



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL  
Direcção Nacional do Desenvolvimento Económico Local



# Testagem de TECNOLOGIA DE ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS NAS ESTRADAS TERRAPLANADAS *(Resultados preliminares)*



# TESTAGEM DO PRODUTO CLAYCRETE EM MOÇAMBIQUE

## INTRODUÇÃO

A rede viária em Moçambique é cerca de 34,000 km, dos quais 80% são estradas não revestidas. O acesso limitado às zonas rurais constitui um dos principais constrangimentos para o aumento da produção, produtividade agrícola e o alívio da pobreza mesmo em zonas com alto potencial agrícola.

O Plano de desenvolvimento do sector agrário 2020-24, está levando a cabo iniciativas diversas na melhoria de vias de acesso que possam contribuir na facilitação de ligação entre as zonas de maior produção às de maior consumo, através da ligação entre estas com as vias de ligação com o exterior, servindo de elementos dinamizadores na melhoria do acesso à mercados de insumos e produtos, aumento do volume de negócios, criação de postos de emprego e aumento da renda, especificamente:

- *Aumento da produtividade e da competitividade através da expansão da rede viária e ligação entre as principais*

*zonas produtivas às principais vias de escoamento, até as zonas de maior consumo;*

- *Incremento do transporte rural para o escoamento da produção;*
- *Redução do tempo, custo de viagens e custos de operações de veículos, que contribui na redução dos custos de transporte de carga por unidade do produto;*
- *Melhoria dos rendimentos e dos meios de subsistência das famílias que vivem nas zonas rurais.*
- *Dinamização da economia local*



Na busca de soluções que possam conferir maior durabilidade às estradas rurais (terraplanadas) e reduzir os custos de manutenção, face aos desafios actuais das mudanças climáticas que o país enfrenta, o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), através da Direcção Nacional de Desenvolvimento Económico Local (DNDEL) em coordenação com a Administração Nacional de Estradas (ANE-IP)), promoveram a testagem do produto *Claycrete*<sup>1</sup>, em troços experimentais nas estradas não Classificadas Mirate – Mahepe na Província de Cabo Delgado, Distrito de Montepuez, em Outubro de 2020 e posteriormente, replicado, na estrada Cruz R657 – Komane, na Província de Niassa, Distrito de Cuamba, em Novembro de 2021.

Na presente brochura são apresentados os resultados preliminares das secções experimentais acima referidas assim como a metodologia usada na testagem. Para o efeito são comparados resultados de secções construídas com e sem adição do Estabilizante Claycrete

## OBJECTIVOS

### 2.1. Geral

O objetivo da testagem, é de avaliar o desempenho de solos estabilizados/tratados com Claycrete em bases de estradas não revestidas

### 2.2. Objectivos específicos

- *Avaliar o efeito do produto Claycrete no desempenho de alguns solos previamente seleccionados, colhidos ao longo das estradas acima mencionadas*

- *Avaliar a viabilidade técnica do uso do estabilizante com Claycrete em estradas não revestidas, com vista a prevenir contra os efeitos da erosão e desgaste causado pelo tráfego, bem como pelos fenómenos naturais;*

## METODOLOGIA

### 3.1 Aplicação do Estabilizante

A aplicação do Claycrete foi antecedida da recolha e caracterização de amostras de solos e posterior realização de ensaios laboratoriais.

Com base nos resultados obtidos, foi aprovada a realização de um troço experimental de 1000m na estrada Mirante - Mahepe, e na estrada N/C Cruz R657-Komane. Para a avaliação da solução, foram estabelecidas quatro secções, conforme abaixo se descreve:

- **Secção-1-** *foi feita escarificação de 150mm de espessura do solo natural existente e re-compactado, numa extensão de 100m.*
- **Secção-2,** *- foi feita escarificação da base até 200mm, numa extensão de 300mm, seguida de aplicação da mistura de água e Claycrete, misturado com solos e compactado.*
- **Secção-3,** *- foi feita escarificação da base até 150mm, numa extensão de 300mm, seguida de aplicação da mistura de água e Claycrete, misturado com solos e compactado.*
- **Secção-4,** *- foi feita escarificação da base até 125mm, numa extensão de 300mm, seguida de aplicação da mistura de água e Claycrete, misturado com solos e compactado.*



<sup>1</sup>. *Empresa Australiana, produtora e fornecedora de um produto para a estabilização de solos em estradas de terra ou terraplanadas*

### 3.2 Recolha de dados

Para a obtenção de dados a ser usada para avaliação do desempenho, foram realizadas as seguintes actividades:

**3.2.1** Recolha de amostras para realização dos ensaios de caracterização, nomeadamente:

- o Limites de consistência,
- o Compactação e,
- o CBR.

