

ADNR-4	Fls. Nº

OBJETO: CONTRATAÇÃO DE EMPRESA PARA EXECUÇÃO DE OBRAS/SERVIÇOS DE ENGENHARIA PARA AMPLIAÇÃO DO PÁTIO DE AERONAVES DO AEROPORTO DE TEFÉ – SBTf, EM TEFÉ /AM.

Rev	Modificação	Data	Projetista	Desenhista	Aprovo

 <p>Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária</p>			Sítio AEROPORTO DE TEFÉ-AM		
			Área do sítio PÁTIO DE AERONAVES		
Escala SEM ESCALA	Data 10/04/2012	Desenhista	Especialidade / Sub-especialidade INFRAESTRUTURA - TERRAPLENAGEM, PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM		
Autor do Documento M ^a DAS GRAÇAS R.SANTOS		CREA UF 9633-D/ AM	Tipo / Especificação do documento MEMÓRIA DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO - MCD		
Coordenador de Projetos MARCOS JOSÉ COUTINHO		Rubrica	Tipo de obra AMPLIAÇÃO	Classe geral do projeto PROJETO BÁSICO	
Gerente Regional de Engenharia ADÉLCIO CORRÊA GUIMARÃES FILHO		Rubrica	Substitui a	Substituída por	
Rubrica do Autor	Reg do Arquivo		Codificação TF . 04 / 100.76 / 000421 / 00		

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

ADNR-4	Fls. Nº

1. INTRODUÇÃO

Esta MEMÓRIA DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO destina-se a apresentação dos cálculos e considerações para o dimensionamento do pavimento da pátio de manobras e estacionamento de aeronaves, bem como o sistema de drenagem para atender as circunvizinhanças do pavimento supracitado e os principais parâmetros que definiram o projeto básico de terraplenagem, pavimentação e drenagem que tem por objetivo a CONTRATAÇÃO DE EMPRESA PARA EXECUÇÃO DE OBRAS/SERVIÇOS DE ENGENHARIA PARA AMPLIAÇÃO DO PÁTIO DE AERONAVES DO AEROPORTO DE TEFÉ – SBTF, EM TEFÉ /AM.

2. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Esta Memória de Cálculo e Dimensionamento refere-se ao pátio de aeronaves frontal ao terminal de passageiros destinado ao estacionamento das aeronaves da aviação doméstica e geral. A Tabela 1 apresenta as características atuais do pátio de estacionamento de aeronaves

Tabela 1 - Características do Pátio de Estacionamento de Aeronaves

Designação	Área (m ²)	Profundidade (m)	Tipo do piso	Resistência
Pátio de Aeronaves	17.933	110	ASPH	PCN 29/F/C/X/U

3. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO

O dimensionamento dos pavimentos seguiu a metodologia desenvolvida pela FAA com uso do software FAARFIELD 1.305, programa computacional para dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento para aeroportos.

O programa está implementado por procedimentos que se baseiam em camada elástica e elementos finitos em 3D para pavimentos flexíveis e rígidos. Os procedimentos para dimensionamento da espessura das camadas são implementados conforme as recomendações padrões de projeto da FAA para pavimentos aeroportuários referenciados na Advisory Circular 150/5320-6E (AC).

Com base nas informações obtidas do setor operacional da INFRAERO a aeronave tipo a ser considerada para dimensionamento será o Boeing B737-400, considerando o número de partidas anuais em sua totalidade 700 partidas para a previsão de 20 anos.

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as interfaces das janelas do programa FAARFIELD com os dados da aeronave referenciada, disposição do trem de pouso e o resultado obtido para o dimensionamento da aeronave com as características definidas.

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

Figura 1 – Dados da aeronave - Boeing B737-400.

