

## ADEQUAÇÃO DE UMA AVENIDA PRINCIPAL NO DISTRITO INDUSTRIAL DE MANAUS COM O USO DE ADITIVO ESTABILIZANTE DE SOLO

Deurison Caldas Ramos<sup>1</sup>  
Fabíola Tavares Bento<sup>2</sup>

### RESUMO

Estabilizar um solo é atribuir-lhe uma estabilidade volumétrica e desta forma atender à capacidade de resistir e suportar as cargas e os esforços produzidos pelo tráfego comumente aplicados sobre o pavimento em qualquer época do ano. Assim, pondera-se que a estabilização de um solo abrange todos os procedimentos naturais e artificiais empregues ao solo, com o escopo de melhorar suas características de resistência, bem como, assegurar a continuidade destas melhorias no tempo de vida útil das obras de engenharia. O presente artigo tem por objetivo apresentar o planejamento de adequação da camada de base de um trecho da Av. Buriti com o uso de um aditivo estabilizante de solo, o que consiste na adição de uma determinada substância ao solo, de modo a estimular mudanças que influenciam as propriedades de resistência mecânica, permeabilidade e deformabilidade deste, atingindo-se, então o objetivo de estabilizá-lo. Utilizou-se uma comparação do uso do estabilizante no ano de 2006 em uma Avenida em Manaus, comprovando-se visualmente que até hoje não houve ocorrências de trincas, rachaduras ou buracos após a reconstrução de sua camada de base com o uso do aditivo estabilizante de solo, verificando-se assim, que 10 anos depois não houve necessidade de reparos profundos em seu pavimento, asseverando que o uso do estabilizante obteve êxito ao ser usado na reconstrução da camada de base. Pontua-se que os ensaios realizados à época comprovam que o CBR do solo natural era de 17%, e com os ensaios realizados com o aditivo estabilizante de solo o CBR aumentou para 107%, salientando-se que o solo com resistência inferior não resistiria a 10 anos de tráfego pesado sem a ocorrência de rachaduras ou buracos em sua estrutura, ocasionando gastos excessivos e repetitivos em sua reconstrução.

**Palavras-chave:** Adequação. Camada de base. Aditivo estabilizante de solo.

### ABSTRACT

Stabilizing a soil is to give it a volumetric stability and thus to meet the ability to withstand and withstand the loads and stresses produced by the traffic commonly applied to the pavement at any time of year. Thus, soil stabilization is considered to encompass all the natural and artificial procedures employed in the soil, with the aim of improving its resistance characteristics, as well as ensuring the continuity of these improvements in the useful life of the engineering works. The objective of this article is to present the planning of the adaptation of the base layer of a section of Av. Buriti with the use of a soil stabilizing additive, which consists in the addition of a certain substance to the soil, in order to stimulate changes that influence the properties of mechanical resistance, permeability and deformability of this, reaching, then the objective of stabilizing it. A comparison was made of the use of the stabilizer in the year 2006 in an avenue in Manaus, proving visually that to date there have been no occurrences of cracks, cracks or holes after the reconstruction of its base layer with the use of stabilizing additive So, it was verified that 10 years later there was no need for deep repairs to the floor, asserting that the use of the stabilizer was successful when used in the

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Engenharia Civil, Uninorte Laureate. E-mail: deurison.ramos@gmail.com

<sup>2</sup> Professora da Uninorte Laureate e orientadora do artigo.

reconstruction of the base layer. It is worth noting that the tests performed at that time showed that the CBR of the natural soil was 17%, and with the tests carried out with the soil stabilizing additive the CBR increased to 107%, emphasizing that the soil with lower resistance would not withstand to 10 years of heavy traffic without the occurrence of cracks or holes in its structure, causing excessive and repetitive expenses in its reconstruction.

**Keywords:** Adequacy. Base layer. Soil stabilizing additive.

## INTRODUÇÃO

Na área do Distrito Industrial, o asfalto danificado das vias causa transtornos aos moradores. Os obstáculos surgem no caminho dos motoristas e pedestres afetando a circulação no local. Os buracos no asfalto das vias aumentaram, colocando muitas vezes em risco a vida de quem necessita fazer uso da Avenida Buriti, principalmente à noite, que acaba escondendo a proporção dos buracos e, muitas vezes, os ferros expostos.

Desta forma, destaca-se que a utilização do estabilizante de solo é uma forma de viabilizar a implantação de novas estradas, assim como, a restauração das já existentes. A aplicação desse material na construção da base é uma tendência mundial que vem crescendo constantemente em todos os ramos da atividade econômica e contempla a diminuição de custos, trazendo, por vezes, qualidade, facilidade técnica e operacional.

Pode-se verificar que em muitos pavimentos da cidade de Manaus, após curto período de tempo, os defeitos começam a aparecer na superfície de rolamento, causando desconforto, reduzindo a segurança e aumentando os custos para os usuários.

O alto custo e a função estrutural das camadas são aspectos marcantes no desempenho do pavimento e a razão de se combinar a base com determinado aditivo estabilizante é prevenir a degradação prematura do pavimento com o uso e, desta forma, estender sua vida útil, reduzindo assim, o seu custo de manutenção.

Devido à problemática, viu-se a possibilidade ou a necessidade de melhorar as características de resistência da base, bem como garantir a constância desta melhoria no tempo de vida útil, e assim obter capacidade de resistir e suportar as cargas e os esforços induzidos pelo tráfego normalmente aplicados sobre o pavimento em qualquer época do ano.

O aditivo estabilizante torna-se economicamente viável, levando-se em conta que com uma durabilidade maior, o pavimento que possui a base estabilizada, ou melhor impermeável, precisará de reparos em um intervalo de tempo maior do que a que não possui.

Para Caputo (2009), o estabilizante possui composição própria que permite ser depositado a céu aberto por longo período, sem que ocorra qualquer alteração na sua

qualidade. É um produto que pode ser manuseado sem qualquer agressão ao ser humano e ao meio ambiente, não é corrosivo, nem inflamável. Quanto mais homogênea for a incorporação, melhor resultado prático será obtido na aglutinação das partículas finas do solo. Por ser impermeabilizante o produto possui vantagem sobre as bases preparadas com outros agregados como brita, cascalho, seixo e o cimento, que sofrem infiltração e desagregação com a presença da água. Quando a camada de base granular se encontra saturada pela água que penetra através da capa asfáltica, a aplicação repetitiva das cargas provoca o aparecimento de fortíssimas correntes verticais, que removem as partículas finas das camadas inferiores e menos nobres do pavimento, disseminando-as entre os agregados da base, reduzindo ou até eliminando o atrito intergranular, que conseqüentemente mudará a sua qualidade, acelerando o processo de degradação do pavimento.

