

## CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL OBTIDO PELA RECICLAGEM DE PAVIMENTOS - ESTUDO DE CASO

### PAVEMENT REUSE MATERIAL CHARACTERIZATION – STUDY CASE

#### **Alessandra Tourinho Maia**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
alessandra.tourinho@gmail.com

#### **Jacqueline Colucci Stella**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
jacque.coluccis@gmail.com

#### **Roberto Chun Yan Pan**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
vcrp07@gmail.com

#### **Washington Batista de Souza**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
wbsengenharia@hotmail.com

#### **Adalberto Matoski\***

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
adalberto@utfpr.edu.br

### **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o material obtido através da reciclagem de pavimentos e identificar seu comportamento em função do teor de cimento utilizado na mistura. O material utilizado foi extraído em ruas da periferia de Curitiba-PR. A coleta da amostra teve procedimento conforme norma do DER/PR, analisando o material antes da mistura com o cimento. O material foi caracterizado quanto a composição granulométrica, a determinação da umidade, o limite de liquidez e plasticidade. Para a determinação da resistência à compressão das amostras compostas com cimento, foram utilizadas as especificações das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Para caracterizar o comportamento da mistura foi adotado para este projeto, os teores em massa de 2 %, 4 % e 6 %. As amostras foram compactadas na energia de Proctor intermediário. Os resultados mostraram que o material ensaiado apresentou deficiência no teor de finos sendo caracterizado como material não plástico. O teor de 6% em massa de cimento foi aquele que resultou em um valor de resistência dentro do intervalo de 3,5 MPa a 8,0 MPa que atende aos requisitos preconizados pela norma.

**Palavras-chave:** Reciclagem. Cimento. Pavimentação.

## Abstract

This paper aims to obtain pavement reuse material characterization and identify its behavior according to the level of cement used during the process. The analyzed material was extracted from Curitiba's metropolitan street area. The sample gathering followed DER/PR normative, analyzing the material before mixing with cement. It was characterized according to granulometric composition, humidity, liquidity and plasticity. In order to ascertain the compression resistance, National Department of Infrastructure and Transport normative specifications were used. To characterize the mixture behavior, mass content levels of 2%, 4% and 6% were adopted. The samples were compressed with Proctor intermediate energy. The results show the analyzed material with fine content deficiency as non-plastic. The level of 6% cement base presented a compression resistance in the zone predicted by the normative, from 3,5 MPa to 8,0 MPa.

**Palavras-chave:** Reuse. Cement. Pavement.

## 1 Introdução

O pavimento, ao longo do tempo, vai perdendo sua capacidade de servir ao tráfego satisfatoriamente devido ao constante aparecimento de defeitos na sua superfície. Esses defeitos, causados em grande parte pelas solicitações do tráfego e pelos efeitos climáticos, vão evoluindo a ponto de incapacitar totalmente o pavimento de cumprir sua função desejada, ou seja, oferecer aos usuários condições confortáveis e seguras de trafegabilidade sob quaisquer condições climáticas (OLIVEIRA; SANT'ANNA; SOUZA, 2004).

À medida que a degradação vai evoluindo é necessário determinar o momento ótimo para proceder às intervenções de manutenção preventiva ou corretiva de modo a prolongar a vida útil do pavimento e recompor suas condições de serviço. No entanto, limitações orçamentárias associadas às restrições impostas pela legislação ambiental para construção rodoviária estimularam o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias como a reciclagem de pavimentos.

A reciclagem é uma técnica cujo objetivo fundamental é transformar o material oriundo de um pavimento degradado em uma camada homogênea e capaz de suportar o tráfego gerado durante o novo período de projeto. Dentre as várias modalidades de reciclagem de pavimentos, destaca-se aquela com adição de cimento Portland, que tem se mostrado um bom caminho não apenas pela rapidez executiva, mas também pelo aspecto da preservação ambiental (OLIVEIRA; SANT'ANNA; SOUZA, 2004).

