



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Nathan Bomfanti Pimentel

ANÁLISE TÉCNICA PARA A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CAMADAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DE ESTRADAS

Palmas – TO

2019

Nathan Bomfanti Pimentel

**ANÁLISE TÉCNICA PARA A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM CAMADAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DE ESTRADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Chagas

Palmas - TO
2019

Nathan Bomfanti Pimentel

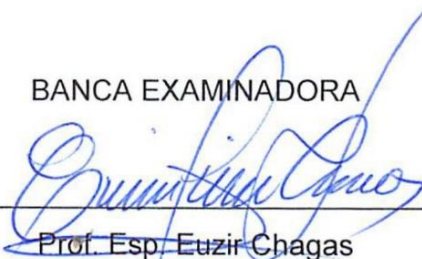
ANÁLISE TÉCNICA PARA A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM CAMADAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DE ESTRADAS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Chagas

Aprovado em: ____ / ____ / ____

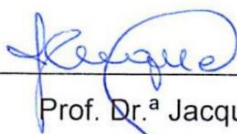
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Euzir Chagas

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dr.ª Jacqueline Henrique

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Kenia Parente Mendonça

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas - TO

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Cassiano Pimentel da Silva Neto e Márcia Terezinha Bomfanti Pimentel da Silva, por toda confiança e colaboração em todos os momentos passados até então, um esteio que será sempre agradecido de minha parte.

Agradeço ao professor Euzir Chagas, orientador deste trabalho, pela transmissão de conhecimento e comprometimento alcançado nesta relação.

Agradeço a Professora Jacqueline Henrique por todos os ensinamentos e detalhes que o seguinte trabalho necessitou, com sua vasta experiência e sabedoria, podendo me fornecer um conhecimento concreto e sucinto que levarei adiante em minha vida profissional.

Por último e não menos importante, ficam meus sinceros agradecimentos a professora Kenia Parente, coordenadora do curso de Engenharia Civil da instituição CEULP/ULBRA, por toda sua dedicação e comprometimento para comigo, a transmissão de amor ao próximo que lhe é muito familiar, dando força e incentivo para que esse trabalho pudesse ser concluído.

RESUMO

Os resíduos da construção civil (RCC) estão sendo gerados de maneira desenfreada em todo território nacional e internacional, causando diversos problemas ambientais em decorrência da falta de destinação de maneira correta desses resíduos, paralelamente a isso estão sendo criadas empresas de reciclagem responsáveis em gerar uma sustentabilidade desse RCC. Nesse contexto está inserido o objetivo desse trabalho, usando como opção o RCC para utilização nas camadas de base e sub-base da pavimentação. Foram realizados ensaios laboratoriais de acordo com a Norma ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004, para a caracterização e classificação desses resíduos reciclados juntamente com o solo natural e adição de cal hidratada, averiguando, forma dos agregados, tipos de materiais, compactação e Índice de Suporte Califórnia. O solo natural foi coletado nas margens da Avenida das Chácaras, município de Palmas - TO, onde fica localizada, também, a empresa de reciclagem de resíduos da construção civil, por nome de Ambiental – Usina de Reciclagem de Entulhos RCC. Os ensaios obtiveram resultados que comprovam que o RCC tem potencial adequado para ser utilizado em camadas de pavimentação de estradas e que com a sua reutilização pode-se obter benefícios em relações como sustentabilidade, financeira e estrutural.

Palavras-chave: RCC. Pavimentação. Sustentabilidade. Potencial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivo Específico	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 PROBLEMA	12
1.5 HIPÓTESES.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	13
2.1.1 Classificação CONAMA	13
2.1.2 Classificação NBR 10.004/2004	13
2.1.3 Composição dos Resíduos Sólidos	14
2.2 REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	15
2.2.1 Classificação de Agregados	15
2.3 PAVIMENTAÇÃO.....	19
2.3.1 Tipos de Camadas.....	19
2.3.2 Tipos de Solos e suas identificações	20
2.3.3 Classificação Granulométrica	22
2.3.3.1 Granulometria DNER (Manual de Pavimentação)	23
3. METODOLOGIA	25
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1.1 Granulometria	27
3.1.2 Limite de Liquidez	28
3.1.3 Limite de Plasticidade	29
3.1.4 Compactação.....	30
3.1.5 CBR – Índice Suporte Califórnia	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO RCC	35
4.2 REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL COM O USO DE RCC.....	38
4.3 CONTIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DO CUSTO COM A UTILIZAÇÃO DE RCC ..	39
4.4 IMPORTÂNCIA DO USO DO RCC PARA O MEIO AMBIENTE	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICES	45
APÊNDICE A: Determinação do Limite de Liquidez e Plasticidade	45
APÊNDICE B: Compactação do Solo Natural.....	46
APÊNDICE C: Determinação do CBR do Solo Natural.....	47
APÊNDICE D: Determinação do CBR 50% Solo Natural e 50% RCC.....	48
APÊNDICE E: Determinação do CBR 50% Solo Natural, 50% RCC e 3% de Cal Hidratada	49
APÊNDICE F: Determinação do CBR 50% Solo Natural, 50% RCC e 6% de Cal Hidratada	50
APÊNDICE G: Determinação do CBR 50% Solo Natural, 50% RCC e 9% de Cal Hidratada	51
APÊNDICE H: Determinação do CBR 25% Solo Natural, 75% RCC e 3% de Cal Hidratada	52
APÊNDICE I: Determinação do CBR 25% Solo Natural, 75% RCC e 6% de Cal Hidratada	53
APÊNDICE J: Determinação do CBR 25% Solo Natural, 75% RCC e 9% de Cal Hidratada	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ensaio de peneiramento.....	18
Figura 2 – Ensaio de sedimentação.....	19
Figura 3 – Camadas constituintes dos pavimentos.....	20
Figura 4 – Areia e pedregulho.....	21
Figura 5 – Solo siltoso.....	21
Figura 6 – Solo argiloso.....	22
Figura 7 – Tipos de materiais de RCC.....	26
Figura 8 – Destorroamento da amostra.....	27
Figura 9 – Peneiramento da amostra.....	28
Figura 10 – Preparação do solo.....	28
Figura 11 – Fechamento da ranhura.....	29
Figura 12 – Modelagem da amostra.....	30
Figura 13 – Homogeneização.....	31
Figura 14 – Compactação por camadas.....	31
Figura 15 – Nivelamento.....	32
Figura 16 – Retirada da amostra.....	32
Figura 17 – Secagem da amostra.....	33
Figura 18 – Prensa.....	34
Figura 19 – Segregação de RCC.....	38

LISTA DE TABELAS/GRÁFICOS

Tabela 1 – Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária.....	16
Tabela 2 – Granulometria.....	24
Tabela 3 – Aberturas das peneiras em polegadas e milímetros.....	24
Tabela 4 – Limite de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade.....	35
Tabela 5 – Ensaio de CBR.....	37
Gráfico 1 – Composição básica dos resíduos da construção.....	15
Gráfico 2 – Exemplo de curva de distribuição granulométrica.....	18
Gráfico 3 – Teor de umidade do solo.....	35
Gráfico 4 – Curva de compactação do solo.....	36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

NBR – Normas Brasileiras

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

RCC – Resíduos da Construção Civil.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CBR - California Bearing Ratio

1. INTRODUÇÃO

A construção civil vem proporcionando um crescimento importante no ramal econômico do Brasil, apesar de alguns anos em baixa, ela volta a crescer e se renovar, sendo importante para o PIB no País. Considerada como uma área bastante produtiva, também gera grande quantidade de resíduos sólidos proveniente de demolições e até construções (RCC), que são descartados, muitas das vezes, em locais inadequados e mal planejados.

