminhão Modelo Pesado da Volkswagen – 17.210C

Visando à maximização da utilização dos recursos locais e, conseqüentemente, a minimização dos custos com transporte de materiais, foi que se pensou na necessidade de fazer uma pesquisa sobre as características dos solos amazônicos e como se distribuem ao longo da região.

Para tanto, tomou-se como principal referência as informações contidas no trabalho de Vertamatti (1988), objetivando a previsão, posteriormente (Capítulo 7), das técnicas mais indicadas para reparo rápido em função da realidade da localidade.

6.1 Macro-zonas com diferentes aptidões geotécnicas

Segundo Vertamatti (1988), a Amazônia é caracterizada por macro-zonas com distintas aptidões geotécnicas, definidas a partir de dados e informações obtidas no contexto aeroportuário, que permitiram a demarcação de locais onde foram registradas e investigadas ocorrências de Solos Lateríticos Concrecionados, aplicáveis em pavimentos. De maneira análoga, identificaram-se muitas áreas que não dispunham desses materiais nobres para serem empregados em obras viárias, sendo necessário o transporte de agregados de outras localidades ou o uso de diferentes alternativas para a estabilização de solos, o que aumenta bastante o custo final das obras. De posse dessas informações e do mapa aeroportuário da Amazônia (Figura 41), identificou-se às alternativas geotécnicas empregadas nas diferentes localidades (Figura 42).

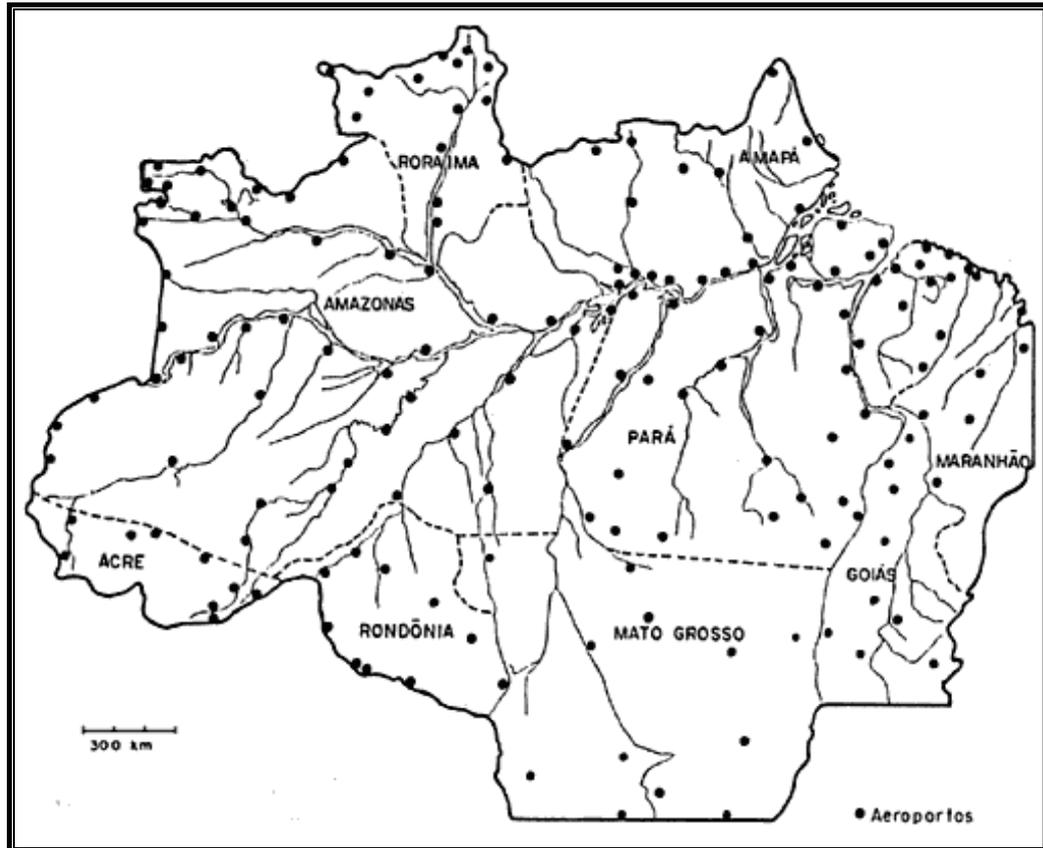


Figura 41 – Rede Aeroportuária da Amazônia

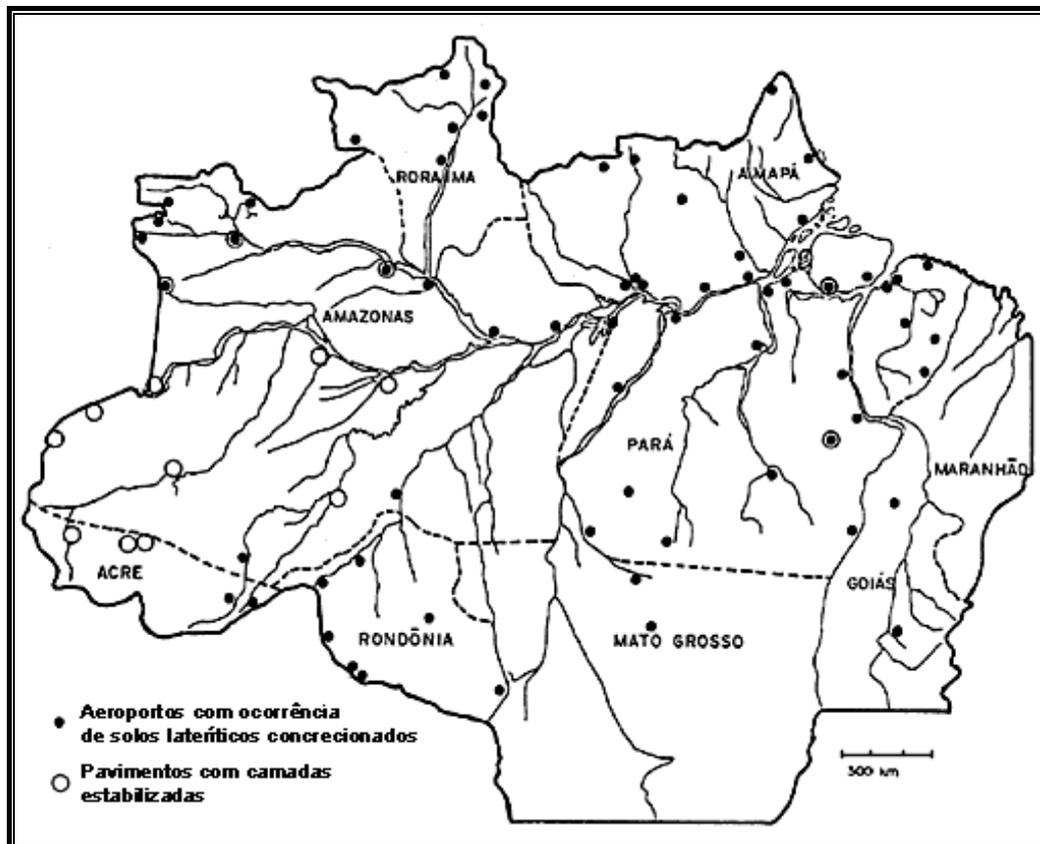


Figura 42 – Localização de soluções geotécnicas típicas

A superposição entre o mapa da Figura 41 e o mapa de solos da EMBRAPA (Figura 42) possibilitou a classificação da Amazônia em regiões básicas, com diferentes aptidões geotécnicas, chamadas de macro-zonas (Figura 43) denominadas de:

- Bacias Podzólicas do Solimões (entre os rios Negro e Madeira) e Xingu (entre os rios Tapajos e Tocantins);
- Região Latossólica do Amazonas;

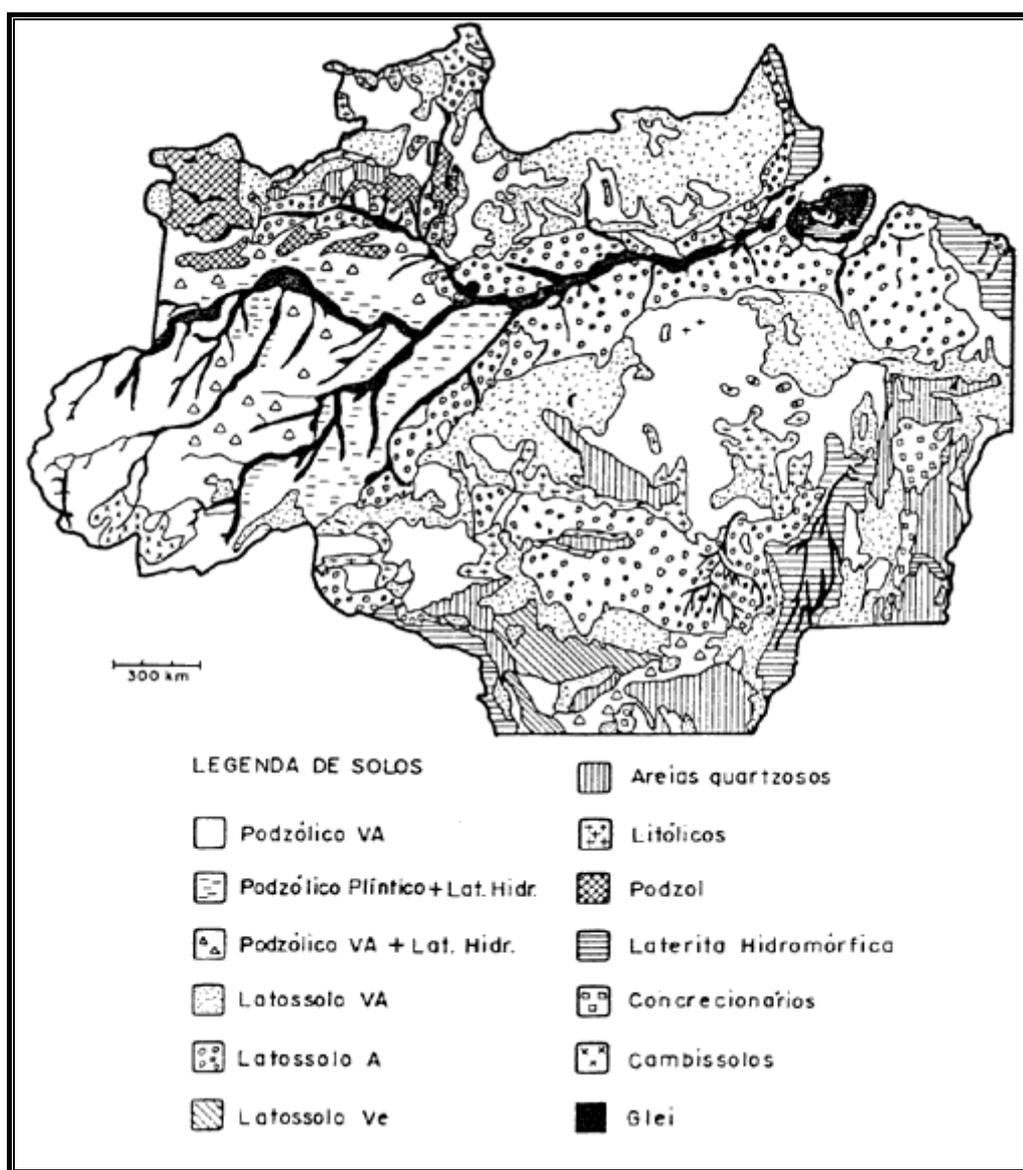


Figura 43 – Distribuição esquemática dos principais solos amazônicos

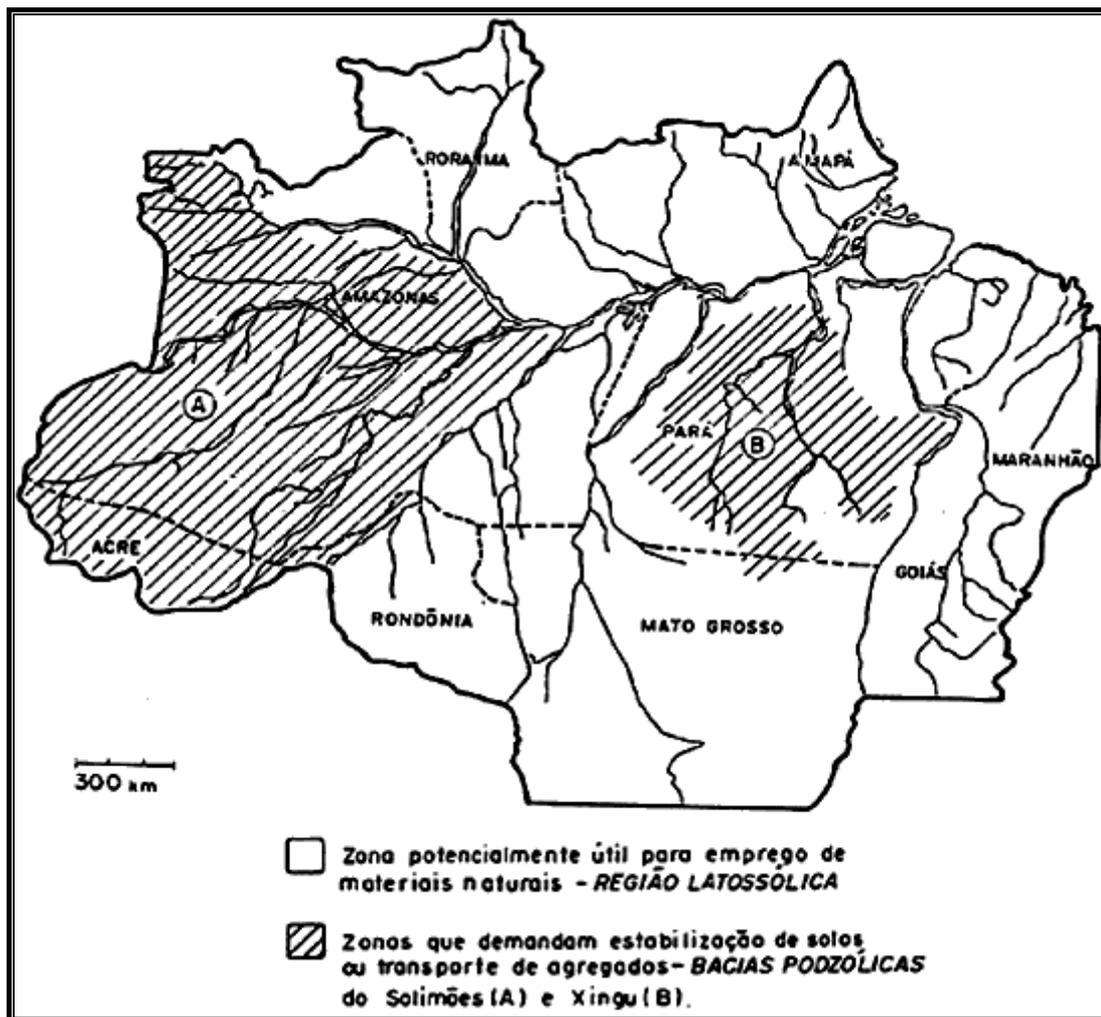


Figura 44 – Macro-zonas com aptidões geotécnicas distintas

6.2 Discretização dos Solos Amazônicos

Do estudo feito por Vertamatti (1988) pode-se ver que de maneira geral os solos a região amazônica são praticamente destituídos das frações areia grossa e média. As frações de areia fina e de finos têm grande faixa de variação nas amostras. Os Solos pedregulhosos foram os únicos que tiveram uma fração retida na peneira 4. Do ponto de vista genético observamos a existência de duas ocorrências típicas: os Solos Plintíticos, condicionados pelas flutuações do lençol freático, e os Solos Lateríticos Concrecionados tanto hidromórficos quanto maduros.

Dessa forma, considerando tanto os aspectos granulométricos quanto genéticos, admitiu-se, a princípio, a seguinte discretização dos solos amazônicos: Solos de Textura Fina, Solos Plintíticos e Solos Lateríticos Concrecionados.

Os Solos de Textura Fina apresentam fração granulométrica predominante inferior à peneira 10 (passando quase que totalmente nessa peneira). Os Solos Plintíticos se caracterizam pela estrutura mosqueada e proximidade ao lençol freático, podendo conter ou não pequena porcentagem de grãos ferruginosos retidos na peneira 10. Os Solos Lateríticos Concrecionados têm porcentagem retida na peneira 10 superior a 50%, predominando uma fração grossa composta essencialmente por concreções ferruginosas, podendo conter seixo rolado se forem correspondentes a formações de terraços fluviais. Em caso de materiais hidromórficos, a fração retida na peneira 10 poderá ser inferior a 50%.

As amostras (Figura 45), a partir das quais foram feitas tais análises, foram retiradas *in loco* através de viagens pela Amazônia e com o apoio técnico da COMARA, que periodicamente inspeciona os canteiros de obras espalhados pela região, no chamado *balão da COMARA*. A partir delas, constatou-se que as amostras dos Solos finos e dos Solos Plintíticos foram encontradas nos subleitos das pistas, enquanto que os Solos Lateríticos Concrecionados puderam ser encontrados em jazidas de onde foi retirado material para construção da Sub-base e Base das pistas dos aeródromos.

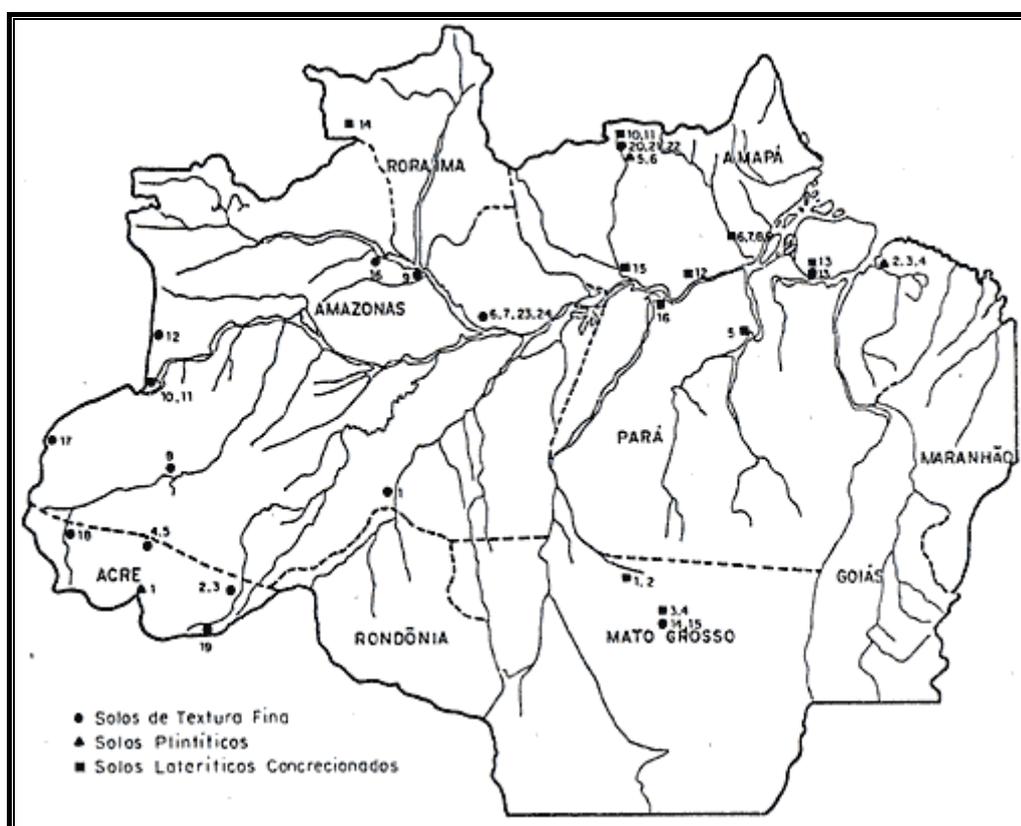


Figura 45 – Locais dos quais as amostras foram retiradas

6.2.1. Solos de Textura Fina

Como Solos de Textura Fina podemos classificar materiais argilosos, siltosos e arenosos, sendo suas características pedológicas variadas. Esses materiais apresentam pouquíssima fração de pedregulho e areia grossa, bem como apresentam areia média em baixa porcentagem, exceto em alguns casos predominantemente arenosos. Assim, variam de Solos arenosos finos pouco argilosos a Solos argilosos pouco siltosos, em geral, com características de plasticidade média a alta e grande variabilidade de cores.

A Tabela 23 apresenta os resultados da caracterização básica das vinte e quatro amostras de textura fina consideradas, enquanto que a Figura 46 corresponde às curvas granulométricas. As massas específicas dos grãos variaram na faixa de 2,60 a 2,75 gf/cm^3 .

Tabela 23 – Características dos Solos finos da Amazônia

AMOSTRA N°	AEROPORTO		GRANULOMETRIA(%)							%<#200	PLASTICIDADE			M.E.GRAOS (GF/CM ³)	CLASSIFIC. USCS
	Local	Estado	Predr.	Ar. Gr.	Ag. Md.	Ar. Fn.	Silte	Arg.	LL		LP	IP			
1	Humaitá	MT	-	-	1,5	12,4	45,9	40,2	93,1	46	27	19	2,76	CL	
2	Rio Branco	AC	-	6	0,7	23,2	43,1	27	74,1	28	20	8	2,65	CL	
3	Rio Branco	AC	-	-	0,1	43	19,9	37	68,4	43	24	19	2,71	CL	
4	Sinop	AC	-	-	3,5	35,5	47,8	13,2	73,1	30	26	4	2,59	ML	
5	Altamira	AC	-	-	1,3	32,7	46,2	19,8	82,5	25	20	5	2,67	CL-ML	
6	Ponta Pelada	AM	-	-	24,1	46,9	4	25	31,1	27	17	10	2,66	SC	
7	Ponta Pelada	AM	-	-	8,1	11,9	19,2	60,9	82,5	59	33	27	2,68	MH	
8	Eirunepé	AM	-	-	0,2	67,1	13,6	19,1	41,6	23	19	4	2,69	SM-SC	
9	Moura	AM	-	0,9	2,4	22,6	25,5	49,5	84	48	26	22	2,62	CL	
10	Tabatinga	AM	-	-	3,5	65	12,3	19,2	34,7	28	22	6	2,76	SM-SC	
11	Tabatinga	AM	-	-	13,3	55,3	7,7	22,8	35,3	29	21	8	2,67	SC	
12	Ipiranga	AM	-	-	0,1	7,9	31,6	60,4	99,6	64	32	32	2,74	MH	
13	Breves	PA	-	-	-	62	15,4	22,6	78,8	28	21	7	2,7	CL-ML	
14	Sinop	MT	-	-	2,8	29,2	29	39	74,5	41	24	17	2,59	CL	
15	Sinop	MT	-	-	3,9	23,1	37,3	35,7	71,3	40	25	15	2,59	ML	
16	Barcelos	AM	-	-	1,3	34,7	40,8	23,2	83,7	24	14	10	2,63	CL	
17	Palmeiras	AM	-	-	23,2	51,8	9,2	15,8	31,2	21	16	5	2,63	SM-SC	
18	C. do Sul	AC	-	-	34,4	53,9	3,7	12	16,2	21	17	4	2,63	SM-SC	
19	Brasiléia	AC	-	-	2,7	45,5	11,8	40	58,3	28	19	9	2,64	CL	
20	Tirióis	PA	-	-	25,6	20,3	14,3	39,8	56,7	46	27	19	2,64	CL	
21	Tirióis	PA	-	-	0,7	4,3	47,3	47,7	95,8	48	27	21	2,67	ML	
22	Tirióis	PA	-	-	24,3	30,5	12	33,2	47,4	36	20	16	2,6	SC	
23	Manaus	AM	2,4	1,4	22	21,1	7,3	45,8	55,5	54	24	30	2,68	CH	
24	Manaus(Argi- la amarela)	AM	-	0,1	6,5	7,5	11,4	74,5	86,9	56	34	22	2,7	MH	

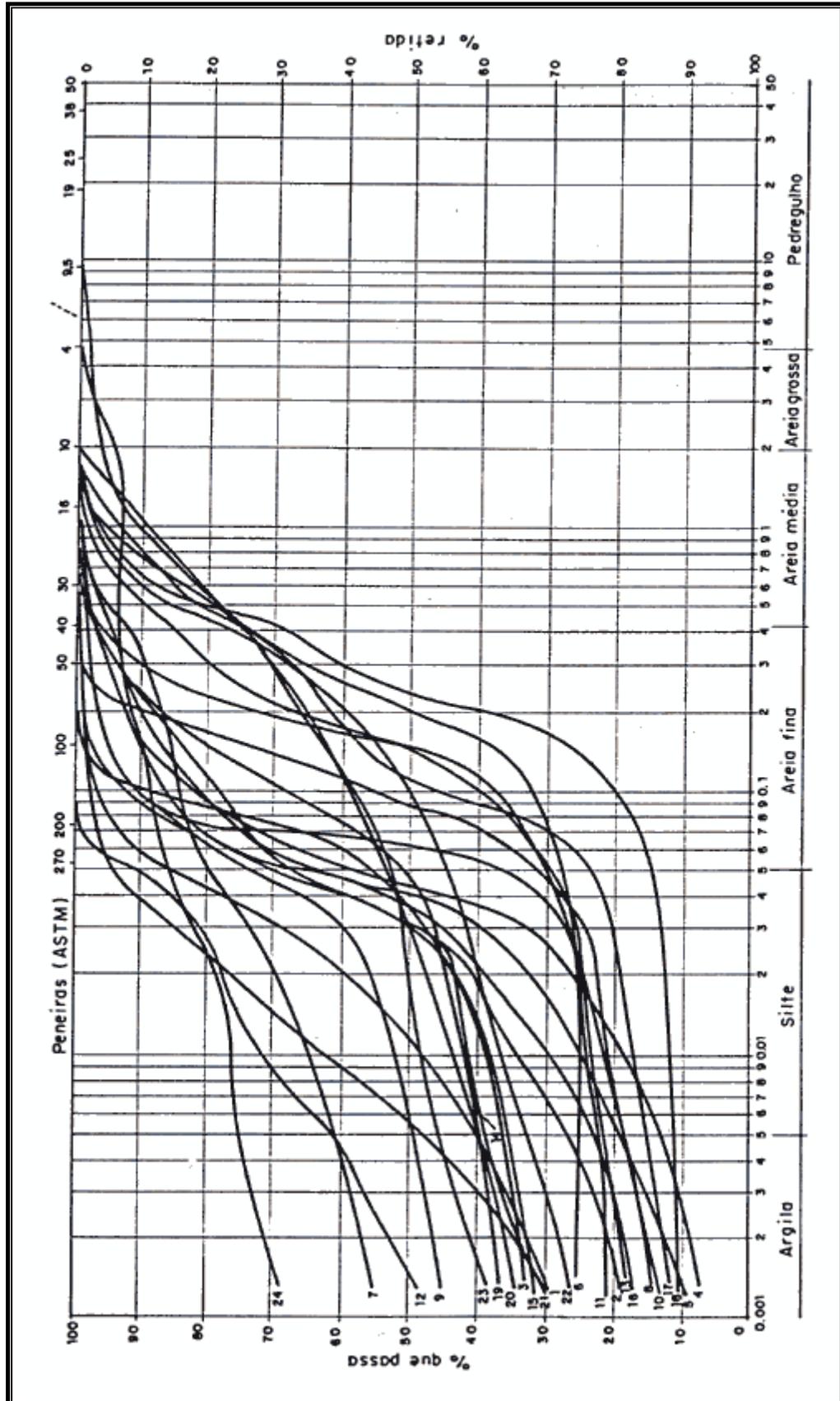


Figura 46- Curvas granulométricas dos Solos finos

Os Solos de Textura Fina em geral apresentam baixa capacidade de suporte, com CBR na maioria dos casos sendo menor que 20% (neste caso e durante todo o TG considera-se amostras compactadas no proctor modificado para determinação do CBR, tendo em vista que sempre está se visando obras em pistas aeroportuárias), o que torna esse solo inadequado para utilização em construção de camadas de pavimento. Um histograma com os valores de CBR apurados nas amostras dos Solos de Textura Fina pode ser visto na figura 47.

