

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTRADAS REVESTIDAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO EM MOÇAMBIQUE

Rubina Normahomed, Eng<sup>a</sup> Civil, Administração Nacional de Estradas, E-mail: [rnormahomed@ane.gov.mz](mailto:rnormahomed@ane.gov.mz), Maputo - Moçambique;

Luís Fernandes, Eng<sup>o</sup> Civil, Administração Nacional de Estradas, E-mail: [lfernandes@ane.gov.mz](mailto:lfernandes@ane.gov.mz), Maputo-Moçambique.

---

## Sumário

*Moçambique construiu várias secções de estradas ao longo do tempo com vários tipos de pavimento e materiais que devido ao efeito de tráfego e do clima, elementos difíceis de controlar e prever, há a necessidade de se efectuar uma avaliação do desempenho dos mesmos.*

*Da avaliação efectuada e ilações tiradas, Moçambique já tem matéria suficiente para produzir Normas e Especificações para a construção de estradas de baixo volume de tráfego.*

---

**Palavras-chave:** Análise do desempenho; Medição da Resistência; efeito do tráfego e clima.

## 1 INTRODUÇÃO

Moçambique construiu várias secções de estradas ao longo do tempo com o uso de vários tipos de tratamento das bases e de revestimentos com materiais não convencionais que devido ao efeito do tráfego e do clima, elementos que são difíceis de controlar e prever, tiveram uma degradação precoce ou um desempenho favorável.

Tendo em conta esse facto e com os dados e informações resultantes da investigação detalhada de campo e de gabinete foi possível verificar as tendências de desempenho de cada pavimento e fornecer indicações dos limites mais baixos das especificações tanto para os materiais como para as estruturas do pavimento que poderão ser usados e permitir um relaxamento das especificações convencionais sem comprometer a qualidade.

Para a avaliação do desempenho, foram seleccionadas estradas localizadas em cinco Províncias de Moçambique, tomando em consideração o tipo de solução utilizada, baseada nos seguintes tipos de tratamento de bases e/ou de revestimentos superficiais:

- i. Bases tratadas com emulsão (BTE);
- ii. Bases granulares não estabilizadas quimicamente;
- iii. Bases de solos não convencionais, por exemplo laterites
- iv. Tratamentos superficiais, com, “Otta seals”, “sand seals”, “hot sand asphalt”, dentre outros;

As estradas foram divididas em secções dependendo do estado de conservação, tendo cada secção sido testada e investigação do desempenho levada a cabo, incluindo para além doutras actividades investigação no campo que resultou na realização dos seguintes testes laboratoriais:

- Classificação: granulometria, Limites de Atterberg e retração linear;
- Compactação: MDD, OMC;
- Teor de humidade “in-situ”;
- Resistência: CBR;
- Revestimento betuminoso: teor de ligante, características do ligante e do agregado, etc.

Com a informação do histórico dos projectos, dos dados sobre o tráfego, do clima, da inspecção visual dos pavimentos e dos resultados dos testes “in situ” e laboratoriais, foi possível fazer uma avaliação do desempenho

dos pavimentos em causa e tirar ilações que contribuirão para a elaboração de especificações técnicas com vista a um melhor aproveitamento dos materiais marginais para a construção de estradas de baixo volume de tráfego.

Espera-se com esta investigação obter tendências de desempenho dos pavimentos, que fornecerá indicações dos limites mais baixos para as especificações dos materiais e estruturas do pavimento de estradas de baixo volume de tráfego. Não se espera com a investigação obter-se os limites superiores das especificações. Os limites superiores são menos importantes, porque não têm influência no desempenho, excepto no custo de construção.

O foco principal desta avaliação de desempenho foi de descobrir quanto mais as especificações podem ser reduzidas sem comprometer seriamente a vida útil da estrada.

O princípio era desenvolver especificações apropriadas para estradas de baixo volume, tendo em consideração aos menores níveis de tráfego de carga associadas a estas estradas. No entanto, observações com base em levantamentos de carga por eixo em algumas das secções de teste mostraram que a circulação de veículos com excesso de carga era prevalente e bastante significativo na maior parte das secções testadas.

