

ESQUEMA CONSTRUTIVO E
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
DA TERRAPLENAGEM E
PAVIMENTAÇÃO DO
LOTEAMENTO BOSQUE
DAS ACÁCIAS

VOLUME 01

~~PP~~

1.0 APRESENTAÇÃO	5
2.0 PROJETO DE TERRAPLENAGEM	6
2.1 ESQUEMA CONSTRUTIVO	6
2.1.1 ÁREA DE TERRAPLENAGEM	6
2.1.2 LIMPEZA DO TERRENO	6
2.1.3 BOTA FORA	6
2.1.4 CORTES	6
2.1.5 ATERROS	6
2.1.6 ESPALHAMENTO	7
2.1.7 PRESERVAÇÃO A EROSÃO NO TALUDE	8
2.1.7.1 ESCLARECIMENTOS	8
2.1.7.2 EXECUÇÃO	8
2.1.8 METODOLOGIA	8
2.2 CONFECÇÃO DO PROJETO	9
3.0 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	11
3.1 ESQUEMA CONSTRUTIVO	11
3.1.1 REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	11
3.1.2 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	12
3.1.3 GENERALIDADES	13



3.1.4	BOTA FORA	13
3.1.5	SUB-BASE	13
3.1.6	BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE	15
3.1.7	IMPRIMAÇÃO	17
3.2	ELEMENTOS DE TRÁFEGO	19
3.3	PAVIMENTO	19
3.4	FUNÇÕES	19
3.5	REQUISITOS	19
3.6	PAVIMENTO ASFÁLTICO	20
3.7	REVESTIMENTO ASFÁLTICO	20
3.8	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO (TSD)	21
3.9	EQUIVALÊNCIA ENTRE CARGAS	26
3.10	EQUIVALÊNCIA DE OPERAÇÕES	27
a.	FATOR DE VEÍCULO	27
3.11	VDM	27
3.12	FATOR DE EIXO	27
3.13	HORIZONTE DE PROJETO (P)	27
3.14	VOLUME DE PROJETO (VP)	27
b.	FATOR DE SENTIDO (FS)	28
3.15	FATOR DE FROTA (FF)	28

3.16	FATOR DE DISTRIBUIÇÃO (FD)	28
3.17	NÚMERO N	28
3.18	METODOLOGIA	29
3.19	ENSAIOS DOS MATERIAIS DO SUBLEITO	30
3.20	MEMORIAL DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO	31
3.20.1	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	31
3.20.2	SONDAGEM A TRADO	31
3.20.3	ESPESSURA DO REVESTIMENTO	32
3.20.4	COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL	33
3.20.5	ESTRUTURA FINAL DO PAVIMENTO	35



1.0 APRESENTAÇÃO

O empreendimento alvo deste memorial descritivo está localizado em Querência – MT. Coordenadas Geográficas aproximadas do Empreendimento: Datum de entrada e de saída World Geodetic System versão WGS84, Meridiano Central = -51, Fuso Universal Transversa de Mercator (UTM) = 22.

Coordenadas Geográficas aproximadas do Empreendimento (Datum WGS84)		
	Longitude E(X)	Latitude N(Y)
UTM (metros), Zona Z 22	367.604,49	8.609.504,53
Em Graus, Minutos, Segundos (GMS)	0 52°13'1127"	S 12°34'527"

Google Maps:



2.0 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

2.1 ESQUEMA CONSTRUTIVO

2.1.1 ÁREA DE TERRAPLENAGEM

O projeto de terraplenagem tem como objetivo básico proceder à distribuição dos maciços de terra e sua estabilização, determinando as origens e os destinos destes materiais, as distâncias de transporte dos equipamentos, procurando soluções econômicas e funcionais de forma a reduzir os impactos ambientais.

2.1.2 LIMPEZA DO TERRENO

O terreno será convenientemente limpo, com remoção da camada vegetal superficial, até uma profundidade aproximada de 15 cm. Todo o material proveniente da camada vegetal poderá lançado como bota-fora nas áreas de lazer, em forma de aterro orgânico, para melhoria e aproveitamento na urbanização das praças e jardins. Este material poderá também ser aproveitado como aterro orgânico em grotas e ou erosões em áreas não edificáveis.

2.1.3 BOTA FORA

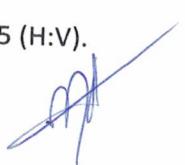
Os materiais escavados durante os serviços de terraplenagem serão destinados a bota fora. Este volume será remanejado e espalhado para recomposição da jazida.

2.1.4 CORTES

Os taludes provenientes dos cortes não terão inclinação superior à 1:1 (H:V).

2.1.5 ATERROS

Os taludes provenientes dos aterros não terão inclinação superior à 1:1,5 (H:V).



O lançamento do material para construção dos aterros deve ser feito em camadas, em toda largura do aterro, e, sempre que possível em toda sua extensão. A espessura final das camadas não deverá ultrapassar 30 (trinta) centímetros, sendo aconselhável espessura em torno de 20 (vinte) centímetros.

Em aterros executados sobre área alagada, antes da execução da primeira camada do aterro deve ser viabilizada a drenagem da área. Não havendo possibilidade de escoamento ou remoção da água existente, a primeira camada do aterro deve ser executada com material granular permeável (areia, pedregulho ou fragmentos de rocha), funcionando como dreno que evita ascensão de água capilar advinda da fundação.

Todos os aterros realizados em quadras/lotes, serão compactados em camadas sucessivas, buscando-se um grau mínimo de compactação de 95% do Proctor normal, utilizando-se equipamento apropriado. Quando se tratar de arruamento, estas áreas deverão ser compactadas em camadas sucessivas, buscando-se um grau mínimo de compactação de 100% do Proctor normal.