As atividades da construção civil, tem um enorme potencial na geração de empregos, proporcionando um aumento de renda e infraestrutura de determinada região, dessa forma, se torna necessário a admissão de políticas públicas para gerenciar a destinação de RCC, A reciclagem dos materiais discutidos neste trabalho, tem cada vez ganhado mais força por minimizar os problemas provenientes da falta de gerenciamento dos mesmos gerados. Reaproveitar seria a forma mais consciente, uma vez que a escassez de materiais é cada vez maior, logo reutilizar RCC como substituição das matérias-primas retiradas do meio ambiente é a melhor opção. Em virtude da grande quantidade de resíduos oriundos da construção civil e seu impacto ambiental, esta atividade é regulamentada em diversos países. A gestão de resíduos no Brasil é regulamentada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em acordo e parcerias com órgãos estaduais e municipais.

No seguinte estudo técnico, foi estabelecido uma proposta da reutilização dos resíduos gerados pela construção civil, para serem utilizados em camadas de base e sub-base na obras de pavimentação rodoviária em nosso país, independente da região que se queira utilizar, pois o ramo da construção está presente em praticamente todo o território nacional. Proporcionando a esse estudo a possibilidade de utilização deste método em obras futuras.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é dividido em geral e específico, ambos detalhados a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é estudar a viabilidade técnica na utilização de resíduos sólidos da construção civil como camada de base e sub-base, com adição de cal hidratada, nas obras viárias.

1.2.2 Objetivo Específico

- Verificar a viabilidade técnica da utilização de RCC nas obras de pavimentação.
- Analisar a redução do impacto ambiental, com o uso de RCC mal destinados pela construção civil.
- Constatar a variação de custo do uso de RCC, em relação a matéria prima nas obras de pavimentação.
- Analisar a sustentabilidade em relação a utilização de RCC nas obras de pavimentação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Na construção civil, a utilização de material produzido é intensa e continua, gerando um armazenamento de detritos avantajado, que algumas vezes não tem destinação adequada. O setor da construção civil no Brasil gera, frequentemente, resquícios de materiais desperdiçados, o que não implica dizer que são inutilizáveis, muito pelo contrário, a maioria dos materiais utilizados em obras da construção civil, tem poder de reciclagem, mas infelizmente essa tecnologia ainda é pouco utilizada.

É provável que a falta de fiscalização para com empresas que destinam seu resíduos para lugares indevidos seja muito escassa nos dias atuais, algo que soa de maneira sarcástica, pois cada vez mais as empresas que se prezam estão se tornando auto sustentáveis, buscando melhorias tecnológicas fazendo com que sejam mais procuradas e valorizadas do mercado empresarial atual.

Neste sentido, torna-se viável a realização de estudos que visam verificar o reaproveitamento dos resíduos da construção civil (RCC), pois além de ser algo ainda pouco usado, tem capacidade de viabilização imensa devido as varias inovações tecnológicas que os estudos atuais proporcionam.

1.4 PROBLEMA

É possível reaproveitar os RCC obtendo-se características técnicas e econômicas viáveis na utilização em camadas estruturais de estradas, evitando a destinação desses resíduos em locais indevidos?

1.5 HIPÓTESES

Através de uma triagem seletiva dos tipos de RCC é possível a utilização desse material em projetos de camadas estruturais de estradas.

A utilização de resíduos reciclados da construção civil proporciona benefícios sustentáveis e redução do impacto ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1.1 Classificação CONAMA

O gerenciamento de destinação de RCC na construção civil ainda é muito precário, isso acarreta em um problema generalizado, pois não se separam as classes de resíduos gerados nas obras, segundo a Resolução 307 (CONAMA, 2002), as classes são:

Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassas, concretos, tubos, meio-fio, solos de terraplanagem, etc;

Classe B – resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, madeiras, etc;

Classe C – resíduos ainda sem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para a sua reciclagem/recuperação, tais como os oriundos do gesso (tratamento pelo gerador);

Classe D – perigosos, como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados (tratamento pelo fabricante).

Essas Classes não separadas, podem gerar problemas enormes, tanto financeiros e principalmente ambientais, que são definidas pela Resolução do CONAMA n. 001 (BRASIL, 1986) como:

I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - As atividades sociais e econômicas;

III - A biota;

IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - A qualidade dos recursos ambientais.

2.1.2 Classificação NBR 10.004/2004

a) resíduos classe I – Perigosos

b) resíduos classe II – Não Perigosos

- resíduos classe II A – Não inertes
- resíduos classe II B – Inertes

2.1.3 Composição dos Resíduos Sólidos

Existem vários tipos resíduos sólidos que são gerados nas inúmeras obras da construção civil, elas podem mudar de regiões para regiões, em determinados lugares podem ser usados composições e matérias primas diferentes (PINTO 2007).

Os Resíduos da Construção e Civil (RCC) são gerados a partir de reformas, construção, reparos e demolições de obras de construção civil, chamados entulhos de obras, que tem em sua composição, tijolos, madeira, concreto, solos, fiação, entre outros materiais.

Classe A: São os resíduos com maior potencial de reutilização e reciclagem. São provenientes de reparos ou construção de elementos cerâmicos, como placas de pisos cerâmicos, argamassa e concreto. E ainda, entulhos vindos de demolição ou produção de peças pré-moldadas fabricadas in loco, ou seja, dentro do canteiro de obras.

Classe B: Esses resíduos podem ser reciclados, porém com destinações diferentes, como vidros, papelões, plásticos, madeiras e metais.

Classe C: São os resíduos sólidos, cuja recuperação ou reciclagem, ainda não apresentam tecnologias e aplicações viáveis.

Classe D: São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. Resolução nº 307 do CONAMA (2002).

Ainda segundo esta mesma resolução os entulhos devem ser classificados de acordo com sua composição, sendo Classe A, B, C, D.

Abaixo está representado graficamente as porcentagens médias de RCC (Resíduos Sólidos da Construção Civil) no Brasil:

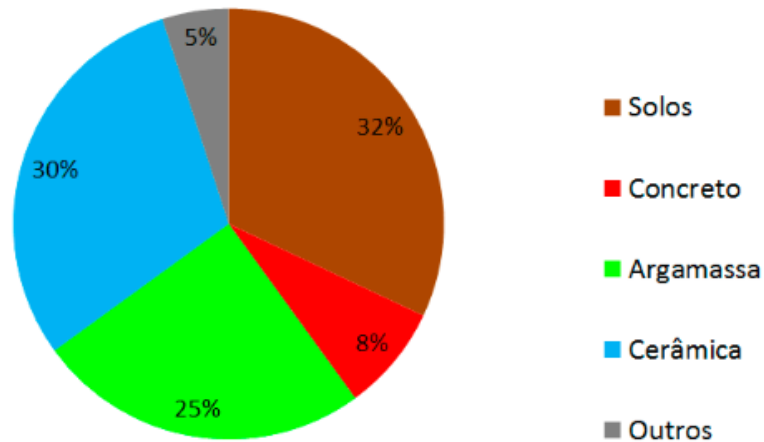
Composição básica dos resíduos da construção

Gráfico 1 – Composição básica dos resíduos da construção.