Para Marín e Álvarez (2001), reciclagem *in situ* com cimento compreende a mistura de material triturado procedente do revestimento asfáltico, mais parte da camada de base, cimento, água e eventualmente agregados importados. Essa mistura deverá ser devidamente compactada numa espessura total compreendida entre 20 e 35 cm.

O novo material produzido deve resistir aos esforços gerados pelas solicitações do tráfego devido à sua alta resistência, baixa deformabilidade, durabilidade na presença de água e boa resistência aos efeitos térmicos. Segundo Marín e Álvarez (2001), essa conjunção de fatores resulta

numa camada resistente e econômica, capaz de minimizar pressões sobre o sub-leito que é, normalmente, passível de sofrer deformações apreciáveis.

Dessa forma o objetivo desse trabalho é caracterizar o material obtido através da reciclagem de pavimentos e identificar seu comportamento em função do teor de cimento utilizado na mistura.

## **2 Revisão de literatura**

Os primeiros trabalhos de reciclagem profunda realizados no país ocorreram inicialmente com o emprego de fresadoras de asfalto e posteriormente com recicladoras sobre pneus, no início dos anos 90 com a chegada destes equipamentos. Desde então, a reciclagem vem ganhando espaço junto à comunidade técnica rodoviária. Estima-se que até hoje mais de sete milhões de metros quadrados de rodovias em todo território nacional foram recuperados através deste processo Oliveira (2007). Para este autor o grande diferencial da reciclagem é a possibilidade de se misturar e homogeneizar diferentes materiais existentes no pavimento para produzir uma camada nova e com capacidade estrutural compatível com o tráfego que ela deverá suportar. O processo é realizado por máquinas recicladoras auto propelidas, dotadas de motores de grande potência e equipadas com sistemas medidores para controlar a injeção de água e outros agentes estabilizantes.

De acordo com Oliveira, Sant'Anna e Souza (2004), os principais agentes estabilizantes usados na reciclagem profunda são: emulsão de asfalto, asfalto expandido (espuma de asfalto), cloreto de cálcio, cal ou cimento Portland. Ao serem incorporados ao material existente, aumentam significativamente a capacidade do pavimento para suportar cargas.

O processo se dá pela mistura do material triturado na pista (capa asfáltica constituída por misturas betuminosas ou tratamentos superficiais e parte da base composta por solos naturais, solo-cimento, solo-brita, BGS ou brita corrida) com cimento Portland e água, produzindo nova camada estabilizada hidraulicamente e com capacidade estrutural para atender às solicitações do tráfego (OLIVEIRA; SANT'ANNA; SOUZA, 2004).

Segundo Oliveira (2007), experiências passadas e recentes mostra que a reciclagem profunda é uma solução tecnicamente e economicamente viável desde que o projeto de reciclagem do pavimento seja bem concebido, executado e controlado. No entanto alguns casos de insucesso, verificados pela deterioração precoce do pavimento reciclado, estão comprometendo a validação da técnica.

Para Oliveira (2003), algumas características indesejáveis se manifestam após a estabilização e podem influenciar no desempenho da camada. Nessa modalidade de estabilização, a adição de maior quantidade de agente estabilizante para obter resistências mais elevadas pode ser prejudicial ao desempenho da camada. O material tratado à base de cimento tende a ser quebradiço, com conseqüente redução nas propriedades de fadiga da camada estabilizada. Segundo esse autor,

isso leva à proliferação de trincas (por contração e pela ação do tráfego), e trincas nas camadas de pavimento são sempre indesejáveis, principalmente se a camada aditivada estiver localizada imediatamente abaixo do revestimento, pois nesta situação este trincamento pode se propagar para capa asfáltica.

Portanto, a execução de serviços de reciclagem com adição de cimento deve ser acompanhada de controle tecnológico especialmente esmerado, em virtude da heterogeneidade do material cuja procedência é do revestimento original e parte da base. A capacidade estrutural dessa nova camada só pode ser apreciável à proporção que o material reciclado se torne homogêneo Oliveira (2007).