A execução dos aterros deve se dar em camadas sucessivas, em toda a largura da seção transversal, em extensões que permitam o umedecimento ou lubrificação das partículas sólidas, a aeração quando existir excesso de umidade e a compactação do solo.

2.1.6 ESPALHAMENTO

Todo material proveniente do bota-fora de terraplenagem será espalhado na caixa de empréstimo como recomposição de jazida.



2.1.7 PRESERVAÇÃO A EROSÃO NO TALUDE

2.1.7.1 ESCLARECIMENTOS

Os serviços de proteção dos taludes visam impedir que a precipitação das águas pluviais escoe de maneira a não causar danos aos serviços de terraplenagem, especialmente às encostas dos taludes.

2.1.7.2 EXECUÇÃO

A proteção superficial dos taludes será precedida de obras de regularização que se incluem no preço de consolidação.

Após a regularização, será colocada sobre o talude, uma camada de terra vegetal e adubo e a seguir o revestimento de grama adequada ao clima da região, com no mínimo 50 mudas/m², ou placas de grama com no mínimo de 20 cm de lado.

As placas serão batidas e estaqueadas, quando necessário, de tal forma a aderirem ao terreno. A grama será posteriormente recoberta com terra vegetal, e deverá ser substituída quando a mesma estiver morta.

Sobre os taludes implantados ocorrerá à precipitação de águas pluviais, o que obriga a execução de canaletas de pé-de-talude para drenagem.

2.1.8 METODOLOGIA

Todas as áreas de corte/aterro foram analisadas e quando necessário criou-se medidas que colabora- se no quesito ambiental para a reinserção das áreas alteradas da paisagem local, em observância aos instrumentos normativos estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes.

Para as águas de precipitações pensou-se em soluções de forma a ser captadas e conduzidas em locais seguros conforme projeto de drenagem.

A declividade transversal adotada para as vias, tanto para a plataforma de terraplenagem como para o pavimento acabado, é de 3,0% com cimento direcionado para as margens do corpo estradal.

O empolamento, também conhecido como expansão volumétrica, é um fenômeno característico dos solos, bastante relevante para os estudos de terraplenagem, principalmente quanto ao transporte de material, neste projeto foi considerado um empolamento de 30%.

2.2 CONFEÇÃO DO PROJETO

O projeto de terraplenagem compreendeu em linhas gerais as seguintes etapas:

- Análise geral de greide projetado;
- Cálculo das seções transversais de terraplenagem;
- Cálculo de volumes de corte e aterro;
- Definição do grau de compactação a ser exigido nos aterros;
- Definição do fator de empolamento dos aterros, considerado de 30%;

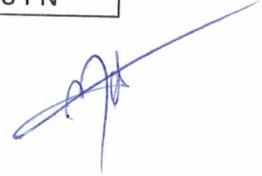
Na tabela a seguir apresenta-se o resumo dos parâmetros geotécnicos para seleção dos materiais:



Discriminação dos Materiais	CBR	Expansão
Material não adequado para terraplenagem	<2%	>4%
Material não adequado para subleito	<CBRproj%	>2%
Material satisfatório para corpo de aterro	≥2%	≤4%
Material satisfatório como subleito	≥ CBRproj %	≤2%
Material para acabamento de terraplenagem	≥ CBRproj %	≤2%

* CBRproj adotado para o subleito de acordo com o projeto de pavimentação.

Discriminação dos Materiais	Local	Compactação
Grau mínimo de compactação	Corpo dos aterros	95% do PN
	Acabamento de terraplenagem	100% do PN



3.0 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

3.1 ESQUEMA CONSTRUTIVO

3.1.1 REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO

Regularização do sub-leito é a denominação tradicional para as operações necessárias à obtenção de um leito “conformado” para receber um pavimento. Cortes e aterros acima de 20 cm são considerados serviços de terraplenagem, enquanto a regularização do sub-leito, é considerada um serviço de pavimentação;

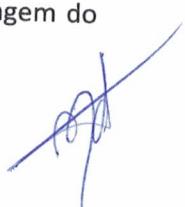
Pode acontecer, numa regularização do subleito, caso o solo seja orgânico, ou expansivo, ou de baixa capacidade de suporte, ou seja, solo de má qualidade, a necessidade de substituição da camada de solo. Sendo necessária, o solo substituto deverá ser analisado, não se admitindo $ISC < 8,0\%$ e expansão superior a 1%;

Regularização é a operação destinada a conformar o leito do terreno quando necessário transversal e longitudinal indicando no projeto. É uma operação que será executada prévia e isoladamente da construção de outra camada do pavimento.

A execução da regularização do subleito envolve basicamente as seguintes operações: escarificação e espalhamento dos materiais, homogeneização dos materiais secos, umedecimento ou aeração e homogeneização da umidade, compactação e acabamento;

Os equipamentos a serem utilizados nestas operações são os seguintes: moto níveladora, grade de disco, caminhões “pipa” e rolos compactadores.

Após a execução dos cortes e adição de material para atingir o greide do projeto, com gradeamento de trator de pneus, procedesse-o nivelamento geral do trecho a ser executado, seguido de adição de água com caminhão pipa, ou se necessário secagem do material para se atingir o grau de umidade desejada, compactação e acabamento.



O controle geométrico da regularização deve ser o mesmo da terraplenagem, sendo a área regularizada e compactada compreendendo a largura da via acrescida de 0,30 m para cada lado pelo comprimento da mesma, observando as declividades longitudinal e transversal de cada via.