2.2 REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Nos dias atuais a demanda de obras na construção civil está votando ao seu ritmo de origem, após a enorme crise financeira que o país vinha enfrentando. Com o aumento gradativo das obras, conseqüentemente o aumento de resíduos descartados também cresce desenfreadamente, infelizmente, em algumas vezes, sendo depositados de maneira incorreta e sem destino final.

A reutilização desses materiais desprezados, que em sua maioria, são oriundos de concreto e argamassa, pode ser considerado como uma saída bastante prática e evolutiva para algumas composições nas obras de pavimentação, podendo ser utilizados como agregados nas bases e sub-bases das construções do meio rodoviário. (BALBO, 2007).

2.2.1 Classificação de Agregados

Os agregados, são materiais com diferentes dimensões de diâmetro, responsáveis pelo preenchimento e resistência de determinada solução, podem ser naturais, como brita, seixo rolado e outros, também podem ser artificiais, que são os RCC's especificados pela norma 15116/2004. (BERNUCCI, 2008).

Segundo a Norma 7211/2005, aplicam-se as definições das ABNT NBR NM 66 e ABNT NBR 9935, as seguintes:

3.2.1.1 agregado miúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μm , em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

3.2.1.2 agregado graúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

3.2.1.3 série normal e série intermediária de peneiras: Conjunto de peneiras sucessivas, que atendem à ABNT NBR NM ISO 3310-1, com as aberturas estabelecidas na tabela 1:

Série normal	Série intermediária
75 mm	–
–	63 mm
–	50 mm
37,5 mm	–
–	31,5 mm
–	25 mm
19 mm	–
–	12,5 mm
9,5 mm	–
–	6,3 mm
4,75 mm	–
2,36 mm	–
1,18 mm	–
600 μm	–
300 μm	–
150 μm	–

Tabela 1- Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (abertura nominal).

De acordo com a NBR 15116/2004, os resíduos de construção civil são classificados da seguinte forma:

Esta classificação atende à Resolução CONAMA307.

- Classe A

São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto; resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.

- Classe B

São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros. .

- Classe C

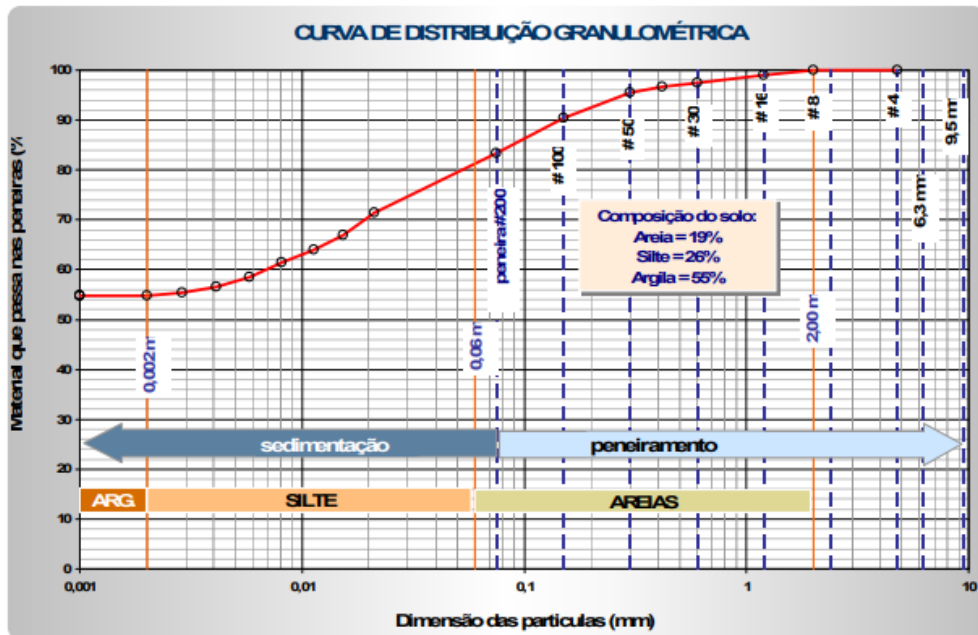
São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou sua recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

- Classe D

São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros) ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos (clínicas radiológicas, instalações industriais e outros) enquadrados como classe I da ABNT NBR 10004.

A estrutura granulométrica é determinada de acordo com a relação de quantidade com o tamanho das partículas, como demonstrado no gráfico 2.

Gráfico 2 - Exemplo de curva de distribuição granulométrica.



Fonte (FARIA), 2002.

De acordo com o solo, quando o solo é mais robusto como pedregulhos, é feito o peneiramento da estrutura, mostrado na figura 1, analisando a quantidade de sedimento que se acumula em cada peneira.

Figura 1 – Ensaio de peneiramento.



Fonte (<https://educalingo.com/pt/dic-pt/peneiramento>), 2018.

Já quando o solo é mais fino, como demonstrado na figura 2, se usa o método da sedimentação, que consta em medir a velocidade de decantação de partículas em contato com a água, em relação da variação da densidade do produto como um todo.

Figura 2 – Ensaio de sedimentação.



Fonte: (<http://www.jmeng.com.br>), 2012.

2.3 PAVIMENTAÇÃO

2.3.1 Tipos de Camadas

A pavimentação é abordada inicialmente pelo conhecimento natural do terreno onde irá ser feita a execução de determinada obra, cada solo tem sua formalidade. Nas obras de estradas a preparação do solo é de fundamental trabalhabilidade, pois é ela quem irá garantir a vida útil da sua pavimentação (BERNUCCI, 2008).

Após, irão ser determinadas as múltiplas camadas, ilustradas na figura 3, para a execução de uma obra de estradas, que podem ser divididas em regularização, reforço do subleito, sub-base, base e pavimento.

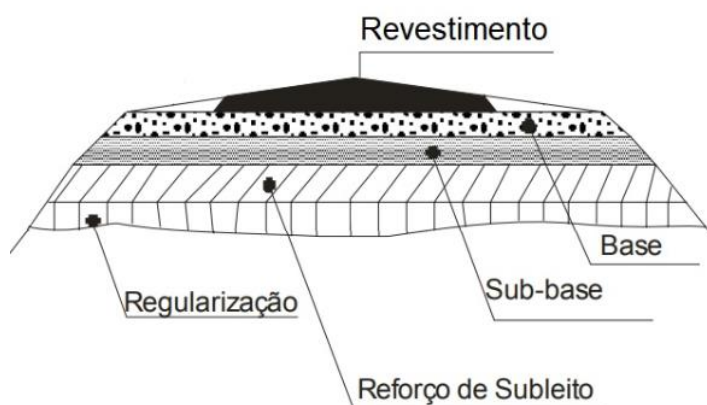
- Base: camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito

devidamente regularizado e compactado. Os materiais constituintes são solos, mistura de solos e materiais britados. (DNIT 141/2010-ES)

- Sub-base: camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções desta, executada sobre o subleito ou reforço do subleito, devidamente compactado e regularizado. Os materiais constituintes são solos, mistura de solos e materiais britados. (DNIT 139/2010-ES)

- Reforço do Subleito: operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura. Os materiais constituintes são solos ou mistura de solos. (DNIT 137/2010-ES)

Figura 3 - Camadas constituintes dos pavimentos



Fonte: (DNIT, 2006, p.106).