## 2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

### 2.1 Selecção das estradas

O trabalho procurou avaliar o desempenho das estradas de baixo volume de tráfego construídas no passado com recurso a materiais marginais (cujos parâmetros não atingem os valores especificados).

Os critérios que foram usados para a selecção das secções de estudo incluíram: níveis de tráfego, idade da estrada, tipo de pavimento, clima, disponibilidade de registos sobre as especificações de construção e manutenção e o actual estado de conservação do pavimento.

Nessa base, 21 secções de 8 estradas em seis províncias do País foram consideradas representativas e seleccionadas para o estudo, conforme o Quadro 1.

Item	Estrada	Idade	Tipo de revestimento	Tipo da base	Condição visual	No de secções de teste
1	Boane-P. Libombos	Sem Info	Revestimento superficial duplo	Macadame	Boa à Má	6
2	Pambara-R.Save	3	“Hot sand asphalt”	Solo cimento	Boa	1
3	R. Zambeze-Nicoadala	4	“Hot sand asphalt”	Solo cimento	Boa à Má	3
4	Nametil-Angoche	5	“Sand seal”+“Otta Seal”	Solo cimento/granular natural	Boa à Má	3
5	Oasse-Mocimboa da Praia	11	“Sand seal”	Estabilizada com emulsão (ETB)	Razoável à Má	3
6	Maniamba-Metangula	4	“Sand seal”+“Otta Seal”	Granular natural	Boa à Má	2
7	Lichinga-Mandimba	5	“Sand seal”+“Otta Seal”	Granular natural	Boa à Má	2
8	Maniamba-Lichinga	>20	Revestimento superficial duplo	Solo cimento	Boa	1

**Quadro 1: Lista das Secções de teste**

## **2.2 Levantamento de campo**

Foram definidos troços de estrada de 300 m divididos em segmentos de 50m. As secções foram demarcadas em intervalos de 50m e as secções de teste principal ficaram localizadas no eixo da estrada ou no centro da faixa de rodagem, dependendo da largura da estrada e conseqüentemente a localização dos trilhos dos pneus.

### **2.2.1. Levantamento visual das condições**

Foram feitos os levantamentos dos defeitos visuais, as quais por si só, dão uma boa indicação da solidez da estrada e do pavimento em particular. Tais defeitos incluíram:

**Fissuras**- que indicam problemas na base ou no revestimento ou ambos. Ela pode ser causada por fadiga normal do pavimento ou do revestimento devido ao fenómeno de repetição de cargas do tráfego ou por deterioração do betume através da perda dos constituintes voláteis e oxidação do betume. Construção deficitária, caracterizada pela aplicação insuficiente ou superaquecimento do betume, pode ser outro factor que contribue para o aparecimento precoce de fissuras.

**Buracos** – este é um estágio mais avançado de degradação onde as fissuras se propagam ainda mais, permitindo entrada de água na estrutura da estrada. Isto pode ocorrer por falta de manutenção atempada ou ser consequência de uma base com baixa capacidade resistente. Em estradas de baixo volume, esse defeito desenvolve-se rapidamente, porque as bases de tais estradas geralmente são construídas usando materiais “marginais” que tendem a ser sensíveis de humidade.

**Rodeiras e Deformação** – acontece quando se verifica falha estrutural em uma ou mais das camadas do pavimento da estrada.

**Drenagem** – qualquer avaliação de desempenho é incompleta sem uma avaliação da drenagem, drenagem superficial e subterrânea. A maioria dos materiais que são utilizados para a construção de estradas de baixo volume são sensíveis de humidade e infiltração de humidade pode ter uma influência significativa na resistência do pavimento.

**Altura da coroa acima de nível de drenagem**- As especificações atuais especificam uma altura mínima de coroa de 750mm. Essa exigência assegura um ambiente mais seco para as camadas do pavimento. As alturas da coroa das diferentes secções foram medidas para determinar se a altura da coroa teve um efeito significativo sobre o desempenho das secções teste.

**Inclinação transversal** – a magnitude da inclinação transversal da estrada determina quão eficazmente a água é dispersada da faixa de rodagem. Isso ajuda a prevenir ou reduzir a infiltração de humidade na superfície.