A importância deste artigo consiste na utilização do aditivo estabilizante de solo na construção da base de um trecho da av. Buriti, que contribuirá para maior durabilidade e resistência do pavimento, conforto, segurança para seus usuários, diminuindo os ruídos, baixo custo de manutenção, além de colaborar na redução do congestionamento ocasionado pelos buracos na avenida.

Assim, o objetivo primordial do presente artigo é apresentar o planejamento de adequação da camada de base de um trecho da Avenida Buriti, com a utilização de um aditivo estabilizante de solo.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **1.1 REVESTIMENTOS**

Yoder (1975 *apud* ONOFRE, 2008)) afirma que, de modo geral os pavimentos são classificados em flexíveis e rígidos. Pavimento rígido é aquele pouco deformável, seu rompimento é por tração na flexão, quando está sujeito à deformação. Já pavimento flexível é aquele em que as deformações sofridas até um certo limite, não levam ao rompimento. É dimensionado normalmente à compressão e à tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob os trilhos das rodas dos veículos, que levam a estrutura á deformações permanentes e ao rompimento por fadiga. É uma estrutura constituída de uma ou mais camadas de espessura finita, assente sobre um espaço infinito, cujo revestimento é do tipo betuminoso.

Segundo Senço (2001) o revestimento é a camada do pavimento que recebe a ação do tráfego, devendo ser o mais impermeável possível. Tem a função de melhorar a superfície de rolamento, a segurança e o conforto da estrada, além de boa durabilidade. O revestimento é executado com uma espessura variante de 2 a 5 cm, sendo a camada mais nobre do pavimento, deve-se usar os melhores materiais disponíveis. Tornando-se um problema econômico, pois seu preço é mais elevado que as demais camadas.

Para Horonjeff (1966 *apud* LOBO, 2013), a consistência do revestimento se resume na mistura de material betuminoso e agregados. Suas principais funções são as de impermeabilizar a base contra a penetração das águas da superfície, protegê-la do desgaste ocasionado pelo tráfego e distribuir as cargas.

Motta et al. (2008) citam que a constituição do revestimento é, em geral, 90% a 95% de agregados e 5% a 10% de material betuminoso.

Picanço et al. (2011) correlacionam camada de revestimento asfáltico nos diferentes tipos: concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ), areia asfalto usinada a quente (AAUQ), mistura asfáltica drenante ou camada porosa de atrito (CPA), matriz pétreo asfáltica (SMA), pré-misturados a frio (PMF), tratamento superficial, lama asfáltica, mistura asfáltica reciclada e microrevestimento.

## 1.2 REVESTIMENTOS MANAUENSES

Todo e qualquer pavimento está constantemente submetido à um conjunto de esforços climáticos e de tráfego, onde este primeiro age em função da temperatura e da pluviometria. A temperatura é um dos principais aspectos climáticos prejudiciais ao pavimento, ganha destaque no projeto devido a sua atuação direta na camada de revestimento, ocasionando deformabilidade estrutural e atingindo assim, diretamente, o desempenho do pavimento.

De acordo com Senço (2001) a escolha do tipo de revestimento é uma questão técnica e econômica, pois os mesmos sofrem variações. Esses fatores podem ser devidos ao custo, características físicas (cor, aparência geral, pó, facilidade de limpeza e segurança) e de considerações locais especiais (materiais locais, tipos existentes e organização de conservação).

Segundo Dias (2004, *apud* MOTTA et al., 2008), a construção de pavimentos de areia-asfalto originou-se nos Estados Unidos devido à crise de 1929, quando a diminuição de custo se tornou necessária à economia. No Brasil, a técnica começou a ser utilizada no Nordeste, onde teve bastante sucesso.

Como relata Santana (1965, *apud* SENÇO, 2001), os primeiros registros da utilização da areia-asfalto na pavimentação brasileira ocorreram por volta de 1960 no estado do Ceará, com o uso de areia e asfalto diluído. Naquela época a mistura asfáltica tornou-se o revestimento mais utilizado, tanto no estado quanto no Nordeste do país. Não existia nenhuma especificação brasileira para este tipo de revestimento e os trechos foram executados empiricamente.

Assim como no Nordeste brasileiro, a cidade de Manaus apresenta características geológicas bastante parecidas. A carência de material pétreo superficial dificulta na escolha do tipo de revestimento a ser usado, uma vez que esse tipo de material só é encontrado a grandes distâncias da capital, seu custo se torna mais elevado e inviável. Uma das soluções encontradas pelos construtores da região é o uso do seixo rolado, retirado do leito dos rios, substituindo a pedra britada usada na fabricação do concreto asfalto (CA). A escolha desse material de substituição não é adequada, pois não apresenta resistência satisfatória como agregado, e também causa danos ambientais em sua retirada. A outra solução mais utilizada na região é a escolha da mistura areia asfalto usinada a quente (AAUQ) como revestimento, seu custo é mais econômico e menos danoso ao meio ambiente. Apesar dessas vantagens a areia asfalto não apresenta comportamento mecânico tão satisfatório como o concreto asfalto, quando submetida a altas temperaturas e tráfego pesado.

### **1.2.1 Concreto Asfáltico Usinado à Quente - CAUQ**

Segundo Balbo (2007) o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) ou também designado como CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente) pode ser considerado a mistura à quente mais comum e tradicional empregado no país. É utilizado na construção dos revestimentos de pavimentos, incluindo as capas de rolamento e camadas de ligação.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) concreto asfalto é a mistura fabricada em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (fíler) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

Bernucci *et. al.* (2008) afirmam que O concreto asfáltico é uma mistura asfáltica muito resistente em todos os aspectos, desde que adequadamente selecionados os materiais e dosados convenientemente.

Segundo Balbo (2007) para garantir uma correta densificação do material, a espessura final desejada para um revestimento em concreto asfáltico necessita em sua compactação

camadas distintas com ou sem alteração de faixas granulométricas. Na ocorrência de duas camadas de revestimento, a camada inferior recebe o nome de binder ou camada de ligação e a camada superficial, recebe o nome de capa de rolamento ou camada de desgaste.