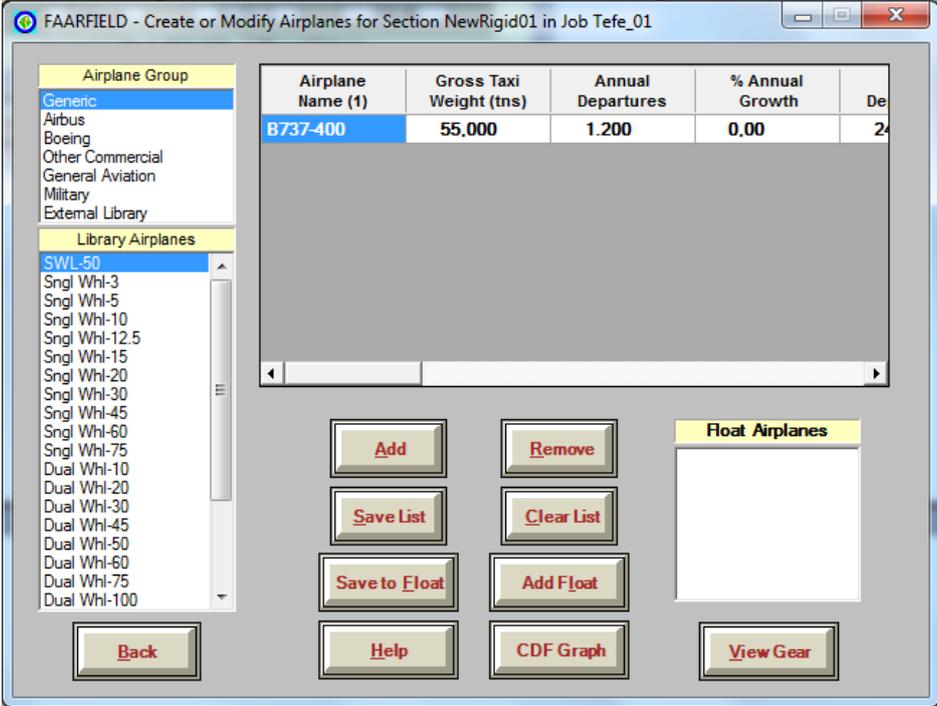
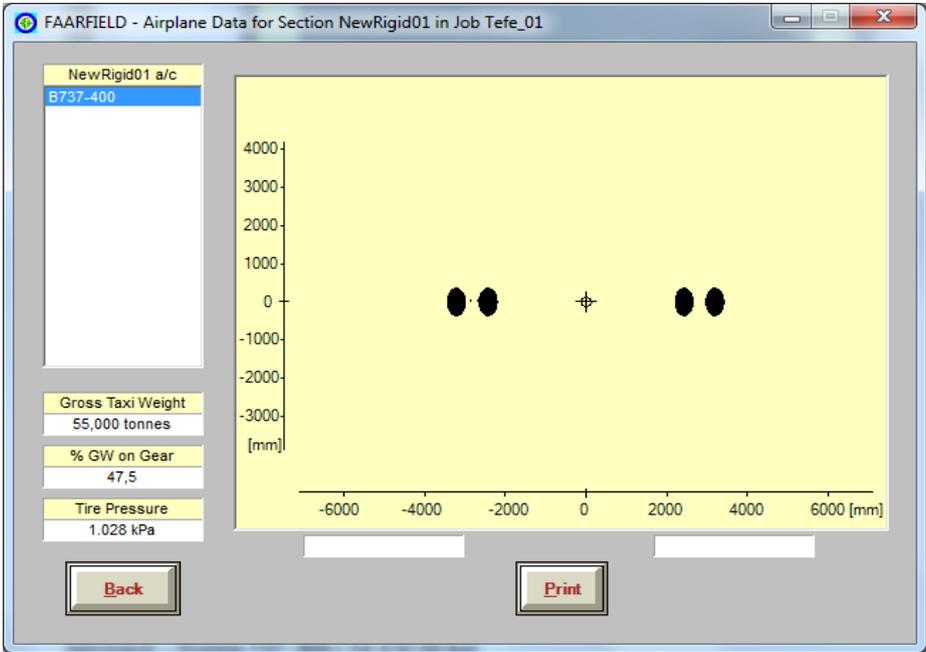


Figura 2 – Disposição do trem de pouso da aeronave.



ADNR-4	Fls. Nº

MODELO DEFINIDO PELO PROGRAMA

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section NewRigid01 in Job Tefe_01.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\
 The aircraft list contains only one aircraft. Please see the introduction to the Help File for a discussion on using FAARfield to make single aircraft comparisons.
 The structure is New Rigid.
 Design Life = 20 years.
 A design for this section was completed on 11/01/12 at 11:47:05.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	PCC Surface	224,0	27.579,03	0,15	4,50
2	P-306 Econocrete	101,6	4.826,33	0,20	0,00
3	P-301 SCB	250,0	1.723,69	0,20	0,00
4	Subgrade	0,0	150,00	0,40	0,00