O controle tecnológico da regularização do subleito deve atender os seguintes critérios:

Para cada "pano" de até 100m de comprimento fazer um ensaio padrão de compactação com material retirado da pista, já homogeneizado.

Aproximadamente no mesmo local realizar a determinação da densidade "in situ", calculando-se, então o Grau de Compactação-GC.

O serviço será considerado aprovado desde que apresente um $GC \geq 100\%$ do Proctor Normal e umidade "in situ" variando $\pm 2\%$ da umidade ótima de laboratório.

Cabe ressaltar que os ensaios denominados *speedy* e *funil* e areia podem ser exigidos pela fiscalização da obra da empresa contratada.

Para determinação dos volumes utilizou-se o método das médias das áreas.

3.1.2 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos objetivaram os levantamentos necessários ao desenvolvimento do projeto. Desta forma o levantamento realizou-se da seguinte maneira:

- Levantamento Planítmétrico da área a ser trabalhada;
- Locação do eixo das vias a serem pavimentadas, com piqueteamento da mesma;
- Nivelamento e contranivelamento do eixo locado;
- Nivelamento das seções transversais.



3.1.3 GENERALIDADES

Os trabalhos de Terraplenagem, previstos para o local, abrangem a abertura de todas as ruas, sendo constituído praticamente de cortes tipo “caixão” com pouca movimentação de aterro no subleito, aproveitamento a topografia natural da região.

3.1.4 BOTA FORA

Os materiais escavados durante os serviços de terraplenagem serão destinados a bota-fora. Este volume será remanejado e espalhado para recomposição da jazida de empréstimo.

3.1.5 SUB-BASE

Esta especificação se aplica a execução de sub-bases granulares, constituídas de camadas de solos, misturas de solos e materiais britados.

Materiais

Para o projeto será utilizado material lacterítico para a sub-base, este material ao longo do tempo comprova-se uma resistência ao cisalhamento e um aumento considerável de seu suporte por se tratar de um material que contém óxido de ferro, alumínio e magnésio, que torna as partículas quimicamente ligadas, devendo apresentar especificações mínimas, de acordo com o Memorial de Cálculo, $CBR > 20$.



Os materiais da sub-base devem apresentar uma das seguintes características:

TIPOS PENEIRAS (#)	I				II	
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	-	-	-	-
1"	-	75-90	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
Nº 40	08-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
Nº 200	02-08	05-20	05-15	10-25	06-20	08-25

Tabela 1 - Peneiras para materiais

Equipamentos

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para execução da sub-base:

- Moto niveladora pesada com escarificador;
- Carro tanque com distribuição de água;
- Rolos compactadores tipos Pé de Carneiros, vibratório;
- Trator Agrícola c/ Grade de disco.

Execução

Compreende as operações de espalhamento, mistura e pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento dos materiais importados.

Quando houver a necessidade de uma camada de sub-base com espessura superior a 20 cm, estas serão subdivididas em camadas parciais, nenhuma delas excedendo a espessura de 20 cm. A espessura mínima da base será de 10 cm após a compactação.

O grau de compactação deverá ser o mínimo de 100% em relação à massa específica aparente, seca máxima, obtida no ensaio do D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) – ME 092-94, e o teor de umidade deverá ser ótimo do ensaio +/- 2%.

Controle Tecnológico

Determinação da massa específica aparente “in situ” com espaçamento máximo de 200m pista, nos pontos onde foram coletadas as amostras para os ensaios de compactação.

Ensaio de caracterização, (LL, LP, granulometria) segundo os métodos do D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) – DNER-ME 122/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 051/94, respectivamente com espaçamento máximo de 500m da pista.

Ensaio de Índice Suporte Califórnia com energia de compactação do método D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) DNER-ME 049/94 com espaçamento de 1000,00 metros de pista.

Ensaio de compactação D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) ME 162-94, para determinação da massa específica aparente seca sendo sempre a ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, bordo direito.

3.1.6 BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

Esta especificação se aplica a execução de bases granulares, constituídas de camadas de solos, misturas de solos e materiais britados.

O pavimento será executado basicamente com uma camada de 16,00 cm de espessura, composta de material granular devidamente analisado, não se admitindo material com ISC < 60% e expansão $\leq 0,5\%$;



Materiais

Para o projeto será utilizado material lacterítico na base, este material ao longo do tempo comprova-se uma resistência ao cisalhamento e um aumento considerável de seu suporte por se tratar de um material que contém óxido de ferro, alumínio e magnésio, que torna as partículas quimicamente ligadas, devendo apresentar especificações mínimas, de acordo com o Memorial de Cálculo, CBR > 60.

Os materiais da base devem apresentar uma das características indicadas na Tabela 1 - Peneiras para materiais:

Equipamentos

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para execução da base:

- Motoniveladora pesada com escarificador;
- Carro tanque com distribuição de água;
- Rolos compactadores tipos Pé de Carneiros, vibratório;
- Trator Agrícola c/ Grade de disco.

Execução

Compreende as operações de espalhamento, mistura e pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento dos materiais importados.

Quando houver a necessidade camada de base com espessura superior a 20 cm, estas serão subdivididas em camadas parciais, nenhuma delas excedendo a espessura de 20 cm. A espessura mínima da base será de 10 cm após a compactação.



O grau de compactação deverá ser o mínimo de 100% em relação à massa específica aparente, seca máxima, obtida no ensaio do D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) – ME 092-94, e o teor de umidade deverá ser ótimo do ensaio +/- 2%.

Controle Tecnológico

Determinação da massa específica aparente “in situ” com espaçamento máximo de 200m pista, nos pontos onde foram coletadas as amostras para os ensaios de compactação.