Motta *et. al.* (2008), destacam suas propriedades, como muito sensíveis à variação do teor de ligante asfáltico. Uma variação positiva, às vezes dentro do admissível em usinas, pode gerar problemas de deformação permanente superficial. De outro lado, a falta de ligante gera um enfraquecimento da mistura e de sua resistência à formação de trincas, uma vez que a resistência à tração é bastante afetada, sua vida de fadiga fica muito reduzida.

### **1.2.2 Areia Asfalto Usinada à Quente - AAUQ**

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), em regiões onde não existem agregados pétreos graúdos, usa-se como revestimento asfáltico uma argamassa de agregado miúdo, em geral areia, ligante (CAP), e filer. Essa mistura compõe-se de uma quantidade de ligante maior, que a do concreto asfáltico convencional, devido ao aumento da superfície específica.

Ceratti *et. al.* (2008), relatam ainda que para estas determinadas regiões a areia asfalto usinada à quente é o tipo de mistura que se torna solução, seja pela escassez destes recursos naturais ou fatores econômicos. Sua aplicação ocorre geralmente em rodovias de tráfego não elevado, pois em função da presença de apenas agregados miúdos e material de enchimento, essa mistura apresenta menor resistência às deformações permanentes quando comparadas as demais.

Segundo Motta *et. al.* (2008) por se tratar de uma mistura usinada a quente, tanto o agregado quanto o ligante são aquecidos antes da mistura, depois aplicados e compactados ainda quente. Esse processo de fabricação requer um cuidado maior, pois a AAUQ apresenta quantidade elevada de ligante asfáltico e agregados de pequenas dimensões, que se não forem dosados corretamente, podem ocasionar um dos problemas mais frequentes para este tipo de mistura, que é afundamento da camada de revestimento expulsando o material para as beiradas da via. Para Bottin (1997), O revestimento de areia asfalto não é considerado uma mistura resistente, mas pode ser uma solução adequada em certas regiões.

Balbo (2007) afirma que, a mistura areia asfalto deve ser preparada a quente em usina adequada, e pode ser usada como camada de revestimento, de regularização e de base de pavimentos asfálticos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA

A rua escolhida para o presente estudo é a Avenida Buriti, a qual apresenta problemas quanto ao seu solo.

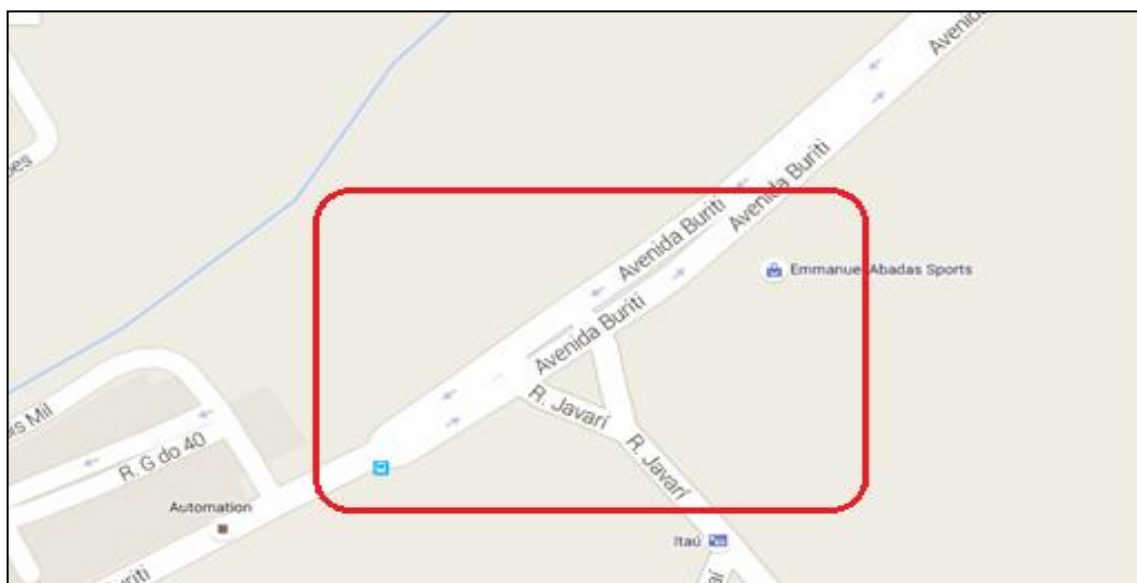


Figura 1: Delimitação da área de estudo. Fonte Google maps. Acesso: 01 nov. 2018.

A área delimitada forma uma figura geométrica, sendo definidos os pontos 800 km atem 900 km da Avenida Buriti, no bairro do Distrito Industrial, na qual será coletado 60 kg de amostra de solo seco, posteriormente as mesmas serão levadas ao laboratório para que sejam feitas os ensaios:

(a) análise granulométrica (ABNT - NBR 7181, 1984); (b) consistência do solo - limite de liquidez (ABNT - NBR 6459, 1984), limite de plasticidade (ABNT - NBR 7180, 1984); (c) massa específica dos grãos de solos (ABNT - NBR 6508, 1984); (d) CBR (Índice de suporte califórnia) conforme a NBR 7182, o que indicará a capacidade do solo em suportar as cargas a que será submetido.

Neste artigo adotou-se o CBR no valor 107% conforme ensaio realizado em 2006 como mostra as figuras 2, 3, 4 e 5.