2.3.2 Tipos de Solos e suas identificações

Existem na natureza alguns tipos de solos e suas determinadas denominações, são formados, na maioria das vezes, por frações específicas de suas granulometrias, distinguidas por pedregulho, areia, areia grossa, areia fina, silte e argila (NBR 7181, 1984).

Na figura 4 é demonstrado solo com pedregulho e areia homogêneos, possuem sua granulometria avantajada, proporcionando uma coesão baixa, seu comportamento não tem a tendência de variar na presença de água. Sua resistência, quando o atrito entre as partes é alto, acaba sendo grande (BALBO, 2007).

Figura 4 – Areia e pedregulhos.



Fonte: (www.plantasonya.com.br), 2011.

Os solos siltosos, apresentam uma intermediação entrem os arenosos e argilosos, mostrado na figura 5, com uma coesão um pouco maior que os de granulometria mais espessa.

Figura 5 – Silte.



Fonte: (<http://geofactualidades.blogspot.com>), 2017.

Argilas, são considerados solos de granulometria muito baixa, o que o torna, muitas das vezes, bastante instáveis quando propiciados a cargas. Apresentam como característica uma umidade elevada, se tornando uma matéria ligante, ou seja,

com um teor de coesão superior aos outros solos citados, admitindo uma maleabilidade e moldura sem variação de seu volume (NBR 7181, 1984).

Figura 6 – Solo Argiloso.



Fonte: (<https://www.mistersabido.com/solo-argiloso/>), 2017.

A identificação é feita basicamente em função do comportamento de cada solo, pode ser executadas de algumas maneiras, como:

- Teste Visual – Consiste na verificação manual efetuando trabalhos visuais de forma, tamanho e cores, limitando-o em teste de variação granulométrica, sinos ou grossos.
- Teste do Tato – Consiste na verificação efetuando trabalhos manuais de compressão, distinguindo quando o solo é arenoso ou argiloso.
- Teste de Corte – Consiste em efetuar um corte no solo com alguma lâmina de espessura fina, verificando após, qual o comportamento que o determinado solo teve, também o distinguindo de arenoso ou argiloso.

2.3.3 Classificação Granulométrica

A classificação granulométrica é a distribuição, em porcentagem de diversos tipos de grãos, determinando as dimensões de agregados e de suas respectivas porcentagens de ocorrência.

Definições Importantes:

- Porcentagem que Passa: É o peso de material que passa em cada peneira, referido ao peso seco da amostra;
- Porcentagem Retida: É a porcentagem retida numa determinada peneira. Obtemos este percentual, quando conhecendo-se o peso seco da amostra, pesamos o material retido, dividimos este pelo peso seco total e multiplicamos por 100;
- Porcentagem Acumulada: É a soma dos percentuais retidos nas peneiras superiores, com o percentual retido na peneira em estudo;
- Módulo de Finura: É a soma dos percentuais acumulados em todas as peneiras da série normal, dividida por 100. Quanto maior o módulo de finura, mais grosso será o solo;
- Diâmetro Máximo: Corresponde ao número da peneira da série normal na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo;
- Diâmetro Efetivo: Abertura da peneira para a qual temos 10% em peso total de todas as partículas menores que ele. “% Passante”. (10% das partículas são mais finas que o diâmetro efetivo); Esse parâmetro fornece uma indicação sobre a permeabilidade das areias.

$$d_{ef} = d_{10}$$

- Coeficiente de Não Uniformidade: Ainda segundo Allen-Hazen, é a razão entre os diâmetros correspondentes a 60% e 10%, tomados na curva granulométrica. Esta relação indica, a falta de uniformidade, pois seu valor diminui ao ser mais uniforme o material.
- Coeficiente de Curvatura: Fornece a ideia do formato da curva permitindo detectar descontinuidades no conjunto.

2.3.3.1 Granulometria DNER (Manual de Pavimentação)

A grande maioria dos sistemas de classificação dos solos divide as partículas sólidas, com base nas suas dimensões, nas seguintes categorias - matacão, pedra, pedregulho, areia, silte e argila, com a opção de dividir a areia em grossa, média e fina. Na figura seguinte, estão representadas as frações de solo adotadas por alguns

sistemas de classificação de solos e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

A tabela 2 indica as aberturas da malhas das peneira usadas nos laboratórios rodoviários e a tabela 3 mostra a correlação das aberturas das peneiras em polegadas e milímetros.

Tabela 2 – Granulometria

Nº	Abertura mm
200	0,075
100	0,15
40	0,42
10	2,09
4	4,8

Fonte: (DNIT).

Tabela 3 – Aberturas das peneiras em polegadas e milímetros

Abertura pol.	Abertura mm
3/8"	9,5
3/4"	19,1
1"	25,4
1 1/2"	38,1
2"	50,8

Fonte: (DNIT).

3. METODOLOGIA

Nesse desenvolvimento foram realizados ensaios para avaliar o comportamento dos resíduos sólidos da construção civil homogeneizados com solo natural do terreno e cal hidratada.

A empresa Ambiental Comércio e Industria de Produtos Recicláveis está localizada nas imediações de latitude e longitude de (10°13'25.8"S 48°17'14.5"W), na avenida das chácaras, ilustrada no mapa 1, onde foi coletado todo o resíduo de construção civil utilizado nos ensaios do trabalho, resíduos estes denominados de cinza e vermelho, que respectivamente são de elementos obtidos do cimento e de cerâmica .

Nas imediações da avenida citada acima, está localizado o ponto de extração de solo natural, também utilizado nos ensaios realizados neste trabalho.

Mapa 1: Localização da extração de solo natural e usina de RCC.



Fonte: (Google Earth), 2019.

Foram coletados cerca de 200Kg de material, homogeneizados entre solo natural e resíduos reciclados da construção civil, além da cal hidratada, que foi comprada em uma loja de materiais de construção civil na cidade de Palmas – TO.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento de toda obra de construção, são elaboradas várias composições de matérias primas para exercerem determinadas solicitações. As mais utilizadas são a composição de areia, brita, cimento e aço, que são gerados para a estrutura de alguma edificação.

Figura 7 – Tipos de materiais de RCC.



Fonte: (portalresiduossolidos.com), 2013.