**3.2.2** Realização de ensaios DCP (ensaio de penetrómetro de cone dinâmico), para avaliação da capacidade de suporte dos solos do pavimento.

**3.2.3** Realização do ensaio de garrafa de areia/ Troxler para a determinação das densidades in situ e teor de humidade.

**3.2.4** Estabelecimento de duas subsecções de 50m (secção -1 e Secção-4) para avaliação comparativa da durabilidade (desgaste) do material sob acção do tráfego.



### 3.3 Plano de Monitoria

Para a avaliação do desempenho nas secções experimentais, foi definindo um plano de actividades para a monitoria, conforme se descreve abaixo:

- *Nível de serviço (medido pelo grau de satisfação dos utentes);*
- *Inspeção visual de acordo com os procedimentos descritos no manual TMH 9;*
- *Determinação das densidades e humidades nas camadas de pavimento e fundação;*
- *Avaliação das deformações, por medição do cavo de rodeira;*
- *Avaliação da resistência da camada através do DCP;*
- *Avaliação do desgaste e controlo de erosão;*
- *Medição de irregularidades superficiais;*
- *Avaliação das condições de drenagem.*



## 4 RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com os trabalhos efetuadas foram obtidos os seguintes resultados:

- Resultados obtidos na secção realizada no Distrito de Montepuez, Província de Cabo Delgado*
  - Na fase de construção das secções experimentais:*

Tabela 1: Resultados dos ensaios de identificação e caracterização física dos solos.

Referência	Análise granulométrica				Limites de Atterberg (%)			
	% passada nos peneiros							
Solos locais	10	40	200		LL	LP	IP	LR
	94.96	89.27	83.65	-	41	25	22	
					31	16	15	7.3
Solos estabilizados com Claycrete					33.6	23.3	10.3	5.3
					28.2	18.3	9.9	4.3

De acordo com os resultados obtidos na tabela-1, pode -se notar que há uma redução significativa da plasticidade nos solos após aplicação do estabilizante claycrete, de 15% para 9,9%.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de caracterização mecânica dos solos locais

Secção (Km)	Compactação		CBR ( 2,54mm)			CBR (5,08mm)		
	MDD (kg/m3)	W <sub>opt</sub>	Mod	Inter	Normal	Mod	Inter	Normal
9+000/9+100	1870	14,9	1,98@100	1,73@95,1	0,27@90	3,06@100	2,27@95,1	0,33@90,4
9+100/9+400	1887	14,9	21.9@100	15.7@95	8.5@90	21.5@100	18.5@95	6.8@90
9+700/10+000	1962	11,8	18,3@100	12,7@95	10,6@90	22,6@100	17,2@95	12,8@90

A redução da plasticidade, referida na tabela 1 acima, em consequência da adição do estabilizante, resulta num ligeiro aumento da capacidade de carga dos solos (CBR).

Tabela 3: Resultados do ensaio de densidades in situ -fase da construção da secção experimental

Localização (km)	9+000/9+100	9+400/9+700	9+400/9+700	9+100/9+400
Espessura (mm)	150	150	125	200
Humidade (%)	14,9	14,8	14,1	11,8
Compactação relativa	95,7	92,8	94,7	95,0

Tabela 4: Resultados dos ensaios realizados com o DCP

Local do ensaio (Km)	DN <sub>base</sub> (mm/pancada)			DN <sub>sub-base</sub> (mm/pancada)			DSN <sub>450</sub>			DSN <sub>800</sub>		
	Const	Mon-1	Mon-2	Const	Mon-1	Mon-2	Const	Mon-1	Mon-2	Const	Mon-1	Mon-2
9+020	6,41	23.13		12,78	23.12		69	18		114	83	
9+040	6,95			8,38			86			160		
9+060	6,12			8,89			59			104		
9+080	6,59	23.5		12,11	23.5		67	20		146	64	
9+251	14,59			5,10			64			126		
9+270	13,94			6,79			57			100		
9+510	11,27	20.06		4,95	20.06		78	25		136	25	
9+540	16,31			11,61			37			76		
9+650	12,72	48.23		7,13	13.46		57			98		
9+600	9,91			5,21			76			153		
9+602	5,19			4,44			104			155		
9+660	7,18			5,62			88			171		
10+000	5,87	47.7		3,12	47.7		118	13		200	54	

Dos resultados obtidos no ensaios DCP realizados na fase da monitoria após a época chuvosa, constatou-se que as secções de uma forma geral apresentam uma redução na capacidade de suporte, que pode dever-se a infiltração da água no pavimento.