Aproximadamente no mesmo local realizar a determinação da densidade “in situ”, calculando-se, então o Grau de Compactação-GC;

Ensaio de caracterização, (LL, LP, granulometria) segundo os métodos do D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) – DNER-ME 122/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 051/94, respectivamente com espaçamento máximo de 500m da pista.

Ensaio de Índice Suporte Califórnia com energia de compactação do método D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) ME 049/94 com espaçamento de 1000,00 metros de pista.

Ensaio de compactação D.N.E.R. (atual D.N.I.T.) ME 162-94, para determinação da massa específica aparente seca sendo sempre a ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, bordo direito.

3.1.7 IMPRIMAÇÃO

Consiste na impressão de uma camada de material betuminoso sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando:

Certa coesão na parte superior da camada de solo granular, possibilitando sua aderência com o revestimento asfáltico;

Certo grau de impermeabilidade que, aliado com a coesão propiciada, possibilita a circulação dos veículos da obra ou mesmo do tráfego existente, sob as ações de intempéries, sem causar danos à camada imprimada; garantir a necessária aderência da base granular com o revestimento tipo asfáltico, tratamento ou mistura.

O ligante asfáltico indicado, de um modo geral, para a imprimação é o asfalto diluído do tipo CM-30, admitindo-se o tipo CM-70 somente em camadas de alta permeabilidade, com consentimento escrito da fiscalização.

A taxa de asfalto diluído a ser utilizada é de 0,8 a 1,2 litros/m², devendo ser determinada experimentalmente no canteiro da obra a taxa ideal, observando durante 24 horas aquela taxa que é absorvida pela camada sem deixar excesso na superfície.

Os equipamentos utilizados para a execução da imprimação são os seguintes: vassoura mecânica rotativa, podendo ser manual esta operação; Caminhão espargido manual, para distribuição homogênea do ligante.

Execução

- Os equipamentos deverão ser examinados pela fiscalização antes do início da obra, em de desconformidade com as normas não será dada às ordens de serviços até que solucione o problema.
- Deverá ser feita a varredura na base para eliminar o pó e material solto, aplicando-se em seguida o material betuminoso, observando-se que a temperatura ambiente não deverá ser inferior a 10° C, evitando-se que o processamento não seja feito em dias chuvosos ou com perspectivas de chuvas.
- A pista imprimada deverá ficar bloqueada ao acesso de carro por 48 horas estando pronta para o recebimento do tratamento superficial após este período.



Controle da Taxa de Aplicação

Poderá ser feita nas seguintes formas:

Coloca-se na pista uma bandeja de peso e areia conhecidos, por uma simples pesagem após a passagem do carro espargido tem-se a quantidade do material betuminoso usado.

Com a utilização de uma régua de madeira graduada, onde será medido o nível de material antes e depois da aplicação, determinando a quantidade usada no trecho.

3.2 ELEMENTOS DE TRÁFEGO

O projeto de pavimentação baseou-se nos estudos de tráfego, na geração de viagens e distribuição da frota discutida neste trabalho (itens 2.3 e 2.3.2)

3.3 PAVIMENTO

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

3.4 FUNÇÕES

Receber as cargas impostas pelo tráfego de veículos e as redistribuir para os solos da fundação (subleito)

Proporcionar condições satisfatórias de velocidade, segurança, conforto e economia no transporte de pessoas e mercadorias

3.5 REQUISITOS

- Estabilidade



- Resistência a esforços verticais, horizontais, de rolamento, frenagem e aceleração centrípeta nas curvas
- Durabilidade
- Regularidade longitudinal

3.6 PAVIMENTO ASFÁLTICO

Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de *binder*, embora essa designação possa levar a certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico.

Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros.

Nos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural. Limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da mecânica dos pavimentos.

3.7 REVESTIMENTO ASFÁLTICO

O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento.

As tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga dessa camada. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática e etc.

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura.

Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré envolvimento é feito na usina denomina-se pré misturado propriamente dito. Quando o pré envolvimento é feito na pista denomina-se pré misturado na pista.

3.8 TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO (TSD)

Tratamento superficial é a camada de revestimento do pavimento constituída por uma ou mais aplicações de ligante asfáltico, modificado ou não por polímero e uma ou mais aplicações sucessivas e alternadas de agregado mineral. Consiste na aplicação do ligante asfáltico sobre a base, seguida de distribuição de agregado, e sua compactação.

Tratamento superficial duplo ou TSD é o tratamento superficial formado por duas aplicações de ligante asfáltico e duas aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas.

3.8.1 MATERIAIS

Materiais constituintes dos tratamentos superficiais são os agregados minerais, ligantes asfálticos modificados ou não por polímero.

3.8.2 LIGANTE ASFÁLTICO

Podem ser empregados os seguintes ligantes asfálticos:

- Cimento asfáltico de petróleo, tipo CAP 150/200;
- Emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, tipos RR-1C e RR-2C, modificadas por polímero tipo SBS.



- Cimentos asfálticos modificados por polímero.

O uso da emulsão asfáltica modificada ou não por polímero, somente é permitido quando for empregada em todas as camadas do revestimento.

O cimento asfáltico, emulsão asfáltica, cimento asfáltico modificados por polímero e a emulsão modificada por polímero devem atender o especificado nos anexos C, D, E e F, respectivamente, ou a especificações que estiverem em vigor na época de sua utilização.

Todo o carregamento de material asfáltico que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante ou distribuidor o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação, ou ao dia de carregamento para transporte, com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias.