Total thickness to the top of the subgrade = 575,6 mm

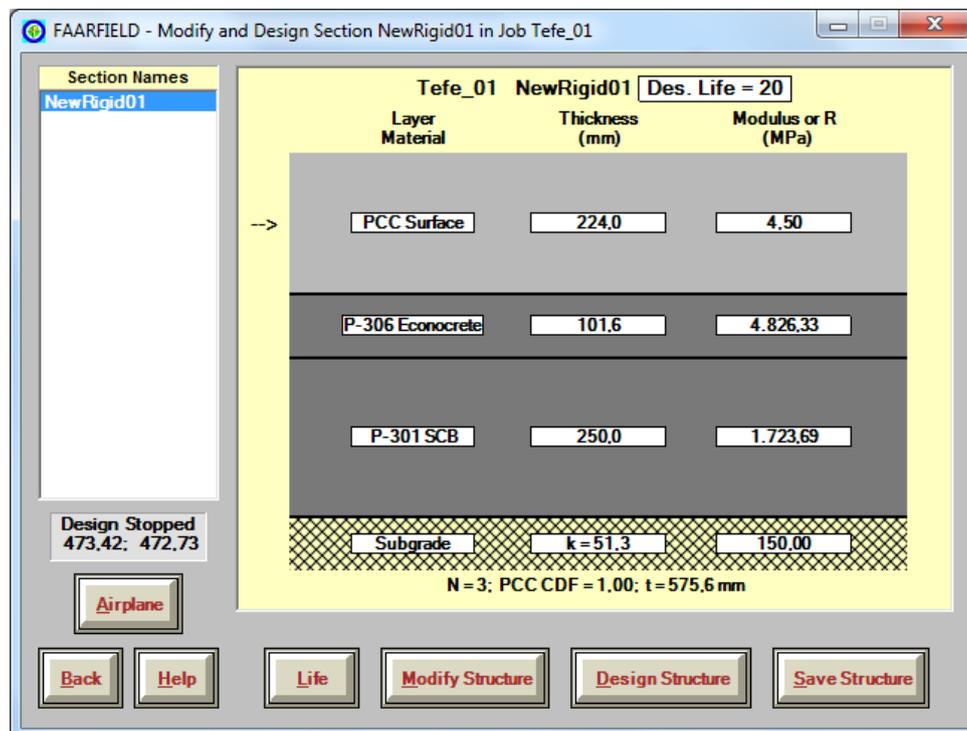
Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	B737-400	55,000	1.200	0,00

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	B737-400	1,00	1,00	3,51

Figura 3 – Projeto da estrutura do pavimento.



EGNR-4	DJNR	ADNR-4

ADNR-4	Fls. Nº

Utilizou-se também o ábaco do manual da Boeing para dimensionamento de pavimentos aeroportuários - o Método de Cálculo da Associação de Cimento Portland, baseado na versão computadorizada do "Design of Concrete Airport Pavement", de 1968, apresentado na Figura 4.

Considerações:

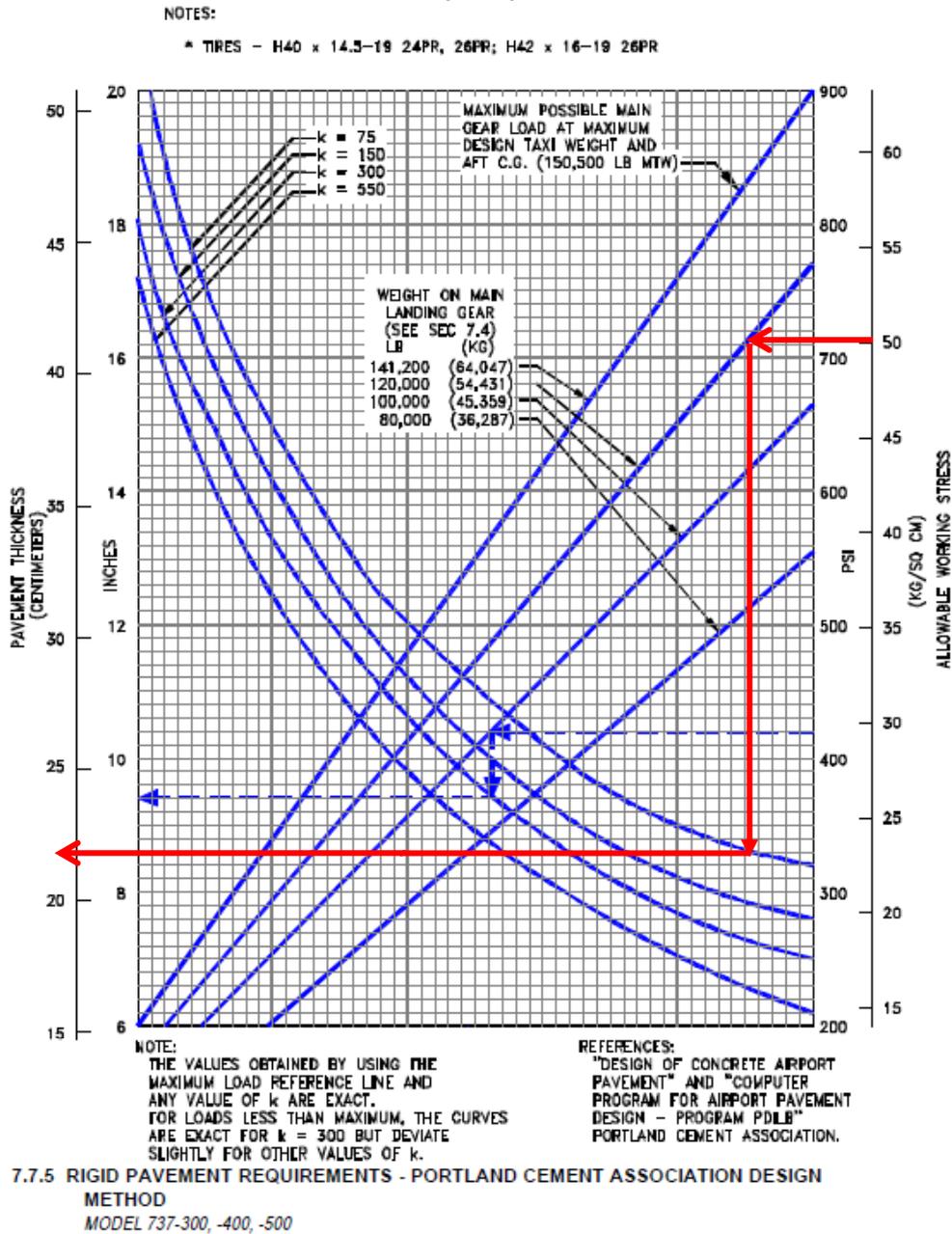
Aeronave – Boeing 737- 400 (54.430,00 kg).