ENSAIOS DE CLASSIFICAÇÃO												
Interessado: Pampulha- Estudo com ( Estabilizante químico de solos para pavimentação )												
Obra: Arruamento STª Etelvina			Procedência: Corte Local			Estudo: Base						
Localização:			Material: Areia Argilosa Vermelha			Prof.: Amostra: 02/01						
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NBR-07181												
PREPARAÇÃO DO MATERIAL			PENEIRAMENTO GROSSO									
Umidade Higroscópica			Peneiras		Peso da amostra seca		(% que passa da amostra total)					
Número da cápsula:			No.	mm	Retido	Passando						
Cápsula + Solo + Água (g)			2"	50,8	0,00	941,45	100,00					
Cápsula + Solo (g)			1 1/2"	38,1	0,00	941,45	100,00					
Massa da cápsula (g)			1"	25,4	0,00	941,45	100,00					
Massa da água (g)			3/4"	19,1	0,00	941,45	100,00					
Massa do solo seco (g)			3/8"	9,5	3,15	938,30	99,67					
Umidade (%)			4	4,8	4,82	933,48	99,15					
Média das umidades (%)			10	2,0	7,10	926,38	98,40					
PENEIRAMENTO FINO												
Amostra total seca			Massa da amostra parcial úmida						100,00 (g)			
Massa da amostra total úmida (g)			Massa da amostra parcial seca						94,06 (g)			
Solo seco retido # 10 (g)			Peneiras		Peso da amostra seca		(% que passa da amostra parcial)		(% que passa da amostra total)			
Solo úmido passando # 10 (g)			No.	mm	Retido	Passando						
Solo seco passando # 10 (g)			16	1,20	0,00	94,06	100,00		98,40			
Amostra total seca (g)			30	0,60	0,00	94,06	100,00		98,40			
Resumo Granulométrico												
Pedregulho acima de 2,0 mm (%)			40	0,42	34,91	59,15	62,88		61,88			
Areia grossa 2,00 à 0,42 mm (%)			50	0,30	0,00	59,15	62,88		61,88			
Areia fina 0,42 à 0,074 mm (%)			100	0,15	0,00	59,15	62,88		61,88			
Silte + argila (%)			200	0,074	27,15	32,00	34,02		33,47			
ENSAIOS FÍSICOS												
LIMITE DE LIQUIDEZ NBR 06459												
Amostra:	6					13				14	15	17
Número da cápsula:	123	130	193	140	124	19,88	9,56	9,00	9,60	8,55	8,72	
Cápsula + Solo + Água (g)	19,61	18,29	21,95	20,20	19,88	9,56	9,00	9,60	9,60	8,55	8,72	
Cápsula + Solo (g)	16,52	15,22	18,04	16,40	16,16	9,05	8,53	9,17	8,15	8,25	8,25	
Massa da cápsula (g)	6,67	5,75	6,46	5,50	6,42	6,31	5,89	6,80	5,91	5,73	5,73	
Massa da água (g)	3,09	3,07	3,91	3,80	3,72	0,51	0,47	0,43	0,40	0,47	0,47	
Massa do solo seco (g)	9,85	9,47	11,58	10,90	9,74	2,74	2,64	2,37	2,24	2,52	2,52	
Umidade (%)	31,37	32,42	33,77	34,86	38,20	18,61	17,80	18,14	17,86	18,65	18,65	
Golpes	48	38	28	23	12	Limite de plasticidade: 18,21 %						
<b>MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS NBR - 06508</b>												
Temperatura (°C)												
Picnômetro vazio (g)												
Picnômetro + água (g)												
Solo (g)												
Massa espec. (g/cm³)												
Média:												
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDADE</b>												
limite de liquidez 31,70												
Limite de plasticidade 18,21												
Índice de plasticidade 13,49												
Classificação Unificada: A2-6												
Índice de Grupo: 2												
Observações: Solo Natural												
Operador: Marden/Moisés												
Data: 07.02.06												
Visto: CONCRESONDA ENSAIOS TEC. LTDA												
Eng.º Aníbal Elias Joplin												

Figura 2: Ensaio de Classificação. Fonte: IDESA, 2006.

Conforme salienta Caputo (2009), a análise granulométrica é a determinação das dimensões das partículas do solo e as proporções relativas em que elas se encontram. Dois métodos são geralmente utilizados para determinação do tamanho das partículas de solo:

Ensaio de peneiramento: partículas maiores que 0,075mm de diâmetro;

Ensaio de sedimentação: partículas menores que 0,075m de diâmetro.

No projeto em questão, optou-se pelo ensaio de peneiramento.



No Brasil estes ensaios são padronizados pela NBR 7181 (1984). A curva de distribuição granulométrica pode ser utilizada para determinar alguns parâmetros do solo, como:

- Diâmetro efetivo;
- Coefficiente de uniformidade;
- Coefficiente de curvatura;
- Coefficiente de segregação.

De acordo com Das (2007, p. 28), “a curva de distribuição granulométrica mostra não somente os tamanhos das partículas presentes em solo, mas também o tipo de distribuição de partículas de vários tamanhos”.

De acordo com Das (2007, p. 51) “o limite de liquidez é definido como o teor de umidade no ponto e transição do estado plástico para o estado líquido”. No Brasil este ensaio é padronizado pela NBR 6459 (1984).

Caputo (2009), salienta que a compactação de um solo ocorre através do processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios, e assim, aumentar sua resistência, tornando-o mais estável. A compactação de um solo visa melhorar suas características, não só quanto à resistência, mas também aos aspectos de permeabilidade, compressibilidade e absorção de água. Segundo Das (2007, p. 84), “a compactação é a densificação do solo por meio da remoção do ar, o que requer aplicação de uma energia mecânica”. A figura 3 apresenta os resultados do ensaio de compactação realizado em 2006.