3.8.3 AGREGADO

Deve constituir-se por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve atender aos seguintes requisitos:

- Para agregado retido na peneira nº 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles deve ser igual ou inferior a 50%, conforme NBR NM 51(1);
- Perda no ensaio de durabilidade conforme DNER ME 089(2), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%;
- Quando o agregado for obtido por britagem de seixos rolados, ao menos 95% dos fragmentos retidos na peneira nº 4, em peso, devem apresentar uma ou mais faces resultantes de fratura;

- Para agregados retidos na peneira nº 4, o índice de forma deve ser superior a 0,5, e a porcentagem de partículas lamelares, inferior a 10%; conforme NBR 6954(3);
- A adesividade entre o agregado e o ligante asfáltico modificado ou não por polímero, conforme NBR 12583(4) e NBR 12584(5) devem ser satisfatórias; caso contrário, deve-se empregar melhorador de adesividade;
- Na composição dos tratamentos devem ser utilizados agregados da mesma natureza;
- O agregado a ser utilizado na execução do tratamento deve ser lavado, isento de partículas pulverulentas;

Recomenda-se que os agregados utilizados nos tratamentos superficiais enquadrem-se nas graduações apresentadas na tabela a seguir: **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

GRA-DUA-CÕES	PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS	38	25	19	12,5	9,5	4,8	2,4	0,075
		(1 1/2")	(1")	(3/4")	(1/2")	(3/8")	nº 4	nº 8	nº 200
A	25 mm a 12,5 mm (1" a 1 1/2")	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10				0 - 2
B	19 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90 - 100	20 - 55	0 - 15			0 - 2
C	12,5 mm a 4,8 mm (1/2") a nº 4			100	90 - 100	40 - 75	0 - 15		0 - 2
D	9,5 mm a 4,8 mm (3/8" a nº 4)				100	90 - 100	0 - 20	0 - 5	0 - 2
E	9,5 mm a 2,4 mm (3/8" a nº 8)				100	90 - 100	10 - 30	0 - 8	0 - 2
F	4,8 mm a 2,4 mm (nº 4 a nº 8)					100	75 - 100	0 - 10	0 - 2

- As taxas de aplicação dos agregados e ligantes asfáltico indicados nas Tabelas 2 e 3, são indicativas e devem ser ajustadas na pista;

- Quando for empregado agregado poroso, deve-se considerar sua porosidade na fixação da taxa do ligante asfáltico modificado ou não por polímero.

TABELA 2 - Sugestão da Composição dos Tratamentos Superficiais e Quantidades de Materiais em l/m², usando Cimento Asfáltico.

SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES	TIPOS DE TRATAMENTO					
	SIMPLES		DUPLO		TRIPLO	
	1 D	2DF	2CE	2BD	3BDF	3ACE
1^a CAMADA CAP	1,0	1,0	1,2	1,4	1,2	1,4
Agregado Graduação D	8,5	9,0	-	-	-	-
Agregado Graduação C	-	-	12,0	-	-	-
Agregado Graduação B	-	-	-	15,0	14,0	-
Agregado Graduação A	-	-	-	-	-	18,0
2^a CAMADA CAP	-	0,8	0,9	1,3	1,0	1,2
Agregado Graduação F	-	5,0	-	-	-	-
Agregado Graduação E	-	-	6,0	-	-	-
Agregado Graduação D	-	-	-	8,0	7,0	-
Agregado Graduação C	-	-	-	-	-	9,5
3^a CAMADA CAP	-	-	-	-	0,9	1,0
Agregado Graduação E	-	-	-	-	-	5,0
Agregado Graduação F	-	-	-	-	5,0	-
Quantidades totais						
Cimento Asfáltico (l/m ²)	1,0	1,8	2,1	2,7	3,1	3,6
Agregado (l/m ²)	8,5	14,0	18,0	23,0	26,0	32,5

TABELA 3 - Sugestão da Composição dos Tratamentos Superficiais e Quantidades de Materiais em l/m², usando Emulsão Asfáltica.

SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES	TIPOS DE TRATAMENTO					
	SIMPLES		DUPLO		TRIPLO	
	1 D	2 DF	2CE	2BD	3BDF	3ACE
1^ª CAMADA						
Emulsão	1,3	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4
Agregado Graduação G	-	-	-	-	-	-
Agregado Graduação F	-	-	-	-	-	-
Agregado Graduação D	8,5	9,0	-	-	-	-
Agregado Graduação C	-	-	12,0	-	-	-
Agregado Graduação B	-	-	-	15,0	14,0	-
Agregado Graduação A	-	-	-	-	-	18,0
2^ª CAMADA						
Emulsão	-	1,3	1,6	2,1	1,9	2,3
Agregado Graduação F	-	5,0	-	-	-	-
Agregado Graduação E	-	-	6,0	-	-	-
Agregado Graduação D	-	-	-	8,0	7,0	-
Agregado Graduação C	-	-	-	-	-	9,5
3^ª CAMADA						
Emulsão	-	-	-	-	0,8	1,0
Agregado Graduação E	-	-	-	-	-	5,0
Agregado Graduação F	-	-	-	-	5,0	-
TOTAIS						
Emulsão Agregado (l/m ²)	1,3 8,5	2,3 14,0	2,8 18,0	3,5 23,0	4,1 26,0	4,7 32,5

3.9 EQUIVALÊNCIA ENTRE CARGAS

O conceito de equivalência entre cargas surge da simples observação de que, para estruturas idênticas de pavimento, os efeitos destrutivos ocasionados ao longo do tempo, por veículos diferentes, são desiguais, emergindo então um critério comparativo entre veículos.