**Largura da estrada** – a largura da estrada acaba sendo um problema nas estradas de baixo volume em termos da distribuição do tráfego de carga ao longo da faixa de rodagem. Nas estradas mais estreitas os trilhos dos pneus são menos definidos, pois os veículos tendem a andar ao longo de toda a largura da estrada. Nas estradas mais largas os veículos tendem a andar nos trilhos dos pneus bem definidos com uma faixa de interior e exterior do pneu. As rodeiras são mais fáceis de serem medidas nesta situação.

### **2.2.2. Levantamento de carga por eixo**

Foram realizados levantamentos de carga por eixo, com recurso a báscula móvel, em algumas secções selecionadas. O objectivo deste exercício foi de explorar as características de veículos e nível de cargas que circulam nessas estradas. Verificou-se que há circulação de camiões com excesso de peso, o que pode ter um efeito devastador no desempenho das estradas de baixo volume de tráfego, que geralmente são construídas com materiais de baixa resistência. O dano por um único caminhão, comportando excesso de peso, pode ser significativo, levando à falha prematura do pavimento, mesmo em volumes baixos de tráfego. A Figura 1 mostra um caminhão com excesso de peso que foi flagrado circulando numa estrada de baixo volume de tráfego.



**Fig.1. Levantamentos de carga por eixo com báscula**

### **2.2.3. Levantamento da deflexão**

Os testes de deflexão servem para fazer uma rápida avaliao das propriedades elásticas do pavimento. Os resultados do teste não estão diretamente relacionados com a resistência do pavimento, porém as propriedades de elásticas de uma material e a sua resistência, tendem a ser correlacionados.

Foram realizados ensaios de deflexão, usando um defletmetro de peso leve (LWD), Figura 2, em intervalos de 50m ao longo das secções de teste de 300m. Usando os dados do LWD foram determinadas as localizaes dos pontos mais fracos das secções de teste. Assim foi possível definir a localizao de dois pontos mais fracos e um ponto forte de cada secção de teste para a realizao de mais testes utilizando o DCP.



**Fig. 2- Ensaios de deflexão usando um defletmetro de peso leve (LWD)**

### **2.2.4. Ensaio DCP**

Enquanto os testes de deflexão fornecem informaes sobre a rigidez do pavimento, o DCP fornece informaes sobre as espessuras e respectiva capacidade resistente das camadas do pavimento. Os CBRs obtidos através dos testes DCP “in situ” (Figura 3) foram particularmente importantes para a definio dos pontos mais fracos das secções de teste. Após os testes DCP, os resultados foram analisados usando o software “UK DCP” para determinar os seguintes parâmetros de resistência:

- Os CBRs “in situ” da base, o subleito e outras camadas existentes.
- As espessuras das camada;
- O Número estrutural (SN, SNP)

Usando esses dados foi possível avaliar a resistência do pavimento e comparar com os testes de rigidez. Assim, foi possível obter o mais fraco dos três pontos. O ponto mais fraco foi o local usado para a escavao do poço de reconhecimento.



**Fig. 3- Teste de DCP levado a cabo numa secção de teste**

### **2.2.5. Poços de reconhecimento**

Foram feitos poços de reconhecimento com vista a recolha do material constituente do pavimento incluindo do terreno de fundação, de modo a determinar-se as características do material de todas as camadas necessárias para uma avaliação completa do pavimento, tais como, o teor de humidade, densidades, plasticidade e granulometria.

### **2.3 Análise do Desempenho**

Este capítulo aborda a análise detalhada do desempenho das secções de teste com base na interpretação das investigações de campo e testes laboratoriais realizados em amostras que foram coletadas. Os aspectos cobertos pela avaliação de desempenho foram:

- Avaliação da condição Visual;
- Avaliação da resistência do pavimento;
- Análise do tráfego;
- Investigação dos materiais;
  - a. Materiais de base
    - i. Bases naturais (granulares)
    - ii. Estabilizadas (Emulsão e com cimento)
  - b. Revestimento
    - i. Teor de betume, qualidade desempenho em serviço;
    - ii. Granulometria do agregado e petrografia;

A finalidade da análise detalhada é desenvolver os limiares de desempenho e parâmetros limites das propriedades dos materiais que compõem o pavimento.