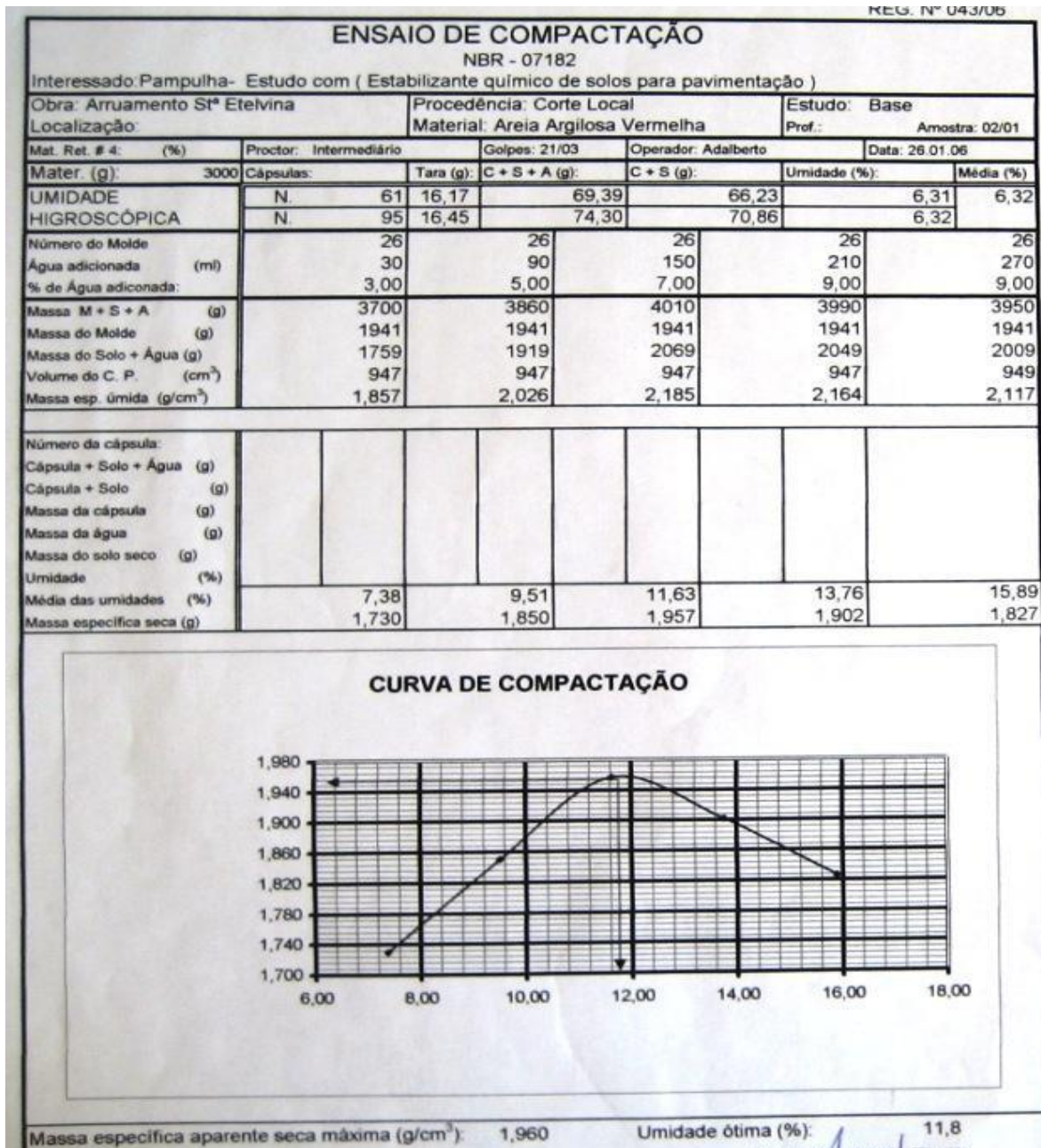


Figura 3: Ensaio de Compactação. Fonte: IDESA, 2006.

A curva de compactação é traçada com base nos dados obtidos no ensaio de compactação para os diferentes teores de umidade, a umidade ótima ( $h_{ot}$ ) e o peso específico seco máximo ( $\delta_{smáx}$ ) são obtidos através desta curva. Para o traçado da curva de compactação é conveniente a determinação de pelo menos cinco pontos, dos quais dois se encontrem no ramo seco à esquerda da curva, como na (figura 4), um próximo à umidade ótima e os outros dois no ramo úmido à direita da curva (CAPUTO, 2009).

No campo da pavimentação o *Califórnia Bearing Ratio* – CBR é sem dúvida uma das características mais importantes e aceitas para avaliar o comportamento de solo, seja como fundação de um pavimento ou como componente das camadas deste.

Segundo o DNIT (2006), o CBR denota a relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para 53 produzir a mesma penetração numa brita padronizada, e é regido pela norma DNERME049/94 e pela NBR 9895/87.

A execução do ensaio (figura 4) procede-se com a moldagem de corpos -de- prova compactados com teores de umidade indicados pelo ensaio de compactação, onde, devem também ser descrita a energia de compactação, após preparada a moldagem em um molde cilíndrico, é sobreposto sobre o corpo-de-prova um extensômetro e em seguida o corpo-de-prova deverá ficar submerso em água durante quatro dias, onde serão realizadas leituras a cada 24 horas. Logo após, a penetração dos corpos-de-prova serão realizadas por uma prensa conforme a figura a seguir, a uma velocidade constante de 0,05pol/min.

O resultado obtido constará de uma curva pressão x penetração, e valor em porcentagem é obtido através da seguinte formulação, valendo salientar que adota-se para o CBR o maior valor obtido na penetração de 0,1 e 0,2 pol (figura 5).

Segundo a norma NBR 6457 (ABNT, 1986), o material a ser utilizado para o ensaio de compactação e também para a determinação do índice de suporte Califórnia, deve ser peneirado na peneira com abertura de 19,1 mm, substituindo o que ficar retido por igual quantidade de material que passa nessa mesma peneira e que fica retido na peneira 4,76 mm.