Yoder e Witczak (1975) indicam que os fatores de equivalência de cargas definem o dano causado pela passagem de um veículo qualquer, para um tipo específico de pavimento, em relação ao dano causado pela passagem de um veículo, arbitrariamente tomado como padrão, para o mesmo tipo de pavimento considerado.

Pereira (1985) discute tal ideia de deterioração (ou dano) como correspondente “à evolução total que o estado do pavimento pode sofrer, considerando-se um tipo específico de degradação”. Balbo (2007) afirma que fica, neste caso, bem explícito que fatores de equivalência entre cargas têm correspondência biunívoca com determinado modo de ruptura considerado.

Portanto, Balbo (2007) define FEC – Fator de Equivalência de Cargas como o número abstrato que indica o quanto uma passagem de dado eixo é potencialmente mais danosa para o pavimento em comparação ao eixo padrão de 80kN.

Os Fatores de Equivalência de Carga são oriundos da seguinte planilha:

Tipos de Eixo	Faixas de Carga (tf)	Equações (P em tf)
Dianteiro Simples e Traseiro Simples	0 - 8	$FC = 2,0782 \cdot 10^{-4} \cdot P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \cdot 10^{-6} \cdot P^{6,2542}$
Tandem Duplo	0 - 11	$FC = 1,5920 \cdot 10^{-4} \cdot P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,528 \cdot 10^{-6} \cdot P^{5,484}$
Tandem Triplo	0 - 18	$FC = 8,0359 \cdot 10^{-5} \cdot P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \cdot 10^{-7} \cdot P^{5,5789}$

3.10 EQUIVALÊNCIA DE OPERAÇÕES

Balbo (2007) informa que Equivalência de Operações, também chamado de EO, é o produto entre o número previsto, em termos de frequência, de dado eixo, multiplicado por seu fator de equivalência de cargas.

a. FATOR DE VEÍCULO

O Fator de veículos (FV) é o somatório de todas as equivalências de operações dos eixos previstos em projeto dividido por 100 (porcentagem).

3.11 VDM

O VDM ou Volume Diário Médio, que é exatamente o volume total de veículos que passa por uma seção completa da via.

3.12 FATOR DE EIXO

FE é o número que representa a média de eixos de um veículo da frota de caminhões e ônibus, descontado o eixo dianteiro.

3.13 HORIZONTE DE PROJETO (P)

É o período de projeto para o qual se dimensiona um pavimento. Usualmente é adotado como 10 anos, mas pode assumir valores que vão de 5 a 20 anos.

3.14 VOLUME DE PROJETO (VP)

Conhecendo-se o V_0 , volume médio diário inicial de veículos em um sentido da rodovia, e sabendo-se que este número não é constante ao longo dos anos, admitindo-se uma taxa de crescimento anual $t\%$ para o fluxo de veículos, pode-se calcular o volume médio diário final – V_f – ao final do período de projeto.



b. FATOR DE SENTIDO (FS)

Fração numérica que reduz o volume total para pista de projeto.

3.15 FATOR DE FROTA (FF)

É a fração de veículos comerciais (leves) do volume diário médio.

3.16 FATOR DE DISTRIBUIÇÃO (FD)

É a fração numérica que reduz o volume para a faixa de projeto.

3.17 NÚMERO N

Um dos fatores que influem no dimensionamento dos pavimentos flexíveis é o tráfego que solicitará determinada via durante sua vida útil de serviço. As cargas que solicitam a estrutura do pavimento ao longo de um período "P" para o qual é projetado o pavimento são representadas pela ação do ciclo de carregamento e descarregamento em um determinado ponto fixo da superfície de rolamento quando da passagem das rodas dos veículos. O dano causado pela passagem de cada veículo é, usualmente, de pequena magnitude, mas o efeito acumulativo deste dano é que determina a resistência de vida à fadiga dos pavimentos. No Brasil, o fator preponderante que leva os pavimentos ao final de sua vida útil é este feito acumulado.

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis que se adota no país é a adaptação do método de dimensionamento de pavimentos de aeroportos do Corpo de

Engenheiros dos Estados Unidos, conforme proposto em 1962 por Turnbull, Foster & Ahlvin (MEDINA, 1997).

Conhecido como "Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER", esta adaptação foi introduzida no Brasil pelo Eng. Murillo Lopes de Souza em uma primeira versão em 1962 e, sofreu um aprimoramento com a apresentação de uma nova versão em 1966.

Neste método de dimensionamento, para efeito de projeto, o tráfego que transitará sobre determinado pavimento ao longo de sua vida útil de serviço é convertido em um número de operações/solicitações de um eixo rodoviário padrão. Este número de solicitações é conhecido como número "N".

3.18 METODOLOGIA

Dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que o constituem de forma que estas camadas (reforço do subleito, sub-base, base e revestimento) resistam e transmitam ao subleito as pressões impostas pelo tráfego, sem levar o pavimento à ruptura ou a deformações e a desgastes excessivos.

Os métodos empíricos de dimensionamento têm como base o método CBR.

Método CBR:

- Utiliza-se do ensaio de penetração CBR
- Relaciona a capacidade de suporte do subleito (CBR) e a intensidade do tráfego com a espessura mínima necessária ao pavimento.

O processo do DNIT roteiriza o dimensionamento de pavimentos flexíveis em função dos seguintes fatores:

- Capacidade do subleito (CBR) e índice de grupo IG;

- Número equivalente de operações do eixo padrão (N);
- Espessura total do pavimento durante um período de projeto;

Com base na espessura total determinam-se as espessuras das camadas constituintes, multiplicando-se as espessuras obtidas para o material padrão (base granular) pelos coeficientes estruturais parciais correspondentes a cada tipo de material.