#### **2.3.1. Avaliação da condição visual**

É importante determinar o desempenho geral, perante os defeitos identificados pela inspeção visual, das várias secções sob estudo. Esta avaliação foi feita determinando os índices de degradação, dada pela seguinte fórmula:

$$ID = Rdl + CrI + PPI \quad (1)$$

Em que:

- índice de profundidade das rodeiras (RdI) = média das leituras em mm da profundidade
- índice de fissuração (CrI) = intensidade x extensão
- índice de buracos/remendos (PPI) = (área esburacada + área remendada) x Extensão

Um ID de 40 significa condição razoável.

Os resultados dessa análise mostraram o seguinte:

- Apenas 6 das 22 seções que foram investigadas tiveram um mau desempenho e as restantes tiveram desempenho razoável e bom de acordo com a Índice de variação do do desempenho, ID.
- Houve muito pouca falha estrutural, a julgar pelo índice de profundidade das rodeiras (RdI)
- Fissuras e buracos foram os maiores contribuintes para o índice de degradação (ID).

### **2.3.2. Avaliação da condição residente**

Através dos dados do DCP, foram determinados os seguintes parâmetros de resistência, para cada um dos pontos estudados:

- Os CBRs “in situ” da base, sub-base e terreno de fundação;
- O Número estrutural (SN, SNP); e
- Valores de DN (DN150, DN300 e DN800).

### **2.3.3 Análise do tráfego**

São consideradas estradas de baixo volume de tráfego, as que comportam menos de 300 veículos por dia ou menos que 0.5 à 1 milhão de eixos padrão (mesas).

A análise do tráfego efectuada mostra que muitas estradas testadas quase atingiram ou ultrapassaram o limite superior do tráfego esperado para estradas de baixo volume.

Da análise efectuada entre capacidade de tráfego e a capacidade resistente global dos pavimentos, chegou-se a conclusão que embora o tráfego parece elevado, nem de longe atinge a capacidade de pavimentos. Pode-se concluir que os pavimentos precisariam de muito tempo para atingir o limiar da fadiga.

Ficou evidente que a acção do tráfego não é suficientemente elevado para causar falhas significativa no pavimento. Isso é mostrado através de resultados de medições de profundidade das rodeiras que eram relativamente baixas.

### **2.3.4 Investigação dos materiais**

#### **2.3.4.1 Materiais de base**

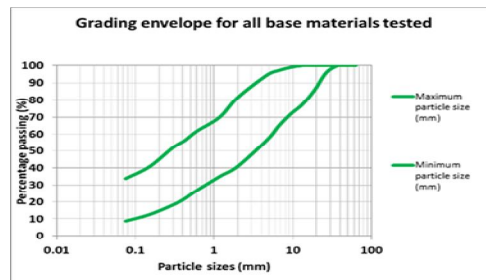
##### **i. Bases naturais (granulares)**

A maioria das estruturas de pavimento que foram investigadas apresentam camada de revestimento finas que servem apenas para para reduzir o desgaste da camada de base granular, não contribuindo estruturalmente para o pavimento. Os factores críticos para o sucesso desses pavimentos centram-se na qualidade do material da base (granulometria e plasticidade) e o CBR “in situ” do terreno de fundação. É portanto, importante descobrir de que forma as propriedades das bases das secções testadas se comparam com as especificações padrão.

##### **• Granulometria**

Foram usados para a comparação, o Road Note 31, e a curva granulométrica de tamanho máximo 20mm, que se assemelha mais com os materiais encontrados durante as investigações.

A Figura 4 mostra o envelope granulométrico de todos os materiais de base que foram testados. Esta informação será bastante útil no desenvolvimento de especificações para materiais de base para estradas de baixo volume.



**Fig. 4- Envelope para todas as bases testadas**

As especificações definem como aceitável um Módulo Granulométrico (GM) entre 2,05 e 2,65 para bases.

A maior parte das amostras do estudo, teve um GM entre 1,3 e 2,4 o que significa que a maior parte dos solos tem a classificação mais fina do que o intervalo especificado. O material com GM próximo do valor mais baixo poderia experimentar alguns problemas de estabilidade em situações de altos volumes de tráfego, porém apresentou bom desempenho perante baixo volume.