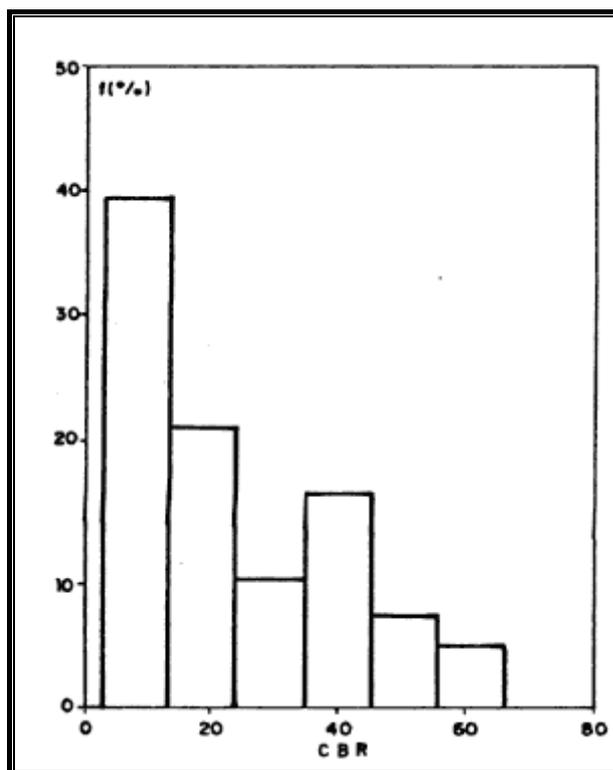


Figura 47- Histograma com valores de CBR para os Solos finos

6.2.2. Solos Plintíticos

Os Solos Plintíticos são normalmente associados a regiões tropicais e subtropicais com relevo plano e suave ondulado, são ricos em ferro e possuem a consistência de argila na sua condição natural. Embora se enquadrem na categoria de Solos finos (Tabela 24), possuem características peculiares e por isso foi colocado em uma classificação à parte. Uma destas peculiaridades consiste no seguinte fenômeno: quando expostos ao meio ambiente sofrendo ciclos de umedecimento e secagem, o ferro de sua composição se oxida, formando grumos que em longo prazo dão origem às piçarras, tornando-os mais consistentes e conseqüentemente mais resistente à erosão e à penetração, conforme mencionado nos trabalhos de Wanderley (1995) e Costa (1999), sobre o desempenho dos Solos Plintíticos.

Os Solos Plintíticos, apresentando mosqueados abundantes, variaram de consistência suave até os em início de endurecimento. Em Vertamatti (1988), uma amostra tipicamente plintítica de Belém foi tratada juntamente com os dois horizontes contíguos componentes de mesmo perfil superficial.

A análise dos solos de Belém (seis amostras) revelou, que no mesmo horizonte, a ocorrência plintítica só se deu, de fato, em uma terceira camada (amostra 4 - umidade de 24,1%), sendo precedida por uma primeira camada de 50cm mais evoluída (amostra 2 - umidade de 24,2%), seguida de horizonte aparentemente aluvional de 60cm de espessura (amostra 3-umidade de 27,4%). Através das curvas granulométricas obtidas, observou-se que a camada mais superficial (amostra 2) já se encontra em fase mais avançada de laterização, com cerca de 37% de material retido na peneira nº 10. Enquanto que os solos 3 e 4, muito semelhantes entre si, com cerca de 10% a 15% de material já concrecionado retido nessa peneira.

A plasticidade desses solos é considerada média-alta, com massa específica ligeiramente superior a dos Solos finos, variando de 2,63 a 2,77gf/cm³. A Tabela 25 e a Figura 48. mostram, respectivamente, os resultados básicos da análise das seis amostras do horizonte plintítico e as curvas granulométricas obtidas.

Tabela 25 – Características dos Solos finos da Amazônia

AMOSTRA Nº	AEROPORTO		GANULOMETRIA					%<#200	PLASTICIDADE			M.E.GRAOS (GF/CM ³)	CLASSIFICAÇÃO USCS
	LOCAL	ESTADO	PEDR.	AR. GR.	AR. MD.	SILTE	ARG.		LL	LP	IP		
1	Santa Rosa	AC	-	-	1.1	17	48.8	73.7	40	21	19	2.68	CL
2	Belém	PA	26.7	10.7	9.8	11.9	27.3	41.6	46	25	21	2.77	SC
3	Belém	PA	5.8	4.5	4.1	27.8	44	75.6	45	30	15	2.74	ML
4	Belém	PA	7.6	6.8	5.2	22.8	42.2	70.5	45	26	19	2.74	CL
5	Tiriós	PA	7.9	5.7	18.3	14.8	33.2	52.6	53	30	23	2.65	CH
6	Tiriós	PA	-	-	0.6	48	47	96.1	55	28	27	2.63	CH

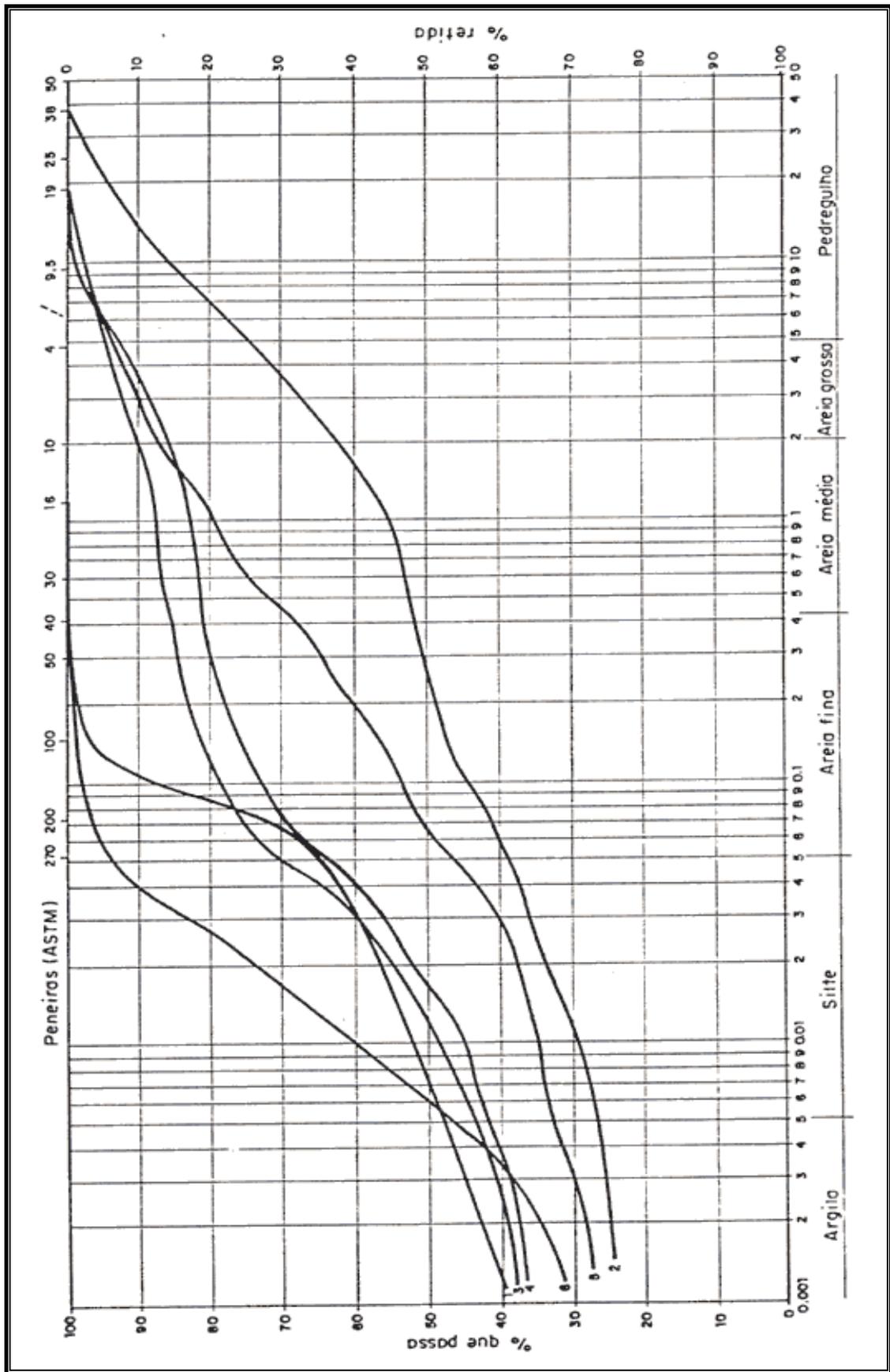


Figura 48- Curvas granulométricas para os Solos Plintíficos

Segundo Csta (1999), em seu trabalho onde avalia o comportamento dos Solos Plintíticos, os valores de CBR encontrados para amostras retiradas de um trecho experimental se encontram expostos na Tabela 26.

Tabela 26 – Valores de CBR para amostras de Solos Plintíticos

AMOSTRA	CBR
1	43
2	68
3	47
4	32
5	66
6	47
8	54
9	43
10	112
11	67

Desconsiderando a amostra 10 (seu valor de CBR se encontra muito distante dos demais), vê-se que essas amostras de solos plintíticos apresentam CBR variando entre 40 e 60%. Embora estes valores sejam relativamente altos para um solo fino, observa-se na Figura 49 que eles se encontram dentro da faixa de variação esperada. Desta forma, devido à falta de mais referências sobre o solo plintítico, serão adotados os mesmos valores de CBR apurados para os solos finos, já que em termos de granulometria o solo plintítico se enquadra nesta categoria.

Analisando-se do ponto de vista das macro-regiões da Amazônia, a Bacia Podizólica do Solimões é uma zona com alta ocorrência de Solos Plintíticos, conforme estudado por Sombroek (1966), o que abre espaço para a busca de novos conhecimentos tecnológicos sobre esses materiais e o seu possível aproveitamento racional em obras, em locais onde há reconhecidamente escassez de materiais nobres para pavimentação.

Dessa forma, observou-se, através das curvas granulométricas, as possibilidades evolutivas dos Solos Plintíticos, onde se observa sua passagem de materiais silto argilosos ou argilo silto arenosos finos a solos mais granulares, bem graduados e contínuos, através da cimentação das partículas em conglomerados ferruginosos. E seguindo essa idéia que Wanderley (1995), em sua tese de mestrado, abordou as possíveis transformações de propriedades geotécnicas de Solos Plintíticos da Amazônia e sua utilização como material alternativo em estruturas de pavimentos.

6.2.3. Solos Lateríticos Concrecionados

Os Solos Lateríticos Concrecionados são englobados tanto por materiais de característica hidromórfica quanto maduros, apresentando concreções ferruginosas mosqueadas fracamente cimentadas, ou seja, facilmente quebráveis mediante a pressão aplicada pelos dedos, até maciças, fortemente cimentadas, com grau de laterização bem avançado. Avaliando dezesseis amostras da região amazônica, alguns solos apresentaram inclusive seixo rolado de diversos tamanhos como componente da fração pedregulho, correspondendo a formações de terraços fluviais.

Em termos de granulometria, os materiais se apresentaram de bem graduados e contínuos (fração pedregulho em torno de 20 a 40%) até a mal graduados (com cerca de 75% dessa fração), demonstrando o sentido evolutivo de um para outro desses extremos em função do grau de laterização. São materiais geralmente pouco constituídos das frações areia grossa e média, exceção feita às amostras 6 e 16 por apresentarem seixo rolado compondo as frações mais grossas. A maior porcentagem de areia fina (32,2%) ocorreu na amostra 13, por ser esta concrecionada em matriz arenosa fina. As amostras 8, 9 e 11 revelaram, na análise granulométrica, teores de finos superiores a 50%, indicando serem esses solos menos concrecionados do que aparentavam ser, em vista da maior susceptibilidade a desagregação de aglomerados argilo siltosos presentes.

Ocorrem com plasticidade baixa a média-alta e com a massa específica dos grãos passantes na peneira 10, predominando no intervalo de 2,65 a 2,80 gf/cm^3 , em face da maior concentração de óxidos de ferro nesse tipo de solo. As cores dominantes foram o vermelho e o amarelo. Os resultados da análise das dezesseis amostras de Solos Concrecionados encontram-se apresentados na Tabela 27 e na Figura 49.

Tabela 27 – Valores de CBR para amostras de Solos Lateríticos

AMOSTRA N	AEROPORTO		GRANULOMETRIA						%<#200	PLASTICIDADE			m.e.graos (GF/CM ³)	Classificação USCS
	LOCAL	ESTADO	PREDR.	AR. GR.	AG. MD.	AR. FN.	SILTE	ARG.		LL	LP	IP		
1	Alta floresta	MT	30.1	7.9	7.4	15.5	15.9	23.2	41.5	45	31	14	2.71	GM
2	Alta floresta	MT	65.4	5.6	3.4	3.9	10.2	10.5	21.2	52	30	22	2.73	GM
3	Sinop	MT	72.9	6.4	1.5	13	2.2	4	7.8	25	17	6	2.75	GP-GM-GC
4	Sinop	MT	78.6	5.1	2.2	8.8	2.0	3.3	6	24	16	8	2.76	GO-GC
5	Altamira	PA	18.7	5.2	6.7	29.2	14	25.3	47	32	23	9	2.86	SC
6	Monte Dourado	PA	13.8	7	34.7	253	3.7	15.5	21.5	29	19	10	2.69	SC
7	Monte Dourado	PA	41.7	6.1	6.1	7.1	15.3	23.7	41.6	52	31	21	2.72	GM
8	Monte Dourado	PA	14.1	9.2	4.5	11.7	15.4	45.1	65.7	57	35	22	2.76	MH
9	Monte Dourado	PA	15	12	5.7	12.8	15.1	37.4	56.8	54	37	17	2.75	MH
10	Tiriós	PA	37.4	12.1	10	15.2	14.3	17	26.1	42	26	16	2.85	GC
11	Tiriós	PA	23.2	5.6	5.8	10.4	23.7	31.5	58.4	59	43	16	2.56	MH
12	Monte Alegre	PA	28.7	11.6	12.4	9.1	7.2	31	40.2	52	40	12	2.79	SM
13	Breves	PA	56	1.9	0.2	32.2	4.9	4.8	18.7	NP	NP	NP	2.68	GM
14	Surucucu	RR	32.5	14.9	14.8	10.8	4.2	22.8	27.8	51	30	21	2.65	SM
15	Porto Trombetas	PA	30.9	9.5	13.7	10.9	5.2	30.8	36.1	35	25	10	2.73	SM
16	Santarém	PA	40.1	9.5	17.5	20.9	2.8	9.2	15.1	16	12	4	2.61	SM-SC

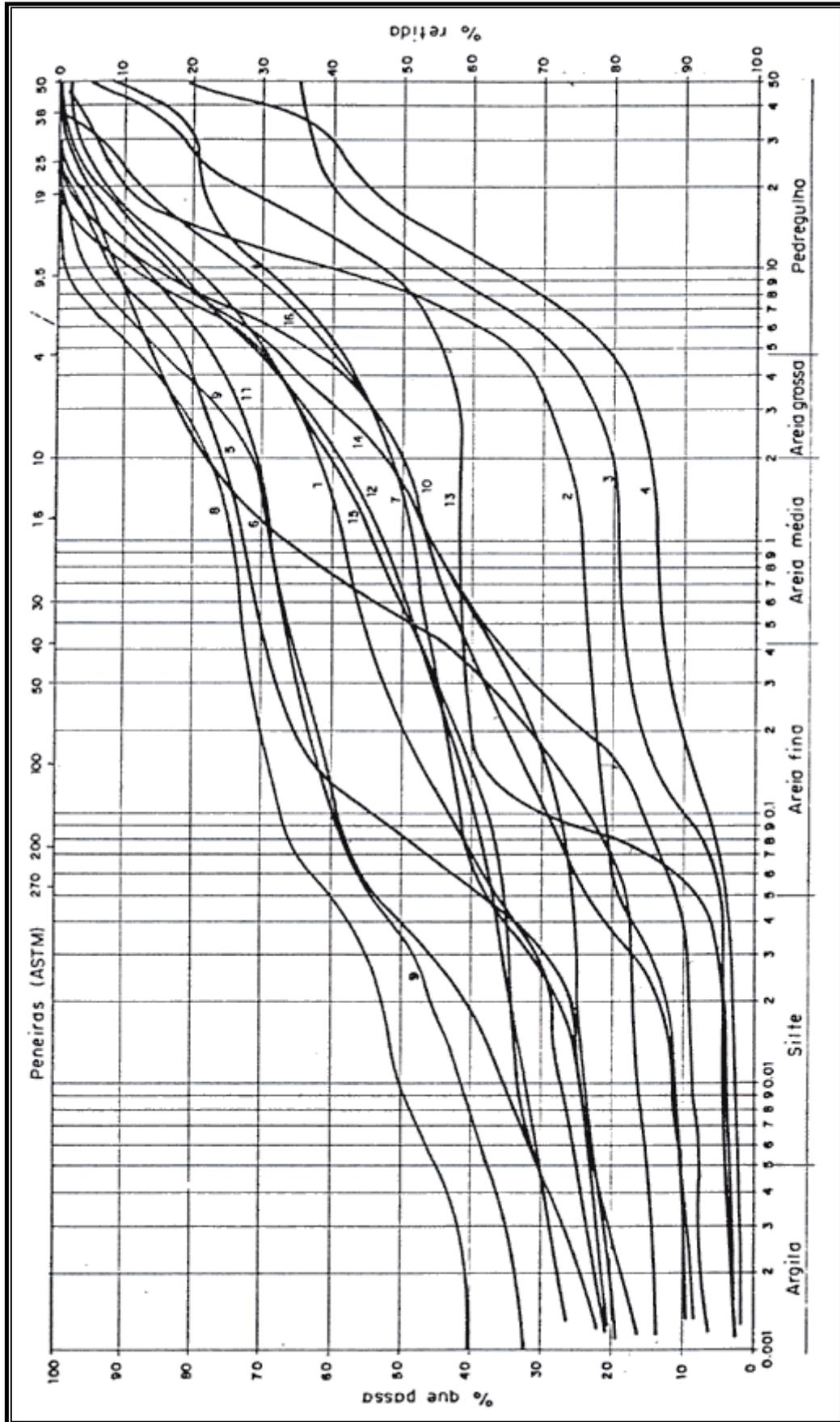


Figura 49 – Curvas granulométricas para os Solos Lateríticos Concrecionados

Segundo Vertamatti (1998), os Solos Lateríticos Concrecionados podem ser enquadrados como Solos Pedregulhosos (mais de 50% dos grãos retidos na peneira 200, dos quais ao menos metade da fração grossa ficou retida na peneira 4), e desta forma apresentam valores de CBR predominantemente da ordem de 70 a 90% como pode ser visto na Figura 50.

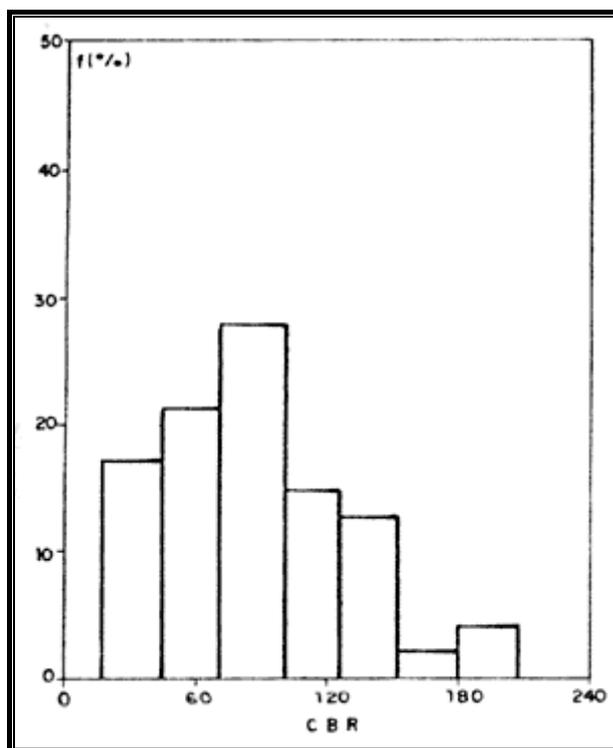


Figura 50 – Valores de CBR para Solos Pedregulhosos

Os lateritos são encontrados por toda a região Amazônica (Figura 51). Entretanto, somente os lateritos ferruginosos e bauxíticos constituem grandes corpos. As principais regiões lateríticas identificadas na Amazônia são:

1. Gurupi (Pará-Maranhão) - grande diversidade de rochas lateríticas, predominando as fosfáticas;
2. Paragominas-Capim (Pará) - grandes depósitos de lateritos bauxíticos e caulínicos;
3. Carajás (Pará) - vários tipos de lateritos, sendo mais importantes os ferruginosos, bauxíticos, manganésíferos, auríferos e níquelíferos;
4. Baixo Amazonas (Pará) - principalmente na borda norte do Rio Amazonas: a. Trombetas, Nhamundá e Faro - lateritos bauxíticos b. Almeirim, Monte Dourado e Felipe - lateritos bauxíticos e caulínicos;

5. Pitinga (Amazonas) - grande variedade, principalmente lateritos bauxíticos e com resistatos (Sn, Nb, Y). Outros depósitos pequenos, isolados, destacam-se dentro do quadro atual de conhecimento geológico da Amazônia:

6. Cassiporé (AP);
7. Vila Nova (AP);
8. Serra do Navio (AP);
9. Tucuruí (PA);
10. Quatipuru (PA);
11. Manaus (AM) e outros.