Trata-se do método de dimensionamento proposto pelo Eng. Murilo Lopes de Souza, de Steele e no que se refere ao tráfego, no trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume", da autoria de W. J. Turnbull, C. R. Foster e R. G. Alvhin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U. e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO. Os dados correspondentes aos coeficientes de equivalência estrutural são baseados nos resultados do The AASTHO Road Test, levado a cabo nas proximidades de Otawa, Estado de Illinois, no período de 1958 a 1960.

3.19 ENSAIOS DOS MATERIAIS DO SUBLEITO

Para a avaliação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais que irão compor as camadas do pavimento é utilizado o ensaio CBR em amostras deformadas ou moldadas em laboratório, nas condições de serviço e submetidas à embeijam por quatro dias.

O material do subleito não foi ensaiado previamente. Portanto, levando-se em consideração as características pedológicas da região, pode-se considerar um CBR mínimo igual a 10%.

Todavia este dado deverá ser verificado no momento da execução das obras. Pois se o valor for inferior ao supracitado, deve-se providenciar um novo cálculo para a estrutura de pavimento e propor uma camada adicional para reforço do subleito, evitando a formação de deformações plásticas permanentes e a transferência de cargas oriundas do tráfego para



o solo natural. Nos casos onde o CBR for inferior ao estimado deve-se fazer um reforço do subleito com material granular adequado e com CBR mínimo=10%.

3.20 MEMORIAL DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO

3.20.1 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

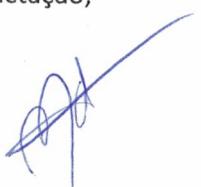
A realização do estudo geotécnico na região de implantação do projeto visa determinar o índice de suporte do subleito e suas características físicas. Os estudos de campo compreendem observações visuais e coletas de amostras do subleito que, posteriormente, são encaminhadas ao laboratório para realização das análises físico-químicas necessárias.

Tanto os procedimentos de coletas de materiais, transporte das amostras para o laboratório e a execução dos ensaios, foram realizados conforme as normas e as especificações preconizadas pelo DNIT e ABNT.

3.20.2 SONDAGEM A TRADO

Sondagem a trado é um método de investigação realizado manualmente que utiliza como instrumento um tipo de amostrador de solo constituído por lâminas cortantes que coleta amostras deformadas para a execução de ensaios de laboratório, determinação do perfil estratigráfico do solo em pequenas profundidades. Nesse tipo de sondagem não há obtenção dos índices de resistências e observação do nível do lençol freático.

Após a execução das sondagens a trado, as amostras coletadas são enviadas a um laboratório geotécnico, para realização dos ensaios de caracterização (granulometria por peneiramento, limites de Atterberg e teor de umidade natural) e resistência (compactação, ISC - Índice de Suporte Califórnia) do subleito.



Para o estudo do dimensionamento do pavimento do projeto, realizou-se 5 (cinco) furos de sondagem a trado ao longo da região onde será implantado o acesso, sendo estes dados utilizados como referência para definição dos parâmetros de cálculo do dimensionamento das camadas.

3.20.3 ESPESSURA DO REVESTIMENTO

Para o dimensionamento do pavimento do acesso foi utilizado o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNIT, 2006).

Trata-se de método empírico que se fundamenta na capacidade de suporte do subleito, traduzida pelos ensaios de ISC dos seus materiais constituintes e pelo tráfego em termos de número equivalente de operações de um determinado eixo padrão, que é fixado em 8,2 t. As diversas camadas que irão constituir o pavimento são então dimensionadas de forma a proteger o subleito e resistirem à atuação das cargas dinâmicas causadas pelo tráfego.

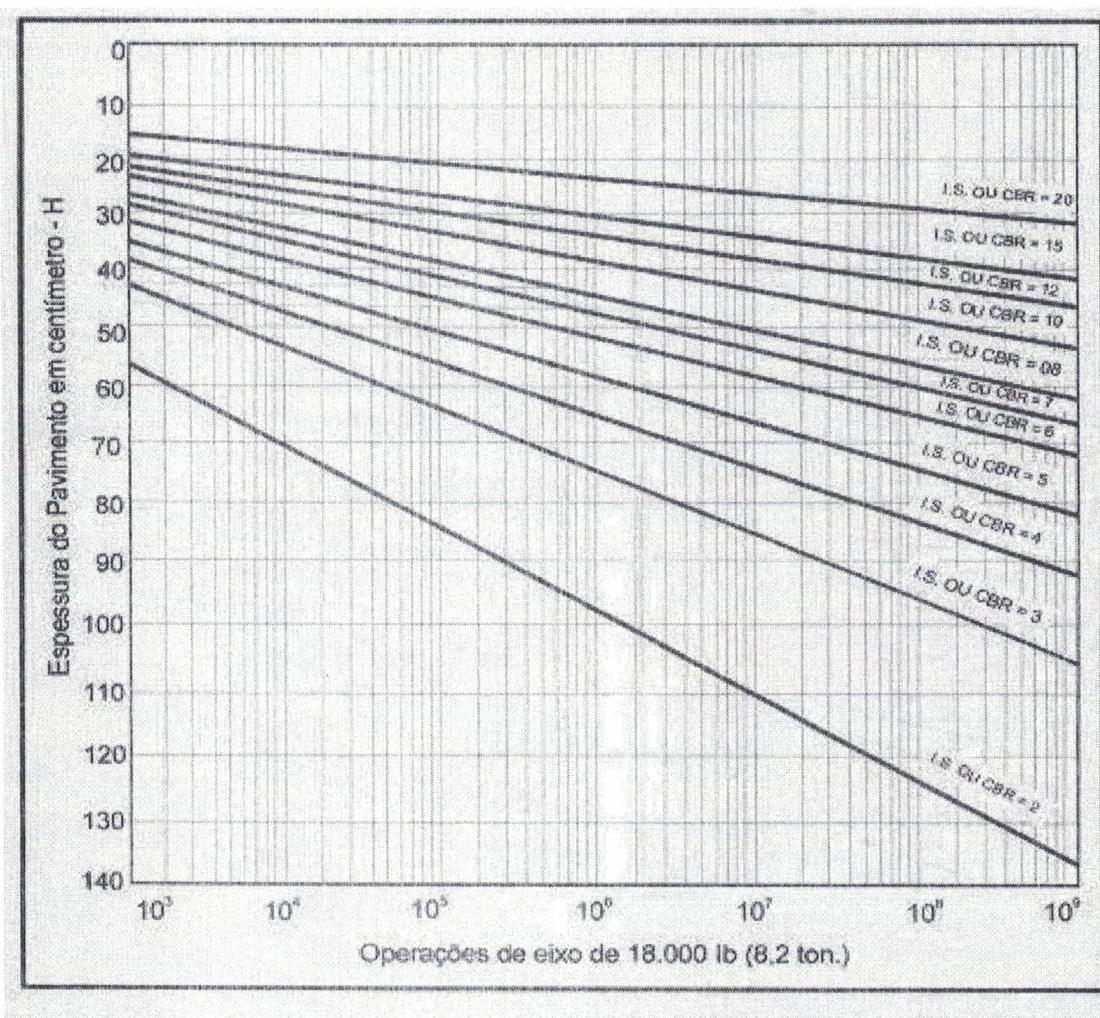
Considerando-se o número "N" de 3,75E+06, adotou-se uma camada de 2,5 cm de revestimento asfáltico, conforme a tabela a seguir.