Do estudo constatou-se que mais da metade das bases não satisfazem as especificações mínimas do GM para materiais de base.

- **Plasticidade**

Pesquisas recentes mostraram que especificar um material com base somente na sua plasticidade, através do índice de plasticidade (PI), não é adequado. No passado, o valor de PI era suficiente porque as especificações só permitiam valores muito baixos de PI para a percentagem passando no peneiro de 0,075 mm (Índice de Finura, FI) que é basicamente a argila e a fração do silte activo ( $P_{0,075}$ ). As especificações permitem um máximo de  $P_{0,075}$  de 15%.

No entanto, com o uso crescente de materiais marginais, os valores de  $P_{0,075}$  são muito maiores do que 15% e, por vezes, mais de 30%. Neste caso as especificações devem ser mais elaboradas, especificando a qualidade e a quantidade do material plástico. E Isso é expresso através do produto de plasticidade (PP) para a qual as especificações exigem um valor não superior a:

$$PP = PI \times P_{0,075} \quad (2)$$

O draft das Especificações indica que o PP devem ser inferiores a 60 para condições de alto tráfego e inferiores a 90 para níveis mais baixos de tráfego, mas esses valores ainda não foram subscritas até ao presente momento.

Os resultados da presente investigação, mostram que 9 bases não cumprem com os valores máximos estipulados nas especificações da plasticidade, mas ainda assim com bom desempenho em serviço. Os maiores valores de plasticidade foram obtidos na seção na estrada Rio Zambeze- Nicoadala, que é parte da estrada Nacional N1. Esta seção da estrada transporta caminhões pesados e o desempenho do pavimento tem sido satisfatório. O efeito de plasticidade, identificado nesse estudo, no desempenho dos pavimentos, irá contribuir para a revisão das especificações de estradas de baixo volume de tráfego.

- ii. **Estabilizadas (Emulsão e com cimento)**

- **Bases estabilizadas com cimento**

A estabilização com cimento é a forma mais comum de estabilização de bases em Moçambique. A maior parte das estradas primárias e secundárias asfaltadas apresentam bases estabilizadas com cimento. O desafio mais comum na construção da base estabilizada com cimento é a ocorrência de fissuras. Há várias causas para a ocorrência desse fenómeno, sendo de destacar:

- a. Alto teor de cimento no material de base. Muito comum em Moçambique, porque a maioria dos materiais são areias e consequentemente exigem um alto teor de cimento para a sua estabilização (5-7%).
- b. Aplicação de excesso de humidade durante a compactação, causando a retracção e consequentemente fissuração da camada estabilizada.
- c. Processo inadequado de cura, sendo esta muitas vezes a principal causa de fissuração. Geralmente, os procedimentos de cura não são seguidos corretamente porque, na maioria dos lugares em Moçambique, a água é escassa e são necessários grandes volumes de água para manter a manta de areia molhada.

Como parte desta investigação, uma série de seções estabilizadas com cimento, ou onde havia informações de que o cimento havia sido utilizado, foram selecionadas e investigadas.

- **Bases estabilizadas com emulsão**

Bases tratadas com emulsões tem sido desenvolvidas em Moçambique há algum tempo. Grandes obras foram realizadas no norte do País, nas estradas Oasse- Mocimboa da Praia and Macomia- Oasse há aproximadamente 13 anos. Era importante investigar o desempenho e os parâmetros relacionados com o desempenho da ETB.

Da análise granulométrica dos solos usados, constatou se que areia usada nao foi inadequada em termos da distribuição de tamanho de partícula em comparação com especificações recomendadas para ETB para estradas de baixo volum. Sendo a areia de tamanho único precisaria de um elevado teor de betume para atingir as características desejadas, o que não foi verificado na estrada de Macomia-Oasse onde o teor de betume foi de apenas 3.3% enquanto que na estrada de Oasse-Mocimboa da Praia, o betume atingiu 11.5% o que justifica a falha completa da estrada Macomia-Oasse.