Nesse Projeto, com objetivo principal de avaliar a viabilidade estrutural, financeira e ambiental na utilização de resíduos de construção civil (RCC) nas camadas granulares para a pavimentação de vias, foram utilizados sedimentos granulares detalhados por testes de peneiramento, material reciclado de concreto estrutural, para serem utilizados em base e sub-base de obras de pavimentação.

Os materiais selecionados foram do tipo classe nobre, no que diz respeito a resíduos da construção civil, que são materiais da classe cinza e da classe vermelha. Os resíduos denominados de classe cinza, são aqueles derivados de concreto, onde estão misturados agregados, como brita e seixo, cimento e areia. Os resíduos denominados de classe vermelha, são derivados de produtos cerâmicos, como blocos de alvenaria estrutural e telhas.

No desenvolvimento da pesquisa foram elaborados, conforme estudos de autores referenciados, na fase laboratorial, ensaios na caracterização dos materiais

averiguando o comportamento de cada amostra. Foram utilizadas sete amostras, com variações entre solo natural, RCC e cal hidratada, detalhadas a seguir:

- Primeira amostra = 100% de solo natural.
- Segunda amostra = 50% de solo natural + 50% de RCC + 1% de cal hidratada.
- Terceira amostra = 50% de solo natural + 50% de RCC + 3% de cal hidratada.
- Quarta amostra = 50% de solo natural + 50% de RCC + 5% de cal hidratada.
- Quinta amostra = 25% de solo natural + 75% de RCC + 1% de cal hidratada.
- Sexta amostra = 25% de solo natural + 75% de RCC + 3% de cal hidratada.
- Sétima amostra = 25% de solo natural + 75% de RCC + 5% de cal hidratada.

3.1.1 Granulometria

O ensaio foi realizado para determinar a distribuição granulométrica do solo, obtendo-se em percentagem em peso de cada faixa específica de tamanho de grãos representada na massa seca total utilizada.

- Trabalhou-se com uma amostra representativa de 5 Kg de solo, obtida no ponto de coleta representado no mapa 1, passada no almofariz e destorroada.

Figura 8 – Destorroamento da amostra.



Fonte: (próprio autor), 2019.

- Procedeu-se o peneiramento o material seco nas peneiras 19,1 e 4,8 mm de diâmetro. Pesou-se as frações do material retidas em cada peneira. Calculou-

se as percentagens do material retido em cada uma das peneiras, em relação ao peso da amostra total seca.

Figura 9 – Peneiramento da amostra.



Fonte: (próprio autor), 2019.

3.1.2 Limite de Liquidez

Esse ensaio foi realizado para determinar o valor de umidade no qual o solo passa do estado líquido para o estado sólido. O limite é determinado com a utilização do aparelho de Casagrande que determina o teor de umidade da seguinte forma:

- Prepara-se cerca de 200 gramas de solo passante na peneira de 0,42 mm, adicionando água no mesmo até adquirir a consistência desejada.

Figura 10 – Preparação do solo



Fonte (próprio autor), 2019.

- Ao final da homogeneização, se preenche a concha do aparelho com dois terços da mistura, obtendo a espessura de 10 mm no centro da concha, utilizando-se o cinzel a amostra é dividida em duas partes.
- Averiguar o fechamento da ranhura com quantidade de golpes especificados pela norma.

Figura 11 – Fechamento da ranhura.



Fonte (próprio autor), 2019.

- Retira-se uma amostra de solo de onde a ranhura se fechou, colocar o material em uma capsula já pesada, após se coloca o material em uma estufa por 24 horas, depois verifica-se novamente a pesagem do material para se determinar o teor de umidade.

3.1.3 Limite de Plasticidade

Esse ensaio foi realizado para determinar o valor de umidade em que o solo passa de seu estado plástico para o estado semissólido. É o limite de quando o sólido começa a se quebrar em pequenas partes quando enrolado até chegar na espessura de um gabarito de 3 mm de diâmetro, da seguinte forma:

- Prepara-se cerca de 200 gramas de solo passante na peneira de 0,42 mm, adicionando água no mesmo até adquirir a consistência desejada.
- Em seguida, retira-se cerca de 10 gramas da amostra, modelando-a em formato de bola.

- Após, começa-se a modelar a amostra, sobre uma placa de vidro esmerilhado, de forma a atingir um diâmetro de 3 mm de acordo com o gabarito prescrito pela norma.

Figura 12 – Modelagem da amostra.



Fonte (próprio autor), 2019.

- Coloca-se o material em uma capsula já pesada, depois o insira em uma estufa por 24 horas, após esse tempo verifica-se novamente a pesagem do material para se determinar o teor de umidade.

3.1.4 Compactação

Foram elaborados ensaios configurados com a dimensão de RCC retidos na peneira de 19 mm, adquirido com o procedimento granulométrico, adições de cal hidratada admitidos para que a composição de mistura com solo natural seja mais viável e resistente. Estabelecendo como parâmetro a norma do DNIT 141/2010 “por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na execução de camada de base e sub base, quando empregados solos estabilizados granulometricamente”.

Os procedimentos realizados no processo desse ensaio foram os seguintes, de acordo com as figuras:

- Adicionar água a mistura, de forma que haja uma homogeneização, resultando em uma consistência perfeita.

Figura 13 – Homogeneização.



Fonte (próprio autor), 2019.

- Compactar a amostra em um recipiente cilíndrico de aço, com cinco camadas iguais, deferindo sobre cada uma delas uma contagem de 26 golpes, abrangendo uniformemente toda a superfície da amostra, soltando o soquete de uma altura aproximada de 45 centímetros.

Figura 14 – Compactação por camadas.



Fonte: (próprio autor), 2019.

- Remover a base e o colarinho da mistura, nivelando a altura da mistura com a superfície do molde, pesando posteriormente o conjunto cilíndrico mais a amostra úmida compactada.

Figura 15 – Nivelamento.



Fonte: (próprio autor), 2019.

- Retirar a amostra, folgando o suporte cilíndrico separando-o em dois, para se coletar uma pequena amostra e conferir o seu teor de umidade.

Figura 16 – Retirada da amostra.



Fonte:(próprio autor), 2019.

- Levar a pequena amostra de solo úmido para uma balança de precisão, depois coloca-la em uma estufa, para seu processo de secagem.

Figura 17 – Secagem da amostra.



Fonte: (próprio autor), 2019.

- Depois de um dia (24 horas), afere-se novamente o peso do material que foi retirado da amostra.

Os dados resultantes do experimento, proporcionaram o teor de umidade ótimo do material, teor esse de 10%.

3.1.5 CBR – Índice Suporte Califórnia

O determinado ensaio, proporcionou a averiguação no comportamento de resistência de cada amostra, através do método Proctor. Segundo a norma ABNT 9895, é constituído pelas seguintes etapas:

1 - Compactação do corpo de prova segundo o método Proctor.

2 - Obtenção da curva de expansão: Após a compactação, sobre o corpo de prova dentro do molde cilíndrico, no espaço deixado pelo disco espaçador, é colocado o prato com haste perfurado e sobre este o disco anelar de aço que é dividido em duas, sendo que cada parte da carga anular (5 lbs) corresponde a sobrecarga de aproximadamente 2,5 polegadas de pavimento. Sobre a haste do prato perfurado, é apoiada a haste do relógio comparador fixado no porta-extensômetro, anotando-se a leitura inicial. Coloca-se o corpo de prova imerso por 4 dias, medindo-se a expansão que é definida como a relação entre o aumento de altura do corpo de prova (expansão) e a sua altura inicial, expresso em porcentagem.