Além disso, corpos isolados, geralmente protegidos por espessos chapéus-de-ferro ressaltam-se na Amazônia:

12. Maraconaí (PA);
13. Maicuru (PA);
14. Seis Lagos (AM)

Na figura 51 estão marcadas as posições das principais regiões onde se encontram solos concrecionados.

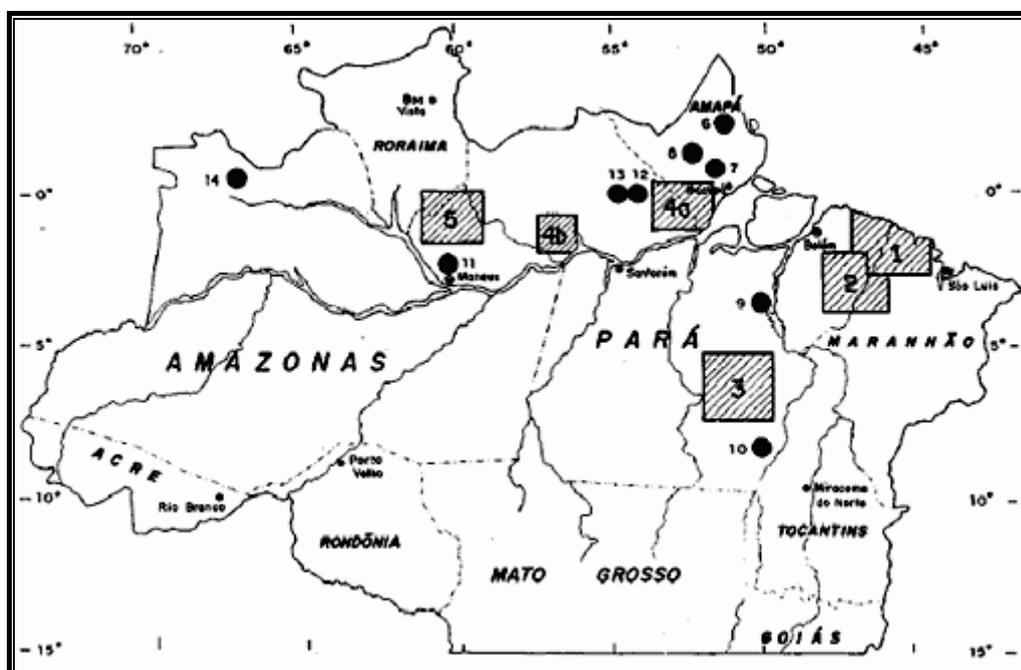


Figura 51 – Distribuição geográfica das principais regiões e corpos isolados lateríticos

Embora estejam sendo destacado os solos concrecionados, não se deve esquecer que as regiões que apresentam depósitos deste tipo de solo, em geral apresentam outros solos com boas qualidades. A Tabela 28 mostra a localização dos principais locais da Região Amazônica

para a extração dos materiais potencialmente empregáveis nas técnicas de reparos. Os números que segue entre parênteses, após os nomes das localidades, permitem localizá-las no mapa da Figura 52.

Tabela 28 – Locais dos depósitos latosólicos

TIPOS DE LATERITOS		LOCALIDADE DOS DEPÓSITOS
SEGUNDO A MINERALIZAÇÃO	SEGUNDO A EVOLUÇÃO	
Bauxítico	Maturo	Paragominas – PA (2), Tiracambu-MA (3), Jarí/Monte Dourado – PA (7), Trombetas/Nhamundá-PA(8), Pitinga-MA(4), Manaus-AM (10), Tucuruí-PA (4), Piriá-PA (1), Cassiporé-AP (6), Carajás-PA (5)
Fosfátio estroncífero	Maturo	Itacupim. Cansa Perna, Jandia, Sapucaia-Boa Visia-PA (11), Trauíra e Pirocaua-MA (12), Maicuru-PA(13)
Com terras raras	Maturo	Maicuru-RA (13), Sapucaia-PA (11), Seis Lagos-AM(14), Pitinga-AM (9), Costa Marques-RO (15)
Ferruginoso	Maturo e imaturo	Carajas-PA (16), Piriá-PA (1), maioria dos lateritos imaturos
Titanífero	Maturo e imaturo	Maraconá-PA (7), Maicuru-PA (13) Jacaré-MA (18)
Niobífero	Maturo	Seis Lagos-AM (14), Maicuru-PA (13)
Magnésífero	Maturo e imaturo	Serra do Navio-AP (19), Azul-PA (20), Cumaru-PA (21), Aurizona-MA (23), Bom-Fim-AM (24), Providencia- RO (25)
Niquelífero	Maturo e imaturo	Vermelho, Puma e Onça-PA (26), Quatipuru-PA (27)
Cuprífero	Maturo e imaturo	Salobo, Bahia-PA (26)
Caulínico	Maturo e imaturo	Felipe-AP (28), Capim-PA (29), S. Gabriel da Cachoeira-AM (30)
Aurífero	Maturo e imaturo	Cassiporé-AP (6), Bahia, Xingu-PA (26)
Com resistatos: - Cromita - Cassiterita, zircão, xenotima, columbita -Cassiterita	Maturo imaturo	Vila Nova-AP(31) Pitinga-AM (9) Rondônia-RO (32)

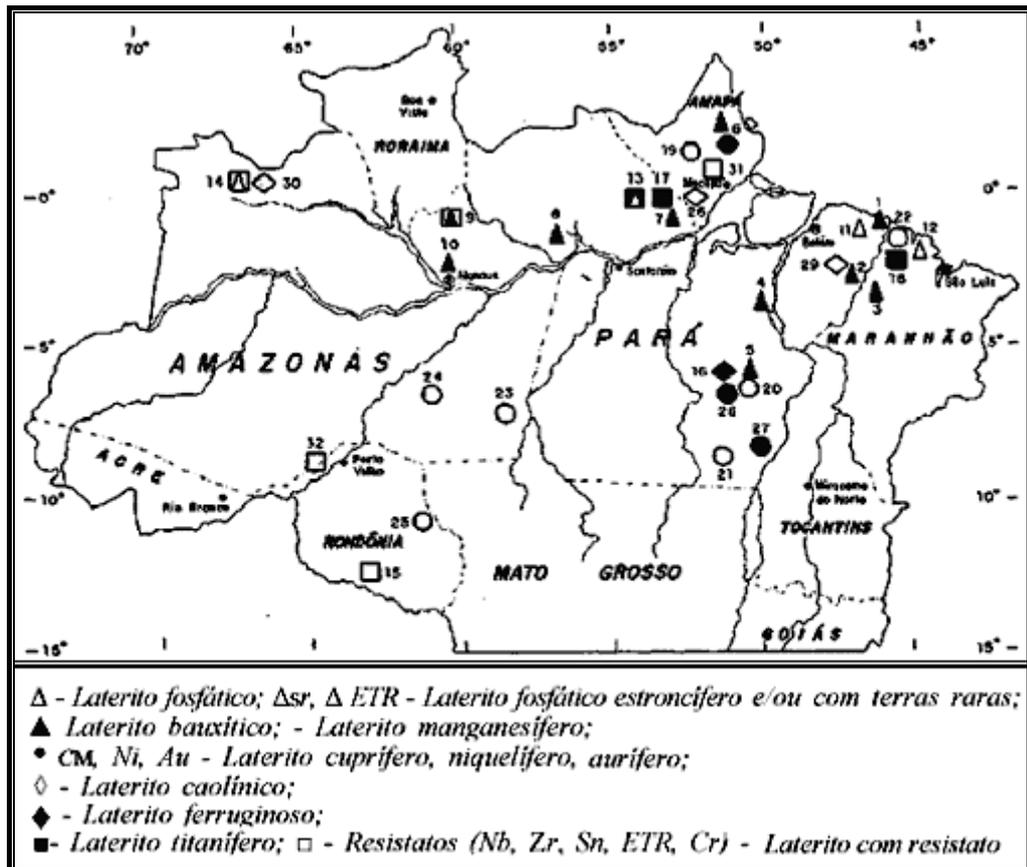


Figura 52 – Localização dos depósitos de latossolos

CAPÍTULO 7

ANÁLISE DE TÉCNICAS APLICÁVEIS À REGIÃO AMAZÔNICA

Em virtude de uma série de particularidades existente na logística e execução das construções feitas na região amazônica, cada vez mais se percebe a necessidade de se desenvolver técnicas específicas para as obras nesta região. As chuvas variam de frequência e intensidade, como visto a constituição física dos solos onde se implantam as obras de infraestrutura é completamente heterogênea, dificultando a padronização de procedimentos e exigindo que cada obra seja estudada de forma isolada. Dessa maneira, qualquer descuido quanto às peculiaridades de um local pode conduzir ao insucesso do empreendimento, devendo ser adotada a regra: “para cada caso, uma solução”.

Nesse contexto, as técnicas de reparos rápidos do Capítulo 4 têm pouca utilidade, pois, da forma convencional apresentada, elas não são viáveis de serem aplicadas na região amazônica. Assim, faz-se a necessária uma análise da região amazônica, a seleção das técnicas que mais facilmente podem ser adaptadas e por fim a definição dos procedimentos a serem adotados em cada caso.

Como já visto no Capítulo 6, a Amazônia pôde ser dividida em macro-regiões com aptidões geotécnicas distintas, alternativas de soluções foram estudadas para cada uma delas buscando-se o aproveitando máximo dos recursos locais e assim diminuindo o custo total da obra.

7.1. Soluções técnicas para a Bacia Podzólica do Xingu

A Bacia Podzólica do Xingu, situada entre os rios Tapajós e Tocantins, apresenta de forma geral, solos finos com pouca capacidade de suporte. Como pode ser visto na Figura 53, em muitas áreas não é possível encontrar materiais com boa capacidade de suporte (seixo, piçarra ou solos com boas características de suporte), sendo necessário o estudo de formas de estabilização para solos locais, visando seu emprego em reparos emergenciais de danos em aeroportos da região.

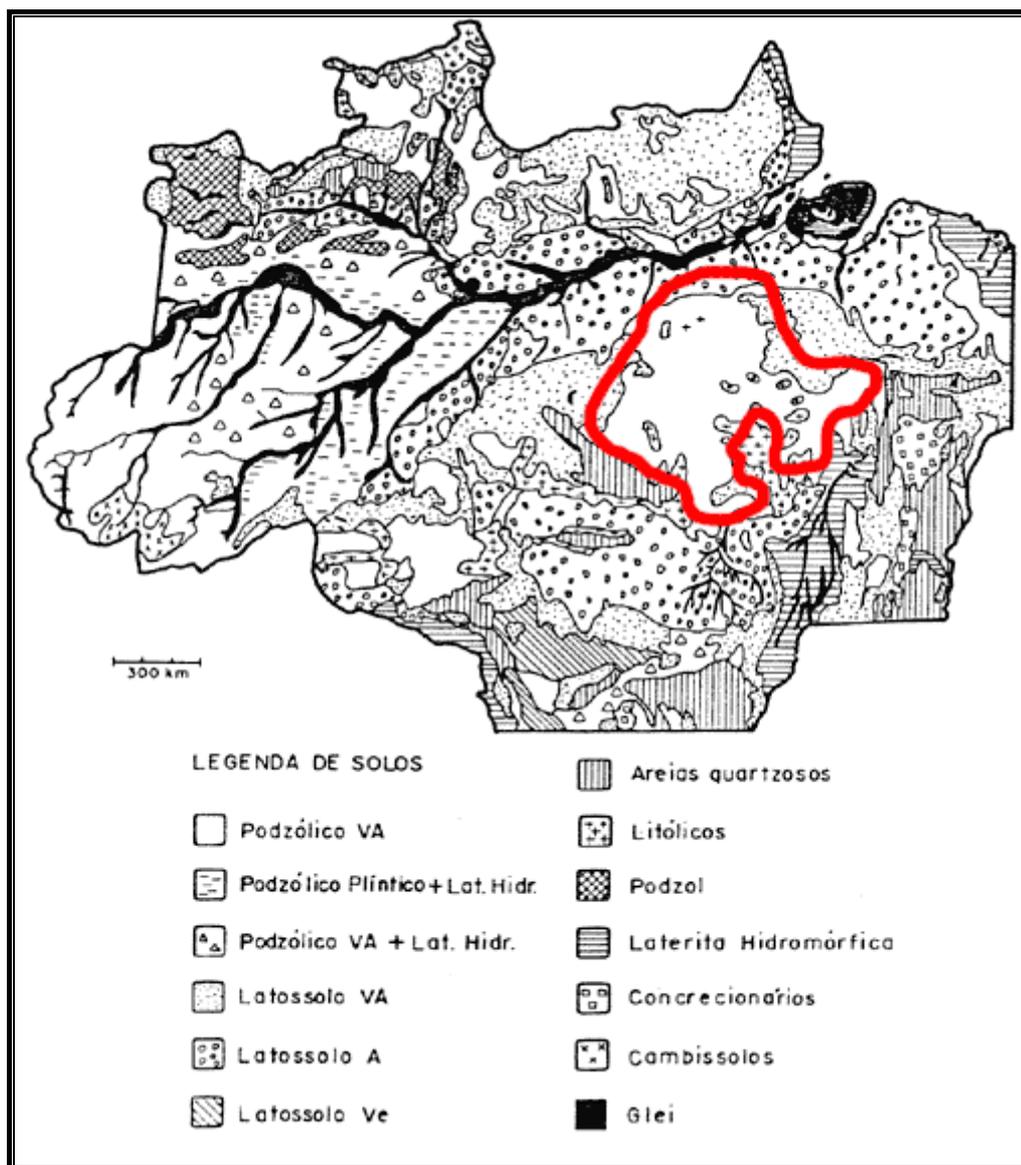


Figura 53 – Bacia Podzólica do Xingu em destaque

Inicialmente, pensou-se em uma estabilização dos solos locais utilizando-se cimento. Entretanto, devido ao tempo de cura elevado (mais de 7 dias) e a falta de referências da utilização de cimento de cura rápida na estabilização de solos, preferiu-se descartar esta técnica.

Para esta região, mostrou-se viável a utilização das técnicas de estabilização com cal e a estabilização granulométrica a fim de se conseguir material com CBR suficiente para utilização como sub-base e base. A estabilização utilizando cal se mostrou a mais eficiente, conseguindo, segundo Amaral (1985), aumentos de resistência (CBR) que variaram 108% a 1214% (Tabela 29), além de ser uma técnica simples de aplicar.

Tabela 29- Melhoras obtidas utilizando-se estabilização com cal

LOCAL	REDUÇÃO DO ÍNDICE DE PLASTICIDADE	MUDANÇA DE VOLUME	REDUÇÃO PART. $<\mu(\%)$	AUMENTO DA RESIST. COMP (%)
Coari(%)	43	544	25	480
Estirão do equador(AM)	46	477	18	1214
Barcelos (AM)	0	450	41	403
Faranacá (AM)	11	250	12	120
Brasileira (AM)	24	0	24	108
Palmeiras (AM)	0	150	6	672

A quantidade ótima de cal para se conseguir estes resultados variaram em torno de 8%, o que é um valor bastante elevado se pensarmos em quantidade de material a ser transportado (uma cratera típica tem cerca de 60 m³ de volume, o que implicaria no transporte de 4,8 m³ de cal para reparo de cada cratera).

Segundo Guimarães (1971), é necessário um tempo de cura de 5 a 7 dias para a execução da compactação da camada de revestimento sobre uma base estabilizada com cal. Este constitui o maior problema da aplicação desta técnica, pois esse tempo de cura torna o tempo de liberação da pista muito elevado.

Caso não existam fontes de cal próximas ou, de outro modo, não se possa aguardar o tempo de cura que a estabilização com cal demanda, pode-se utilizar a estabilização granulométrica. Segundo Amaral (1985), a estabilização utilizando 10% de areia média aumenta a capacidade de suporte de solos finos em 150% aproximadamente.

Em locais onde seja difícil de ser feita a estabilização (dificuldades de transporte de material), ou mesmo após a estabilização o material disponível não apresente capacidade de suporte adequada, pode-se empregar um geocomposto para auxiliar no suporte das tensões. Devido à alta resistência específica dos polímeros utilizados na fabricação dos geossintéticos, o volume e peso deste material necessário para o reparo de uma cratera é relativamente pequeno, permitindo seu transporte por meio de aeronaves até o local dos reparos. Em locais de difícil acesso e pouca disponibilidade de material, esta técnica se mostra muito vantajosa, apresentando como dificuldade apenas a necessidade de remoção do pavimento no entorno da

cratera para permitir o ancoramento do geossintético. O método de dimensionamento do geossintético a ser utilizado se encontra no Apêndice.

Após o preenchimento da cratera, é necessária a construção de um revestimento que proporcione às aeronaves uma superfície de rolamento adequada. Dentre as técnicas abordadas no capítulo 4, deve-se prever a utilização das que ofereçam maior resistência, já que uma sub-base feita com material estabilizado ou geossintético requer um revestimento que distribua bem as tensões.

Desta forma, recomenda-se a utilização de placas de concreto (nos casos onde se utilizaria geossintético em conjunto com placas de concreto, os recortes do revestimento no entorno da cratera serviria tanto para permitir a ancoragem do geossintético quanto para encaixe das placas de concreto).

Caso não tenha sido planejado um reparo utilizando placas de concreto armado (como visto estas devem ser preparadas com antecedência), pode-se utilizar a técnica de revestimento com concreto de cura rápida, que também resulta em um revestimento com alta resistência e adequado a bases com baixa capacidade de suporte.

7.2. Soluções técnicas para a Bacia Podzólica do Solimões

Na região da Bacia do Solimões, situada entre o Rio Negro e o rio Madeira, novamente os solos disponíveis são de textura fina, que apresentam baixa capacidade de suporte. Entretanto nesta região é comum a ocorrência dos solos plintíticos (Figura 54).

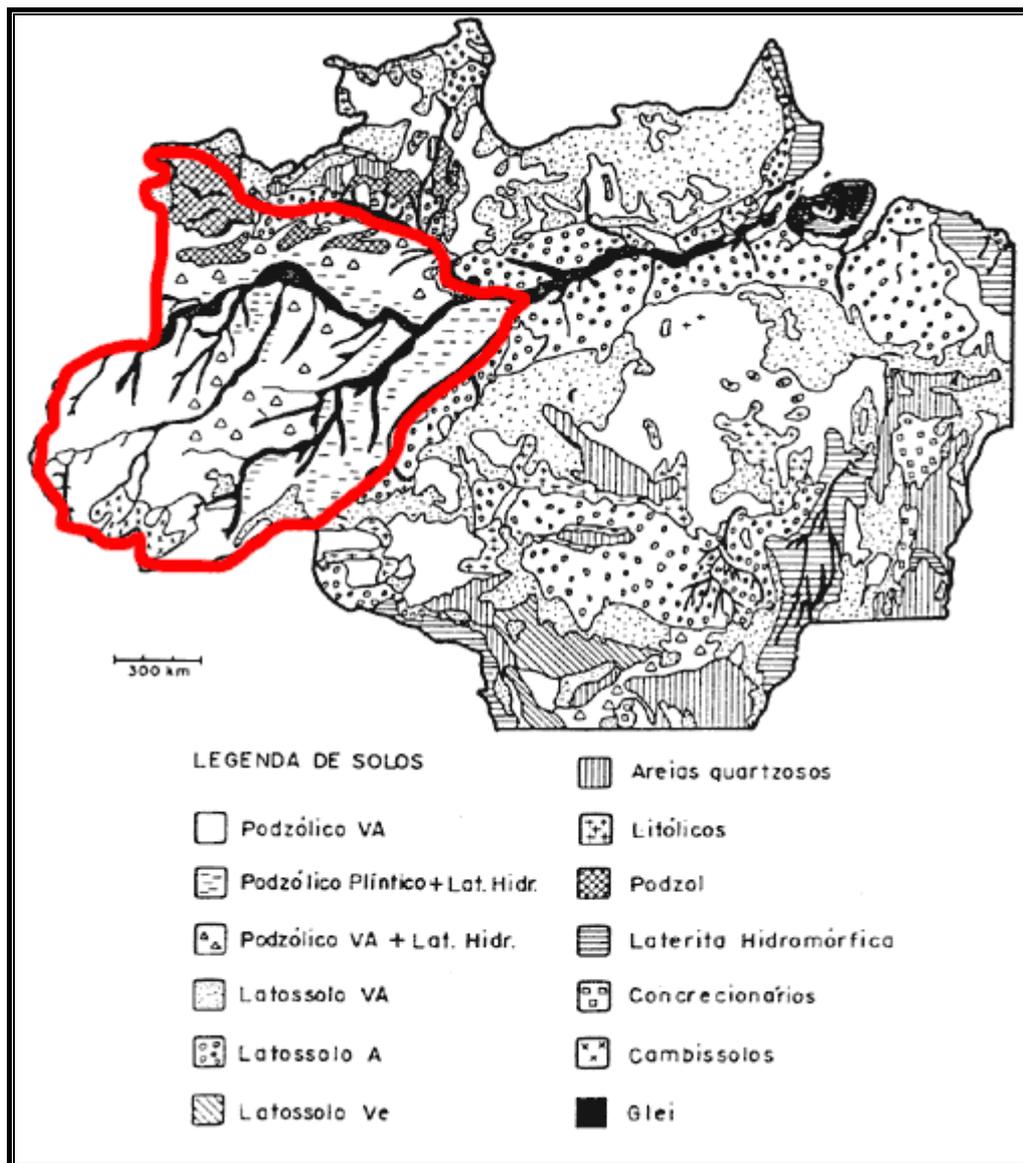


Figura 54 – Bacia Podzólica do Solimões em destaque

Como visto no Capítulo 6, os Solos Plintíticos apresentam CBR predominantemente abaixo de 20%, já que se trata de um Solo de Textura Fina, logo é um material, que em seu estado natural, não serve para a construção de camadas de pavimento.

Tendo em vista a necessidade de utilização de recursos locais e conseqüentemente a busca por soluções que aumentem a capacidade suporte em locais carentes de materiais nobres, pensou-se no processo de estabilização através da adição de *ácido fosfórico* ao solo plintítico, com o objetivo acelerar a oxidação do ferro e, portanto, acelerar o processo de melhora das características físicas que naturalmente ocorrem devido aos ciclos de umedecimento e secagem. Essa solução foi estudada por Amaral (1985), chegando-se a conclusão de que é necessário um tempo de cura mínimo de 7 dias para que a reação de oxidação tenha resultados na resistência do solo. Esse tempo de cura torna esta técnica

inviável para utilização como reparo rápido, mas em se tratando de Amazônia e suas dificuldades intrínsecas, este tempo pode se tornar aceitável em casos particulares (reparos emergenciais), visto que apresenta bons resultados na melhora das características físicas dos solos plintíticos.

Com isso, conclui-se que na maioria dos casos da bacia podzólica do Solimões deve-se proceder da mesma forma que na bacia podzólica do Xingu, já que as características de suporte dos solos das duas regiões são parecidas e a solução utilizando ácido fosfórico demanda um tempo elevado.

7.3 Região Latossólica do Amazonas

Trata-se da região com as melhores condições de aplicação de técnicas de reparos, devido a disponibilidade de materiais com alta capacidade suporte. Entretanto, aspectos como clima chuvoso quase o ano inteiro, o que dificulta os trabalhos de compactação do solo, e as dificuldades de acesso aos locais das obras limitam as operações e exigem um planejamento rigoroso. De maneira geral, não há dificuldades em se conseguir material para preenchimento de crateras nessa região, visto que a disponibilidade de solos concrecionados.

A piçarra apresenta resistência extremamente elevada, o que garante uma base com CBR superior a 80%, permitindo a utilização de um revestimento delgado, cujo objetivo principal é o de evitar material solto (FOD), que poderia danificar as turbinas das aeronaves. Assim, visando uma redução nos custos, recomenda-se um revestimento simples como um Tratamento Superficial Simples ou a utilização de Placas Dobráveis de Fibra de Vidro.

A título de ilustração, a Figura 55 exemplifica a situação de estruturas de pavimentos aeroportuários onde foram utilizadas as piçarras, demonstrando o ótimo desempenho desse solo como camadas de base e sub-base, e conseqüentemente sua grande importância como solução técnica de reparo rápido para estas localidades.