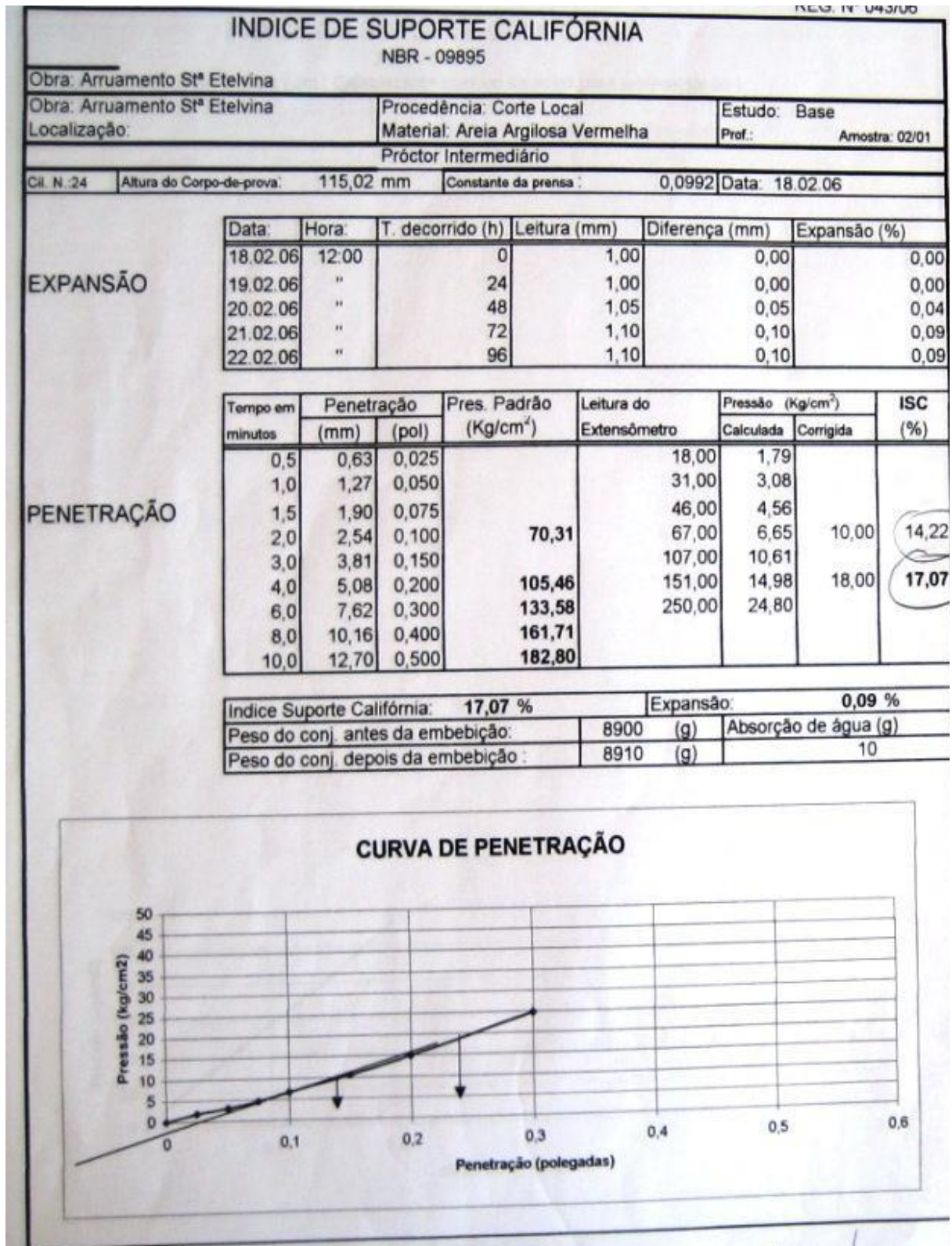


Figura 4: CBR do solo natural. Fonte: IDESA, 2006.

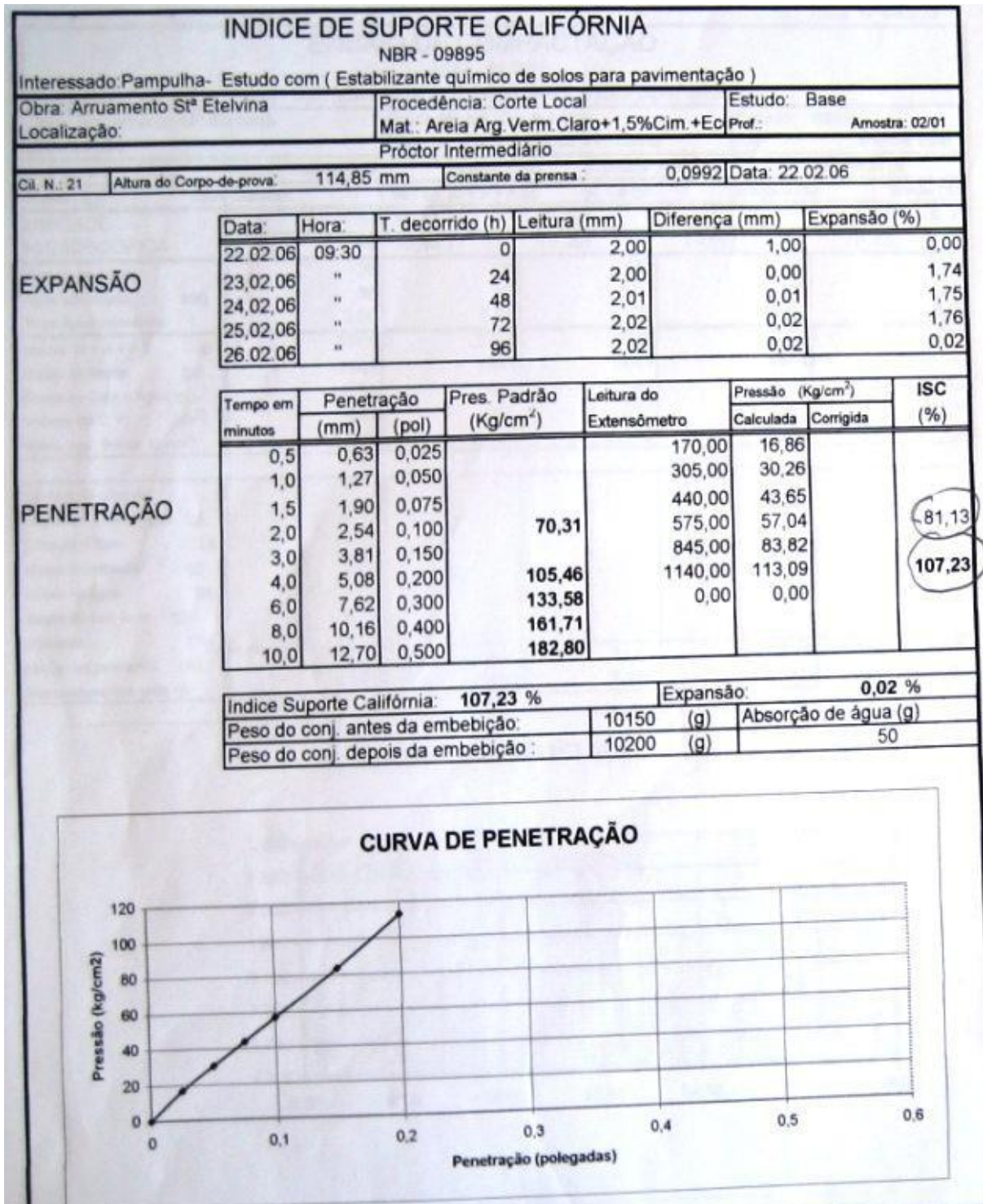


Figura 5: CBR do solo com estabilizante e cimento portland. Fonte: IDESA, 2006.

Com base nos ensaios acima citados, foi realizado o planejamento da reconstrução da camada de base da Av. Buriti, em uma extensão de 100 metros e largura de 12,30m, espessura da camada de base de 0,20m.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no planejamento de adequação da camada de base de um trecho da Avenida Buriti, com a utilização de um aditivo estabilizante de solo, aponta-se o seguinte:

#### 3.1 SERVIÇOS INICIAIS

A placa da obra será nas dimensões de 2,50 por 1,80 metros, em chapa metálica ou lona plástica filme, devidamente atirantada ao solo e estrutura metálica que suporte cargas eventuais ao vento.

#### 3.2 LIMPEZA E REMOÇÃO DO MATERIAL

A) Recortar o revestimento a ser removido conforme a área escolhida, com o auxílio do equipamento mecânico, martetele pneumático ou picareta, conforme ilustra a figura 6. É fundamental que a face do recorte faça um ângulo de 90° com o revestimento existente.