### 2.3.4.2 Materiais de revestimento

#### i. Ensaio do material betuminoso

De forma a investigar o comportamento dos revestimentos, as amostras colectados foram enviadas à UK para a testagem nos laboratórios da TRL. Foram realizados os seguintes testes: Composição, Análise granulométrica do agregado, ensaio de Penetração e Ponto de amolecimento do betume e viscosidade.

Aspectos importantes a reter resultantes dos ensaios foram os seguintes:

- Os valores muito baixos de penetração obtidos de algumas amostras (<10) dão indicações que o betume havia envelhecido. A perda da ductibilidade resulta no desenvolvimento de fissuras sob acção do tráfego.
- Apenas o betume extraído do “hot sand asphalt” tinha ainda valores ligeiramente mais elevados de penetração.
- O valor de penetração (58) de uma amostra de betume fresco fornecido como betume 80/100 é motivo de preocupação. Um valor de penetração de 58dmm em 25°C em vez de 80-100dmm implica que betume fornecido não é 80/100 ou o betume é velho e já degradado. O betume 80/100 é usado como base para a produção de MC3000 e emulsões que também são comumente usados em Moçambique. Se o betume base é mais endurecido, a adição de 10% de querosene não produzirá MC3000, mas uma emulsão mais dura do que MC3000, com todas as implicações daí decorrentes.
- O Otta seal de Nametil- Angoche foi construído há mais de 5 anos tendo sido usado o MC3000 , tendo sido obtido através de uma mistura de betume 80/100 com querosene até atingir valores de penetração de 150dmm. Os resultados mostram que o betume já endureceu a uma penetração de 10dmm decorridos 5 anos. O betume tornou-se frágil, e se o tráfego aumentar significativamente a superfície pode começar a fissurar rapidamente e falhar.



O Teor de betume é outro parâmetro importante porque dá informações sobre a adequabilidade do betume no revestimento. Por exemplo, o teor residual de betume para ETB deve ser aproximadamente 3.6% no mínimo. O teor de betume para revestimento superficial duplo deve ser de aproximadamente 2.5 L/m<sup>2</sup>, que é aproximadamente 6-8%.

Foram feitos ensaios de envelhecimento acelerado em amostras frescas de betume de Moçambique e do Reino Unido. Os resultados dos ensaios de viscosidade e ductilidade levados a cabo no betume extraído das amostras foram então comparados com os resultados das amostras de betume fresco envelhecido no laboratório.

Os resultados mostram que, em termos gerais, a deterioração do ligante obtido nas secções de teste, é duas vezes maior do que seria esperado.

Pode concluir, dessa avaliação, que o betume está se deteriorando muito rapidamente, sob as condições de Moçambique e isso se traduz em redução de vida útil em serviço dos revestimentos.

### 3 CONSTATAÇÕES E CONCLUSÕES

Estas constatações gerais baseiam-se na análise dos resultados dos ensaios “in situ” e no laboratório levadas a cabo durante a execução do projecto bem como das inspecções visuais nas estradas seleccionadas:

1. Constatou-se que a circulação de camiões com excesso de carga é comum em algumas estradas estudadas, provavelmente devido à falta de controle de carga.
2. A maior parte das estradas que beneficiaram de revestimento de baixo custo, apresentam valores de CBR abaixo do esperado e algumas secções apresentam valores inaceitáveis. Tal facto remete a deficientes práticas de construção, principalmente no concernente a actividade de compactação; e este facto é evidenciado pela alta variabilidade das densidades in situ. Esse facto é preocupante e influi directamente no desempenho das estradas.
3. Constatou-se que houve poucas falhas estruturais nas secções de estudo. A maior parte dos defeitos foram verificados ao nível do revestimento e na sua grande maioria, constituída por fissuração. Porém as rodeiras subsequentes causadas pelo enfraquecimento da base sob efeito de entrada de água na estrutura do pavimento, aparentavam uma progressão bastante lenta, mesmo em casos de bases construídas com materiais sem muita qualidade. Entretanto, presenciou-se casos de secções em que as fissuras progrediram até formar buracos e depois falha total do pavimento.
4. Verificou-se como tendência geral, um teor de humidade em serviço, menor do que o teor óptimo de humidade (OMC) o que é uma vantagem pois preserva a integridade da estrada.
5. Constatou-se também que o betume está se deteriorando muito rapidamente nas condições climáticas de Moçambique, a julgar pelos resultados de desempenho dos ligantes estudados. Assim, não se aconselha a construção de camadas betuminosas simples, a menos que estes tenham uma espessura considerável como o “hot sand asphalt”.
6. Verificou-se alguns casos de bases construídas com materiais de elevada plasticidade, com um desempenho excelente, não obstante pequenos defeitos (fissuras) que não demonstraram atentar à integridade do pavimento. Uma dessas secções encontra-se localizada na estrada Nacional N1 transportando tráfego pesado e apresenta um bom desempenho.