A experiência espanhola, ditada por Jofré (2001 *apud* OLIVEIRA, 2007), relata que sendo a matriz pétreo estável granulometricamente, o esqueleto mineral da mistura reciclada, depois de compactada na sua máxima densificação, adquire tamanha resistência que os esforços provenientes do tráfego são insuficientes para romper as ligações cimentícias entre as partículas. Nesta condição, o processo de aumento de resistência do material não será interrompido em longo prazo.

Segundo a DER/PR (2005), a base reciclada *in situ* com adição de cimento Portland é a mistura reciclada do próprio solo local com o emprego de equipamentos próprios para este fim. A mistura reciclada deve apresentar características específicas de composição granulométrica do material reciclado juntamente com o cimento Portland, devendo satisfazer aos requisitos que constam na norma.

Para efeito de controle e aceitação do serviço, deve ser definida uma faixa granulométrica de trabalho, baseada na granulometria adotada na dosagem da mistura, acrescida das tolerâncias em cada peneira segundo esta mesma norma.

A coleta de amostras para subsidiar a dosagem da mistura reciclada, deve ser efetuada, necessariamente, com o auxílio da própria recicladora que é utilizada nos serviços de reciclagem, feita de forma a cobrir todas as possíveis variações da estrutura do pavimento existente.

As seguintes características da mistura reciclada devem ser contempladas na avaliação do pavimento:

- Composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
- Umidade ótima da mistura reciclada;
- Massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
- Energia de compactação especificada (Proctor intermediário);
- Resistência à compressão simples aos 7 dias.

Segundo Oliveira, Sant'Anna e Souza (2004), a granulometria da mistura é a característica mais importante na estabilização mecânica. Se a mistura reciclada não estiver enquadrada na faixa granulométrica de trabalho adequada, a camada não será estável.

Após definida a granulometria da mistura do fresado com a base, deve-se verificar as condições da mesma estar atendendo a alguma faixa granulométrica de trabalho. Se atender, o projeto de mistura prosseguirá; caso contrário, a granulometria da mistura deverá ser ajustada com a adição de material granular. A falta de estabilidade na camada acelera o processo de deterioração do pavimento (Oliveira, Sant'Anna e Souza, 2004).

Segundo Oliveira (2007), nem sempre é recomendável aumentar o teor de cimento para se obter ganho de resistência, pois a camada reciclada poderá adquirir uma rigidez exacerbada e comprometer a vida útil do pavimento. O enrijecimento da camada pelo excesso de cimento tende a reduzir a flexibilidade do material tornando-o mais quebradiço sob a ação do tráfego. A consequência desse fenômeno é o aparecimento de trincas por reflexão na superfície do pavimento.

De acordo com Merigui e Fortes (2008), enquanto as bases de solo cimento necessitam de 6 a 9 % de cimento Portland, em peso, a técnica usual de reciclagem com cimento tem recomendado o consumo médio de 3 % do aglomerante hidráulico. Porém, segundo os autores esta quantidade tem demonstrado não ser suficiente para garantir a homogeneidade da mistura, resultando em uma prematura ruptura do pavimento.

Para Oliveira (2003) normalmente são adotados três teores diferentes de estabilizador, nos quais são feitas as amostras para determinar a resistência à compressão. Esses teores geralmente variam com aumento de dois pontos entre si; por exemplo: 2 %, 4 % e 6 % em relação ao peso do total de material secado em forno. Para cada teor deve ser calculada a umidade ótima e a densidade máxima.

Para Silva e Miranda (2004) o material reciclado e estabilizado com cimento deveria atender à resistência mínima a compressão simples aos 7 dias de 4,5 MPa. Dessa forma, o processo de dosagem consistiu em uma série de tentativas para determinação de um teor cimento tal que possibilitasse à mistura atender à resistência pré-estabelecida, com adição de cimento nos teores de 3 %, 3,5 %, 4 % e 4,5 % em sua pesquisa.