Figura 6: Picareta. Fonte: <http://dominiotactico.blogspot.com.br/2015/07/visao-picareta.html>

B) Aplicar o processo de fresagem da superfície existente na área delimitada, remover o revestimento que foi recortado, da área afetada até a cota da base, através de retroescavadeira. Se o material da base estiver contaminado, retirar o mesmo até onde o material apresentar-se sem contaminação, através de retroescavadeira.

A fresagem de pavimentos asfálticos é, nos dias atuais, uma das técnicas constantemente aplicadas no processo de manutenção e restauração do sistema rodoviário como parte do processo de restauração de pavimentos deteriorados, em especial com o objetivo de solucionar problemas frequentemente encontrados, como a elevação do greide das estradas, além de atenuar a propagação de trincas e evitar o alteamento dos dispositivos de drenagem, etc. (BONFIN, 2007).

C) Com o escarificador (figura 7) soltar o material da camada, que deverá em seguida ser destorroado com a grade de disco ou enxada rotativa, considerando uma taxa de média de empolamento de 20%.

Segundo Mattos (2006, p. 38) cada tipo de solo possui uma taxa de empolamento.

MATERIAL E (EMPOLAMENTO%)

Rocha detonada - E 50%, **Solo argiloso - E 40%**

Terra comum- E 25%, Solo arenoso seco - E 12%. Neste caso a taxa de empolamento é de 20%. Transforme a porcentagem em 0,20m.

$$V_s = 40 (1 + 0,20)$$

$$V_s = 40 \times 1,20$$

$$\text{Volume de terra solta} = 48\text{m}^3$$



Figura 7: Escarificador. Fonte: Próprio autor, 2018.

D) Aplicar 2% de cimento Portland, e realizar a incorporação ao solo com o escarificador, de acordo com a figura 8.



Figura 8: Incorporação do cimento Portland ao solo. Fonte: Próprio autor, 2018.

E) Dissolvido à quantidade calculada de estabilizante químico para estabilizar o volume de solo em 50% de água necessária para obtenção da umidade ótima de compactação, e aplicar com caminhão-tanque provido de barra distribuidora que promove sua incorporação ao solo com passagem sucessivas, conforme ilustra a figura 9.



Figura 9: Caminhão com barra distribuidora. Fonte: Próprio autor, 2018.



A estabilização química refere-se ao procedimento no qual o material químico é adicionado ao solo natural, para melhorar uma ou mais de suas propriedades de engenharia (BONFIN, 2007).

F) Após a homogeneização e conformação da superfície da camada, inicia-se o procedimento de compactação (figura 10), com a motoniveladora que regulariza a superfície.



Figura 10: Procedimento de compactação. Fonte: Próprio autor, 2018.

O andamento das operações deve ser estabelecido, de modo que a faixa em execução de 12,3m seja uniformemente compactada em toda a extensão de 100m; b) a compactação deve ser iniciada e concluída com o emprego de rolos lisos; c) a compactação com o emprego de rolos pneumáticos assegura a obtenção da massa específica aparente da mistura em toda a espessura da camada de 0,20m, podendo ser realizada também com rolos pé-de-carneiro; d) a operação de compactação deve ser conduzida de modo que a espessura a ser compactada na fase final, pelos rolos pneumáticos, seja a maior possível, nunca menor que 5 cm, após compactação (OLIVEIRA et al., 2004).

Todo trecho, logo após a sua execução, de acordo com a especificação a cima citada será submetido a um processo de cura, devendo para este fim evitar o transito pesado sobre a camada nas primeiras horas, pois se deve aguardar a perda da umidade que confere maior resistência a base.

Sobre uma base estabilizada com estabilizante químico (20 cm de espessura) impermeável e de grande resistência, necessita apenas de uma fina camada de asfalto, e do tipo mais econômico, como o PMF (Pré Misturado a Frio), que custa 40% menos em relação ao asfalto a quente. Esse procedimento acima citado não consta no planejamento.



Figura 11: Imprimação a cura e camada asfáltica. Fonte: Próprio autor, 2018.

### 3.2 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PLANEJAMENTO

É importante destacar que na construção civil, assim como nos processos de manufatura industrial, os "custos" podem ser considerados como o consumo de bens e serviços para obtenção de outros bens e serviços, sendo estes classificados em diretos e indiretos.

Conforme aponta Tisaka (2006), os custos para implantação do projeto são todos os custos diretamente envolvidos na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais, mão de obra e equipamentos auxiliares, mais toda a infraestrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da obra. Estes custos diretos foram apresentados nas tabelas anteriores, em que fazem parte:

- Quantitativos de todos os serviços e respectivos custos obtidos através da composição de custos unitários;
- Custo de preparação do canteiro de obras, sua mobilização e desmobilização;
- Custos da administração local com previsão de gasto com o pessoal técnico (encarregado, mestre, engenheiro, etc), administrativo (encarregado do escritório, de higiene e segurança, apontador, escriturário, motorista, vigia, porteiro, etc.) e de apoio (almozarife, mecânico de manutenção, enfermeiro, etc). Para o cálculo dos custos de mão de obra há que se acrescentar aos salários todos os encargos sociais, básicos, incidentes e reincidentes e complementares (alimentação e transportes), que são encargos obrigatórios que incidem sobre os trabalhadores e determinados pela legislação trabalhista específica.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
<b>LOCAL:</b> AVENIDA BURITI, DISTRITO INDUSTRIAL.					
<b>PROJETO:</b> RECONSTRUÇÃO DA CAMADA DE BASE, COM ESTABILIZANTE DE SOLO.					
REFERÊNCIA DO PROJETO	DESCRIÇÃO	UND.	QUANT.	VLR UNIT. R\$	VLR TOTAL R\$
1.01	PLACA DA OBRA	M²	4,50	206,45	929,03
1.02	ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE.	M²	7,7	6,25	48,13
1.03	LIMPEZA DO PAVIMENTO	M²	1,530	1,15	1.759,00
1.04	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO	M²	15,04	1,70	26,18
1.05	ESTABILIZANTE	LTS/TAMBO	400L/2T	3,300	6.600,00
1.06	CIMENTO PORTLAND	SC/50 kg	10	26,00	260,00
2.0	<b>EQUIPAMENTOS</b>				
2.01	ESCARIFICADOR	H	1 - 8 hs 30/d	4,05	972,00
2.02	CAMINHÃO COM BARRA DISTRIBUIDORA	H	1 - 8 hs 10/d	22,00	1.760,00
2.03	MOTONIVELADORA	H	1 - 8 hs 30/d	29,50	7.080,00
2.04	COMPACTADORA	H	1 - 8 hs 30/d	19,33	4.639,20
2.05	RETROESCAVEIDRA	H	1 - 8 hs 30/d	23,19	5.565,60
3.0	<b>MÃO DE OBRA</b>				
3.01	ENGENHEIRO	H	1- 4 hs 90/d	122,16	43.977,60
3.02	TÉCNICO	H	1- 8 hs 90/d	23,20	16.704,00
3.03	MESTRE DE OBRAS	H	1- 8 hs 90/d	38,34	27.604,80
3.04	SERVENTES	H	5 - 8 hs 90/d	12,28	44.208,00
3.05	MOTORISTA DE CAMINHÃO	H	2 - 8 hs 90/d	19,51	28.094,40
3.06	OPERADOR DE RETROESCAVADEIRA	H	1 - 8 hs 30/d	23,19	5.565,60
<b>TOTAL</b>					195.793,54