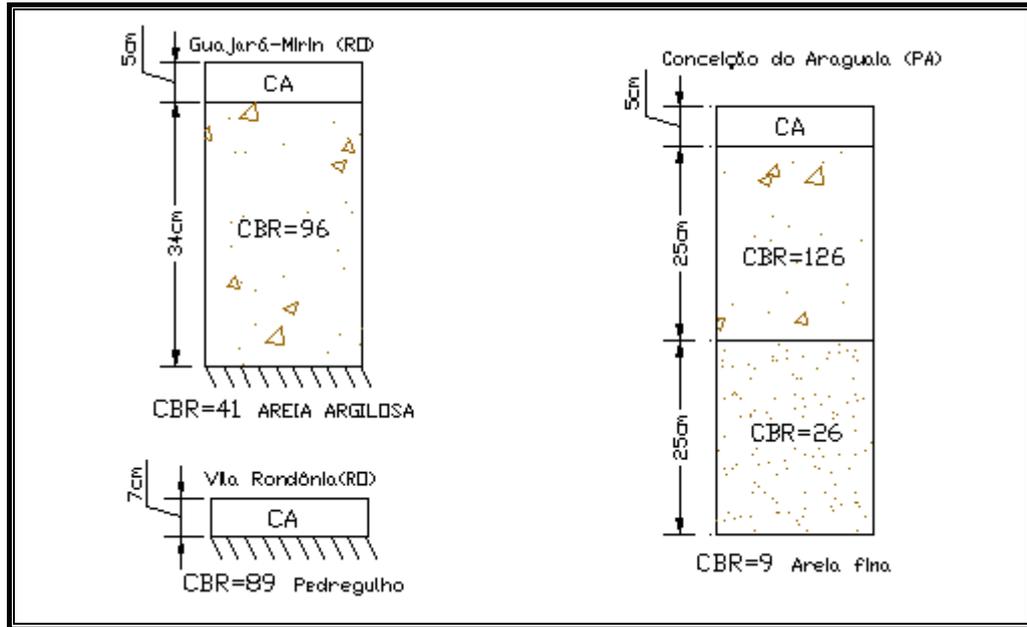


Figura 55 – Perfis de pavimentos com piçarra

8.1 Considerações

Dispondo das informações necessárias à execução de reparos na Amazônia, como o conhecimento das técnicas mais utilizadas atualmente, a realidade geotécnica da região, a logística de transporte de carga, dentre outras, partiu-se para o estudo de alguns casos que possuem, propositalmente, logísticas de reparos distintas (transporte e/ou recursos naturais).

Os aeródromos escolhidos foram os seguintes: Caracará (RR), cujo acesso se dá via fluvial, aéreo e rodoviário; Eirunepé (AM), que tem acesso por via aérea e fluvial e finalmente o aeródromo de Maturacá (AM), cujo único acesso é pelo ar.

A fim de permitir comparações entre as diferentes localidades, optou-se pela padronização dos danos nos aeródromos. Visto que o objetivo é a avaliação de toda logística envolvida no reparo dos pavimentos, incluindo a escolha da técnica mais adequada a ser aplicada, foram considerados somente danos ao pavimento da pista de pouso e decolagem, desconsiderando ainda a existência de UXO. Padronizaram-se, também, o número e as posições dos danos.

Para a realização das missões de reparo nestas três localidades, considerou-se a criação de uma UCE, tendo a COMARA como a unidade permanente (UME), que com os destacamentos de apoio em Manaus-AM, São Gabriel da Cachoeira (AM) e Tabatinga (AM), atuam como braço operacional da Engenharia em Campanha.

O seu efetivo será de 47 homens (modular) com funções normais na COMARA, além de 1 Oficial e 1 Sgt com funções permanentes. As instruções teóricas e práticas serão proporcionadas pela DIRENG, através do Instituto de Logística da Aeronáutica (ILA). A prática será complementada com treinamentos periódicos, aproveitando-se missões da COMARA.

A seguir serão apresentados os históricos das cidades, os aspectos gerais dos aeródromos, o planejamento para cada local e a execução dos reparos.

8.2 Aeródromo de Caracaraí

8.2.1 Levantamento de dados

O aeródromo de Caracaraí possui uma pista de 2.500m x 45m, recém reformada, cujas obras concluídas em julho de 2003, consistiram de ampliação e reforço da pista de pouso, além da construção de um pátio de 150m x 105m e o seu respectivo acesso de 210m x 18m.

Caracaraí possui acesso fluvial, através do Rio Branco, e acesso rodoviário pela BR-174 (Manaus - Boa Vista) e BR-210 (Roraima - São Gabriel da Cachoeira)



Foto 5 – Pista de Caracaraí

8.2.2 Planejamento

O atual contexto do aeródromo é o seguinte: após ter sido alvo de ataques hostis, o aeródromo de Caracaraí teve a operacionalidade de sua pista de pouso comprometida. Dada a necessidade do restabelecimento imediato da pista, deve-se proceder ao seu reparo o mais rápido possível.

O primeiro passo consistiu no reconhecimento dos danos, como mostra a Figura 56 e a Tabela 30, para que se possa determinar quais os locais devem ser reparados de forma a se obter uma faixa operacional mínima. Em seguida, avaliado o nível de estrago causado à pista, buscou-se estabelecer uma FOM para a “aeronave crítica” da FAB (Tabela 2), que no caso é o F-5, que operasse sob às condições da Amazônia. A Figura 57 mostra o melhor posicionamento para a FOM diante dos danos apresentados:

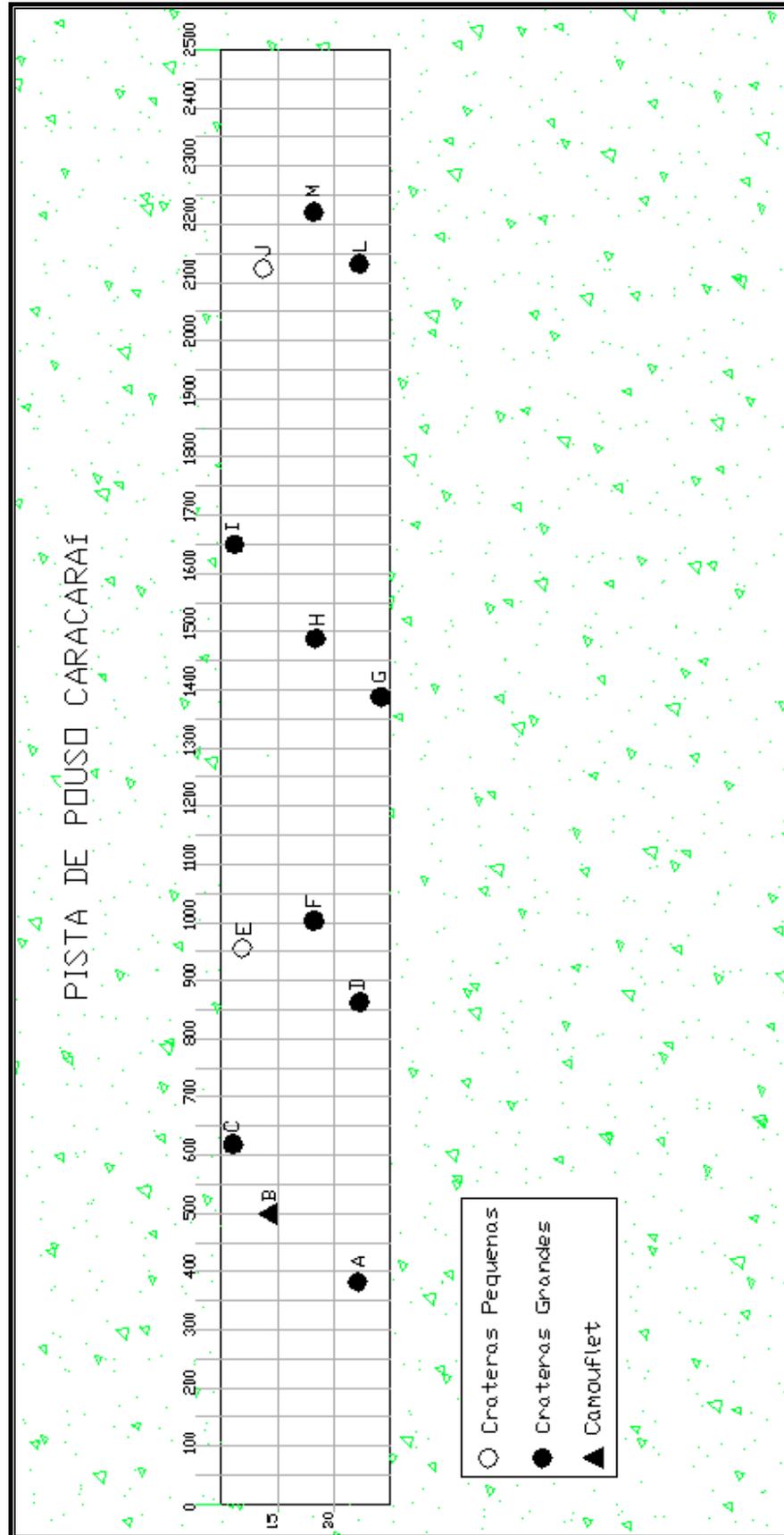


Figura 56 – Mapeamento de Danos

Tabela 30– Quadro resumo de danos no aeródromo de Caracaraí

DANO	SÍMBOLO	POSIÇÃO		DIMENSÕES (M)	
		X	Y	PROFUNDIDADE	DIÂMETRO
A	●	380	380	1,50	6,50
B	▲	495	495	1,00	1,50
C	●	610	610	2,00	7,00
D	●	860	860	2,00	6,00
E	○	955	955	1,25	5,00
F	●	1005	1005	2,00	9,00
G	●	1395	1395	1,75	6,00
H	○	1490	1490	1,50	4,50
I	●	1650	1650	1,75	6,00
J	○	2125	2125	1,75	4,00
L	●	2140	2140	3,00	10,00
M	●	2220	2220	2,00	8,00

Em seguida é realizada a limpeza do local, tendo o cuidado de se retirar os artefatos bélicos que tenham falhado durante o ataque, mas que ainda representam perigo. Estando o local seguro, removeu-se o “ejecta” das crateras, limpando os locais onde o pavimento não foi afetado.

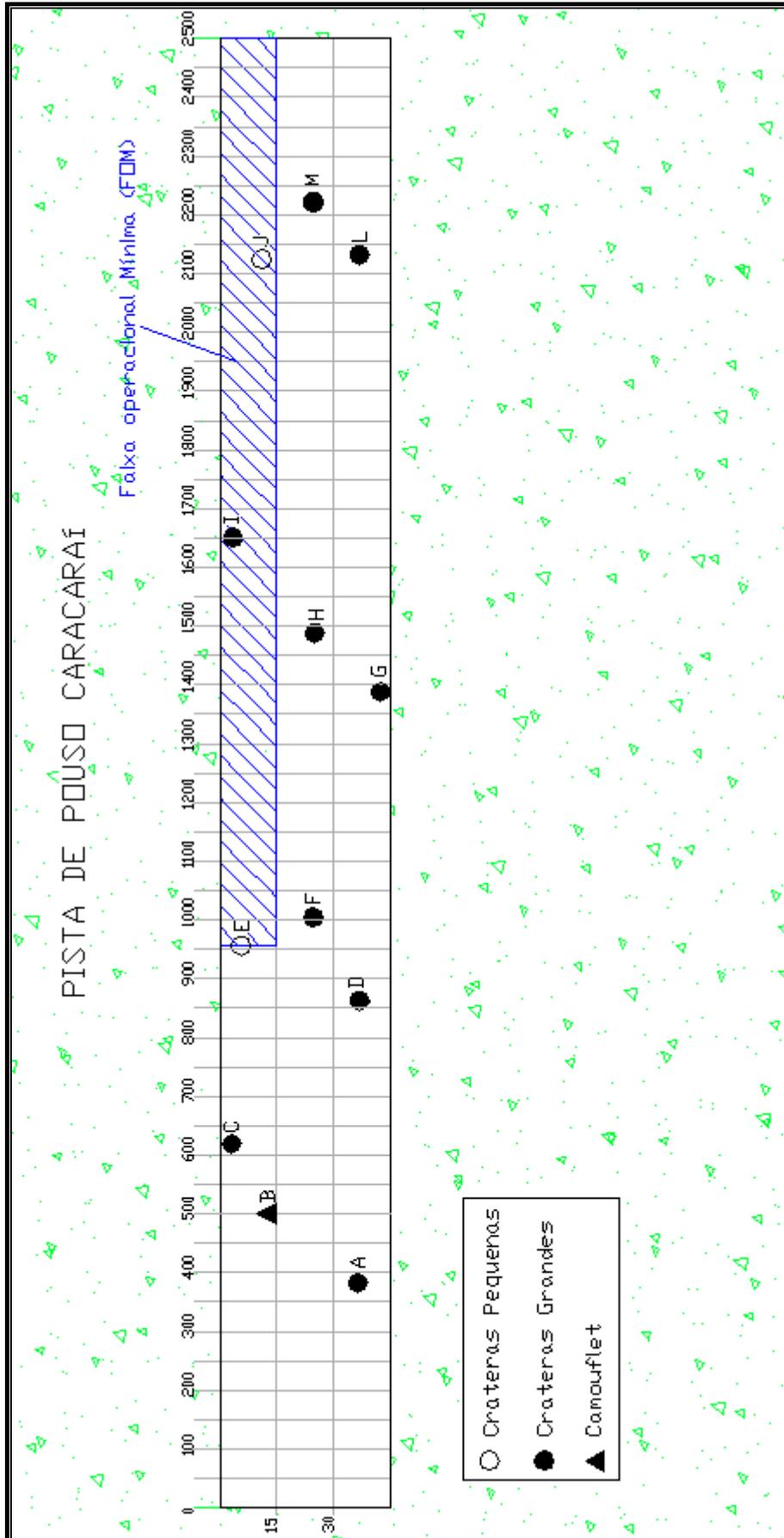


Figura 57 – Posicionamento da FOM

Definido os danos a serem reparados (E, I e J), partiu-se para a escolha da solução mais adequada a realidade local, avaliando a disponibilidade de recursos naturais, a dificuldade de acesso (logística de transporte), as condições climáticas, dentre outros.

8.2.3 Roteiro para a Execução dos Reparos

8.2.3.1 Análise dos Recursos Locais

Como visto nos capítulos 6 e 7, Caracarái se encontra na região latossólica e por isso se espera a disponibilidade de materiais de boa capacidade de suporte. Tal fato foi confirmado na prática, já que próximo ao aeródromo existem diversos materiais de boa qualidade, como os seguintes:

- piçarra* – apresenta boa capacidade de suporte, tendo sido utilizada como material para a sub-base da atual pista. Embora a jazida utilizada para a construção da pista já se encontre esgotada (Piçarreira do Zezinho), ainda existiam outras fontes deste material, como a Piçarreira do Jurandir, localizada a aproximadamente 18Km a nordeste do aeródromo, como mostra o esquema apresentado na Figura 58;
- pedra britada* – fato bastante raro na região amazônica. Próximo ao aeródromo (12km a noroeste), existe uma afloração de rocha sã, onde está instalada uma pedreira da COMARA. Nesse caso, em virtude da facilidade na produção de brita graduada, a base original foi execução utilizando esse material (Foto 6).
- agregado miúdo* – devido a obra estar às margens do Rio Branco, há uma grande facilidade em se obter agregados como areia e cascalho.

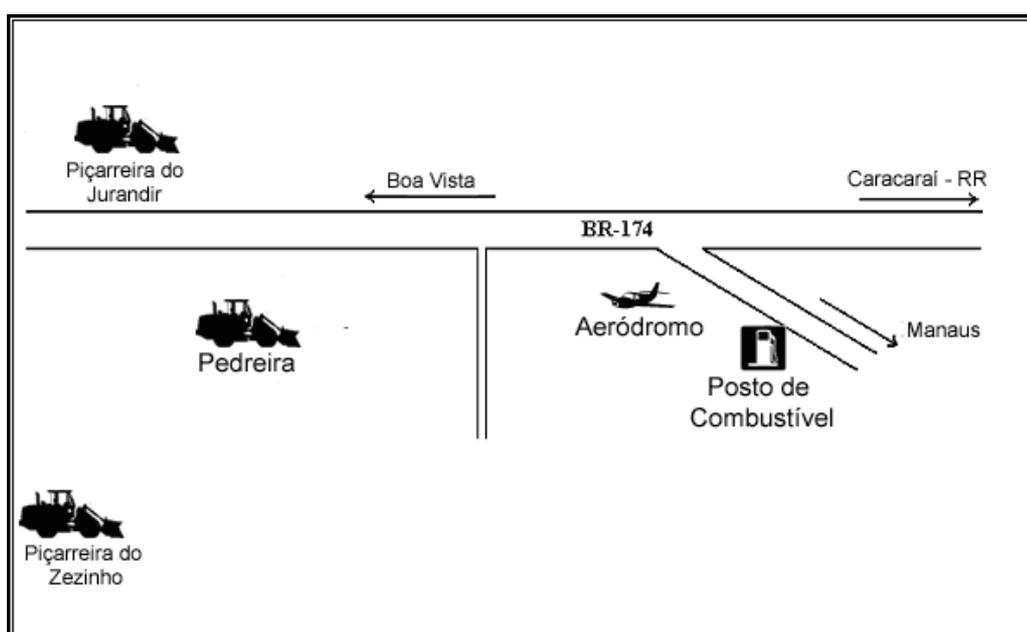


Figura 58– Croqui das jazidas (extraído da sala de Comando da COMARA-Caracarái)



Foto 6 – Execução da base em brita graduada

8.2.3.2 Escolha da Técnica de Reparo Rápido

Após o conhecimento das condições locais, o passo seguinte foi à escolha da melhor técnica de preenchimento da cratera. Dada a disponibilidade de materiais na região, optou-se pelo preenchimento da cratera utilizando “piçarra”. Como visto no capítulo 4, o preenchimento da cratera deverá ser executado em camadas horizontais sucessivas, compactadas com espessuras menores ou iguais a 30cm.

Em geral é possível executar a camada de base também utilizando piçarra, pois apresenta capacidade de suporte suficiente para tal função; entretanto, caso não existam testes comprovando suas propriedades, deve-se optar pela brita graduada, já que esta se encontra disponível na região.

A base deve ter uma espessura mínima de 50cm. No caso da utilização de piçarra para recomposição da sub-base e brita para a base, os danos de 1,75m de profundidades (I e J) seriam preenchidos com 5 camadas compactadas de 25cm de piçarra, enquanto que a cratera E, de 1,25m de profundidade, com 3 camadas de 25cm “piçarra”. Já os 50cm restantes, nos três casos (E, I e J), seriam preenchidos com brita.

A seguir, tem-se a avaliação dos métodos de revestimento que melhor se aplicaram à situação, avaliando os prós e contras de cada técnica, como vistos no capítulo 4.

Pré-Misturado a Frio (P.M.F)

Esta técnica foi a que melhor se adaptou a situação estudada. Os pontos analisados e vistos como positivos para a adoção desta técnica foram:

- a) como os materiais disponíveis na região permitem a construção de uma base com $CBR > 80\%$, pode-se optar pela adoção de um pavimento menos resistente, porém mais econômico;
- b) segundo Rocha (1998), trata-se de uma boa técnica e o tempo consumido é 63,5% menor se comparado ao reparo de reconstituição das camadas originais;
- c) de fácil preparo e rápida aplicação, não exige equipamentos sofisticados ou mão de obra especializada;
- d) Liberação imediata da pista após o reparo.

Uma camada de P.M.F, com espessura de 8 cm, é suficiente para proporcionar o suporte necessário à operação das aeronaves. A mistura pode ser preparada misturando-se os agregados com um ligante de cura rápida (CR-250, por exemplo), utilizando uma betoneira comum ou na falta desta, manualmente.

O espalhamento deve ser feito manualmente ou, se o volume for grande, utilizando-se uma mini pá carregadeira SL 55B da FIATALLIS (Capítulo 5). Como já se sabe, para a aplicação, a superfície deverá estar limpa, seca e imprimada (CM-30) ou com pintura de ligação.

A compactação da mistura deve ser feita utilizando-se um rolo compactador CB 214 da CATERPILLAR ou o rolo vibratório CG-11, devidamente umedecido para evitar a aderência da mistura. Caso a mistura seja preparada no momento da execução do reparo, não sofrendo estocagem, deve-se esperar um tempo de aeração de 2 horas antes de iniciar a compactação.

- **Equipamentos**

Além dos equipamentos já citados, também foram necessários os seguintes, para execução do serviço:

- a) caçamba basculante (toco), capacidade $6m^3$, para o transporte de materiais, de pessoal e apoio e até da mistura (em betoneiras);
- b) depósito para o ligante, sem necessidade de aquecimento;
- c) betoneira, para mistura do pré-misturado a frio em pequena escala;
- d) espalhamento manual;
- e) compactador Vibratório Manual (Capítulo 8), para compactar a camada subsequente, nos bordos e locais não acessíveis aos rolos;
- f) cortadora de Pisos com Motor à Gasolina.

- **Equipe de Serviço**

Para a execução dos serviços, a equipe a ser mobilizada para esta missão é composta por um oficial engenheiro, um sargento mestre de campo, um sargento motorista, dois servidores civis operadores de máquinas e três servidores civis para serviços gerais, totalizando três militares e cinco civis. Além disso, pode-se prever a contratação de diaristas locais de acordo com a necessidade e urgência dos reparos.

- **Logística de Transporte**

Supondo que não haja nenhum local nas proximidades do aeródromo que suporte o pouso de uma aeronave C-130 totalmente carregada, optou-se pelo descarregamento dos equipamentos e insumos no aeroporto de Boa Vista, distante 670Km (via aérea) de Manaus e 134Km (via terrestre) de Caracarái, sendo o restante do transporte feito pela BR-174.

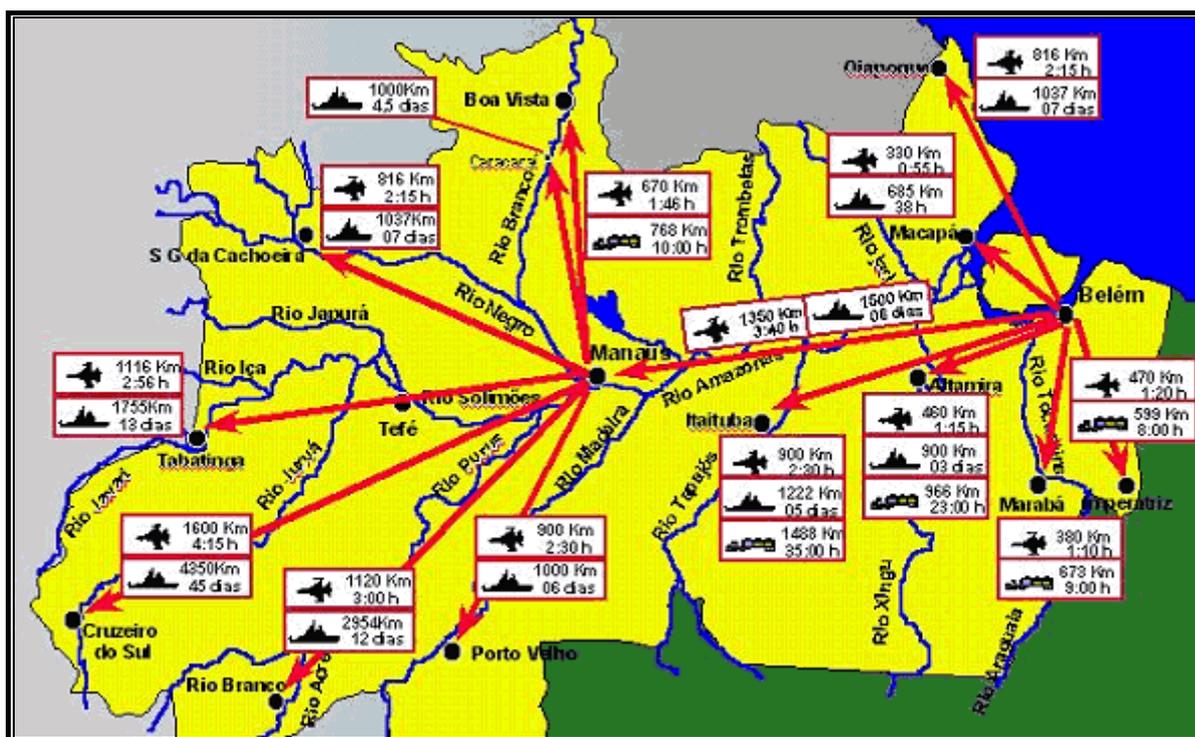


Figura 59 – Logística de Transporte na Amazônia

Cabe salientar que para este tipo de operação os equipamentos devem estar em ótimas condições de uso, de forma a evitar a montagem de uma oficina de manutenção e minimizar a presença de pessoal para manutenção. Na escolha dos equipamentos e no transporte, teve-se sempre em mente as dimensões e pesos dos equipamentos e insumos, para se evitar incompatibilidades com o C-130 e para maximizar o aproveitamento das pernas.