### **3 Materiais e métodos**

O conjunto de equipamentos utilizado para a realização desses trabalhos compreende um Misturador Giratório RM-500, projetado para funcionar melhor tanto em aplicações de recuperação profunda completa quanto em aplicações de estabilização do solo, com largura de corte de 2438 mm e profundidade máxima de 508 mm. A recicladora foi acoplada a um caminhão pipa, que consome

em média de 80 litros de água por minuto. Com a Finalidade de atingir o teor ótimo de umidade e o grau de compactação desejado para o novo pavimento, conforme Figura 1.

Figura 1 – Recicladora e caminhão pipa



Fonte: Autoria própria

Antes do início do processo de fresagem, o caminhão silo espalhou sobre o pavimento uma camada de aproximadamente 2 cm de cimento Portland (correspondente ao consumo de 30 kg/m<sup>2</sup> de CP II Z – 32).

A operação foi iniciada com o posicionamento paralelo da máquina recicladora alinhado ao bordo da pista. Com a máquina parada, o tambor em rotação foi abaixado, penetrando continuamente no pavimento, até atingir a profundidade média desejada, que no caso foi de 15 cm de espessura.

Na estabilização da mistura, o material triturado foi misturado com o cimento, juntamente com a água, pela recicladora. Uma única operação foi suficiente para assegurar a homogeneidade do material. A compactação final da mistura foi concluída empregando-se quatro passadas de um rolo vibratório tipo pé de carneiro conforme Figura 2.

Figura 2 – Compactação com os rolos tipo Pé de Carneiro e liso



Fonte: Autoria própria

O material utilizado para a execução dos ensaios de caracterização e avaliação do consumo de cimento foi extraído no final do mês de maio, após a passagem da fresadora na Rua Arthur Manoel Iwersen, em Curitiba/PR.

A coleta da amostra teve procedimento conforme a norma ES-P 33/05 (DER/PR, 2005). A Figura 3 mostra como foi procedido este processo.

Figura 3 – Coleta da amostra



Fonte: Autoria própria

Foi coletado cerca de 80 kg do material, isento de cimento, para o desenvolvimento de toda a pesquisa. O material foi armazenado em duas bombonas plásticas, devidamente seladas a fim de manter a umidade e identificadas para serem posteriormente encaminhadas ao laboratório de Mecânica dos Solos da UTFPR.

As amostras foram secas em estufa com temperatura controlada de 60 °C (por se tratar de material que composto por asfalto), até a constância de peso por um período de sete dias.

### **3.1 Composição granulométrica**

Este ensaio foi efetuado de acordo com a DNER-ME 080/94 (DNIT, 1994), que estabelece os procedimentos para avaliação da composição granulométrica por peneiramento.

Umidade ótima e densidade máxima. Para a determinação da umidade ótima e densidade máxima da amostra, adotou-se a DNER-ME 216/94 (DNIT, 1994).

O molde metálico utilizado possui diâmetro interno de 10,0 cm, altura de 12,76 cm e para a moldagem a energia de compactação utilizada foi a do Proctor Modificado.

Em função do teor de umidade natural do material de 4,91 %, as amostras sem adição de cimento foram moldadas com teores de umidade de 3 %, 5 %, 7 %, 9 % e 11 %.

### **3.2 Limites de liquidez e plasticidade**

Os ensaios de limite de liquidez e plasticidade foram executados de acordo com as especificações das normas DNER-ME 122/94 (DNIT, 1994) e DNER-ME 082/94 (DNIT, 1994).

O limite de plasticidade segundo a norma NBR 7180 (ABNT, 1984), é tido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço. É a umidade de transição entre o estado plástico e semi-sólido do solo. Considera satisfatórios os valores de umidade obtidos quando, de ao menos três amostras, nenhuma delas diferir da respectiva média de mais de 5 % da média do conjunto.