N	Espressura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

3.20.4 COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL

Utilizou-se, para as camadas do pavimento, os coeficientes estruturais os seguintes coeficientes:

O gráfico apresentado a seguir fornece, em função do número N e do ISC de um determinado material, a espessura de material granular padrão ($K = 1,0$) necessária à proteção do material considerado contra a deformação permanente.



$$H_i = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

As espessuras finais das camadas do pavimento são calculadas através das inequações seguintes, exceto a do revestimento que é tabelada em função do número "N":

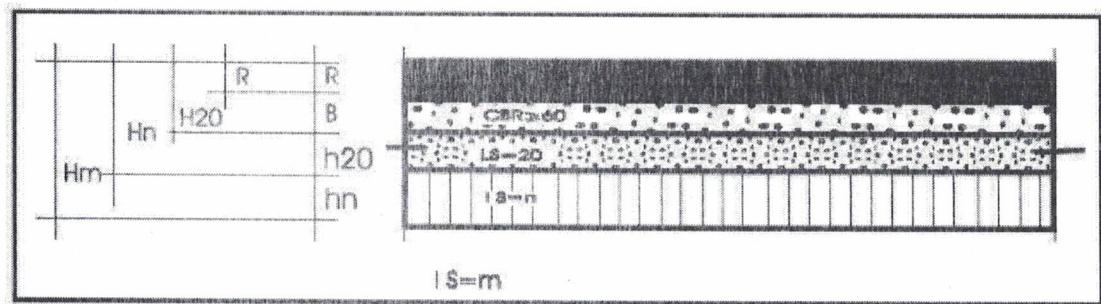
AP

- Espessura do Revestimento – R: É tabelado em função do número N.
- Espessura da Base – B: $R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$
- Espessura da Sub-Base – SB: $R \times K_R + B \times K_B + SB \times K_{SB} \geq H_n$
- Espessura do Reforço – REF: $R \times K_R + B \times K_B + SB \times K_{SB} + REF \times K_{REF} \geq H_m$

Onde:

- R - Espessura do revestimento (cm);
- KR - Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;
- B - Espessura da base (cm);
- KB - Coeficiente de equivalência estrutural da base;
- SB - Espessura da sub-base (cm);
- KSB - Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base;
- REF - Espessura do reforço (cm);
- KREF - Coeficiente de equivalência estrutural do reforço;
- H20 - Espessura de material granular padrão necessária à proteção da sub-base;
- Hn - Espessura de material granular padrão necessária à proteção do reforço;
- Hm - Espessura de material granular padrão necessária à proteção do subleito

Para fins de dimensionamento, o ISC da sub-base deve ser sempre considerado como igual a 20, mesmo que o material indicado para essa camada apresente valor de ISC superior. Esses parâmetros estão representados na figura a seguir.



Através das informações mencionadas acima, resolvemos as inequações e chegamos a seguinte conclusão:

$$R \times KR + B \times KB \geq H_{20} \Rightarrow 5 \times 2 + B \times 1 = 14: B = 4,0 \text{ cm adotaremos } 20 \text{ cm;}$$

3.20.5 ESTRUTURA FINAL DO PAVIMENTO

Analisando-se os resultados do dimensionamento do pavimento, os resultados dos ensaios nos materiais e o tráfego a consultora recomenda as seguintes estruturas:

- Revestimento (Tratamento Superficial Duplo) = 2,5 cm;
- Camada de Base Estabilizada Granulometricamente = 20,0 cm;
- Sub-leito compactado a 100% do PN = 20 cm;

Querência- Mato Grosso, Abril de 2021.

Responsável Técnico



Mateus Penha Garcia

Engº Civil / ambiental - CREA/PR 141930/VD

ART n.º 1220210062564