Tensão Admissível de Trabalho – 4,5 MPa

K do subleito – 150

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

Figura 4 - Abaco de dimensionamento da espessura do pavimento aeroportuário (PCA)



474 OCTOBER 2005

D6-58325-6

De acordo com o método utilizado pela PCA para dimensionamento da espessura da camada de base deverá ter espessura mínima de 22 cm.

Em virtude das espessuras da camada de base do pavimento rígido pelos métodos considerados optou-se por usar os resultados obtidos no FAARFIELD, que apresentou a seguinte configuração da estrutura:

Base – placas de concreto com barras de ligação e barra de transferência: 22 cm

Camada de sub-base – em concreto rolado: 10 cm

Camada de reforço do subleito – solo melhorado com cimento em 2%: 25 cm

Caso ocorra alguma restrição de uso material retirado na operação de terraplanagem no processo executivo para composição do reforço do subleito, deverão ser utilizados solos locais com características que permitam sua utilização na composição da camada de reforço do subleito com melhoramento utilizando o cimento e apresentar CBR igual ou superior a 10% e expansão máxima inferior a 1%.

Verifica-se que a configuração adotada para a estrutura deste pavimento foi conservadora, pois elegeu espessuras próximas daquelas definidas pelo programa. Chama-se atenção para o padrão estabelecido pelo programa FAARFIELD para MR igual 4.826,33 MPa para o Econocrete (P-306), no entanto este apresenta propriedades físicas inferiores ao CCR, que segundo a literatura técnica apresenta valor de MR para Concreto Compactado com Rolo (CCR) variando entre 7.000 e 15.000 MPa.

A camada de base será constituída por placas medindo 4,00m x 3,50m sendo que estas placas são dotadas de juntas longitudinais e juntas transversais, respectivamente, sendo que as placas mais próximas das extremidades são dotadas de barras de transferência (passadores) e barra de ligação (ligadores).

- BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

A barra de transferência possibilita a diminuição da carga, transferindo-as parte desta para a placa adjacente, diminuindo a solitação e conseqüentemente, evitando ou diminuindo o possível deslocamento vertical de uma das placas ou das duas na região da junta.

As barras de transferência são lisas em aço e dispostas a meia altura da placa, em plano horizontal paralelo à superfície da placa de concreto e paralelas ao eixo longitudinal da pista.

As barras de transferência deverão ser pintadas e engraxadas em sua metade mais 02 (dois) centímetros, de forma a serem infensas à oxidação e à aderência ao concreto em um dos lados da junta, permitindo livre movimentação da junta quando da contração ou expansão da placa.

A Tabela 2 indica as dimensões das barras e espaçamento entre estas para várias espessuras de pavimento.

Tabela 2 – Dimensões e espaçamento de barras de aço (AC 150/5320-6E).

Thickness of Slab	Diameter	Length	Spacing
6-7 in (152-178 mm)	$\frac{3}{4}$ in ¹ (20 mm)	18 in (460 mm)	12 in (305 mm)
7.5-12 in (191-305 mm)	1 in ¹ (25 mm)	19 in (480 mm)	12 in (305 mm)
12.5-16 in (318-406 mm)	1 $\frac{1}{4}$ in ¹ (30 mm)	20 in (510 mm)	15 in (380 mm)
16.5-20 in (419-58 mm)	1 $\frac{1}{2}$ in ¹ (40 mm)	20 in (510 mm)	18 in (460 m)
20.5-24 in (521-610 mm)	2 in ¹ (50 mm)	24 in (610 mm)	18 in (460 mm)

ADNR-4	Fls. Nº

- JUNTAS LONGITUDINAIS COM BARRAS DE LIGAÇÃO

As considerações que regem o espaçamento desse tipo de junta longitudinal são as mesmas desenvolvidas para o caso das juntas transversais.