### **3.3 Massa específica aparente seca**

A massa específica aparente seca do material foi determinada de acordo com a norma DNER-ME 153/97 (DNIT, 1997). Os ensaios foram efetuados com o auxílio de uma caixa metálica de dimensões 315,6 mm x 315,8 mm x 150,0 mm.

### **3.4 Resistência à compressão**

Para a determinação da resistência à compressão das amostras compostas com cimento, foram utilizadas as especificações das normas DNER-ME 129/94 (DNIT, 1994), DNER-ME 202/94 (DNIT, 1994) e DNER-ME 201/94 (DNIT, 1994).

Em função dos teores de cimento identificados na revisão de literatura, foi estabelecida para este projeto, a adoção dos teores de 2 % 4 % e 6 % de cimento sobre o peso do material. O cimento utilizado para a realização dos ensaios foi o CP II Z -32 por se tratar do mesmo produto utilizado pela Prefeitura Municipal de Curitiba.

A água esteve presente neste experimento sob a forma de umidade ótima, anteriormente fixada em 7 %, acrescida de um fator água/cimento de 0,40, pré-fixado de modo a garantir a hidratação do material. Para efeito de tratamento estatístico, foi estabelecida a moldagem de quatro corpos de prova para cada teor de cimento.

Para os corpos de prova com teor de cimento de 2%, foram utilizados 50 g de cimento para 2.500 g de material coletado, 20 g de água (referente ao fator a/c) somado à umidade ótima, que para este caso foi de 175 g de água. A composição da mistura para confeccionar os corpos de prova com o teor de cimento de 2 % foi de 10.000 g de material – Amostra, 780 g de água e 200 g de cimento. Para o teor de 4 % de cimento a mistura usou 10.000 g de material – amostra, 400 g de cimento e 860 g de água. Para os corpos de prova confeccionados com teor de cimento de 6 % foi usado 10.000 g de material – amostra, 600 g de cimento e 940 g de água.

As misturas foram efetuadas em uma betoneira de eixo vertical. As amostras foram compactadas de acordo com as determinações da DNER-ME 129/94 (DNIT, 1994), na energia de Proctor intermediário.

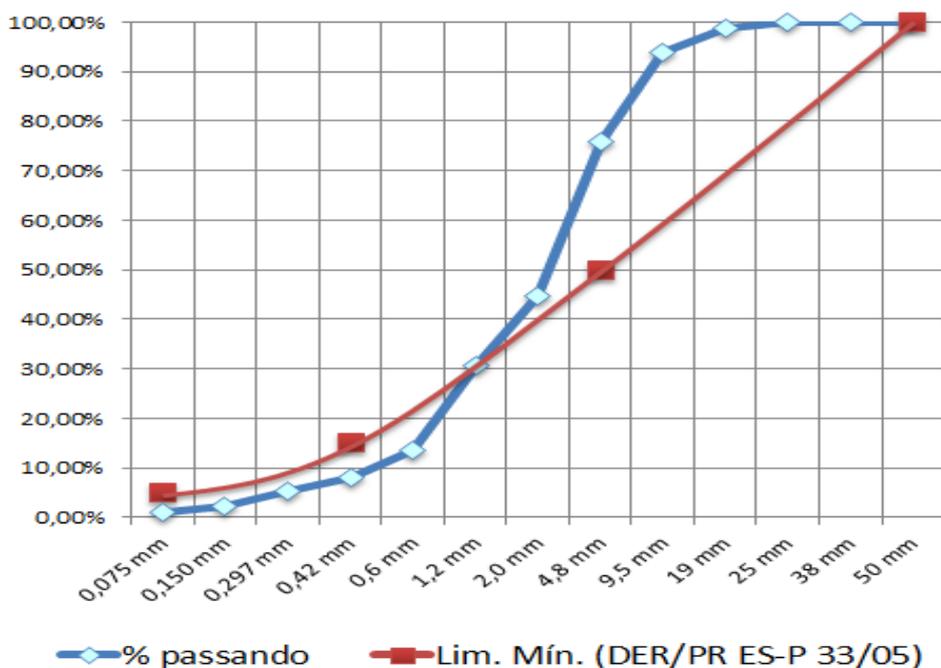
Após a compactação, as amostras foram embaladas por um filme plástico e mantidas em câmara úmida até a idade de 7 dias, quando foram submetidas ao ensaio de compressão axial de corpos de prova cilíndricos.