Tabela 1: Planilha Orçamentária do projeto. Fonte: Próprio autor, 2018.

Conforme DNER-ES321-97, promover reparos em buracos e afundamentos. As camadas prometidas, inclusive o subleito, deverão ser removidas e reconstituídas. Em determinadas situações, quando a base existente for considerada íntegra, deve-se proceder a remoção, apenas do revestimento betuminoso.

Limpeza de toda a área com vassourão mecânico para remoção de pedras e detritos e em seguida a utilização do jato de ar comprimido com objetivo da retirada de pequenas partículas.

A espessura da camada acabada, devidamente compactadas, deverá ter a espessura de no mínimo 3.00 cm acabada com pintura de ligação. Não permitir a execução dos serviços, em dias de chuva.

### 3.3 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Para a implantação dos serviços de reconstrução da camada de base de um trecho da Avenida Buriti no Distrito Industrial de Manaus com o uso de aditivo estabilizante de solo, destaca-se o seguinte cronograma:

<b>Obra</b>	<b>Discriminação dos serviços</b>	<b>Mês 1</b>	<b>Mês 2</b>	<b>Mês 3</b>
<b>1.0</b>	Serviços iniciais	60%	40%	0%
<b>2.0</b>	Reconstrução da Base	60%	30%	10%

Quadro 1: Cronograma físico – Tempo de execução da obra. Fonte: Próprio autor, 2018.

O prazo total para a execução dos serviços que será de 90 (noventa) dias, contados a partir da expedição da Ordem de Serviço, devendo esta ser registrada, obrigatoriamente no Diário de Obra.

O prazo de vigência contratual será de 90 (noventa) dias, a partir da data da assinatura do contrato.

Segundo Ávila e Librelotto (2003), o cronograma de uma obra deve ser respeitado e estipulado de acordo com seu objetivo geral, levando em consideração alguns fatores que influenciam diretamente ao tempo como, por exemplo, a cura de concreto e outros serviços.

No cronograma (Quadro 1) indica-se o avanço da obra de forma “física” porque apresenta o “avanço real” dos serviços, porque apresenta os custos relacionados por etapa. Pode ser feito de forma resumida ou detalhada para todos os serviços constante da planilha (MATOS, 2006).

Para Tisaka (2006), é bastante útil para justificar o valor da obra, conseguir investidores e, sobretudo, monitorá-la, auxilia no monitoramento do fluxo de caixa, permitindo que o engenheiro possa antecipar os momentos de desembolsos. Ajuda ainda, a projetar a obra no tempo, mostrando qual a nova previsão de conclusão a cada atualização.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentar um planejamento de adequação de uma avenida que tem um fluxo muito grande, principalmente de veículos pesados não é tarefa das mais simples. No entanto, com o intuito de apresentar uma opção viável com o uso do aditivo estabilizante de solo pensa-se em uma proposta mais eficaz já que, como é de conhecimento, a prefeitura e governo gastam milhões em pavimentação que nem sempre possuem a qualidade necessária para suportar o tráfego em muitas áreas da cidade, em especial, o Distrito Industrial.

A estabilização do solo é o processo de alterar as propriedades do solo, alterando a gradação através da mistura com outros óleos ou produtos químicos para melhorar a resistência e a durabilidade, ponto essencial para a avenida em estudo. A estabilização mecânica e a estabilização química são os dois principais métodos empregados na estabilização, conforme visto no decorrer do artigo.

Ao término do trabalho, verifica-se que ainda há pouca literatura e trabalhos disponíveis, reforçando-se assim a necessidade de fomentar e ampliar os estudos na temática e mostrar que este pode servir de base para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): **NBR-7180**: Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 6490** – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR-7182**: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro. 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR-9895**:1987 - Solo - Índice de Suporte Califórnia.

AVILA, Antonio Victorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de Obras**. Florianópolis: UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008.

BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. São Paulo: Fazendo Arte, 2007.

CERATTI, Jorge Augusto Pereira *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

DNIT, **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. IPR, 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

IDESA. **Instituto de desenvolvimento e educação social da Amazônia**, 2006.

LOBO, Adriana Verchai de Lima. **Avaliação do uso de agregados miúdos reciclados de concreto em concretos betuminosos usinados a quente**, Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006.

OLIVEIRA, P. C. A; SANT ANNA, F. M. G; SOUZA, F. S. V. **Restauração do pavimento da rodovia SP-351 através de reciclagem das camadas de capa e base com adição de cimento portland e brita**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <[www.fresar.com.br/cin/sipr%20rec.cim%20br](http://www.fresar.com.br/cin/sipr%20rec.cim%20br)>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ONOFRE, Felipe Coutinho. **Misturas asfálticas do tipo AAUQ com diferentes tipos de CAP**. In: Reunião anual de pavimentação - Anais. Recife, 2008.

PICANÇO, Helena Marinho. *et al.* **Refletividade, Radiação Solar e Temperatura em Diferentes Tipos de Revestimentos das Vias Urbanas no Município de Manaus (AM)**. In: CONINFRA 2011 – 5º Congresso de Infraestrutura de Transportes, São Paulo, 2011.

SENÇO, W. **Manual de Técnica de Pavimentação**. Pini, São Paulo, 2001.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil**: consultoria, projeto e execução. São Paulo: Editora Pini, 2006.

VARGAS, Milton. **Introdução à mecânica dos solos**. McGraw-Hill do Brasil / Editora da Universidade de São Paulo. SP, 1977.