Considerando-se os equipamentos listados anteriormente no capítulo 5, pôde-se estimar o número de viagens feitas pelo Hércules, a fim de transportar todo o material e equipamento necessário. Por isso, avaliaram-se os volumes e pesos dos equipamentos, montando-se configurações possíveis para cada “perna” do C-130. Uma configuração possível foi a seguinte:

Viagem 1 – Retro-Escavadeira X325 (2699Kg) + Rolo Compactador CB 214 (2420 kg) + Betoneira + Compactador Vibratório Manual + Asfalto diluído(CR-250 e CM 30) + Pessoal.

Viagem 2 – Caminhão com caçamba basculante (4930Kg) + Pá Carregadeira SL 55B (2451 Kg) + Depósito de ligante + Cortadora de pisos.

Tratamento Superficial Simples (TSS)

O TSS é a camada de revestimento do pavimento constituída pela aplicação de ligante betuminoso coberta por camada de agregado mineral. As vantagens citadas para o PMF se aplicam ao TSS já que suas características são parecidas.

Inicialmente, para a execução das camadas do TSS, procedeu-se à limpeza e imprimação (CM-30) do local a ser reparado. O ligante betuminoso foi aplicado de uma só vez, sendo o seu excedente descartado. Em seguida, executou-se o espalhamento da camada de agregado e a devida compactação. Após a compactação da camada e obtida a fixação do agregado, fez-se uma varredura do material solto.

Quando da aplicação do ligante betuminoso ou do agregado não se deve permitir o tráfego de veículos, devendo este ser liberado somente após o término da compressão e de maneira controlada.

- **Equipamentos**

Para a execução dessa técnica de reparo, os seguintes equipamentos são necessários:

- a) caçamba Basculante (toco) de 6m³, para transporte de agregado;
- b) espalhador manual;
- c) vassoura mecânica rotativa, ou vassouras comuns, quando a operação for feita manualmente. Pode ser usado também o jato de ar comprimido;
- d) em casos emergenciais, um regador pode ser utilizado para espalhar o material;
- e) tanque com capacidade adequada para depósito do material;
- f) rolos compactadores do tipo tandem de 2 rodas, com peso de 5 a 8 toneladas;
- g) compactador Vibratório Manual;
- h) ferramentas manuais (pás, enxadas, etc).

- **Equipe de Serviço**

De forma análoga ao reparo com P.M.F, mobilizou-se a mesma equipe para a execução com TSS.

- **Logística de Transporte**

Neste caso, pode-se utilizar a mesma logística de transporte de material, pessoal e equipamentos requerida para a aplicação da técnica com P.M.F.

Placa Dobrável de Fibra de Vidro

Quando se pensa em rapidez e praticidade, as placas de fibra de vidro constituem uma boa opção. Embora não apresentem boa resistência, neste local, onde é possível a construção de uma base com alta capacidade de suporte, este problema é solucionado.

Apresenta como vantagens:

- a) rapidez na aplicação;
- b) não deixa ressaltos significativos na emenda com o pavimento, permitindo a operação de aviões modernos.
- c) leves e fáceis de serem transportadas.

Os detalhes de instalação e encaixe se encontram descritas no capítulo 4. A figura 60 mostra a atuação da equipe de reparo na aplicação da técnica das placas dobráveis de fibra de vidro.



Figura 60 –Aplicação da solução

Como já foi dito, as vantagens estão no fato de serem leves, facilmente transportados e não provocarem ressaltos.

- **Equipamentos**

Os equipamentos básicos para a sua aplicação são:

- a) caminhão Basculante (Toco) de 6 m³ para transporte do material;
- b) equipamento de perfuração para ancoragem das placas;
- c) vassouras mecânica ou manual.

- **Equipe de Serviço**

A equipe deve ser constituída de um oficial engenheiro, um sargento mestre de campo, um sargento motorista (caminhão), dois servidores civis operadores de máquinas (retro-escavadeira e pá carregadeira) e três servidores civis para serviços gerais, totalizando três militares e cinco civis. Além disso, pode-se prever a contratação de diaristas locais de acordo com a necessidade e urgência dos reparos.

- **Logística de Transporte**

Para o transporte do material seriam necessárias duas pernas de C-130 no trecho MN/BV, sendo o restante do percurso realizado por meio rodoviário.

Viagem 1 – Retro-Escavadeira X325 (2699Kg) + Rolo Compactador CB 214 (2420 kg) + Pá Carregadeira SL 55B (2451 Kg) +Pessoal.

Viagem 2 – Caminhão com caçamba basculante (4930Kg) + Cortadora de pisos.

8.3 Aeródromo de Eirunepé

8.3.1 Levantamento de Dados

Eirunepé se localiza no estado do Amazonas às margens do Rio Juruá (Figura 61), a aproximadamente 70°W e 7°S, e dista 1.150Km da capital do estado, Manaus. É o único município num raio de 73Km que possui aeródromo. Situa-se numa região bastante isolada, só podendo ser acessado através de via aérea ou fluvial. O porto de Eirunepé pode ser visto na Foto 7.

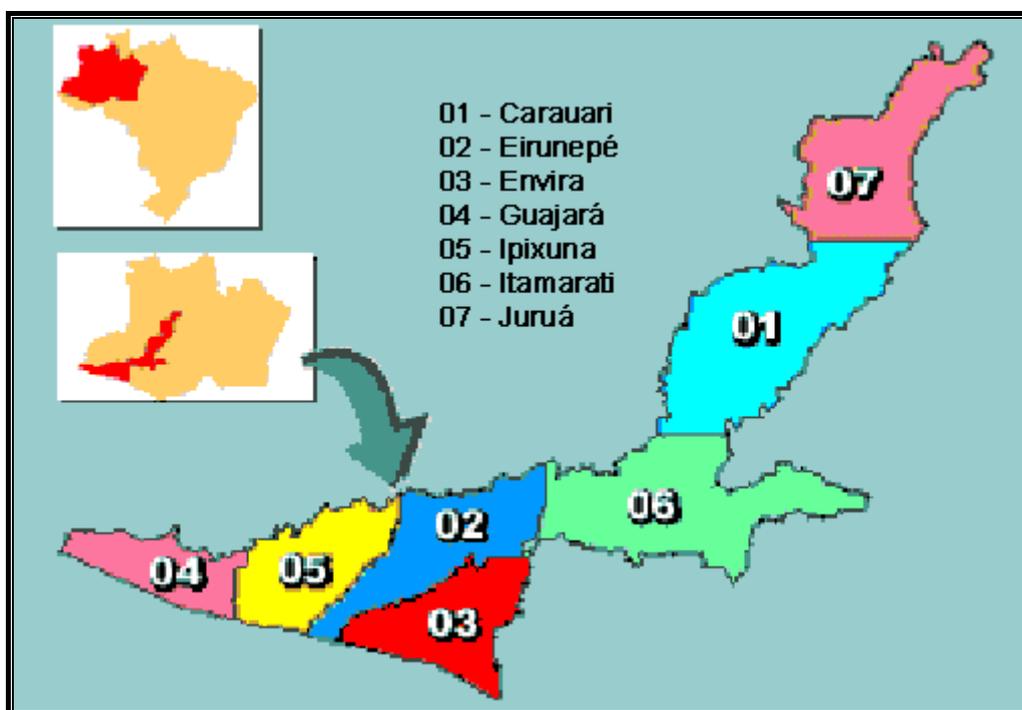


Figura 61 - Localização do Município de Eirunepé



Foto 7 – Porto de Eirunepé

O aeródromo de Eirunepé está passando por uma ampliação sendo suas dimensões após a conclusão das obras aumentadas de 1600 para 2300m de comprimento e a largura de 30 m para 45 m. Conta ainda com uma pista de táxi de 22 m de largura por 37 m de comprimento que leva a um pátio de manobras com dimensões 125 m x 240 m. Na ampliação a técnica usada para composição da sub-base foi o Sand-Creet (mistura de areia com 9% de cimento) e o revestimento em CBUQ. A obra foi iniciada em maio de 2000 e tem previsão de duração de 4 anos.

8.3.2 Planejamento

Tendo sido vítima de ataques de inimigos, o aeródromo de Eirunepé encontra-se com sua pista bastante avariada (Figura 62), precisando voltar a operacionalidade imediatamente.

Seguindo o método proposto no capítulo 3, procedeu-se a localização dos danos na pista, chegando-se aos resultados mostrados a Figura 63 e na Tabela 31.

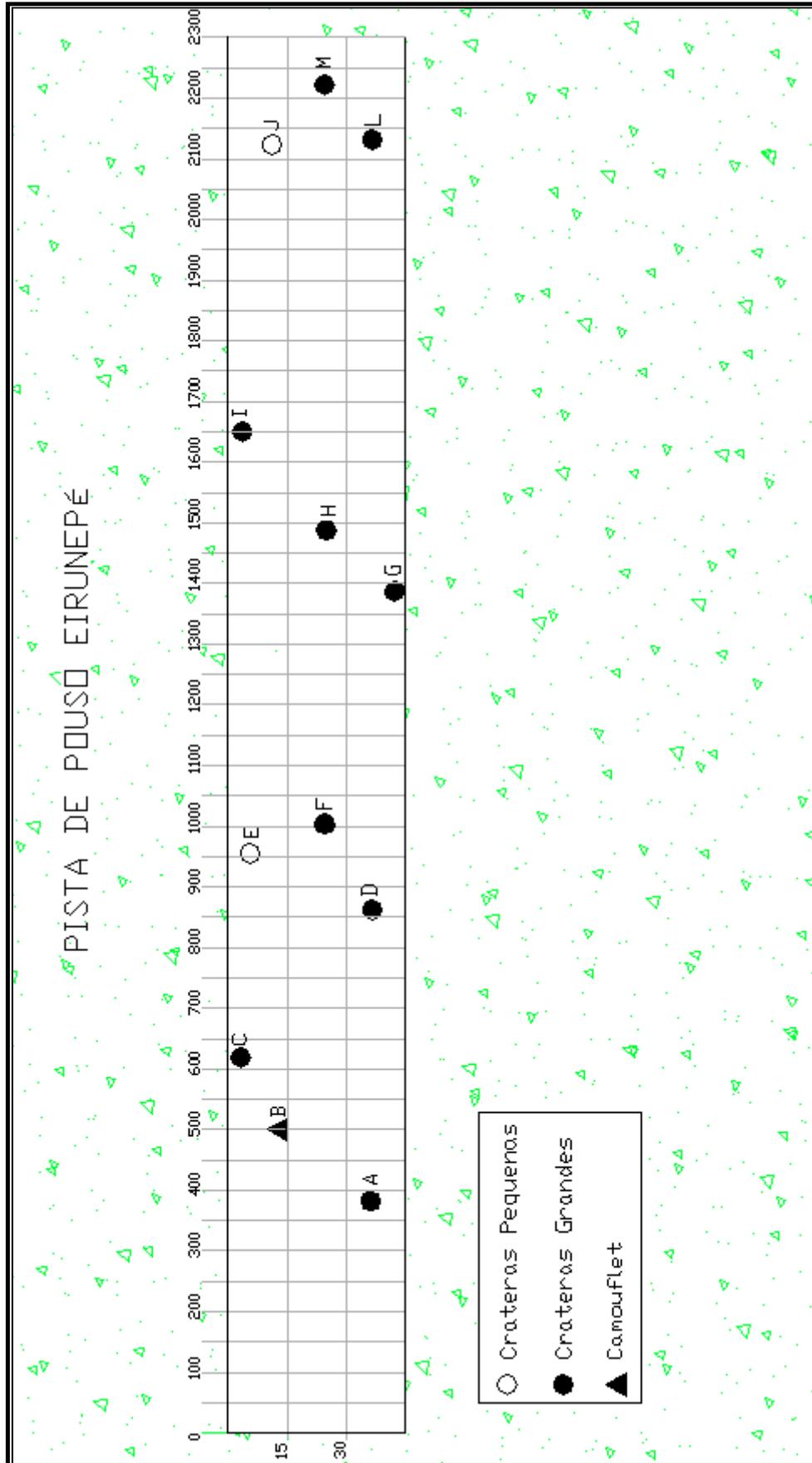


Figura 62– Mapeamento de Danos

Tabela 31 – Quadro de danos do aeródromo de Eirunepé

DANO	SÍMBOLO	POSICÃO		DIMENSÕES	
		X	Y	Profundidade	Diâmetro(m)
A	●	380	380	1,50	6,50
B	▲	495	495	1,00	1,50
C	●	610	610	2,00	7,00
D	●	860	860	2,00	6,00
E	○	955	955	1,25	5,00
F	●	1005	1005	2,00	9,00
G	●	1395	1395	1,75	6,00
H	○	1490	1490	1,50	4,50
I	●	1650	1650	1,75	6,00
J	○	2125	2125	1,75	4,00
L	●	2140	2140	3,00	10,00
M	●	2220	2220	2,00	8,00

Avaliado o nível de estrago causado à pista, o melhor local para estabelecimento de uma FOM (Capítulo 3) foi definido, que resultou num menor volume de reparos, conforme a Figura 63.

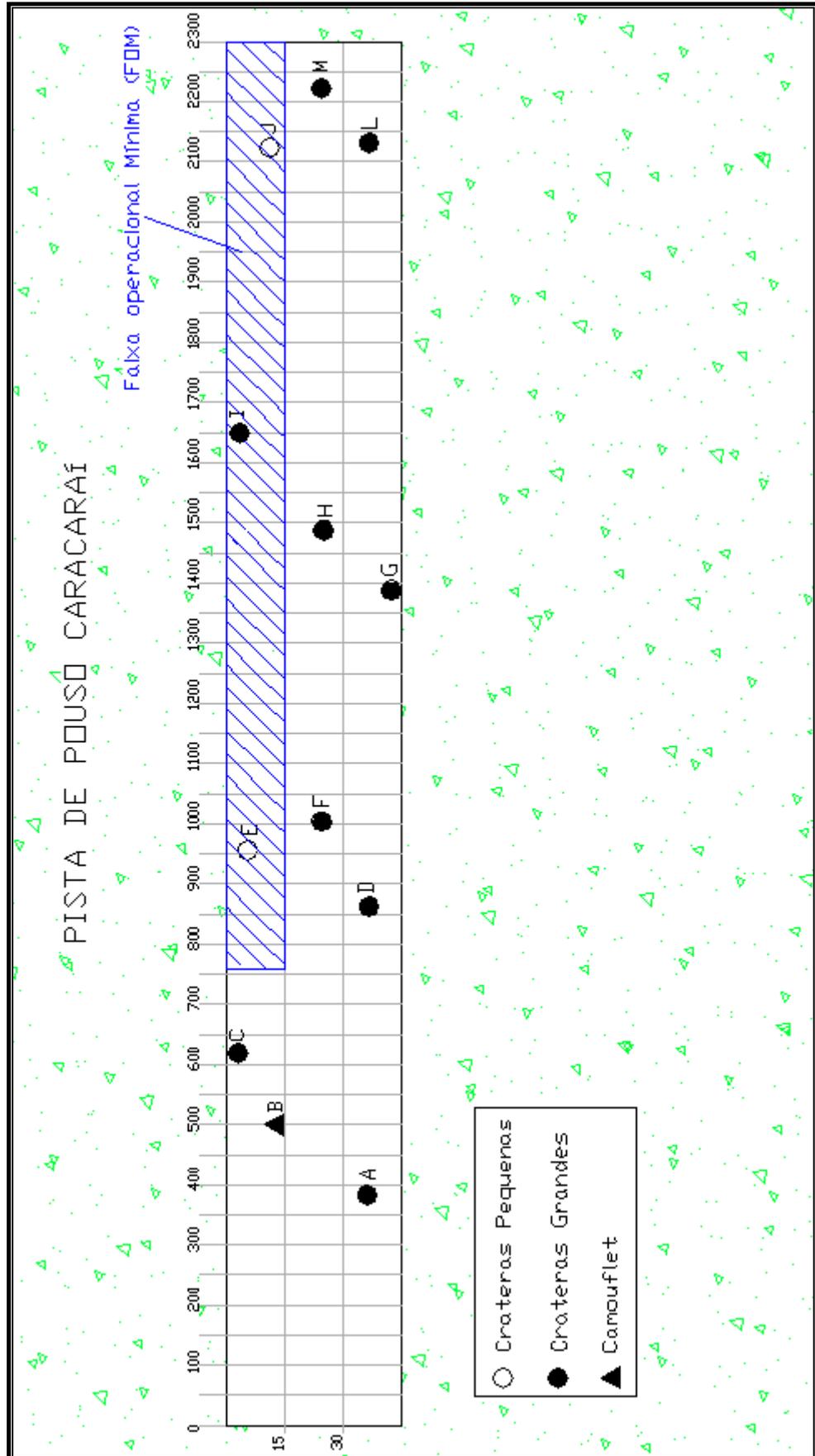


Figura 63 – Posicionamento da FOM

O passo seguinte consistiu na determinação da solução técnica mais adequada a realidade local, sendo avaliado a disponibilidade dos recursos naturais, a dificuldade de acesso (logística de transporte), as condições climáticas, dentre outras.

8.3.3 Roteiro para a execução dos reparos

8.3.1.1 Análise dos Recursos Locais

De acordo com a discretização feita no capítulo 6, Eirunepé situa-se na região da Bacia podizólica do Rio Solimões, onde não há disponibilidade de materiais com boa capacidade de suporte. O fato confirmado, já que não existem pedreiras exploráveis na região, nem a presença de jazidas de piçarras. Contudo, há grande disponibilidade de areia e seixo rolado nas margens do Rio Juruá.

Em Vertamatti (1988), verificou-se que a amostra do solo de Eirunepé, retirada da jazida de solo utilizada para aterro da pista do aeroporto, tratava-se de um solo de textura fina., portanto um solo de baixa capacidade de suporte. Na figura 64 pode ser visto o perfil de um corte realizado em uma jazida utilizada na reforma da pista.



Foto 8 – Perfil de solo de Jazida

8.3.1.2 Escolha da Técnica de Reparo Rápido

Para a escolha do processo de preenchimento da cratera, considerando o acesso fluvial, o tempo elevado de viagem foi o primeiro fator a ser analisado. A inviabilidade do envio de material, por este meio, em casos de reparos rápidos ou emergenciais levou a optar-se por materiais disponíveis no local ou que pudessem ser transportados por meio aéreo.

Como visto anteriormente, a região de Eirunepé apresenta solos de textura fina, com baixa capacidade de suporte, possibilitando o processo de estabilização em busca de um material com CBR suficiente para composição da sub-base e base. Dada a disponibilidade de areia na região, uma opção seria a estabilização granulométrica dos solos locais, aproveitando-se o máximo deste material.

Para o preenchimento das crateras, camadas não superiores a 30cm de espessura foram feitas, pensando no preenchimento da sub-base das crateras I e J com cinco camadas de 25cm e a sub-base da cratera E com três camadas de 25cm de material estabilizado. Os 50cm restantes foram preenchidos com material estabilizado que garantisse um CBR maior que 80%.

Caso o CBR atingido por este processo não fosse suficiente para a composição da sub-base e base, partiria-se para a aplicação de um geossintético. Como pode ser visto no Apêndice, procede-se os cálculos de forma que a máxima deformação do geossintético seja aceitável do ponto de vista da utilização das aeronaves.

Para o preenchimento da cratera, os seguintes equipamentos foram ser providenciados:

- a) caminhão basculante (Volkswagen 17.210 - capítulo 5);
- b) pá carregadeira Mini Pá Carregadeira (por exemplo a SL 55 B), para transporte dos materiais;
- c) retro-escavadeira (por exemplo uma Mini Retro-escavadeira X325) para exploração das jazidas de solos;
- d) serra para corte de pavimento (ancoramento do geossintético).

Estando a cratera preenchida, a etapa de recuperação do revestimento foi iniciada, sendo feita uma análise das técnicas não aplicáveis a situação de Eirunepé e posteriormente, as consideradas adequadas ao caso.

As técnicas consideradas inadequadas foram:

- a) concreto cimento de cura rápida - foi descartada devido ao volume elevado de material que necessitaria ser transportado de outras localidades e ao tempo de cura do concreto (no mínimo 24 horas), o que faz com que o tempo até a reabertura da pista seja muito elevado;
- b) C.B.U.Q - é necessária a utilização de uma usina de asfalto. Sua utilização como técnica de reparo ocorreria de duas maneiras,
 - usina desmontada, transportada até o local utilizando-se o C-130. Contudo, o tempo e a mão-de-obra despendida no transporte inviabilizaria a aplicação da técnica;

- utilização do Kit Tapa Buraco (TBR), cujas informações detalhadas encontram-se no Anexo D.
- c) placas de alumínio - foi descartada devido ao ressalto existente na emenda da placas com o pavimento. Devido à aviônica sensível dos caças mais modernos essa é uma técnica que pode causar prejuízos aos equipamentos.
- d) placas de fibra de vidro - embora seja possível conseguir uma base com boa capacidade de suporte através da utilização do geossintético, muitas vezes a superfície feita utilizando-se este material apresenta uma certa heterogeneidade na resistência. Desta forma o emprego de um revestimento que apresente uma capacidade de suporte muito pequena, como é o caso das placas de fibra de vidro, não é aconselhável e portanto esta técnica foi descartada;
- e) concreto de resina - foi descartado devido à necessidade de materiais específicos como brita, que acarretariam em um alto volume de material a ser transportado, já que não estão disponíveis no local. Além disso, o valor dos materiais utilizados para compor a resina torna o custo do reparo muito elevado.
- f) micro-concreto de cura rápida – não cogitado devido ao fato de ser uma técnica importada seu custo ser muito elevado, além do fato de necessitar de materiais específicos, como britas com granulometrias específicas, o que inviabiliza esta técnica.

Após avaliação das técnicas não viáveis para a situação específica, segue um estudo das soluções de reparos potencialmente utilizáveis nesse caso:

Pré-Misturado a Frio (P.M.F)

Analisando-se a técnica do P.M.F. foi constatado que ela se adequou bem às condições impostas no caso dos reparos em Eirunepé. Através da estabilização dos solos locais e da utilização de geossintético consegue-se uma base com boa capacidade de suporte, e desta forma é suficiente a aplicação de uma camada de 8cm de P.M.F., não se esquecendo de na hora do lançamento acrescentar 15% a esta medida, devido a posterior diminuição devido a compactação.

Sendo de fácil preparo, o P.M.F. pode ser feito misturando os agregados com um ligante de cura rápida (CR-250, por exemplo), utilizando uma betoneira comum ou na falta desta manualmente.

O espalhamento da mistura asfáltica pode ser feito manualmente, mas para se melhorar a produtividade pode ser prevista uma mini pá carregadeira SL 55B da FIATALLIS. Como já se sabe, para a aplicação, a superfície deverá estar limpa, seca e imprimada (CM-30) ou com pintura de ligação. Além disso, se a mistura é recente, ou seja, não houve a estocagem prévia, deve-se aguardar um prazo de 2 horas para o início da compactação, permitindo a aeração do composto. Para a compactação, especificou-se o rolo compactador CB 214 da CATERPILLAR, devidamente umedecido para evitar a aderência da mistura.

- **Pontos favoráveis**

Algumas razões para a adoção desta solução são:

- a) segundo Veríssimo (1998) trata-se de uma boa técnica e o tempo consumido é 63,5% menor que no reparo convencional;
- b) rápida aplicação, não exigindo equipamentos muito sofisticados ou mão de obra especializada;
- c) liberação imediata da pista após o reparo.
- d) disponibilidade de seixo e areia para composição do P.M.F.

- **Equipamentos**

Além dos equipamentos citados acima, os seguintes devem estar disponíveis no local do reparo, a fim de se obter uma melhor produtividade e qualidade do reparo:

- a) caçamba basculante (toco), capacidade 6m³, para o transporte de materiais e de pessoal;
- b) depósito para o ligante, sem necessidade de aquecimento;
- c) betoneira para mistura do P.M.F;
- d) compactador Vibratório Manual (Sapo), cujas especificações se encontram no capítulo 5;
- e) cortadora de Pisos com Motor à Gasolina;
- f) retro escavadeira;

- **Equipe de Serviço**

Para a execução dos serviços, a equipe a ser mobilizada para esta missão é composta por um oficial engenheiro, um sargento mestre de campo, um sargento motorista, dois soldados operadores de máquinas e seis soldados para serviços gerais, totalizando 11 militares. Não se deve prever pessoal civil, pois estando a pista destruída, a única forma da

equipe de reparo ir para o local é saltando de pára-quedas. Além disso, pode-se prever a contratação de diaristas locais de acordo com a necessidade e urgência dos reparos.