## 4 Análise dos resultados

### 4.1 Composição granulométrica

A Figura 4, mostra a análise granulométrica da amostra, gerado pelos valores dos resultados das porcentagens de material retido em cada peneira. Na análise granulométrica a linha vermelha representa o limite mínimo estabelecido pela norma SE-P 33/05 (DER/PR, 2005), para cada percentual de material retido em cada peneira. A linha azul representa os valores reais encontrados de massa retida em cada peneira.

Figura 4 – Análise granulométrica da amostra

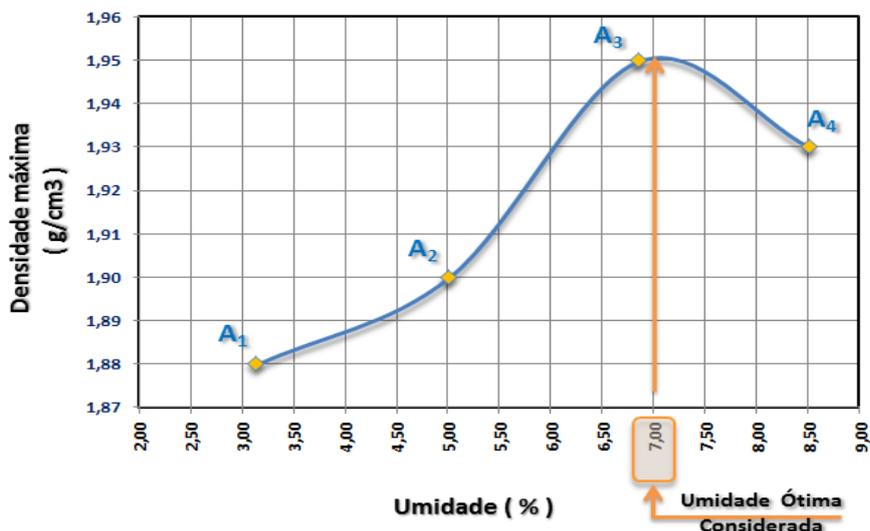


Fonte: Autoria própria

A análise granulométrica baseada nos parâmetros da DNER-ME 080/94 (DNIT, 1994), mostra que o material ensaiado apresentou deficiência no teor de finos (diâmetro inferior a 0,42 mm).

## 4.2 Umidade ótima e densidade máxima

Figura 5 – Definição do teor de umidade ótima



Fonte: Autoria própria

Com base nos resultados apresentados observa-se pela figura 5, que o teor de umidade ótima de 7% leva a uma densidade máxima de 1,95 g/cm<sup>3</sup>.

Limite de Liquidez e plasticidade

Os valores obtidos para o limite de liquidez do material estão representados na Tabela 1, onde a coluna da esquerda mostra o número de golpes executados no ensaio e a coluna da direita mostra umidade média de cada referente etapa.