Tabela 5: Resultados do índice de condição visual ( VCI)

Secção	Índice de condição visual			
	Construção	Monitoria-1	Monitoria -2	Observações
9+000/9+100	92	-	82	
9+100/9+400	95	-	92	
9+400/9+700	95	-	92	
9+700/10+000	98	95	95	

Os resultados do Índice da Condição Visual mostram que a secção 3, apresenta melhores condições em relação as outras.

Nesta sessão de monitoramento, não foi possível fazer a avaliação da VCI na secção 1, 2 e 3, por estas estarem completamente soterradas, em consequência do deficiente escoamento das águas associada a cota da razante.

Tabela 6: Profundidade da Rodeira

Secção	Profundidade da Rodeira			
	Construção	Monitoria-1	Monitoria -2	Observações
9+000/9+100	-	-	40 (RHS/IWP)	
9+100/9+400	-	-	30(LHS/IWP)	
9+400/9+700	-	-	36(LHS/IWP)	
9+700/10+000	-	22 (RHS/CL)	36(LHS/IWP)	

Dos resultados dos ensaios da medição da profundidade da rodeira, medida nas secções experimentais, constata-se que a maior profundidade se verifica na secção sem estabilizante. Este facto pode dever-se a melhoria na capacidade de suporte dos solos, reportada na tabela 2 acima pelo efeito da estabilização com o produto claycrete.

**b. Resultados obtidos na secção em Cuamba província de Niassa.**

**i. Resultados do ensaio na fase de construção da secção experimental**

Tabela 7: Resultados dos ensaios de caracterização mecânica dos solos naturais

Localização(Km)	MDD ( kg/m <sup>3</sup> )	Wop (%)	Penetração (mm)	CBR Vs Energia		
0+000/0+250	1911	11.3	2.54	<u>4@99</u>	<u>3@94</u>	<u>2@90</u>
			5.08	<u>6@99</u>	<u>5@94</u>	<u>4@90</u>
0+250/0+650	2000	9	2.54	<u>11@100</u>	<u>7@97</u>	<u>5@91</u>
			5.08	<u>13@100</u>	<u>8@97</u>	<u>7@92</u>
0+650/1+250	2044	9.4	2.54	<u>15@100</u>	<u>13@97</u>	<u>12@90</u>
			5.08	<u>17@100</u>	<u>15@97</u>	<u>14@90</u>

De acordo com os resultados obtidos no ensaio de caracterização mecânica dos solos, constata-se que com aplicação do Claycrete resulta de uma melhoria substancial da capacidade de suporte ( CBR).

Tabela 8: Resultados do ensaio de controlo de compactação na fase da construção

Observação	Referências		Compactação Relativa			Humidades		
	De	para	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
Não estabilizado	0+000	0+100	93.7	95.1	96.6	8.2	9.8	10.2
	0+100	0+400	92.4	94.9	97.3	6.5	7.3	8.1
	1+100	1+200	91	93.3	95.1	6.5	7.8	9.1
	0+000	0+100	92.8	96.8	99.3	6.8	7.8	9.1
	0+100	0+400	92.4	97.5	102.4	5.7	7.2	9.8
	1+100	1+200	93.3	96.9	102.6	5.1	6.4	7.4

Tabela 9: Resultados do ensaio de controlo de compactação na fase da monitoria-1

Secção	Compactação Relativa			Humidades		
	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
0+00/0+100	91.5	92.7	94.1	12.1	13.4	14.3
	92.4	94	96.2	10.4	12.8	16.2
0+400/0+500	90.1	92.1	94.4	10	12.7	15.6
	92.1	93.2	97.7	10.2	12.6	14.6
1+100/1+200	92.3	93.2	94.4	11.8	13.7	15.9
	91.7	93.3	95.9	7	8.6	10.2
0+100/0+400	95.6	96.2	96.7	9.3	10	9.3
	94.8	96.2	97.9	9.3	10	9.7
0+500/0+800	96.2	97.1	98.6	10.2	10.4	10.5
	96.1	96.8	97.5	7.6	8.3	8.9
0+800/1+100	95.2	95.8	96.7	8.7	9.8	10.5
	96.7	97.4	97.8	9.7	11.3	12.5

Tabela 10: Resultados do ensaio de controlo de compactação na fase da Monitoria-2

Observação	Referências		Compactação Relativa			Humidades		
			Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
Nao estabilizado	0+000	0+100	93.7	95.1	96.6	8.2	9.8	10.2
	0+100	0+400	92.4	94.9	97.3	6.5	7.3	8.1
	1+100	1+200	91	93.3	95.1	6.5	7.8	9.1
Estabilizado								
	0+000	0+100	92.8	96.8	99.3	6.8	7.8	9.1
	0+100	0+400	92.4	97.5	102.4	5.7	7.2	9.8
	1+100	1+200	93.3	96.9	102.6	5.1	6.4	7.4