As barras de ligação se fazem necessárias para manter as placas livres de possíveis movimentos laterais. Este dispositivo de ligação é calculado para resistir à força de atrito entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela.

As barras de aço (ligadores) são usadas em certas juntas de contração longitudinais para manter as faces laje em contato. As barras em si não agem como dispositivos de transferência de carga. Ao impedir a ampla abertura da junta, a transferência de carga é fornecida pelo travamento dos agregados na fenda abaixo da articulação do topo ranhura. Os ligadores devem ser barras de aço com características de acordo com as especificações indicadas no ponto P-501. As barras devem ser de 5/8 de polegada (16 mm) de diâmetro e 30 polegadas (762 mm) no centro espaçamento.

- SELANTE PARA VEDAÇÃO DA JUNTA

Os selantes são utilizados em todas as juntas para evitar a entrada de água e de material estranho dentro da articulação. O material de enchimento compressível pré-moldado é usado em juntas de isolamento para acomodar a expansão das placas.

Selantes de juntas são aplicadas por cima do material de enchimento nas juntas de isolamento para evitar a infiltração de água e material estranho. Em áreas sujeitas a derramamento de combustível, selantes resistentes devem ser usados. Especificações para selantes conjuntas são apresentadas no item P-605.

- TRANSIÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO / FLEXÍVEL

A ligação da área de encontro do pavimento existente (flexível) e as placas em concreto (rígido) deverá receber atenção especial, por tratar-se de uma área propícia ao aparecimento de patologias como afundamento e fissuras.

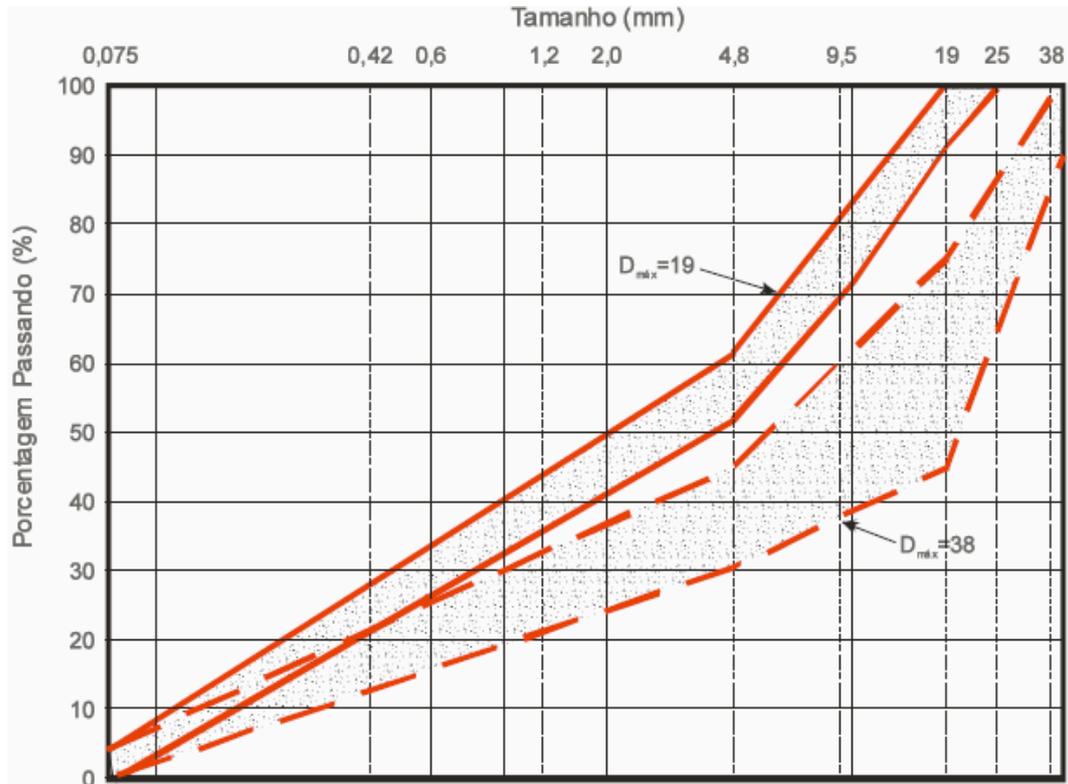
Recomenda-se a estreita observação do projeto com detalhes específicos para execução da transição entre os pavimentos.

-SUB-BASE EM CONCRETO ROLADO

Para composição da sub-base adotou-se o concreto compactado com rolo e a composição da faixa granulométrica deste será definida em função da dimensão máxima do agregado para enquadramento nos limites constantes na Figura 5, onde são estabelecidos os limites das faixas granulométrica para compor a camada de sub-base em Concreto Compactado com Rolo (CCR) de acordo com Manual de Pavimentos Rígidos – DNIT.