Tabela 1 – Limite de Liquidez

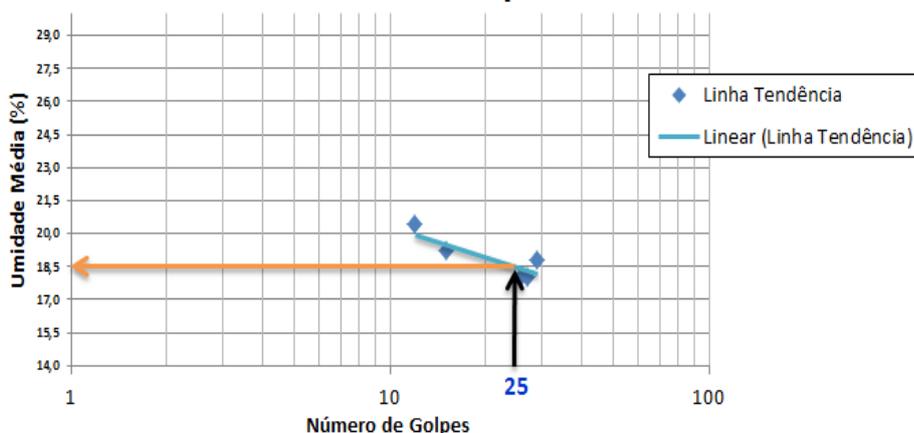
Nº de golpes	Umidade média (%)
12	20,5
15	19,2
26	18,1
27	18,0
29	18,8

Fonte: Autoria própria

Segundo a norma DNER-ME 122/94 (DNIT, 1994), o valor do limite de liquidez, expresso em teor de umidade, é o valor da abscissa do ponto da reta correspondente à ordenada de 25 golpes, sendo que o resultado é o número inteiro mais próximo expresso em percentagem. Com base nestas informações, foi elaborado montada um gráfico com os pontos de umidade do material referente ao

número de golpes e gerada uma linha de tendência onde foi feita uma estimativa do teor de umidade correspondente a ordenada de 25 golpes conforme figura 6.

Figura 6 – Definição do limite de liquidez



Fonte: Autoria própria

O valor encontrado para o Limite de Liquidez (LL) foi de aproximadamente 18,5 % de umidade como mostra a figura 6 atendo às especificações.

Os valores encontrados para o Limite de Plasticidade estão apresentados na Tabela 2.

Este conjunto de dados apresentou coeficiente de variação de 6,9 %, excedendo o limite proposto pela norma que é de até 5 % de variação. Caracterizando-o como material não plástico.

Tabela 2 – Limite de plasticidade

Nº da amostra	Umidade média (%)
MLP1	21,7
MLP2	20,9
MLP3	23,9

Fonte: Autoria própria

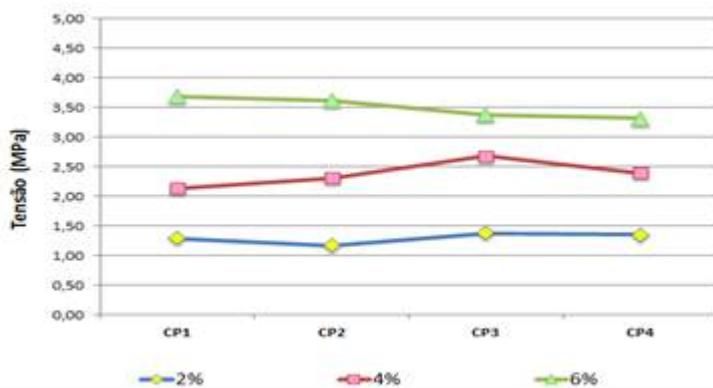
Devido às características intrínsecas deste material conclui-se que este material não possui características plásticas, impossibilitando o cálculo do índice de plasticidade.

### 4.3 Resistência à compressão

A Figura 7 apresentam os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial em função dos respectivos consumos de cimento pré-estabelecidos.

A análise dos resultados nos permite verificar que para esta composição de agregados reciclados com CP II Z – 32, com teor de umidade ótima de 7 %, fator a/c de 0,40, a resistência mínima estabelecida pela norma ES-P 33/05 (DER/PR, 2005) só será atingida a partir da composição com um teor mínimo de 6 % de cimento em relação à massa do material.