- **Logística de Transporte**

No caso de Eirunepé, embora exista o rio Juruá que permite o acesso de balsas durante a maior parte do ano, o transporte fluvial não responde ao prazo de tempo requerido por um reparo rápido. A distância entre Manaus (considerada base de apoio) e Eirunepé demora semanas para ser percorrida pelas balsas. Assim, a única opção é o transporte aéreo, através do lançamento de cargas pesadas (Capítulo 5), fazendo-se tanto a entrega dos materiais (emulsão asfáltica) quanto à entrega dos equipamentos (rolos compactadores, basculantes, etc).

Equipamentos como rolos compactadores e basculantes devem ser entregues utilizando-se o sistema de extração a baixa altitude (Figura 65), a fim de evitar que os mesmos se danifiquem.



Figura 64 – Extração a baixa altura

A distância aérea a ser vencida entre Manaus e Eirunepé é de 1150Km. Como a velocidade de cruzeiro do C-130 é de 500Km/h, pode-se esperar um tempo de viagem de 2 horas e 20 minutos.

Considerando-se os equipamentos listados anteriormente, pôde-se estimar o número de viagens que o C-130 realizou para o transporte todo o material. Para isso, somou-se o volume e peso dos equipamentos, montando-se as seguintes configurações viáveis à operação do C-130:

As configurações possíveis seriam as seguintes:

- **Viagem 1** – Aeronave C-91 Avro - equipe de reparo composta de pára-quedistas;
- **Viagem 2** – Aeronave C-130 Hércules - retro-escavadeira X325 (2699Kg) + rolo compactador CB 214 (2420 kg) + Betoneira, sendo o lançamento do tipo extração a baixa altura;
- **Viagem 3** – Aeronave C-130 Hércules - caminhão com caçamba basculante (4000Kg) + pá carregadeira SL 55B (2451 kg) e lançamento do tipo extração a baixa altura;
- **Viagem 4** – Aeronave C-130 Hércules - depósito de ligante + placa vibratória + cortadora de pisos + emulsão asfáltica

Segundo esta configuração, seria necessário um tempo de 9 horas e 20 minutos até que todo o equipamento chegasse ao local, considerando-se a disponibilidade de somente um Avro e um Hércules.

A técnica utilizando Tratamento Superficial Simples teria uma logística muito próxima a descrita para o P.M.F.e portanto não foi considerado necessário abordá-la.

Placas de Concreto Armado

A técnica utilizando-se placas de concreto armado apresenta uma série de vantagens quando aplicada ao caso de Eirunepé.

Como visto, o acesso a Eirunepé fica restrito ao modo aéreo, o que dificulta o transporte de materiais e aumenta o tempo de reparo, tendo em vista a demora da chegada dos insumos. Considerando-se este fator limitante, fica claro que se for feito um planejamento adequado, preparando-se as placas de concreto com antecedência, na hora da emergência o volume de material e equipamentos a ser transportado é reduzido quando comparado com outras técnicas, o que diminui custos e tempo de execução do reparo.

O planejamento necessário é bastante simples, e consiste no preparo das placas de concreto armado com antecedência, colocando-as em um local próximo a pista (pode-se utiliza-las como piso do pátio de manobras), de forma que no momento da emergência seja necessário apenas seu transporte para o local que sofreu o dano.

- **Pontos favoráveis**

Algumas razões para a adoção desta solução são:

- Quantidade reduzida de material necessária no momento do reparo
- Liberação imediata da pista após o reparo.
- Alta durabilidade das placas de concreto permitindo um planejamento a longo prazo.
- Alta resistência do reparo.

- **Equipamentos**

Além do equipamento de transporte citado acima, deve-se dispor de:

- a) serra para corte do pavimento, de forma a permitir o encaixe perfeito das placas;
- b) material para limpeza (vassoura mecânica ou vassouras manuais).

- **Equipe de Serviço**

Para a execução dos serviços, a equipe a ser mobilizada para esta missão é composta por um oficial engenheiro, um sargento mestre de campo, um sargento motorista, dois soldados operadores de máquinas e seis soldados para serviços gerais, totalizando 11 militares. Não se deve prever pessoal civil, pois estando a pista destruída, a única forma da equipe de reparo ir para o local é saltando de pára-quedas. Além disso, pode-se prever a contratação de diaristas locais de acordo com a necessidade e urgência dos reparos.

- **Logística de Transporte para as placas de concreto armado**

Levando-se em consideração os problemas já expostos para o transporte de materiais em Eirunepé, comentados na logística de transporte do P.M.F., estimou-se o tempo de transporte utilizando o C-91 e o C-130, para as seguintes configurações:

- **Viagem 1** – Aeronave C-91 Avro - equipe de reparo composta de pára-quedistas;
- **Viagem 2** – Aeronave C-130 Hércules - retro-escavadeira X325 (2699Kg) + rolo compactador CB 214 (2420 kg) + Betoneira, sendo o lançamento do tipo extração a baixa altura;
- **Viagem 3** – Aeronave C-130 Hércules - caminhão com caçamba basculante (4000Kg) + pá carregadeira SL 55B (2451Kg) e lançamento do tipo extração a baixa altura;

Para esta configuração, foi necessário um tempo de 7 horas até que todo o equipamento chegasse ao local, considerando-se a disponibilidade de somente um C-91 Avro e um C-130 Hércules.

8.4 Aeródromo de Maturacá

8.4.1 Histórico

A localidade de Maturacá caracteriza-se pela grande ocorrência de chuvas durante todo o ano, que no inverno são menos intensas e mais longas e no verão são mais curtas e fortes. O acesso a Maturacá é essencialmente aéreo, pois não existem vias terrestres e o acesso fluvial é possível somente para embarcações pequenas e com pouca capacidade de carga (por ex.: “voadeiras”), devido à sinuosidade e pequeno porte dos rios que passam pelo local.

O aeródromo de Maturacá sofreu uma intervenção, pela COMARA, no início dos anos 90, quando foi feita uma ampliação da pista no sentido da Cab.25, o que permitiu uma ampliação lateral de 18 para 30 metros de largura, visto que nas laterais da parte antiga da pista, entre o PEF e a Cab.07, existem desníveis que tornariam muito onerosa a ampliação lateral neste trecho. A pista passou então a contar com 1200m x 30m mais uma área pavimentada, entre a Cab07 e o PEF, de 300m x 18m, tornando-se operacional para a aeronave tipo C-130 Hércules (Figura 65)



Foto 9 – Pista do aeródromo de Maturacá

No fim dos anos 90 foi realizada uma nova intervenção para a execução de uma camada de Tratamento Superficial Duplo (TSD) no trecho de 1200m x 30m, a fim de se revitalizar o revestimento e prolongar a vida útil do pavimento. Em 2002 ela passou por nova intervenção, recebendo uma nova camada de revestimento.

8.4.2 Planejamento

Tendo sido vítima de ataques de inimigos, o aeródromo de Maturacá encontra-se com sua pista bastante avariada (Figura 66), necessitando de reparos para que volte a ser operacional.

Seguindo-se o método proposto no Capítulo 3, procedeu-se a localização dos danos na pista, conforme mostrado na Tabela 32.

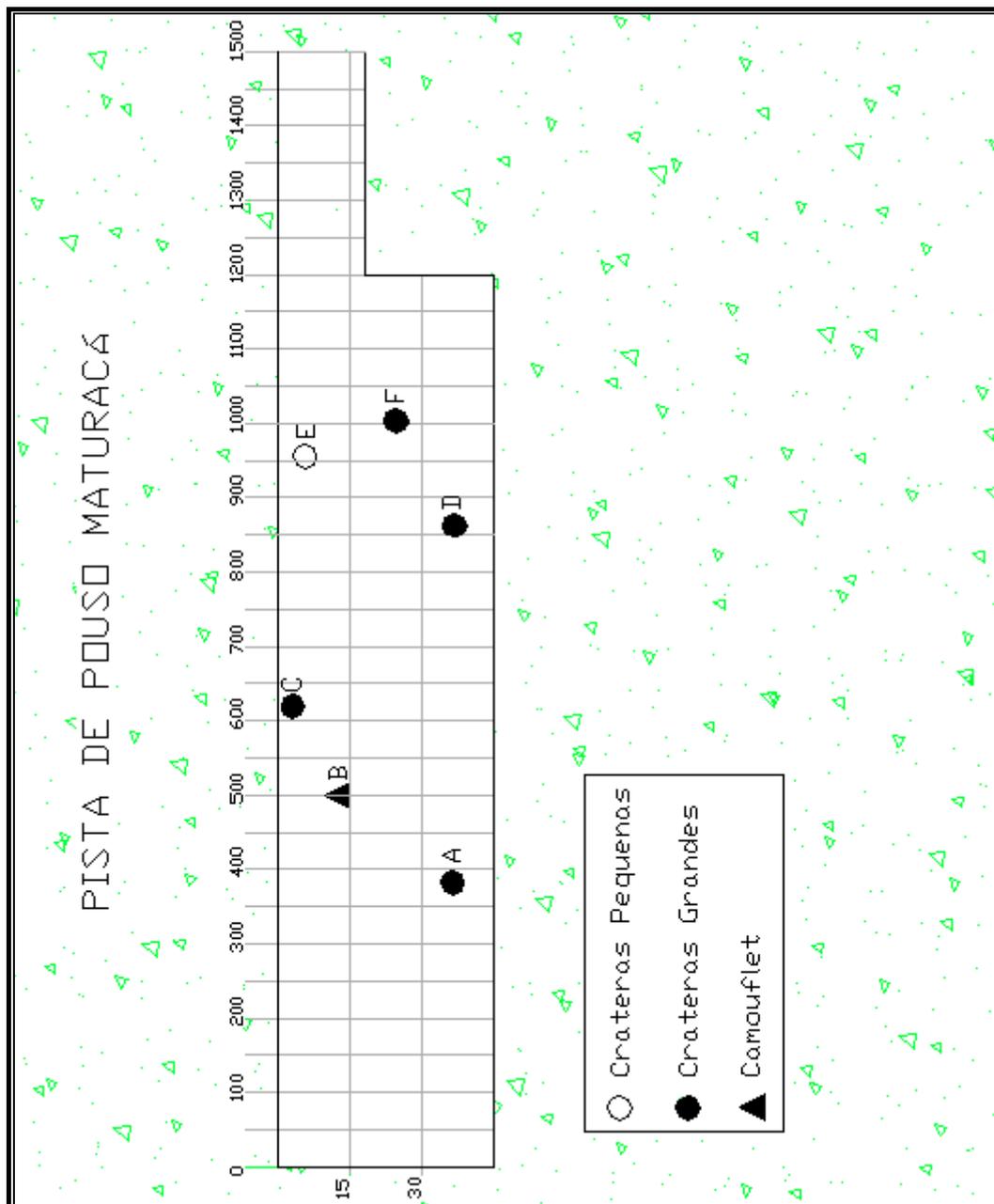


Figura 65 – Mapeamento de Danos

Tabela 32– Quadro de danos de Maturacá

DANO	SÍMBOLO	POSICÃO		DIMENSÕES	
		X	Y	Profundidade	Diâmetro(m)
A	●	380	380	1,50	6,50
B	▲	495	495	1,00	1,50
C	●	610	610	2,00	7,00
D	●	860	860	2,00	6,00
E	○	955	955	1,25	5,00
F	●	1005	1005	2,00	9,00

Em seguida, foi realizada a escolha da solução técnica mais adequada a realidade local, avaliando a disponibilidade de recursos naturais, a dificuldade de acesso (logística de transporte), as condições climáticas, o tempo e facilidade de execução, dentre outros.

8.4.3 Roteiro para a execução dos reparos

Devido ao fato de se situar em uma bacia Podzólica, os solos são predominantemente de textura fina, que não dão boa capacidade de suporte (Capítulos 6 e 7). O acesso disponível hoje é somente via aérea, e devido ao fato de as condições serem análogas às de Eirunepé, a logística envolvida para reparos nestas localidades acabam sendo muito semelhantes, não havendo, portanto, a necessidade de ser repetida neste item.

Contudo, com a finalidade de dar um tratamento diferenciado a este estudo de caso, além de ser aberta a possibilidade do uso de uma nova logística de reparo, fica a proposta de utilização de um “kit” tapa buraco da Romanelli chamado de TBR 500. Tal técnica foi desenvolvida para reparos em rodovias, sendo perfeitamente adaptável às situações de reparos de emergências, tudo graças ao fato de sua montagem ser feita num caminhão convencional e de ser potencialmente transportado por uma aeronave C-130.

Este KIT permite a produção de uma quantidade C.B.U.Q.suficiente para o reparo do revestimento. No Anexo D encontram-se as especificações técnicas do TBR-500, além de sua capacidade de produção e do pessoal necessário.

Como definido inicialmente, o presente trabalho de graduação teve por objetivo analisar as técnicas de reparos rápidos a danos em pistas de pouso e decolagem com a finalidade de adaptá-las às condições da Amazônia. Para atingir esta meta, inicialmente se definiu todos os conceitos envolvidos no processo de reparos rápidos de pistas, sendo logo em seguida feito um compêndio das técnicas de reparos rápidos mais utilizadas, ressaltando suas qualidades e restrições.

O passo seguinte foi, visando possibilitar a elaboração da logística envolvida no reparo de pistas, elaborar um estudo sobre a capacidade das aeronaves de carga FAB, bem como o processo de lançamento de cargas em vôo. Estando definidas as limitações impostas neste processo, procedeu-se uma pesquisa, listando os equipamentos que atendessem a estas restrições.

Com os estudos voltados para a Região Amazônica, passou-se a análise dos solos com o intuito de se delimitar as regiões com características semelhantes, bem como suas limitações impostas pela qualidade dos solos de cada localidade.

Para finalizar, as técnicas de reparos rápidos de pistas foram adaptadas às condições da Amazônia, encerrando o processo com um estudo de casos onde se aplicaram, de forma prática, toda a teoria desenvolvida.

Dentro das propostas de soluções para adaptação das técnicas para a região amazônica, destacou-se a solução que utilizava geossintético como substituição ao preenchimento da cratera, podendo ser vantajosa em regiões com carência de materiais de boa capacidade de suporte.

A proposta de solução com geossintético foi estudada de forma superficial e, embora o modelamento inicial do problema tenha sido positivo, é necessário que se dê continuidade a estes estudos, a fim de se poder operacionalizar a técnica. Cabe salientar, ainda, que um estudo mais aprofundado sobre as técnicas de estabilização dos solos da Amazônia se faz necessário, tendo-se em vista que existem novos cimentos de cura rápida disponíveis no mercado e que ainda não foram testados na estabilização de solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral Jr., Antônio **Estudo de alternativas de estabilização de solos tropicais da Amazônia**. Trabalho de Graduação. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, SP, 1985.

Araújo, Elio Elias de **Estudo de características físicas, químicas e mecânicas de concreto de resina poliéster**. Tese de Mestrado. Divisão de Engenharia Mecânica, ITA, São José dos Campos, SP, 1982.

Comando da Aeronáutica. **Manual da Unidade Celular de Engenharia MMA 400-7**, 29 de março de 1990.

Comando da Aeronáutica, 1º/1º Grupo de Transporte. **TO 1C-130A-9**. [S.L.]

Comando da Aeronáutica, 1º/1º Grupo de Transporte. **Cargo Loading Manual**. [S.L.]

Comando da Aeronáutica, 1º/1º Grupo de Transporte. **10-501** [S.L.]

Comando da Aeronáutica, 1º/1º Grupo de Transporte. **TO 13C7-1-11** [S.L.]

Comando da Aeronáutica, 1º/1º Grupo de Transporte. **Airdrop of supplies and equipment: rigging containers** [S.L.]

Costa, Alex Moraes da **Análise do comportamento “in situ” de solos plintíticos empregados como camada estrutural de pavimentos**. Trabalho de graduação. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, SP, 1999.

Department of the Army. **Air Base Damage repair (Pavement Repair) TC 5-340**, Washington, DC, 27 December 1988.

Guimarães, J. Epitácio Passos **Estabilização de solos**. São Paulo: Tipografia Fonseca Ltda, 1971. 68p.

Lima, Luiz Carlos **O ensaio DCP aplicado no controle de qualidade de compactação de obras viárias executadas com solos lateríticos de textura fina**. Tese de Mestrado. Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica ITA, São José dos Campos, SP, 2000.

Rocha, Marco A. Veríssimo da **Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem**. 1998

Sombroek, W.G. **Amazon soils – a reconnaissance of soils of Brazilian Amazon region**. Dc. Thesis, State Agricultural University Wageningen, Netherlands, 1966, 292p.

Vertamatti, Eugenio **Contribuição ao conhecimento geotécnico de solos da Amazônia com base na investigação de aeroportos e metodologias MCT e Resiliente**. Tese de Doutorado. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, SP, 1988.

Vidal, Delma de M. e Fabrin, T. W. **A contribution to geosynthetics design in subsidence problems**, São José dos Campos, SP, 2002.

Wanderley Neto, A.C. **Estudo da transformação de propriedades geotécnicas de solos plintíticos da Amazônia para fins de pavimentação**. Tese de Mestrado. ITA, São José dos Campos, SP, 1995.

BIBLIOGRAFIAS**CONSULTADAS**

Ayres Jr., Manuel. Reparos de emergência em aeródromos. **Revista da Direng**, Rio de Janeiro, Pg 20-24, Junho de 2002

Associação brasileira de Cimento Portland. **Construção das bases de solo-cimento pelo processo de mistura a pista**. São Paulo, 1980.

Atkins, Harold N. **Highway Materials, Soils, and Concretes**. 3.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

Atkinson, Ken **Highway maintenance handbook**. 2.ed. London: Thomas Telford, 1997.

Baptista, Cyro de Freitas N. **Pavimentação Tomo II: compactação dos solos no campo, camadas de base, estabilização dos solos**. Porto Alegre: Editora Globo, 1974.

História da força aérea Brasileira **Aeronaves da Força Aérea Brasileira**. *Disponível em* <http://www.rudnei.cunha.nom.br/FAB/port/aeronave.html>. Acesso em 14 de agosto de 2003.

Instituto Brasileiro de Petróleo. **Informações básicas sobre materiais asfálticos**. 2. ed. 1978

Pinto, Ottomar de Souza Doutria de emprego da engenharia da FAB em campanha. COMARA [S.L.]

Santos, Henrique Augusto Cruz **Ataque a aeródromos**, *Disponível em* : <http://www.milavicorner.hpg.ig.com.br/pdf/aa.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2003.

Military Analysis Network **C-130 Hércules** *Disponível em*: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/c-130.htm>. Acesso em 3 de agosto de 2003.

GeoCHEM Incorporated **Geo-Set Concrete Repair Slurry** *Disponível em*: http://www.geocheminc.com/geo_set.htm. Acesso em 25 de junho de 2003.

Préfort **Préfort equipamentos**, *Disponível em*: <http://www.construindo.com.br/prefort/preco.html>. Acesso em 13 de setembro de 2003.

Escad Rental **Seu shopping de Equipamentos**, *Disponível em*: <http://www.escad.com.br>. Acesso em 20 de outubro de 2003.

Exército Brasileiro **Operação Tapuru**, *Disponível em*: <http://www.exercito.gov.br/03Brafor/operacoes/tapuru/indice.htm>. Acesso em 13 de setembro de 2003.

Exército Brasileiro **Equipamentos de Terraplanagem**, *Disponível em*: <http://www.exercito.gov.br/03Brafor/armas/Engenhar/terraple.htm>. Acesso em 13 de setembro de 2003.

Romanelli Linha de produtos Romanelli, *Disponível em:*
<http://www.romanelli.com.br/produtos.asp>. Acesso em 20 de novembro de 2003.

Sistemas de armas TOA - Teatro de Operações da Amazônia, *Disponível em:*
<http://www.sistemasdearmas.hpg.ig.com.br/fx06toa.html>. Acesso em 21 de novembro de 2003.

Considerações iniciais

Durante reparos em pistas de aeródromos na região amazônica, é comum não haver disponibilidade de material com características adequadas para o preenchimento de crateras. Nestas situações uma solução a ser considerada é a utilização de um geossintético do tipo Geocomposto, a fim de eliminar a necessidade de reconstrução da sub-base. Aqui será mostrada uma proposta de método de dimensionamento da geogrelha discutido em Vidal(2002), desenvolvido para cálculo de reforços em locais com subsidência, mas que pode ser aplicado ao caso de crateras, devido às tensões em questão serem semelhantes. Este método na realidade consiste em um pré-dimensionamento, devendo ser estudados fatores de redução e coeficientes de segurança adequados para que o dimensionamento apresente segurança. Ainda necessita ser estudada a melhor forma de ancoragem para o geossintético.

Será feita uma aplicação prática, onde se buscará mostrar a viabilidade da utilização dos geossintéticos.

Dimensionamento

Para se efetuar os cálculos será assumida a atuação das forças mostradas na Figura 67.

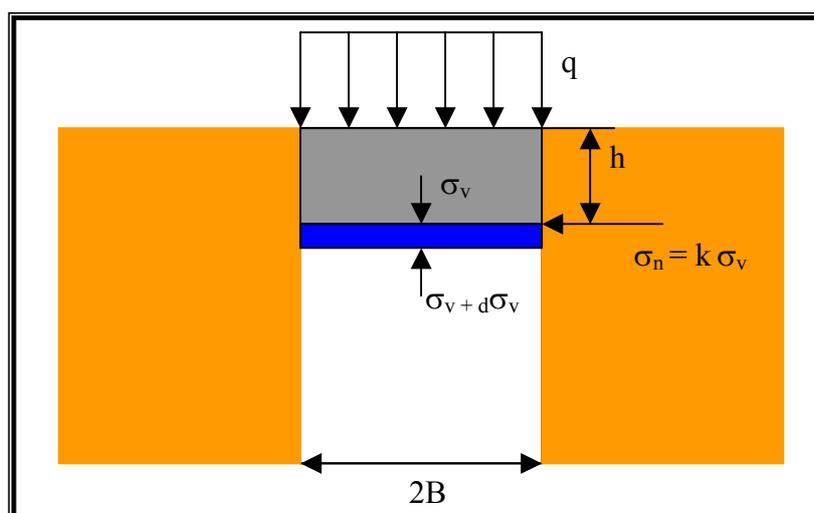


Figura 67 – Esquema de forças atuantes no geossintético

Considerando-se um fino plano que esteja a uma distância h abaixo da superfície, atuando como corpo livre, a tensão vertical no plano pode ser igualada da seguinte forma:

$$2B\sigma_v + 2\gamma Bdh = 2B(\sigma_v + d\sigma_v) + 2k\sigma_v \operatorname{tg}\phi dh + 2c dh \quad (1)$$

Onde:

$2B$ = Diâmetro da cratera

h = distância da superfície ao plano

k = coeficiente de pressão lateral do solo

γ = massa específica

ϕ = Ângulo de atrito interno do solo

c = coesão do solo

Assumindo que na superfície $\sigma_v = q$ temos:

$$\sigma_v = (\gamma B - c) \frac{1 - e^{-k \operatorname{tg}\phi(h/B)}}{k \operatorname{tg}\phi} + q e^{-k \operatorname{tg}\phi(h/B)} \quad (2)$$

Se for assumido que o geossintético se deforma como um arco de círculo, a equação que soluciona este problema:

$$T = \frac{B\sigma_v}{\operatorname{sen}\theta} \quad (3)$$

Onde T é a tensão agindo no geossintético.

Sendo:

$$\varepsilon = \frac{(\theta - \operatorname{sen}\theta)}{(\operatorname{sen}\theta)} \quad (4)$$

e

$$\sigma_v B = K(\theta - \operatorname{sen}\theta) \quad (5)$$

Por interação é possível determinar um θ que satisfaça a equação (5) e calcular T por (3). O máximo deslocamento, f , é dado por:

$$f = B(1 - \operatorname{cos}\theta)/\operatorname{sen}\theta \quad (6)$$

Aplicação

Será feito agora um dimensionamento utilizando dados típicos, a fim de se analisar a resistência que um geossintético deveria possuir para poder ser aplicado nesta situação. Para permitir a execução dos cálculos serão assumidas simplificações e aproximações que estão explanadas ao longo do texto.

Será considerada uma cratera com 5m de diâmetro ($\text{Área} = 19,6 \text{ m}^2$) e profundidade de 3m, mas será refeita somente uma camada de 50cm de aterro sobre o geotêxtil (Figura 68). O solo a ser utilizado terá as seguintes características: $\gamma = 21,1 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 38^\circ$ e $c = 4,0 \text{ kPa}$.