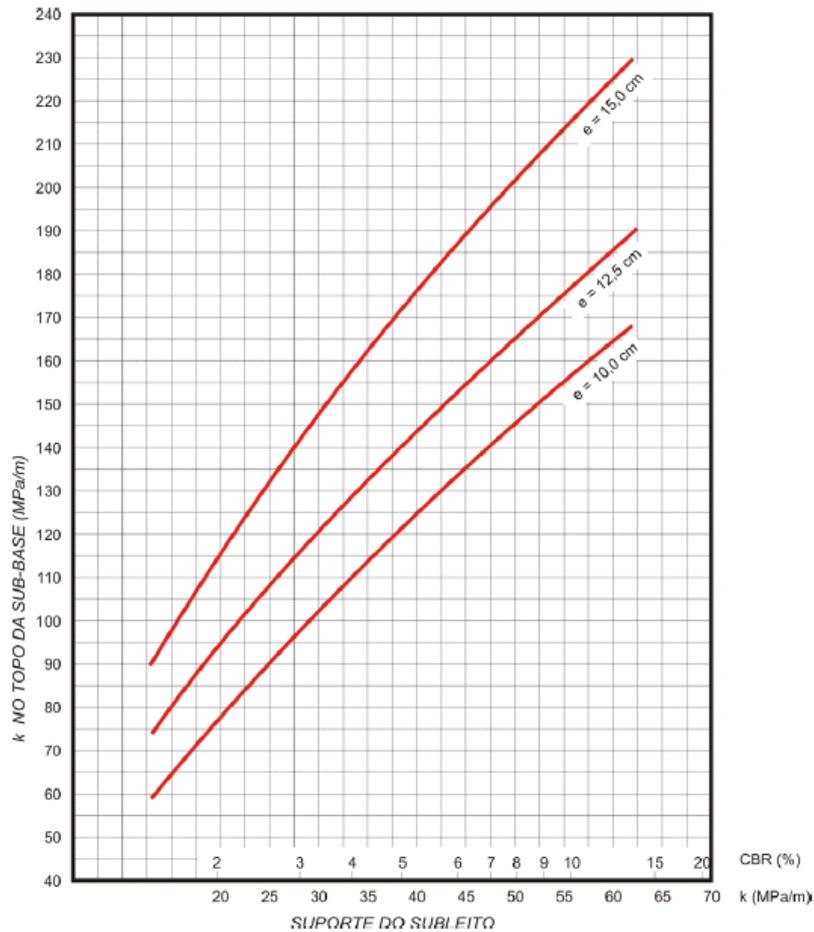
EGNR-4	DJNR	ADNR-4

Figura 5 – Faixas granulométricas recomendadas para sub-bases CR, dimensões máximas de 19 mm e 38 mm.



A utilização da sub-base em concreto compactado com rolo (CCR) garante um ganho significativo nas condições estruturais do pavimento, onde para um CBR de subleito de 4% a inserção de uma camada de sub-base em CCR com espessura de 10 cm, obtem-se um coeficiente de recalque (k) de 110 MPa/m, conforme verifica-se na Figura 6.

Figura 6 – Aumento de k devido à presença de sub-base em concreto rolado



Adotou-se para a camada de base uma constituição por placas medindo 4,00m x 3,50m dotadas de juntas transversais de retração com barras de transferência (passadores) e juntas longitudinais de articulação com barra de ligação (ligadores) e com armadura.

4. QUANTIDADE DE MATERIAIS E SERVIÇOS

4.1 Materiais e Serviços: Terraplanagem

A cubagem dos volumes de solo foi definida mediante o levantamento topográfico da área em questão e de acordo com a prévia disposição da poligonal abrangendo a área de ampliação do pátio de aeronaves. Sendo definido previamente que a pista sofreria um incremento para o lado leste de 33m e para o lado oeste de 130m, conforme previamente definido em projeto.

A configuração da terraplenagem manterá conformidade com as cotas do terreno e concordância com o pavimentos existente, este preservado, mantendo a drenagem superficial e adoção de sistema de drenagem para direcionamento das águas pluviais até os dispositivos de drenagem existentes.

ADNR-4	Fls. Nº

As áreas de ampliação receberam as seguintes denominações: Área 01 - a poligonal referente a ampliação Leste, medindo 33m x 110m, com área de 3.630,00 m²; e Área 02 – poligonal compreendo ampliação Oeste medindo 127m x 110, com área de 13.970,00 m².

4.1.1 Limpeza e Preparo da Área

Retirada da Camada Vegetal

Não haverá destocamento de árvores, pois a vegetação na área é rasteira roçável manualmente e compõe os serviços de retirada da camada vegetal. A camada vegetal compreende uma espessura de 15 cm.