3 - Medida da resistência à penetração: Retira-se o corpo de prova da embebição e de sobre ele o prato perfurado com a sobrecarga e deixa escorrer (drenar) por 15 minutos. Após, recoloca-se a sobrecarga e leva-se

o corpo de prova à prensa para ser rompido através da penetração do pistão a uma velocidade de 1,27 mm/min. São anotadas as leituras para as penetrações de 0,63; 1,27; 1,90; 2,54; 3,17; 3,81; 4,44; 5,08; 6,35; 7,62; 8,89; 10,16; 11,43 e 12,70 mm, sendo que esta última leitura corresponde ao tempo de 10 minutos. A velocidade de penetração do pistão é controlada com o auxílio de um cronômetro e do acompanhamento dos valores da penetração registrados no relógio comparador fixado no pistão e com a haste apoiada no molde.

Para o cálculo do valor do índice de suporte Califórnia (ISC) é adotado o maior dos valores obtidos para as pressões lidas (se a curva não apresenta inflexão) ou corrigidas nas penetrações de 2,54 mm e de 5,08 mm. Geralmente o valor correspondente à penetração de 5,08 mm é o maior e caso ocorra o inverso, costuma-se repetir o ensaio para dirimir qualquer dúvida.

Figura 18 – Prensa.



Fonte (próprio autor), 2019.

$$ISC = \frac{\text{pressão calculada ou pressão corrigida}}{\text{pressão padrão}} \times 100$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO RCC

De acordo com os ensaios realizados, foram obtidos resultados satisfatórios que proporcionaram averiguar a viabilidade da utilização de resíduos sólidos da construção civil nas camadas de base e sub-base de obras de pavimentação rodoviária.

Foi averiguado, a princípio, a caracterização do solo natural colhido e preparado, realizando os ensaios, respectivamente de limite de liquidez, limite de plasticidade e compactação do solo, de acordo com tabela 4.

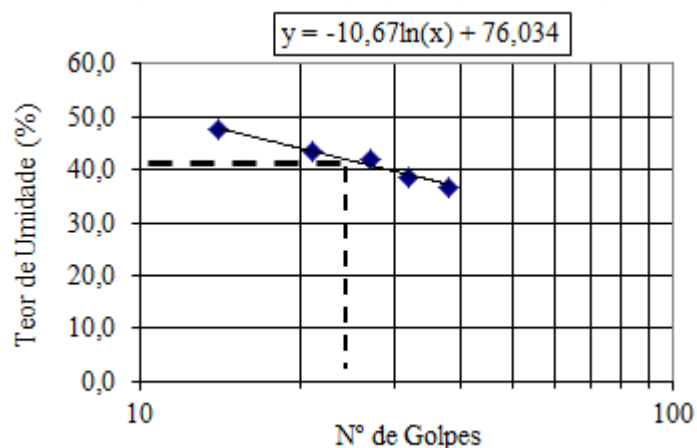
Tabela 4 – Limite de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade.

Limite de Liquidez (LL)	41,4
Limite de Plasticidade (LP)	20,2
Índice de Plasticidade (IP)	21,2

Fonte (próprio autor), 2019.

Foi averiguado também o teor de umidade do solo natural de acordo com os ensaios estabelecidos pela norma, ilustrado no gráfico 3.

Gráfico 3 – Teor de umidade do solo.



Fonte (próprio autor), 2019.

Tabela 5 – Ensaio de CBR

(CBR 100% solo natural) (50% S. natural/ 50% RCC) (50/50 + 3% de cal)											
Molde	04			Molde	02			Molde	21		
Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC
mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
75	7,9			82	8,6			120	12,6		
130	13,6			136	14,3			210	22,0		
195	20,4			198	20,8			330	34,6		
256	26,8	26,8	38,2	268	28,1	28,1	40,0	450	47,2	47,2	67,1
328	34,4			346	36,3			620	65,0		
400	41,9	41,9	39,8	422	44,2	44,2	42,0	720	75,5	75,5	71,6
470	49,3			478	50,1			780	81,8		

(50/50 + 6% de cal)				(50/50 + 9% de cal)				(25/75 + 3% de cal)			
Molde	11			Molde	02			Molde	04		
Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC
mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
168	17,6			300	31,5			180	18,9		
278	29,1			450	47,2			288	30,2		
396	41,5			550	57,7			374	39,2		
512	53,7	53,7	76,4	620	65,0	65,0	92,5	466	48,9	48,9	69,5
688	72,1			710	74,4			620	65,0		
792	83,0	83,0	78,7	800	83,9	83,9	79,5	748	78,4	78,4	74,4
864	90,6			864	90,6			844	88,5		

(25/75 + 6% de cal)				(25/75 + 9% de cal)			
Molde	09			Molde	02		
Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²		ISC
mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
240	25,2			330	34,6		
376	39,4			480	50,3		
500	52,4			560	58,7		
630	66,1	66,1	93,9	650	68,2	68,2	96,9
800	83,9			800	83,9		
870	91,2	91,2	86,5	900	94,4	94,4	89,5
900	94,4			920	96,5		

Fonte (próprio autor), 2019.

Os resultados de CBR tiveram alteração de acordo com adição da cal hidratada, isso proporciona utilizar os resíduos sólidos reciclados da construção civil em todas as camadas estruturais de pavimentação de estradas.

Apesar de se obterem resultados onde mostram que o RCC tem potencial estrutural para utilização em pavimentação, o Índice de Plasticidade do solo natural foi superior ao permitido por norma, caracterizando um solo usual de subleito.

4.2 REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL COM O USO DE RCC

Em 2002 a resolução da CONAMA nº 307, prescreveu que os geradores dos resíduos da construção são inteiramente responsáveis pelo seu armazenamento e descarte. Diante disso, foi possível constatar que, principalmente, as boas práticas da construção são de suma importância, como a organização de coleta, armazenamento e segregação dos resíduos, tudo isso interligado com um termo de contrato com a usina de reciclagem, que se responsabilizada para todo esse procedimento em decorrer da obra de edificação.

A coleta seletiva nos canteiros de obras, da mesma forma que é feita para os resíduos sólidos urbanos, é uma das principais ações efetivas, para a gestão do entulho ali produzido (Fraga, 2006).