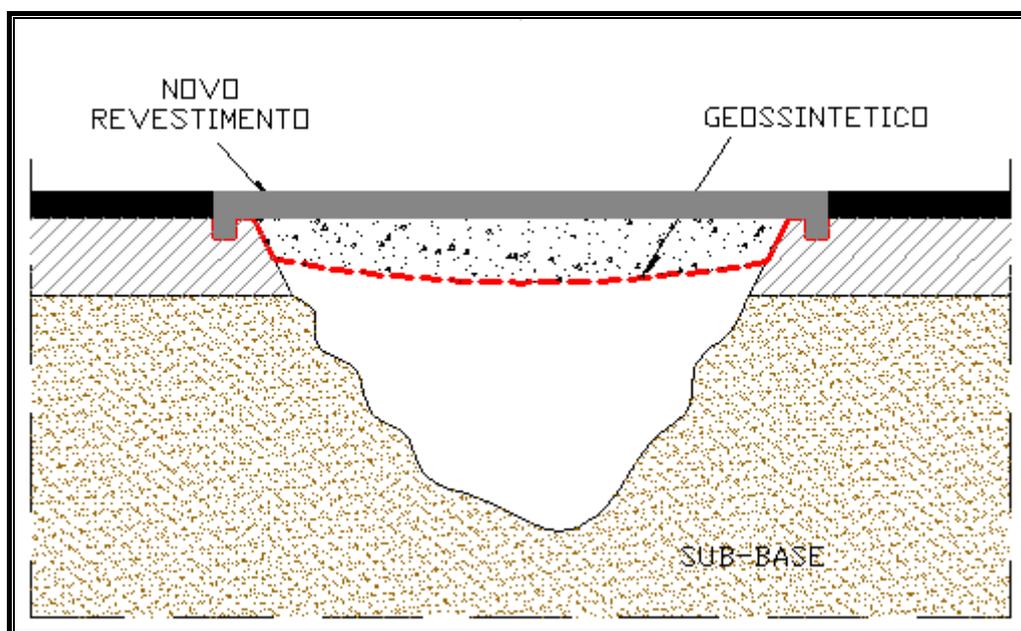


Figura 68 – Esquema da colocação do geossintético

Para a definição da carga que a aeronave aplicará quando passar sobre a cratera, será tomado como referência o avião de caça AMX. Como pode ser visto no Anexo A, seu peso padrão em missão é de 10500Kg. Considerando-se que cerca de 80% deste peso é suportado pelo trem de pouso principal, e que o entre eixos não permita que o trem de pouso fique todo sobre a cratera, pode-se admitir que esta aeronave aplicará uma carga máxima de 8400kg sobre a cratera.

Assumindo-se que o revestimento aplicado é rígido o suficiente para distribuir uniformemente as tensões sobre o geossintético chegamos a $q = 428 \text{ kg/m}^2 = 4,28 \text{ kN/m}^2$.

Como se deve limitar as deformações que o pavimento sofrerá sob ações das cargas, tomando-se como aceitável uma deformação de 10cm no centro da cratera, obteremos da equação 6, $\theta = 4,6^\circ$.

A partir da equação (2) encontramos $\sigma_v = 12,68 \text{ kN/m}$

Agora utilizando a equação (3) encontramos a resistência a tração que o geossintético deve ter para suportar as tensões:

$$T = 395,49 \text{ KN/m}$$

Embora este seja um valor que não considera nenhum fator de segurança ou fator de redução, ele mostra que é possível utilizar os *geossintéticos* nos reparos, pois já se tem disponível no mercado *geogrelhas* cuja resistência à tração alcança 2000 KN/m.

Com um estudo mais aprofundado desta técnica ela poderia ser operacionalizada, trazendo grandes vantagens para o reparo de danos em locais em que não há disponibilidade de materiais de boa capacidade de suporte.

A1(AMX)

A aeronave A-1, ou AM-X como é popularmente conhecida, é um caça-bombardeio-reconhecedor-leve, projetado, desenvolvido e produzido por um consórcio formado entre as empresas EMBRAER, ALENIA e AERMACCHI, dentro do contexto de um Programa Conjunto entre o Brasil e a Itália. É uma excelente aeronave de ataque e reconhecimento, que por suas características tecnológicas e capacidade operacional, colocou a FAB em posição destacada no cenário militar da América do Sul. O A-1 tem como missão principal o reconhecimento e o ataque a alvos de superfície, contando para tal com excelente raio de ação e autonomia, além da capacidade de reabastecimento em voo, o que lhe permite alcançar pontos distantes, com alto valor estratégico. Está equipado com uma aviônica moderna, o que lhe garante a utilização de uma vasta gama de armamentos, cuja precisão é garantida por meio dos seus sistemas e computadores de bordo.

PAÍS DE ORIGEM		Brasil/Itália
FABRICANTE		Consórcio Embraer, Aermacchi e Alenia
TIPO		Reconhecimento e ataque ao solo
MOTOR		Rolls-Royce RB 168-807 Turbofan sem pós-combustão
DESEMPENHO	VEL. MÁXIMA	1160 km/h
	VEL. CRUZEIRO	950 km/h
	RAIO DE ATAQUE COM 907 KG DE ARMAMENTOS, 5 MIN DE COMBATE E 10% DE RESERVA COM DOIS TANQUES EXTRAS DE 1000L CADA	Hi-Lo-Hi: 809 km, Lo-Lo-Lo: 555 km
PESO	VAZIO	6.700 kg
	MISSÃO PADRÃO	10.750 kg
	MÁX. DECOLAGEM	13.000 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	9,97 m
	COMPRIMENTO	13,55 m
	ALTURA	4,55 m
	ÁREA DE ASA	21 m ²
ARMAMENTO		2 canhões Bernardini MK-164 de 30mm, além dos armamentos externos acondicionados em duplo "pylon" sob a fuselagem; 4 pontos "duros" sob as asas; e 2 trilhos de ponta de asa para mísseis ar-ar.
PESO MÁX. ARMAMENTO		3.800 kg que podem incluir mísseis ar-terra, bombas de fragmentação, armamentos dirigidos eletro-ópticos, bombas de ativação livre ou retardada e lança-foguetes. O AMX conta também com 3 sistemas alternativos para reconhecimento fotográfico.
EXPERIÊNCIA EM COMBATE		Empregado na Iugoslávia, em 1999.
TRIPULAÇÃO		1
OPERADORES		Brasil, Itália

AT/RT-26 (Xavante)



Construído pela Embraer sob licença da Aermacchi, o modelo MB-326, aqui denominado AT-26 Xavante, destina-se a missões de Treinamento e de Ataque ao Solo. Produzido, em quatro continentes, ele suporta 7,5G's positivos e 3G's negativos, o que o torna extremamente manobrável. Construído na Itália, Austrália, Brasil e África do Sul o Xavante é muito admirado pelo seu baixo custo de produção e operação, com resultados de alto desempenho e versatilidade. Na África do Sul, o Impala, como é chamado, equipa a esquadrilha de demonstração aérea Silver Falcons e operou em missões de penetração ao território angolano na Guerra da Namíbia.

No Brasil, o Xavante equipa esquadrões de Caça e Reconhecimento, além de operar no Comando Aéreo de Treinamento (CATRE). É um avião que reúne simplicidade e bom desempenho, equipando, além da Força Aérea Brasileira, as armas aéreas da Argentina, Paraguai e Togo.

PAÍS DE ORIGEM		Itália
PAÍS DE FABRICAÇÃO		Brasil
FABRICANTE		Embraer
TIPO		Avião de treinamento e ataque ao solo
MOTOR		Turbojato Rolls-Royce, Bristol Viper 20, MK-540, de 3.410 lb de empuxo.
DESEMPENHO	VEL. MÁX. ATAQUE	871 km/h
	TETO	14.000 m
	RAIO DE COMBATE	648 km
PESO	VAZIO:	2.474 kg
	MÁX. DECOLAGEM:	5.220 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA:	10,84 m
	COMPRIMENTO:	10,65 m
	ALTURA:	3,72 m
	ÁREA DE ASA:	19,35 m ²
ARMAMENTO		Combinações de bombas leves, metralhadoras .50 pol. sob as asas, lança-foguetes e disposição para câmeras de reconhecimento fotográfico
TRIPULAÇÃO	TREINAMENTO	2
	ATAQUE	1
OPERADORES		Argentina, Brasil, Paraguai, Togo
EXPERIÊNCIA EM COMBATE		variante italiana - Malvinas; variante sul-africana (Impala) - Namíbia

C-95 (Bandeirante)



Um dos maiores êxitos da aviação civil e militar brasileiras - verdadeiro best-seller- , o Bandeirante partiu de um ambicioso projeto do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IPD) do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) na década de 60, tornando-se o ponto de partida

para o incrível sucesso de nossa indústria aeronáutica, tanto no Brasil quanto no exterior. O Bandeirante efetua missões de transporte de cargas leves e de passageiros, além de lançar pára-quedistas em missões de infiltração ou de salto livre. Sua versatilidade permite também a participação tanto em operações de busca e salvamento, quanto para aferir equipamentos dos aeroportos. O R-95, equipado com uma câmera Zeiss, executa missões de reconhecimento fotográfico e aerofotogrametria. Utilizado nas pinturas branca e camuflada, o Bandeirante é presença constante em praticamente todos os aeroportos brasileiros.

PAÍS DE ORIGEM		Brasil
FABRICANTE		Embraer
TIPO		Avião de transporte médio
MOTORES		2 (Pratt & Whitney, Canadá PT6A-27, turboélice de 750 SHP)
DESEMPENHO	VEL. MÁXIMA	452 km/h
	VEL. MÁX. CRUZEIRO	341 km/h
ALCANCE		1.900 km
PESO	VAZIO	3.402 kg
	MÁX. DECOLAGEM	5.600 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	-14,22 m
	COMPRIMENTO	15,33 m
	ALTURA	4,73 m
	ÁREA DE ASA	29 m ²
TRIPULAÇÃO		3
ARMAMENTO		Nenhum
OPERADORES MILITARES		Brasil, Chile, Gabão, Uruguai, Cabo Verde e Colômbia
OPERADORES CIVIS		Brasil, Estados Unidos, França, Inglaterra, Colômbia, México, Austrália, Bélgica, Canadá, etc.

C-115 (Búfalo)

Desenvolvido para ser um avião de característica STOL (*"Short Take Off and Landing"*) (decolagem e pouso curtos), destinado a transporte de cargas, o Buffalo adaptou-se facilmente às necessidades da Força Aérea na Região Amazônica. Seu desempenho em pistas curtas é superior ao de qualquer outra aeronave de transporte em sua classe, com a mesma desenvoltura em extremos opostos de condições climáticas. Utilizado como lançador de pára-quedistas e transporte de cargas leves, o Buffalo tornou-se imagem constante nas regiões mais remotas do País.

PAÍS DE ORIGEM		CANADÁ
FABRICANTE		De Havilland Canadá
TIPO		Transporte de tropas e cargas leves
MOTORES		2 (G E Turboélice CT64-820-1 de 3.055 SHP)
DESEMPENHO	Vel. máxima	435 km/h
	VEL. MÁX. CRUZEIRO	420 km/h a 3.050 m
	ALCANCE	1.112 km (8.164kg)
PESO	VAZIO	10.505 kg
	MÁX. DECOLAGEM	18.598 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	29,26 m
	COMPRIMENTO	24,08 m
	ALTURA:	8,73 m
	ÁREA DE ASA	87,8 m ²
TRIPULAÇÃO		4 (além de 41 soldados ou 34 pára-quedistas ou 24 macas e 6 médicos)
OPERADORES		Brasil, Birmânia, República dos Camarões, Canadá, Equador, Egito, Etiópia, México, Peru, Sudão, Tanzânia, Togo, Estados Unidos, Zaire, Zâmbia, Quênia, Oman, Maurício, Emirados Árabes Unidos

C-130 (Hércules)



O Lockheed C-130 Hércules é o mais versátil avião de carga em sua classe. Encomendado em 1951 pela Força Aérea dos Estados Unidos, é utilizado em todo o mundo. Tornou-se uma das lendas da Aviação atual. Empregado no Vietnã como Transporte Aéreo -e principalmente como canhoneira aérea, utilizando quatro miniguns de 7.62 mm, para saturação de área- , o C-130 tirou de apuros, em diversas ocasiões, as tropas terrestres americanas.

A sua mais famosa participação em combate foi durante o resgate de Entebbe, em Uganda, quando comandos israelenses os utilizaram para libertar passageiros de um Airbus que havia sido sequestrado por terroristas. Na Guerra das Malvinas, o Hércules foi utilizado extensivamente por ambas as Forças (Inglaterra e Argentina), o que também ocorreu no conflito entre Irã e Iraque. No Brasil, o C-130 é chamado carinhosamente por seus pilotos de "O Gordo" sendo responsável por inúmeras missões, que vão do Lançamento de Páraquedistas ao Reabastecimento em Vôo, passando por missões de Busca e Salvamento e de Transporte Aéreo. Os C-130 da FAB fazem constantes viagens internacionais de Ressuprimento Aéreo, além de vôos especiais à Amazônia ou à Antártida. Na Guerra das Malvinas, todos os vôos de ataque da aviação argentina foram reabastecidos pelos C-130 sem registro de qualquer problema.

PAÍS DE ORIGEM		ESTADOS UNIDOS
FABRICANTE		Lockheed
TIPO		Avião básico de transporte pesado
MOTORES		4 (Allison T 56 A 15 turboélice de 4.090 HP)
DESEMPENHO	Vel. máx. cruzeiro	560 km/h
	ALCANCE	3.792 km
	COM TANQUES EXTRAS	7.876 km
	AUTONOMIA	8 h
PESO	VAZIO	34.686 kg
	MÁX. DECOLAGEM	79.379 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	40,41 m
	COMPRIMENTO	39 m
	ALTURA	11,66 m
	ÁREA DE ASA	162,1 m ²
TRIPULAÇÃO		5 (mais 90 soldados ou 64 pára-quedistas ou 74 macas e 2 médicos)
OPERADORES		Brasil, Abu Dhabi, Argélia, Argentina, Austrália, Bélgica, República dos Camarões, Canadá, Chad, Chile, Colômbia, Dinamarca, Equador, Egito, França, Gabão, Grécia, Honduras, Indonésia, Irã, Iraque, Israel, Itália, Japão, Jordânia, Coreia do Sul, Kuwait, Líbia, Malásia, Marrocos, Nova Zelândia, Niger, Nigéria, Noruega, Oman, Paquistão, Peru, Filipinas, Portugal, Arábia Saudita, Cingapura, África do Sul, Espanha, Sudão, Suécia, Síria, Taiwan, Turquia, Tailândia, Tunísia, Inglaterra, Estados Unidos, Venezuela, Vietnã, Iêmen do Norte, Zaire, Emirados Árabes Unidos

CH-34 (Super Puma)



Versão mais avançada do Puma, o Super Puma é um dos mais modernos e avançados helicópteros em operação. Fabricado em cinco modelos, dois dos quais com finalidades civis, destaca-se por sua grande capacidade de transporte e resistência. Com um motor Turbomeca Makila, o Super Puma consegue desempenho superior ao Puma. Outras inovações, que o tornam mais seguro e eficiente, são as pás dos rotores em fibra de vidro e as engrenagens e rolamentos que podem funcionar sem óleo por uma hora.

Sua capacidade para transportar 20 soldados totalmente equipados faz dele um excelente helicóptero para operações de assalto. Os Super Puma da FAB são presença constante na Amazônia e no auxílio à população em casos de calamidade, além de prestarem excelente serviço em operações militares. Atualmente um Super Puma é utilizado para Transporte do Presidente da República.

PAÍS DE ORIGEM		FRANÇA
FABRICANTE		Aerospatiale
TIPO		Helicóptero de transporte
MOTORES		2 (Turbomeca Makila 1A de 1.780 SHP)
DESEMPENHO	VEL. MÁX. CRUZEIRO:	280 km/h
	RAZÃO DE SUBIDA:	528 m/min
	TETO OPERACIONAL:	4.600 m
	ALCANCE:	635 km
PESO	VAZIO:	4.200 kg
	MÁX. DECOLAGEM:	8.700 kg
DIMENSÕES	DIÂMETRO DO ROTOR PRINCIPAL	15,6 m
	COMPRIMENTO	14,76 m
	ALTURA	4,92 m
ARMAMENTO		Pode levar mísseis ar-terra, metralhadoras, canhões ou foguetes, além de mísseis AM-39 Exocet ou 6 AS 15TT antitanques
EXPERIÊNCIA EM COMBATE		África do Sul, em operações na Namíbia; Argentina, na Guerra das Malvinas
OPERADORES		Brasil, Abu Dhabi, Argentina, Chile, Equador, França, Kuwait, Oman, Quatar, Cingapura, Espanha e Indonésia

F-5 (TIGER II)



O F-5 E é um caça tático de defesa aérea e ataque ao solo. Concebido como substituto mais potente do F-5 A, o F-5 E tornou-se um dos aviões mais operados no mundo. Testado em combate no Vietnã, o F-5 E é extremamente manobrável e rápido, constituindo-se um excelente avião para combates aéreos. Com mais de 1.350 unidades vendidas, o F-5 E equipa mais de 20 Forças Aéreas, tendo sido, inclusive, produzido sob licença na Suíça.

Os F-5E brasileiros tornaram-se mundialmente célebres durante a Guerra das Malvinas, quando interceptaram um bombardeiro Vulcan inglês que entrara em nosso espaço aéreo. Executando missões de Interceptação e Ataque ao Solo, o F-5 E é, juntamente com o Mirage III, a primeira linha de defesa de nosso espaço aéreo.

PAÍS DE ORIGEM		ESTADOS UNIDOS
FABRICANTE		Northrop
TIPO		Caça táctico
MOTORES		2 (Gen. Electric J85-GE-21 a 5.000 lb de empuxo)
DESEMPENHO	VEL. MÁXIMA:	2.112 km/h (mach 1.63 a 10.975 m)
	TETO:	15.790 m
	RAIO DE COMBATE:	1.056 km (tanque cheio, 2 mísseis AIM 9-B Phytton e 5 min de combate a 5.000 m)
	RAIO DE COMBATE:	222 km (tanque cheio, 2359 kg de armamentos, 2 mísseis AIM 9-B Phytton e 5 min de combate ao nível do mar)
PESO	VAZIO:	4.346 kg
	MÁX. DECOLAGEM:	11.192 kg
		-
DIMENSÕES	ENVERGADURA:	8,13 m
	COMPRIMENTO:	14,68 m
	ALTURA:	4,06 m
	ÁREA DE ASA:	17,28 m ²
ARMAMENTO		2 canhões M39A2 de 20 mm com 280 tiros cada, 2 mísseis Python 3 além de até 3.175 kg de armamentos em 5 pontos "duros", incluindo bombas, foguetes e mísseis ar-terra
TRIPULAÇÃO		1
OPERADORES		Brasil, Bahrain, Chile, Etiópia, Indonésia, Irã, Jordânia, Quênia, Coreia do Sul, Malásia, México, Marrocos, Filipinas, Arábia Saudita, Cingapura, Sudão, Suíça, Taiwan, Tailândia, Tunísia, Iêmen do Norte, Estados Unidos

F-103 (Mirage III E BR)



O Mirage III é sem dúvida o avião de combate de maior sucesso produzido na Europa ocidental. Ele formou por muito tempo a espinha dorsal do sistema de defesa francês, escolhido por sua simplicidade, confiabilidade e alto desempenho. Exaustivamente provados em combate, os Mirage III foram decisivos na campanha aérea da Guerra dos Seis Dias, em 1967, quando, pilotados pela Força Aérea Israelense, conseguiram dezenas de vitórias ar-ar e a completa destruição da aviação árabe no solo. Em dezembro de 1971, pilotos paquistaneses conseguiram com seus Mirage III oito vitórias no ar e duas no solo contra a Força Aérea Indiana. Em 1982, eles foram empregados pela Força Aérea Argentina na Guerra das Malvinas, e ainda hoje são utilizados pela África do Sul em operações na Namíbia.

No Brasil, os Mirage IIIEBR e IIIDBR equipam o 1º GDA (Primeiro Grupo de Defesa Aérea), onde estão sempre prontos para missões de Interceptação como peça importante do sistema de Defesa Aérea e no Controle de Tráfego Aéreo Brasileiro.

PAÍS DE ORIGEM		FRANÇA
Fabricante		Dassault-Breguet
TIPO		Interceptador de defesa aérea
MOTORES		1 (Turbojato SNECMA ATAR-09C7/038, 13.230 lb de empuxo)
DESEMPENHO	VEL. MÁXIMA	2.400 km/h vazio a nível do mar e Mach 2.2 a 12.000 m
	RAIO DE COMBATE	1.206 km
	TETO OPERACIONAL	16.764 m
PESO	VAZIO	7.050 kg
	MÁX. DECOLAGEM	13.500 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	8,22 m
	COMPRIMENTO	15,03 m
	ALTURA:	4,50 m
	ÁREA DE ASA:	34,85 m ²
ARMAMENTO		2 canhões DEFA de 30 mm com diversas combinações de bombas, foguetes e mísseis teleguiados até 1.814 kg
TRIPULAÇÃO		1
OPERADORES		Brasil, Argentina, Austrália, Líbano, Paquistão, África do Sul, Espanha, Suíça, Venezuela
EXPERIÊNCIA EM COMBATE		Guerra dos 6 dias -Força Aérea Israelense; Guerra Indo-paquistanesa- Força Aérea Paquistanesa; Namíbia -Força Aérea Sul-africana; Guerra das Malvinas -Força Aérea Argentina

KC-137/Boeing 707

O Boeing KC-137 é uma versão militar do Boeing 707. Adaptado para reabastecimento em vôo e transporte de carga, o KC permite a FAB aumentar seu raio operacional. Em determinadas situações, o KC-137 pode ser utilizado para o transporte executivo, atendendo especialmente à Presidência da República. Voando em constante treinamento com os F-5E e A-1, os KC-137 garantem autonomia aos nossos caças para atingirem qualquer zona fronteira do território nacional.

PAÍS DE ORIGEM		Estados Unidos
FABRICANTE		Boeing
TIPO		Avião de reabastecimento em vôo
MOTOR		4 (Pratt & Whitney JT3C6 turbojato e 6.123 kg de empuxo)
DESEMPENHO	VEL. MÁX. CRUZEIRO	966 km/h a 7.620 m
	ALCANCE MÁXIMO	11.000 km
DIMENSÕES	ENVERGADURA	44,42 m
	COMPRIMENTO	46,61 m
	ALTURA	12,93 m
	ÁREA DE ASA	279,63 m ²
ARMAMENTO		Nenhum
TRIPULAÇÃO		5
OPERADORES		Brasil, Argentina, Austrália, Canadá, Chile, Colômbia, Equador, Alemanha, Indonésia, Irã, Israel, Marrocos, Portugal, Arábia Saudita, Estados Unidos, França e Venezuela.

C-91 (Avro ou HS-748)

O Avro, como é conhecido na FAB, foi desenvolvido no final da década de 50, para substituir os C-47, C-46 e toda a linha dos CONVAIR. Pela sua versatilidade é utilizado por inúmeros países em tarefas militares. Também foi fabricado pela Índia. No Brasil, realiza missões de transporte de carga, passageiros e até lançamento de pára-quedistas.

PAÍS DE ORIGEM	INGLATERRA
FABRICANTE	Hawker Siddeley
TIPO	Avião de transporte
MOTOR	2 (Turbohélice Rolls-Royce Dart RDa 7MK 534-2 de 2 280 HP)
DESEMPENHO	-
VEL. MÁX. CRUIZEIRO	452 km/h
ALCANCE	2 613 km
PESO	-
VAZIO	11 545 kg
MÁX. DECOLAGEM	23 133 kg
DIMENSÕES	-
ENVERGADURA	30 02 m
COMPRIMENTO	20 42 m
ALTURA	7 57 m
ÁREA DE ASA	75 35 m ²
ARMAMENTO	-
TRIPULACÃO	4
OPERADORES	Brasil Colômbia Equador Índia Austrália Nova Zelândia e Inglaterra

P-95 (Bandeirante Patrulha)



Versão do Bandeirante para patrulhamento marítimo, o P-95 "Bandeirulha" veio ocupar inteligentemente uma lacuna na Aviação moderna. Seu desempenho é superior ao do avião que lhe deu origem, em razão dos motores PT-6A-34 e dos tanques de ponta de asa que lhe aumentam a autonomia para sete horas e vinte minutos. Equipado com potente aparelho de radar colocado no nariz, e pontos "duros" sob as asas para lançamento de foguetes, conta também com faróis de longo alcance destinados à busca noturna. Os Bandeirulhas patrulham a costa, executam a identificação e o controle do tráfego mercante e se adestram em operações de busca e salvamento (mediante homologação).