Retirada de Material de camada vegetal

(3.630,00 + 13.970,00).: 17.600,00 m²

Cortes e Aterro

Será efetuado o corte com escavação do material para executar a construção do pavimento. A cota de assentamento varia em função da inclinação do pavimento, para manutenção da drenagem superficial conforme definido em projeto.

Tendo em vista as características apresentadas pelo solo, a terraplanagem resultou de tal forma que o volume de corte e aterro fosse mais próximos possíveis possibilitando o emprego deste material, minimizando a produção de bota-fora e adoção de áreas de empréstimo.

As Tabelas 3 e 4 apresentam as estimativas efetuadas para os volumes referentes aos cortes e aterros a serem executados nos serviços de terraplanagem, para a área em questão.

O cálculo dos volumes medidos na seção foram obtidos da plataforma AutoCad programa DataGEOSis.

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

ADNR-4	Fls. Nº

INFRAERO

TF . 04 / 100.76 / 000421 / 00

FOLHA 12/18

Tabela 3 – Cubagem dos volumes de corte e aterro da área 01.

VOLUME POR SEÇÕES - VOLUME LAYER									
	m2	m2	Acc m2	Acc m2	m	m3	m3	Acc m3	Acc m3
Estaca	Corte	Aterro	Corte	Aterro	Semi-Dist	Corte	Aterro	Corte	Aterro
0	86,25	0	86,25	0					
					2,5	380,59	0	380,59	0
0+5.000	65,99	0	152,24	0					
					2,5	276,12	0	656,71	0
1	44,46	0	196,7	0					
					2,5	167,68	0	824,39	0
1+5.000	22,61	0	219,31	0					
					2,5	97,66	1,77	922,05	1,77
2	16,45	0,71	235,76	0,71					
					2,5	82,54	11,82	1004,59	13,59
2+5.000	16,56	4,02	252,32	4,73					
					2,5	81,41	29,51	1086	43,09
3	16	7,78	268,33	12,51					
					1,5	48,53	26,92	1134,53	70,01
3+3.000	16,35	10,17	284,67	22,68					
Volume Total de Corte: 1134,53 m3									
Volume Total de Aterro: 70,01 m3									

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

ADNR-4	Fls. Nº

4.2 Materiais e Serviços: Pavimentação

A camada de reforço do subleito será deverá ser reforçada com a incorporação de 2% de cimento ou cal em relação a massa do solo argiloso, este proveniente de escavações da obra de ampliação do pátio de aeronaves.

O dimensionamento das camadas do pavimento foi realizado utilizando o software FAARFIELD (versão 1.305) conjuntamente com os ábacos disponibilizados pelas empresas fabricantes de aeronaves.

Como resultado obteve-se um pavimento com as seguintes características:

- Subleito melhorado com solo/cimento (2% de cimento) com espessura de 25 cm;
- Sub-base em Concreto Compactado com Rolo (CCR) com espessura de 10 cm e;
- Base em Placas de Concreto (Pavimento Rígido) com espessura de 20 cm.

Abaixo a Tabela 5 apresenta o quadro resumo dos quantitativos dos serviços de pavimentação e seus respectivos volumes.

Tabela 5 – Quadro resumo das camadas do pavimento.

Camada	Espessura (m)	Área 01	Área 02	Volume (m ³)	
				A 01	A 02
Reforço do Subleito	0,25	2355,00	12.292,00	588,75	3.073,00
Subbase - CCR	0,10	2355,00	12.292,00	235,50	1.229,20
Base - Placa Concreto	0,22	2355,00	12.292,00	518,10	2.704,24

4. DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Os serviços de drenagem compreenderão a execução de canaletas de seção retangular confeccionadas em concreto dotadas de tampas de concreto, com a finalidade de drenar as águas provenientes do escoamento superficial. As canaletas estarão localizadas nas margens do pavimento e direcionarão o fluxo para as caixas coletoras e destas derivarão para os dispositivos de drenagem existentes.

A vazão do projeto foi determinada em função da utilização de métodos adequados para as áreas das bacias contribuintes quais sejam:

- Bacias com áreas ≤ 50ha - Método Racional

onde: $Q = CiA$ (m³/s)

- Bacias com áreas > 50ha - ≤ 100ha Método Racional Modificado

onde: $Q = CiAF \Rightarrow (F = A^{-0,1})$

- Bacias com áreas > 100ha - Método de “Ven Te Chow”

C = coeficiente de escoamento (RUN OFF) adotado 0,90

i = intensidade de chuvas

A = área da bacia (ha)

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

Para determinação da intensidade da precipitação pluviométrica (i) foram utilizados dados obtidos na estação pluviométrica de Manaus – AM, apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 – Dados pluviométricos utilizados.