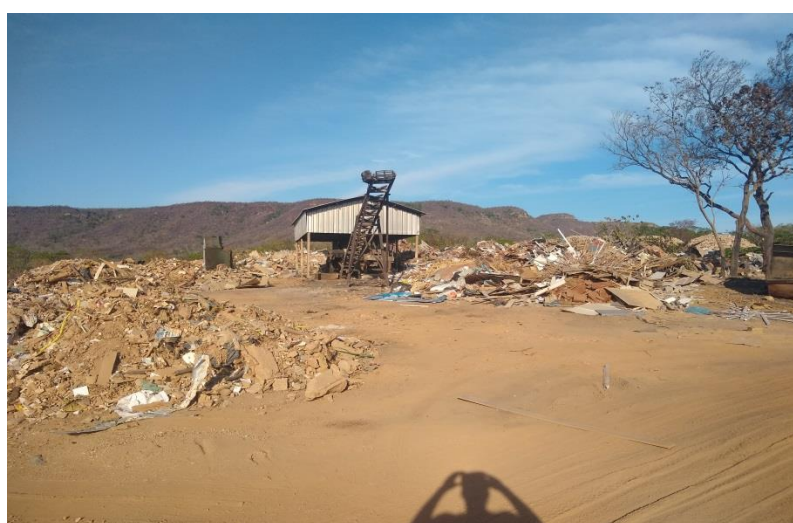
A segregação é uma etapa muito importante para a averiguação de cada material e sua futura reutilização, a figura 19 mostra que a usina de reciclagem também efetua essa etapa, apesar de sua comercialização ser de apenas agregados reciclados de concreto e cerâmica, ela efetua a destinação de outros materiais, como plástico e metal, para outras usinas responsáveis e habilitadas para o serviço.

Como principais vantagens da reciclagem, tem-se:

- preservação de recursos naturais com a substituição destes por resíduos, prolongando a vida útil das reservas naturais e reduzindo o impacto ambiental;
- redução da necessidade de áreas para aterro devido à diminuição do volume de resíduos a serem depositados;

- redução no gasto de energia, seja para produção de um novo bem, seja com o transporte e gestão do aterro;
- geração de empregos com o surgimento das empresas para reciclagem;
- redução da poluição emitida com a fabricação de novos produtos; e
- aumento da durabilidade da construção em determinadas situações como, por exemplo, na adição de escória de alto forno e pozolanas ao cimento.

Figura 19 – Segregação de RCC.



Fonte (próprio autor), 2019.

Com todo o material selecionado, a sua reutilização se torna mais eficaz fazendo com que esse seguimento seja uma forma muito significativa de reduzir os impactos provocados pela mal destinação dos resíduos das construções civis.

4.3 CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DO CUSTO COM A UTILIZAÇÃO DE RCC

De acordo com o trabalho apresentado, foi possível averiguar com ensaios realizados que o RCC reciclado pode ser usado em substituição do solo natural de maneira efetiva, foi constatado que o preço final da caçamba de 12m³ de RCC tem um custo total de 180,00 R\$, já a mesma caçamba de material natural o custo gira em torno de 220,00 a 250,00 R\$, orçamento realizado em loco nas revendedoras da cidade de Palmas – TO.

Apesar do material natural colhido se de qualidade baixa, sua disponibilidade pôde ser utilizada nas camadas de sub-base da pavimentação, além disso, foi constatado nos ensaios que a resistência do solo na variação de 50% de solo natural e 50% de solo reciclado RCC, foi maior que a do solo completamente natural, sendo ainda mais barato comercialmente também, de acordo com a tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Orçamento de caçambas de solo natural e RCC

Caçamba (12m ³)	Preço Caçamba (R\$)	Preço Cal h. (R\$)	Preço Final (R\$)
100 % solo natural	250,00	0,00	250,00
50% solo nat./50% RCC	215,00	0,00	215,00
50% solo nat./50% RCC + 1% cal	215,00	60,00	275,00
50% solo nat./50% RCC + 3% cal	215,00	180,00	395,00
50% solo nat./50% RCC + 5% cal	215,00	300,00	515,00
25% solo nat./75% RCC + 1% cal	197,50	60,00	257,50
25% solo nat./75% RCC + 3% cal	197,50	180,00	377,50
25% solo nat./75% RCC + 5% cal	197,50	300,00	497,50

Fonte (próprio autor), 2019.

4.4 IMPORTÂNCIA DO USO DO RCC PARA O MEIO AMBIENTE

A reciclagem de resíduos da construção não é uma prática nova, e sua maior difusão deu-se após a Segunda Guerra Mundial, inicialmente na Alemanha e posteriormente nos demais países da Comunidade Europeia. Em praticamente todos os países-membro existem instalações de reciclagem de RCC, normas e políticas para esse tipo de resíduo, além de uma proposta para consolidação de normativa única de toda a Comunidade. No Japão e nos Estados Unidos a reciclagem também tem sido bastante difundida e utilizada (PINTO, 1999).

Construir sustentavelmente significa reduzir o impacto ambiental, diminuir o retrabalho e desperdício, garantir a qualidade do produto com conforto para o usuário final, favorecer a redução do consumo de energia e água, contratação de mão de obra e uso de materiais produzidos formalmente, reduzir, reciclar e reutilizar os materiais (LEITE, 2011).

Com a reutilização de resíduos sólidos da construção civil, sua destinação se torna imprescindível, com o intuito de se tornar cada vez mais algo totalmente sustentável, é o que a empresa de reciclagem Ambiental vem fazendo na capital do estado do Tocantins, além de gerar emprego e renda para aproximadamente 20 funcionários, a empresa tem um papel muito importante na destinação dos resíduos.

Foi possível constatar, através de pesquisas e visitas “in loco” que uma das maiores dificuldades na obras de todo o sistema de construção civil, gira em torno da destinação de resíduos gerados por ela, isso pode provocar, com o passar dos anos, um acúmulo desenfreado e um impacto ambiental que talvez não possa mais ser resolvido, ou seja, a utilização de um determinado material que seria descartado, muitas vezes em lugares irregulares, torna-se completamente viável em todas as condições, sejam elas técnicas, financeiras e principalmente sustentáveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível constatar com o trabalho realizado que a utilização de resíduos da construção civil (RCC) pode apresentar resultados e características satisfatórias, de acordo com as especificações da NBR 15115, podendo ser utilizado em camadas de pavimentos. A construção civil ainda é ultrapassada quando comparada a outras indústrias, com processos primários de execução, produção e até reciclagem. O uso de projetos ineficientes, falta de planejamento e controle, mão de obra pouco qualificada são fatores negativos geradores de resíduos, desperdício de material e tempo.

A utilização deste tipo de agregado é tecnicamente viável, não só devido às propriedades que eles apresentaram, como também do ponto de vista econômico, ambiental e social, uma vez que sua utilização reduz consideravelmente o preço deste tipo de obra, e proporciona ao meio ambiente inúmeros benefícios, em razão da redução da exploração do agregado natural de jazidas minerais, e destinação apropriada dos mesmos, que na maioria das vezes são descartados em aterros e depósitos, poluindo o meio ambiente.

É importante salientar, que o material natural coletado foi de baixa qualidade, onde só poderia ser usado em camadas de sub-base, quando se foi homogeneizado com solo reciclado (RCC), a sua resistência ao ensaio de CBR aumentou, confirmando assim que a utilização de resíduos da construção civil se torna muito viável em obras de pavimentação rodoviária.

Para a averiguação de uma resistência maior, foram feitos ensaios com a adição de aglomerante, a cal hidratada, apesar de o custo aumentar, foi possível constatar que o RCC tem potencial de ser usado também em camadas de base, ou seja, seu uso foi completamente aceitável em todos os aspectos de elaboração e construção de obras de pavimentação rodoviária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15112**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: áreas de transbordo e Triagem de RCD. Junho, 2004.