PAÍS DE ORIGEM	Brasil
FABRICANTE	Embraer
TIPO	Avião de Patrulha
MOTORES	2 (Pratt & Whitney, Canadá PT6A-34, turboélice de 750 SHP)
DESEMPENHO	-
VELOCIDADE MÁXIMA	230 nós, cerca de 420 km/h
VEL. MÁX. CRUZEIRO	393 km/h
ALCANCE	2.703 km
PESO VAZIO	5.150 kg
PESO MÁX. DECOLAGEM	7.000 kg
DIMENSÕES	-
ENVERGADURA	15,95 m
COMPRIMENTO	14,91 m
ALTURA	4,83 m
ÁREA DE ASA	29,1 m ²
TRIPULAÇÃO	5

ARMAMENTO	4 "pylons" para foguetes sob as asas
OPERADORES	Brasil, Argentina, Chile e Gabão
OBSERVAÇÃO	A Argentina somente utilizou o EMB 111 durante a Guerra das Malvinas, em 1982

T-27 (Tucano)



O T-27 Tucano é um treinador turboélice que inovou o mercado ao introduzir, entre outras novidades, assentos ejetáveis Martin Baker BR8LC em seu equipamento. Sua cabine é muito avançada para um avião de treinamento básico e visa a familiarizar o Cadete, antecipadamente, com os controles dos caças a jato. Operados como treinadores em Pirassununga, na Academia da Força Aérea, os Tucanos da FAB também equipam Esquadrões de Ataque ao Solo, na sua versão designada AT-27. Além das missões de Treinamento e Ataque, os Tucanos são utilizados pela Esquadrilha da Fumaça em exibições no Brasil e no exterior. É produzido sob licença na Inglaterra pela Shorts Brothers, recebendo o nome de Shorts Tucano e também pela Aol de Kadar, no Egito. O Tucano ocupa de forma brilhante a posição mais destacada no mercado internacional de aeronaves treinadoras básicas, pelo seu alto desempenho, segurança e robustez.

PAÍS DE ORIGEM		BRASIL
FABRICANTE		Embraer
TIPO		Avião de treinamento e ataque ao solo
MOTORES		Pratt & Whitney PT6A-25C turboélice de 750 SHP
DESEMPENHO	VEL. MÁX. A 3.050 M	457 km/h
	TETO	9.936 m
	ALCANCE	2.112 km
PESO	VAZIO	1.810 kg
	MÁX DECOLAGEM	3.175 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	11,14 m
	COMPRIMENTO	9,86 m
	ALTURA	3,40 m
	ÁREA DE ASA	19,40 m ²
ARMAMENTO		Pode levar tubos para foguetes e bombas em 4 pontos sob as asas
TRIPULAÇÃO		2
OPERADORES		Brasil, Paraguai, Iraque, Egito, Inglaterra, França, Honduras, Argentina, Colômbia, Venezuela, Peru e Katar.

Bell UH-1H Iroquois



Imortalizado pelo cinema e pela televisão em incontáveis aventuras, o UH-1H é considerado como o mais importante helicóptero americano de todos os tempos. Empregado extensivamente na Guerra do Vietnã, principalmente para missões de infiltração no Laos, Camboja e Vietnã do Norte, e para a evacuação de feridos, o UH-1H provou sua versatilidade e eficiência em outros teatros de operações, em guerras recentes. O UH-1H tornou-se um dos helicópteros mais utilizados no mundo, tendo sido, inclusive, fabricado sob licença na Alemanha, em Taiwan e na Itália. No Brasil, os UH-1H estão preparados para missões de

todos os tipos. De operações de busca e salvamento a transporte de tropas, e até a missões de ataque ao solo. Os UH-1H são os principais helicópteros do dia-a-dia da FAB.

PAÍS DE ORIGEM E FABRICAÇÃO		Estados Unidos
FABRICANTE		Bell Helicopter Co.
TIPO		Helicóptero de Emprego Múltiplo
MOTORES		Uma turbina Lycoming T53-L13B, de 1.400 SHP
DESEMPENHO	VELOCIDADE MÁXIMA	209 km/h
	RAZÃO DE SUBIDA	488 m/minuto
	TETO OPERACIONAL	3.840 m
	ALCANCE	575 km
PESO	VAZIO	2.309 kg
	PESO MÁX. DECOLAGEM	4.309 kg
DIMENSÕES	DIÂMETRO DO ROTOR PRINCIPAL	14,63 m
	COMPR. FUSELAGEM	12,77 m
	ALTURA	4,42 m
ARMAMENTO		Pode levar metralhadoras laterais e frontais e lança-foguetes
EXPERIÊNCIA EM COMBATE		Argentina, na Guerra das Malvinas; Estados Unidos, na Guerra do Vietnã; Austrália, na Guerra do Vietnã; Irã, no conflito Irã/Iraque; El Salvador, nos conflitos internos; Vietnã, nas guerras atuais da Indochina
OPERADORES		Brasil, Argentina, Austrália, Bahrain, Bolívia, Burma, Canadá, Chile, Colômbia, República Dominicana, Dubai, Equador, Alemanha, Grécia, Guatemala, Honduras, Indonésia, Irã, Japão, Coreia do Sul, Líbia, México, Nova Zelândia, Paquistão, Panamá, Paraguai, Peru, Filipinas, El Salvador, Cingapura, Espanha, Taiwan, Tanzânia, Tailândia, Tunísia, Turquia, Uganda, Uruguai, Estados Unidos, Venezuela, Vietnã

UH-50/CH-55 (Esquilo HB-350 e HB-355)



Montado no Brasil pela Helibrás, sob licença da Aerospatiale da França (atual Eurocopter), este versátil aparelho também é encontrado na versão HB-355 F2, com duas turbinas. O Esquilo monoturbina é utilizado para as tarefas de instrução, utilitárias, Busca e Salvamento e ataque ao solo, com foguetes e metralhadoras.

Já o Esquilo biturbina é empregado nas tarefas de transporte de autoridades onde, no GTE, em Brasília, atende ao transporte do Presidente da República em seus deslocamentos. Também é utilizado no Centro Técnico Aeroespacial, na tarefa de formação de pilotos de ensaio.

TIPO		HELICÓPTERO DE MÚLTIPLO EMPREGO
MOTORES		UH-5001 (turbina TURBOMECA ARRIEL 1B, de 650 SHP) UH-5502 (turbinas ALLISON 250 C.20F, de 420 SHP)
DESEMPENHO	VEL. MÁX. CRUZEIRO	UH-50: 232 km/h UH-55: 224 km/h
	RAZÃO DE SUBIDA	UH-50: 7,9 m/seg. UH-55: 6,8 m/seg.
	TETO DE VÔO PAIRADO	UH-50: 2.950 m UH-55: 1.800 m
DIMENSÕES (AMBOS)	DIÂMETRO DO ROTOR PRINCIPAL	10,69 m
	COMPRIM. FUSELAGEM	10,93 m
	ALTURA	3,14 m
ARMAMENTO (UH-50)		02 lançadores de foguetes LM 70/7 (2x7); 02 casulos de metralhadoras 7.62 mm FN (2X1000 tiros); 02 casulos de metralhadoras 0.50 pol. FN (2X500 tiros) e 01 MAG/FN modelo 60-20 (250 tiros)
OPERADORES		Brasil, Austrália, Bophutatswana República Centro Africana, França, Gabão, Malawi, Cingapura, Tunísia, Djibontí e Paraguai.

VC-97 (Brasília ou EMB-120)

A Embraer, ao projetar o Brasília, não só conseguiu produzir o mais moderno avião turboélice de transporte brasileiro, como preencheu a necessidade que o mercado tinha de um excelente bimotor de passageiros. Sempre que possível, foram empregados componentes de fibra de carbono, tornando a aeronave leve e resistente, capaz de excelente desempenho e com alto grau de economia. Adicionando segurança a estas qualidades, a Embraer equipou o Brasília com o que há de mais moderno em "avionics", tendo conseguido esse conjunto de sofisticação, em parte devido ao fato de todo o projeto ter sido assistido por computadores.

O Brasília está entre os aviões mais vendidos da atualidade, equipando importantes companhias aéreas internacionais. Na FAB, ele é empregado no transporte de autoridades e suas comitivas, pois sua capacidade de transportar até 30 passageiros faz dele a aeronave perfeita para esse tipo de serviço. Operando da Base Aérea de Brasília, o EMB-120 inicia seu serviço na FAB justamente na cidade que lhe empresta o nome.

PAÍS DE ORIGEM E FABRICAÇÃO		Brasil
FABRICANTE		Embraer
TIPO		Avião pressurizado de última geração, para 30 passageiros
DESEMPENHO	VEL. MÁX. CRUZEIRO	556 km/h
	VEL. LONGO ALCANCE	494 km/h
	ALCANCE (494KM/H, 25.000 PÉS, 30 PASSAGEIROS)	1.750 km
	RAZÃO DE SUBIDA	2.120 pés/minuto
	TETO	32.000 pés
PESO	VAZIO	7.580 kg
	PESO MÁX. DECOLAGEM	11.500 kg
DIMENSÕES	ENVERGADURA	19,78 m
	COMPRIMENTO	20,02 m
	ALTURA	6,35 m
	ÁREA DE ASA	39,43 m ²
OPERADOR		Brasil

ANEXO B

MONTAGEM PLACAS DE CONCRETO ARMADO

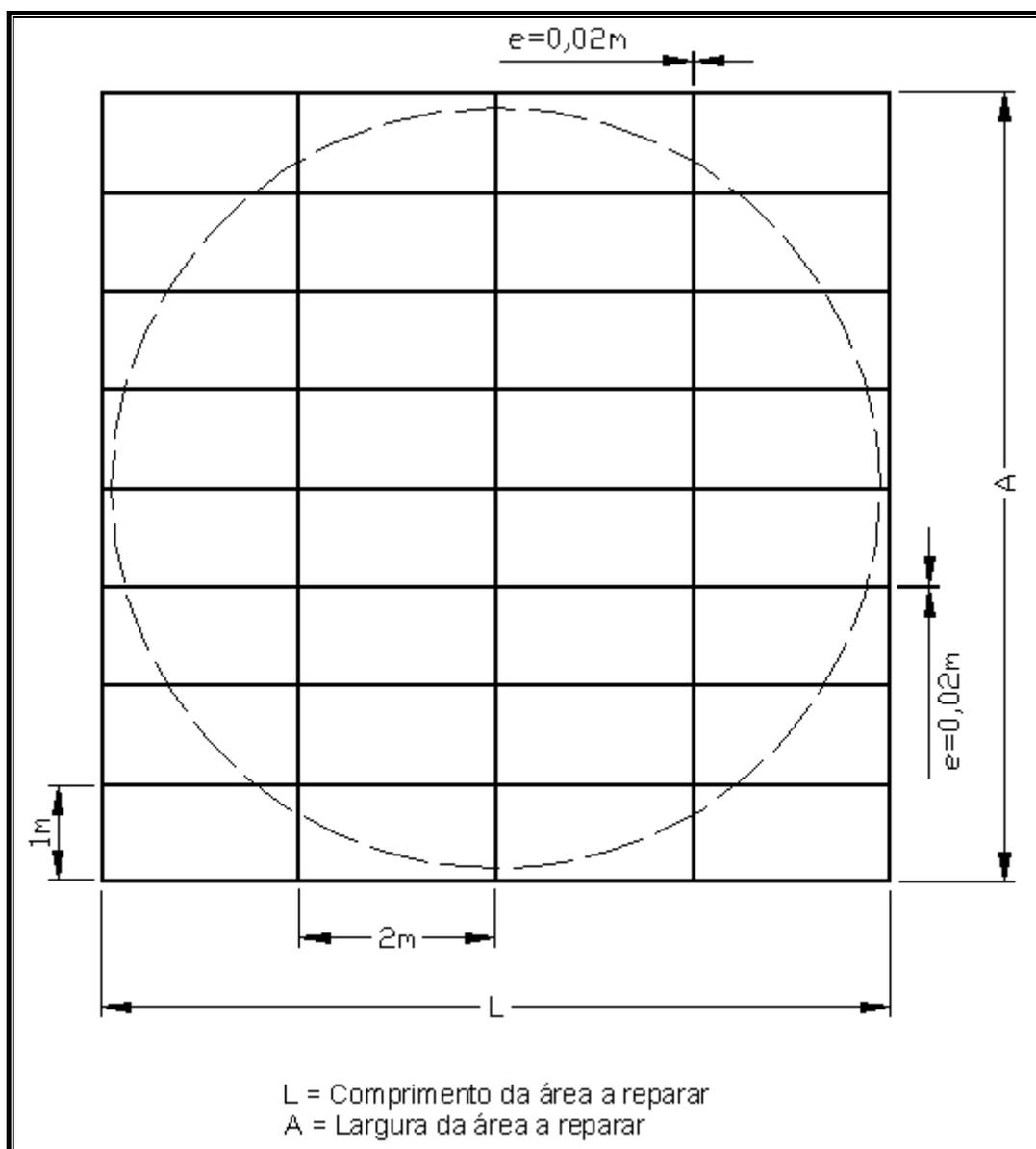
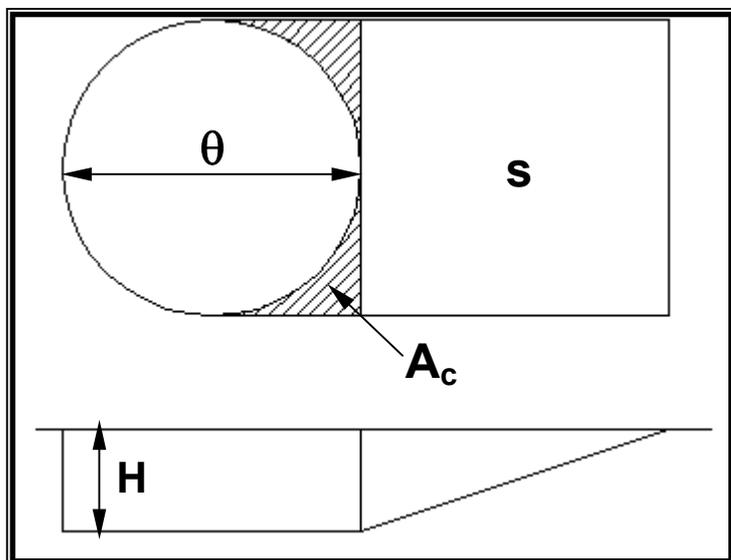


Figura 69 – Esquema de montagem das placas de Concreto Armado

ANEXO C

FECHAMENTO DE CRATERAS COM ABERTURA DE RAMPA



S: Área da rampa
 A_c : Área de concordância
 θ : Diâmetro da Cratera
H: Profundidade da Cratera

Figura 70 – Esquema da cratera com rampa de acesso

Cálculo dos volumes a serem preenchidos:

$$A_c = 0,05365 \cdot \theta^2 \text{ (Área de Concordância)} \quad (1)$$

$$V_{RA} = 1,5 \theta H^2 + 0,1073 \theta^2 H \text{ (Volume da Rampa)} \quad (2)$$

$$V_T = 1,5H^2 + 0,8927 \theta^2 H \text{ (volume Total da Cratera + Rampa)} \quad (3)$$

$$A_{pav} = 0,8927\theta^2 + 3 \theta H \text{ (Área de Pavimentação)} \quad (4)$$

Tabela 32 – Volumes a serem preenchidos

H	DIÂMETRO	2,50	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
0,50	$V_{RA}(m^3)$						3,685
	$V_T(m^3)$						15,564
0,75	$V_{RA}(m^3)$				5,426	6,231	7,075
	$V_T(m^3)$				14,087	20,957	24,894
1,00	$V_{RA}(m^3)$			7,717	7,717	10,182	11,496
	$V_T(m^3)$			20,283	20,283	29,818	35,254
1,25	$V_{RA}(m^3)$		8,328	11,950	11,950	15,072	16,948
	$V_T(m^3)$		17,074	27,229	27,229	39,616	46,646
1,50	$V_{RA}(m^3)$	9,443	11,574	17,652	17,652	20,899	23,431
	$V_T(m^3)$	16,806	22,176	34,945	34,925	50,351	59,069
1,75	$V_{RA}(m^3)$	12,658	15,471	21,379	21,279	27,663	30,946
	$V_T(m^3)$	21,248	27,841	43,371	43,371	62,024	72,523
2,00	$V_{RA}(m^3)$		19,931	27,434	27,434	35,365	39,492
	$V_T(m^3)$		34,069	52,566	52,566	74,635	87,008

ANEXO D**KIT COMPACTO TAPA BURACO TBR 500**

Neste anexo se encontram as especificações do kit tapa buraco TBR 500 da Romanelli (Figura 71).



Figura 71- Caminhão equipado com o kit

1 Configuração da equipe (equipamento e pessoal)

Equipe necessária para operar o KIT TBR 500, com capacidade de 9 toneladas de revestimento por dia.

Equipamento necessário

- 01 Caminhão VW mod. 15.180 de 180 HP, equipado com o Kit Compacto Tapa Buracos, modelo TBR 500, marca Romanelli, equipado com os seguintes equipamentos:
- Silo Térmico com capacidade de 5 m³ - 9 Ton, para transporte da massa asfáltica C.B.U.Q. e aquecido por queima de gás ou eletricamente para situações de pernoite.
- Máquina de corte de pisos com disco de corte de 14" , motor a gasolina de 14 HP para corte do perímetro do buraco.

- Martelo Rompedor de 30Kg com ferramenta de corte e acionado pelo sistema hidráulico do equipamento.
- Tanque de emulsão de 250L com aquecimento e caneta manual para imprimação e pintura da vala.
- Reservatório bipartido de ar e diesel para utilização do ar em limpeza da vala através de caneta manual e do óleo diesel para limpeza dos equipamentos manuais através da utilização de caneta pulverizadora manual.
- Placa Vibratória de 82Kg de peso acionada por motor a gasolina para compactação.
- 02 caixas de resíduos para coleta e transporte do resíduo.
- 01 caixa para transporte de ferramentas como rastelo, pá, enxada, picareta, carrinho de mão, etc.
- Sistema de descarga da massa asfáltica C.B.U.Q. por eixo sem fim e bica direcional posicionada na traseira do equipamento podendo ser manuseada para ambos os lados do equipamento.
- Cones para sinalização viária durante os trabalhos de Tapa Buraco.
- Faróis para trabalho noturno, sistema de iluminação de alerta Giroflex (opcional), engate para transporte de Rolo Compactador de peso operacional de até 2,0 Ton.

Pessoal necessário

- 01 Motoristas para o caminhão que poderá ser também um encarregado de equipe.
- 02 Funcionários Braçais para a execução dos trabalhos de Tapa Valas.

2 Procedimentos para reparos

Após o devido carregamento do material em um único Caminhão térmico com todo ferramental (máquina de corte + placa vibratória + rompedor hidráulico) devidamente transportado em plataformas hidráulicas na traseira do veículo e o pessoal envolvido na operação; realizamos o tapa vala conforme os procedimentos abaixo:

1. Corte do perímetro da vala com máquina de corte a disco,

2. Corte da parte interna da vala utilizando-se de rompedor hidráulico acionado pelo próprio sistema hidráulico do equipamento,
3. Remoção manual do entulho acomodando-o em caixas de resíduos na traseira ou na lateral do equipamento,
4. Limpeza manual da vala através de vassouras ou caneta manual soprando ar comprimido.
5. Pintura de imprimação utilizando-se de emulsão asfáltica à quente (“cola” aquecida) e espalhada através de caneta pressurizada manual.
6. Espalhamento e aplicação da massa asfáltica C.B.U.Q. diretamente pela bica traseira ou em carrinho de mão em situações onde o buraco está a uma certa distância do equipamento,
7. Compactação utilizando-se Placa Vibratória ou Rolo Compactador Vibratório com peso de 1,4 Ton.

3 Custo de aquisição dos equipamentos necessários

EQUIPE TBR 500	
01(um) caminhão trucado marca vw, zero hora, modelo 15.180	R\$ 96.000,00
01(um) kit compacto tapa buracos, 5 m3, zero hora, Romanelli tbr 500	R\$ 160.000,00
01 (um) rolo compactador de 1,4 ton de peso, marca wacker, zero hora	R\$ 63.000,00
VALOR TOTAL	R\$ 319.000,00

4 Ficha técnica do equipamento

FORMATO E MODELO:	<ul style="list-style-type: none"> • Silo - TBR-500
SILO	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de 3m³ de massa; • 02 comportas isotérmicas com acionamento hidráulicas; • 01 rosca sem fim bidirecional com dupla rotação para descarga • 01 agitador quebra túnel bidirecional.
REVESTIMENTO E ISOLAÇÃO TÉRMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Revestido de lã de vidro 50 mm de espessura tipo MI 540 • frente, traseira e laterais revestida em chapa de aço inox nº 22 polida • comportas superiores em chapa aço carbono nº 16
SISTEMA DE AQUECIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • 01 (uma) serpentina com 4" de diâmetro de tubo aço DIN 2440 em forma de "U" apoiada na parte inferior da camisa, conectada a chaminé quadriculada para saída de gases.
QUEIMADOR	<ul style="list-style-type: none"> • 01 (um) queimador tipo jatão alimentado por gás (GLP) de alto rendimento, provido de acendedor imediato elétrico (12 volts).
SISTEMA DE GÁS (GLP)	<ul style="list-style-type: none"> • 01 (um) cilindro de gás P-45 • 01 (um) regulador de pressão • 01 (um) tubulação schedule 80 • 01 (um) queimador com acionamento elétrico • 01 (um) queimador manual para aquecimento dos buracos • 04 (quatro) válvulas para controle e consumo
SISTEMA PRESSURIZADO	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentado pelo ar do veículo.
RESERVATÓRIO DE AR E DIESEL	<ul style="list-style-type: none"> • 01 tanque capacidade de 140 litros bipartido em 30 litros de diesel para alimentação do pulverizador manual e limpeza da caneta e 110 litros de ar provido de regulador de ar, manômetro e válvula de segurança e descarga.
PINTURA MANUAL	<ul style="list-style-type: none"> • Caneta manual dupla com acionamento e controle de emulsão para pintura de ligação, acionamento e controle de ar para limpeza do material desagregado com 6 metros de mangueiras 1/2" e 3/8".
ROMPEDOR (MARTELETE)	<ul style="list-style-type: none"> • 01 (um) rompedor hidráulico acionado pelo sistema do equipamento, provido de lamina para romper o asfalto.
COMPACTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • 01 (uma) placa vibratória acionada por motor a gasolina. Transporte de Ferramentas • 01 (uma) plataforma com acionamento hidráulico e 01 (um) porta cones. Sistema Hidráulico Acionado por bomba de engrenagens acoplada a tomada de força do veículo, com acionamento eletro pneumático de dentro da cabine do veículo.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 20 DE NOVEMBRO DE 2003	3. DOCUMENTO Nº CTA/ITA-IEI/TC-002/2003	4. Nº DE PÁGINAS 187
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Reparos rápidos em pistas de pouso e decolagem na Amazônia			
6. AUTOR(ES): Nerinei Alves Batista Renato Resque Teixeira			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica / Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica – ITA/IEI			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Reparo Rápido. Engenharia de Campanha. Pistas da Amazônia			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Aeroportos; Pistas (de pouso e decolagem); Amazonia; Manutenção; Administração de aeroportos; Avaliação; Engenharia aeronáutica			
10. APRESENTAÇÃO: Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2003. 202 páginas.			
		<input checked="" type="checkbox"/> Nacional	<input type="checkbox"/> Internacional
11. RESUMO: <p>O presente trabalho de graduação tem por objetivo analisar as técnicas de reparos rápidos a danos em pistas de pouso e decolagem, com a finalidade de adaptá-las às condições críticas da Amazônia, visto às grandes dificuldades de se construir na região.</p> <p>Inicialmente, como primeira etapa do Trabalho de Graduação (TG), fez-se uma ampla revisão bibliográfica junto à Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (DIRENG), sendo disponibilizado todo material relevante à Engenharia de Campanha.</p> <p>Em uma segunda etapa, estudaram-se as técnicas de reparos rápidos mais utilizadas atualmente em campanha (Métodos Convencionais e Não-convencionais). Em seguida, partiu-se para o estudo da realidade geotécnica da Amazônia buscando-se avaliar os tipos de soluções adotadas nas construções das pistas e as possíveis técnicas de reparos a serem empregadas em caso de ameaça à operacionalidade dos aeródromos da região.</p> <p>Paralelamente a estas pesquisas, outras ocorreram com o intuito de coletar informações sobre assuntos específicos relacionados ao tema, como as visitas à Base Aérea do Galeão (BGL), em busca da logística de Transporte de Carga; à Divisão de Ensaios em Vôos – AEV, no CTA, para a determinação da Faixa Operacional Mínima (FOM) a ser adotada no trabalho, e à Divisão de Sistemas Bélicos do Instituto de Aeronáutica e Espaço (ASB/IAE), para o estudo de bombas antipistas.</p> <p>Por fim, estudos de casos foram realizados para três aeródromos da região com logísticas de reparos bem distintas, devido às peculiaridades existentes em cada local, visando validar as soluções de reparos propostas para os aeródromos da Amazônia.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: <input checked="" type="checkbox"/> OSTENSIVO <input type="checkbox"/> RESERVADO <input type="checkbox"/> CONFIDENCIAL <input type="checkbox"/> SECRETO			