Tabela 11: Resultados do ensaio com DCP

Local do ensaio (Km)	DN <sub>base</sub> (mm/pacada)		DN <sub>sub-base</sub> (mm/pacanda)		DNS450		DNS 800	
	Const	Mon-1	Const	Mon-1	Const	Mon-1	Const	Mon-1
0+100	4	3.48	5.6	4.16	84	122	107	163
0+200	3.34	4.19	6.1	10.17	93	76	123	89
<b>0+300</b>	3.15	4.16	4.35	10.21	109	77	172	97
0+400	4.53	2.78	7.12	5.45	72	131	140	169
0+450	4.89	3.21	4.26	7.71	85	93	127	121
0+500	5.75	2.52	4.11	7.65	106	149	178	224
0+800	4.21	2.75	6.52	4.78		133		203
0+900	4.09	3.84	5.8	8.76	86	90	125	130
1+100	4.62	2.98	4.89	6.16	78	90	143	132

Dos resultados obtidos no ensaio realizado com DCP, não se nota uma variação significativa da redução ou aumento da capacidade do suporte.

## CONSTATAÇÕES PRELIMINARES

De acordo com os resultados obtidos na secção experimental construída no Distrito de Montepuez-Província de Cabo Delgado e no Distrito de Cuamba na Província de Niassa, há uma tendência de melhoria das secções estabilizadas sob ponto de vista da avaliação visual e conforto dos utilizadores ( figura-1 e 2).

Dos resultados de ensaios efectuados há uma indicação de que com a aplicação do produto claycrete há uma tendência de haver melhorias nos solos em termos de redução da sua plasticidade assim como o aumento da sua capacidade de suporte, indicação que poderá reduzir na frequência da rotina de manutenções que possam tornar a via acessível ao longo de todo o ano.

Entretanto, alguns resultados de ensaios, por exemplo com o DCP, esta tendência não é clara. Este facto pode dever-se a dificuldades encontradas no terreno, na fase da construção, relacionadas com as questões referentes ao domínio da tecnologia e logística (disponibilidade do equipamento para a realização do trabalho).



**Figura 1-a:** Secção Não Tratada, assoreada após a época chuvosa (Montepuez)



**Figura 1-b:** Secção tratada com Claycret até 12 cm, (Montepuez)

Tratando-se de zonas agrícolas onde o tráfego é significativo apenas na época da colheita, a avaliação das vias sob acção do ao tráfego não foi devidamente feita.

Um dos grandes ensinamentos que resulta das secções efectuadas é sem dúvidas a necessidade se estabelecer com uma clareza, antes da realização das secções experimentais, os critérios para a selecção do local para a secção experimental bem como a necessidade de se providenciar antepadamente toda a logística necessária em termos de pessoal técnico e equipamento para a realização do trabalho. É igualmente importante que o pessoal seja devidamente capacitado para lidar com o produto Claycrete.

O cumprimento rigoroso da metodologia estabelecida para a recolha de dados, e que perfeitamente seja feita por uma equipa devidamente treinada para o efeito.



**Figura 2-a:** Secção Não Tratada (Cuamba)



**Figura 2-b:** Secção-2 : Tratada com Claycrete até 20mm (Cuamba)



### ***Ficha Técnica***

**Título:** Testagem de TECNOLOGIA DE ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS NAS ESTRADAS TERRAPLANADAS

**Autor:** Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural  
Direcção Nacional do Desenvolvimento Económico Local

**Coordenação:** Inês dos Santos Cuambe – Directora Nacional

**Elaborado por:** Tiago Luís Matimbe (MADER), Américo Mata (MADER), Jorge Muonima (ANE-IP),  
Carlos Cumbane (LEM)

#### **Equipa técnica de implementação da testagem:**

MADER: Tiago Luís Matimbe, Américo Mata, Emídio Bié, Inácio Sítio, Leopoldina Sandra Bebe

ANE-IP: Nelson Tsanzane, Jorge Muonima, Cedrik Namborete, Oreste Zezela, Jeremias Mozoio,  
Atanásio Majimoto, Julião Tinguissa, Carlos Issufo, Armando Cheia

LEM: Carlos Cumbane, Jeremias Cumabane

CLAYCRETE GLOBAL: Abel Cuna Gujamo, Grácio do Rosário

PROMER: Alexandre Milice, Adelino Joaquim, Samuel Cossa

**Colaboração:** Isabel Cossa, Célio Chelene, Anísio Chemane

**Imagens:** Equipa técnica de implementação

**Arranjos Gráficos e Capa:** Laranja

**Tiragem:** 50 Exemplos