Intensidade da Chuva						
Duração (minutos)	Período de Retorno (Anos)					
	10		25		50	
	mm/min.	l/s/ha	mm/min.	l/s/ha	mm/min.	l/s/ha
5	3.800	633,33	4.220	703,333	4.553	758,833
10	2.813	468,833	3.135	522,500	3.397	566,167
15	2.270	378,333	2.538	423,00	2.762	460,333
20	1.960	326,667	2.203	367,167	2.406	401,000
25	1.741	290,167	1.966	327,667	2.156	359,333
30	1.577	262,833	1.789	298,167	1.969	328,167
60	0,867	144,500	1.000	166,67	----	----
120	0,683	113,83	0.800	133,33	----	----

No cálculo das vazões para dimensionamento das redes de águas pluviais (A.P.) e capacidade de BI foi utilizado período de retorno de 10anos.

O tempo de concentração (tc) foi determinado através da fórmula:

$$t_c = t_e + t_p$$

Onde:

te = tempo de entrada

tp = tempo de percurso

O tempo de entrada (te) é o tempo decorrido a partir do início da chuva até a formação do escoamento superficial e a entrada no conduto. Fixaremos em 10 minutos.

O tempo de percurso (tp) é o tempo que decorre desde a entrada no conduto até o ponto de concentração. Para cálculo do tempo de percurso (tp), foi utilizada a equação de George Ribeiro:

$$t_p = \frac{0,016 \cdot L}{(1,05 - 0,2p) \cdot (100 \cdot I_m)^{0,04}}$$

Onde:

tp = tempo de percurso em minutos

L = distância do ponto mais distante da área contribuinte, em metros

p = porcentagem da área permeável (valor absoluto)

Im = declividade média do terreno, em m/m

A Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP) adota a porcentagem da área permeável equivalente (p) igual a 0,25. Portanto, a expressão acima pode ser reduzida para:

$$t_p = \frac{0,016 \cdot L}{I_m^{0,04}} \text{ (min)}$$

ADNR-4	Fls. Nº

Logo, o tempo de concentração será obtido através da seguinte expressão:

$$tc = \frac{0,016 \cdot L}{Im^{0,04}} + 10$$

Com:

L, em metros (m)

Im, em porcentagem (%)

Coefficiente de Escoamento Superficial (RUN-OFF)

Relação entre a quantidade de água que esco superficialmente e a quantidade de água precipitada.

Este coeficiente representa os efeitos conjuntos, tanto das características físicas da bacia quanto da precipitação e evaporação. Também são levadas em consideração as futuras mudanças e ocupações do solo, devidas ao efeito da urbanização crescente e da possibilidade de realização de planos urbanísticos municipais. A Tabela 7 apresenta os valores do Coeficiente de Escoamento – C, adotados

Tabela 7 – Valores do coeficiente de escoamento C.

	ZONAS	Valores de C
1	EDIFICAÇÃO MUITO DENSA Área central - densamente construídas de cidade - ruas e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
2	EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA Área adjacente ao centro, menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
3	EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
4	EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais tipo Cidade-Jardim ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 a 0,50
5	SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO Partes de arrabaldes e subúrbios - pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
6	DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES. Área rural, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Em trabalhos desta natureza recomenda-se o seguinte coeficiente de escoamento por tratar-se de uma área pavimentada será:

$$C = 0,90$$

EGNR-4	DJNR	ADNR-4

ADNR-4	Fls. Nº

Deve ser construída uma tampa em concreto armado para fechamento da parte superior da canaleta, evitando deixar a abertura exposta.

- Dimensionamento da caixa coletora de águas pluviais se deu utilizando as fórmulas supracitadas e para as semi-distâncias dos trechos considerados, conforme verificados na Tabela 9.

Tabela 9 – Dimensionamento da Rede de Drenagem – Caixa Coletora.

TRECHO	C	tc	i	ÁREA CONTRIB. (ha)	VAZÃO	COMPR.	DIAMETRO	n	DECLIV.	Hw	Hw/D	COLETOR	
		(min.)	(l/s x ha)	ACUMUL.	(m ³ /s)	(m)	(m)	manning	(m/m)			Veloc. (m/s)	Vazão (m ³ /s)
CC 1	0,95	10,00	468,830	0,624	0,278	30,00	0,60	0,013	0,0100	0,283	0,47	2,12	0,278
CC2	0,95	10,00	468,830	0,624	0,278	80,00	0,60	0,013	0,0100	0,283	0,47	2,12	0,278
CC3	0,95	10,00	468,830	0,285	0,127	80,00	0,60	0,013	0,0100	0,185	0,31	1,71	0,127

MARIA DAS GRAÇAS R.DOS SANTOS
 AS IV – Engenheira Civil
 Matrícula 17699-88

EGNR-4	DJNR	ADNR-4