Figura 7 – Resistência à compressão axial



Fonte: Autoria própria

A mistura reciclada deve satisfazer aos requisitos de resistência à compressão simples, aos sete dias, mínima de 3,5 MPa e máxima de 8,0 MPa, segundo a norma ES-P 33/05 (DER/PR, 2005). Esse aspecto para o material analisado só será atendido se for adotado o teor de 6 % em massa, de cimento. Um dos fatores que pode ter impactado diretamente nesses resultados é a ausência de finos do material reciclado. Se a mistura reciclada não estiver enquadrada numa faixa granulométrica de trabalho, a camada não será estável.

## 5 Conclusão

A granulometria do material analisado apresentou deficiência no teor de finos, conforme mostraram os ensaios realizados. O material analisado apresentou-se como um material não plástico segundo norma de caracterização de materiais, sendo por tanto um material adequado para finalidade ao qual se destina.

O limite de Liquidez do material analisado foi de aproximadamente 18,5 %. Este material está dentro do limite proposto pela norma. O limite de plasticidade observado nesse material está dentro dos limites sugeridos pela norma.

O teor de cimento que resulta em um valor de resistência entre 3,5 MPa e 8,0 MPa foi a composição que continha teor de 6 % de cimento.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7180**: solo: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

MARÍN, C. B; ÁLVAREZ, M. G. Reciclado *in situ* con cemento: futuras prescripciones técnicas de la dirección general de carreteras del ministerio de fomento. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTABILIZACIÓN DE EXPLANADAS Y RECICLADO *IN SITU* DE FIRMES COM CEMENTO, 2001, Salamanca, Espanha. **Anais...** Madri: AEC, 2001. Disponível em: <<http://viastrade.com/letteratura/varie/LIBRO%20IECA.pdf>>. Acesso em: 10 mai 2014.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ (DER/PR). **ES-P 33/05**: pavimentação: reciclagem de pavimentação *in situ* com adição de cimento. Curitiba, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNER-ME 080/94**: solos: análise granulométrica por peneiramento. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 082/94**: solos: determinação do limite de plasticidade. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 122/94**: solos: determinação do limite de liquidez. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 129/94**: solos: compactação utilizando amostras não trabalhadas. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 201/94**. solo: cimento: compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 202/94**: solo: cimento: moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 216/94**: solos: cimento: determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente. Brasília, DF, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 153/97**: agregados em estado compactado seco: determinação da massa unitária. Brasília, DF, 1997.

MERIGUI, J. V; FORTES, R. M. Estudo do aumento da resistência mecânica em função do tempo nas misturas de reciclagem com cimento Portland. In: JORNADAS LUSO-BRASILEIRAS DE PAVIMENTOS, 4., 2008, Porto. **Anais...** Portugal: FEUP, 2008.

OLIVEIRA, P. C. A. de. **Contribuição ao estudo da técnica de reciclagem profunda na recuperação de pavimentos flexíveis**. 2003. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

OLIVEIRA, P. C. A. de. **Controles construtivos utilizados em obras de reciclagem profunda**. Montes Claros, Minas Gerais: Pavisan, 2007. 12 p. Nota técnica. Disponível em: <<http://revisa-sa.com.br/wp-content/uploads/2011/01/ControlesConstrutivo.pdf>>. Acesso em 12 abr. 2014.

OLIVEIRA, P. C. A. de; 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: FRESAR, 2004. 29 p. Artigo. Disponível em: <<http://revisa-sa.com.br/wp-content/uploads/2011/01/SP351.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2014.

SILVA, C. A. R. da; MIRANDA JR., J. Reciclagem de camada betuminosa como sub-base estabilizada com cimento na BR-381: uma experiência. **Revista Vias Gerais**, Belo Horizonte, n. 3. 2004. Disponível em: <[http://www.assender.com.br/trabalhos/viasgerais3/reciclagem\\_betuminosa\\_cimento.pdf](http://www.assender.com.br/trabalhos/viasgerais3/reciclagem_betuminosa_cimento.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2014.