Finalmente, foram desenvolvidos índices de desempenho dos pavimentos que dão uma boa indicação do estado de degradação e do desempenho das várias secções. Estes índices de desempenho podem ser usados no desenvolvimento das futuras especificações para estradas de baixo volume. A maior parte das secções estudadas não cumprem com as especificações e normas convencionais, apesar de apresentarem ainda um desempenho razoavelmente bom. Com esse estudo já existem dados suficientes para rever as especificações, por exemplo as curvas granulométricas e limites de plasticidade, relaxando-as de modo a ser possível o uso de materiais marginais existentes em Moçambique, Veja propostas de novas especificações no Quadro 2 e Figuras 6 e 7.

Parâmetro	Intervalo (convencional)	Proposta de revisão
PI	0 – 6	0 – 20
PP	0 – 90	0 – 250

Quadro 2- Proposta de alteração do Índice de plasticidade para estradas de baixo volume de tráfego.

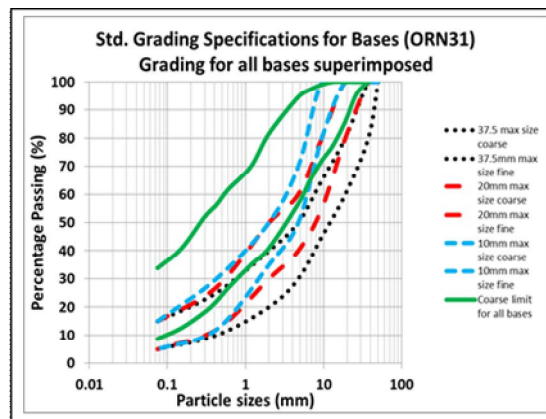


Figura 6- Granulometria das bases testadas comparada às especificações TRL ORN31

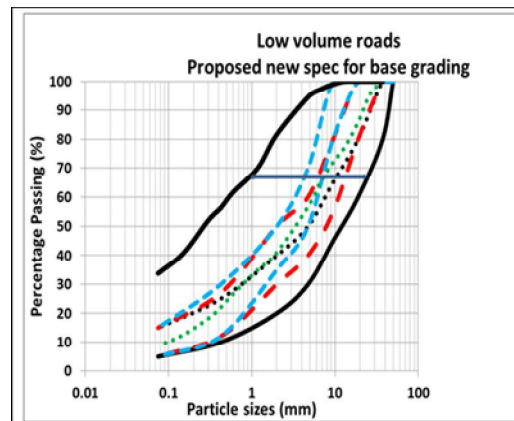


Figura 7- Proposta de especificações para a curva granulométrica para materiais de base de estradas de baixo volume de tráfego

#### 4 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais pelo valioso contributo financeiro à ASDI que através da AFCAP financiou o estudo, às Delegações provinciais de ANE principalmente pelo apoio logístico, aos laboratórios provinciais de estradas e ao Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM).

## 5 REFERÊNCIAS

1. Administração Nacional de Estradas, *Normas de Execução da ANE*, ANE-2007
2. C S Gourley e Greening, *Performance of low volume sealed roads: Results and Recommendations from studies in Southern Africa*, TRL, UK, 1999.
3. John Rolt, Kenneth Mukura, Francis Dangare, Andrew Otto, TRL, *Back analysis of previous low volume rural roads in Mozambique*, Maputo, 2013
4. Vários, *Relatórios finais das obras de Marracuene-Ferroviário, Pambarra-Rio Save, Nametil-Angoche, Maniamba-Metangula e Lichinga Mandimba-Cuamba*.