_____. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho, 2004.

_____. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil: área de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho, 2004.

_____. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Junho, 2004.

_____. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Junho, 2004.

_____. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Dezembro, 1984.

_____. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação. Setembro, 2016.

_____. **NBR 9895: 2016 Versão Corrigida: 2017**: Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio, 2017.

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: oficina de texto, 2007.

BERNUCCI, L.B.; MOTT, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.P. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro. Abeda, 2008.

PINTO, Tarcísio de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999.

Resolução **CONAMA Nº 307/2002** - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002. Disponível em:

<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 15 de mar. 2019.

FRAGA, Marcel Faria. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras. 2006.** 75f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006. Disponível em:. Acesso em 10 jan. 2015.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil – Sistemas leed e aqua. Monografia de Graduação da Escola de Engenharia. Belo Horizonte: UFMG, 2011.** 59 f. Disponível em:. Acesso em 10 fev. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Determinação do Limite de Liquidez e Plasticidade

LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS									
Solicitante:	Nathan Bomfanti			Fone:	98452-6537	Data:	20/08/2019		
Descrição:	Base e Sub-base			Estaca:		Reg. N°:			
Trecho:	Chácaras			Prof (m):		Amostra:			
Obs:									
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459									
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7	
Cápsula	#	1	2	3	4	7			
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	43,40	44,10	49,90	47,90	48,15			
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	36,30	36,20	40,50	39,10	38,40			
Massa da Cápsula	(g)	17,00	15,80	18,10	18,90	17,90			
Massa da Água	(g)	7,10	7,90	9,40	8,80	9,75			
Massa Solo Seco	(g)	19,30	20,40	22,40	20,20	20,50			
Teor de Umidade	(%)	36,79	38,73	41,96	43,56	47,56			
Número de Golpes	#	38	32	27	21	14			
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180									
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7	
Cápsula	#	3	4	6	18	24			
Massa Solo Úmido + Cápsula	(g)	9,30	9,40	9,20	10,20	9,60			
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	9,00	9,20	9,00	9,90	9,30			
Massa da Cápsula	(g)	7,80	8,10	7,70	8,40	7,90			
Massa da Água	(g)	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30			
Massa Solo Seco	(g)	1,20	1,10	1,30	1,50	1,40			
Teor de Umidade	(%)	25,00	18,18	15,38	20,00	21,43			
		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (\bar{LP})							
		#	\bar{LP}	0,95. \bar{LP}	1,05. \bar{LP}	Ñ Serve			
		1	20,00	19,00	21,00	2			
		2	20,45	19,43	21,48				
		LL = A.ln(N° de Golpes) + B							
		A	-10,67						
		B	76,034						
		Limite de Liquidez (LL)	41,4						
		Limite de Plasticidade (LP)	20,2						
		Índice de Plasticidade (IP)	21,2						

APÊNDICE C: Determinação do CBR do Solo Natural

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Rodovia: _____
 Trecho: Chácaras
 Subtrecho: _____
 Amostra: _____
 Segmento: _____
 Estaca: _____
 Data: 08/09/2019
 Registro: 001
 Operador: Nathan Bomfanti

Anel dinamométrico
 DIN 001

Constante do anel
 0,10485

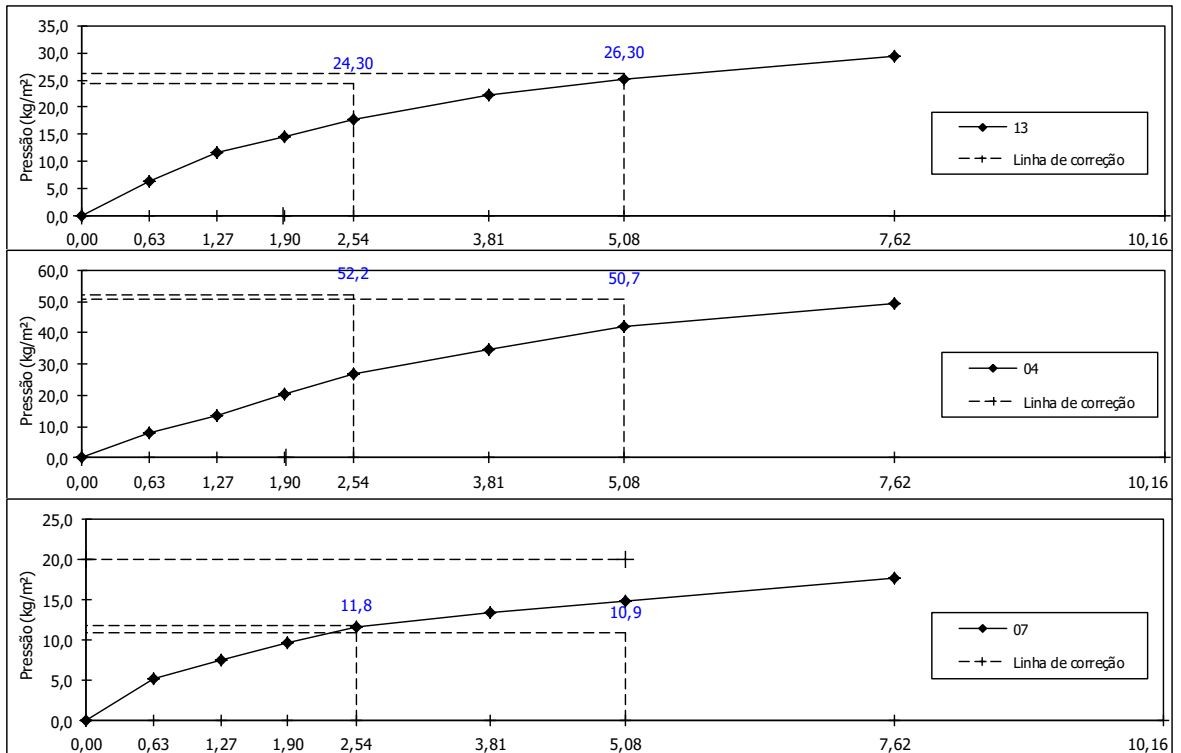
Relógio comparador
 EXT 001

Área do pistão (cm²)
 19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 13			Molde 04			Molde 07				
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.
-	-	-	-	60	6,29		75	7,9		50	5,2			
0,5	0,63	0,025	-	110	11,53		130	13,6		72	7,5			
1,0	1,27	0,050	-	140	14,68		195	20,4		92	9,6			
1,5	1,90	0,075	-	170	17,82	17,8	256	26,8	26,8	110	11,5	11,5	16,4	
2,0	2,54	0,100	70,31	212	22,23		328	34,4		128	13,4			
3,0	3,81	0,150	-	240	25,16	25,2	400	41,9	41,9	142	14,9	14,9	14,1	
4,0	5,08	0,200	105,46	280	29,36		470	49,3		168	17,6			
6,0	7,62	0,300	-											
8,0	10,16	0,400	-											
10,0	12,70	0,500	-											

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE D: Determinação do CBR 50% Solo Natural e 50% RCC

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

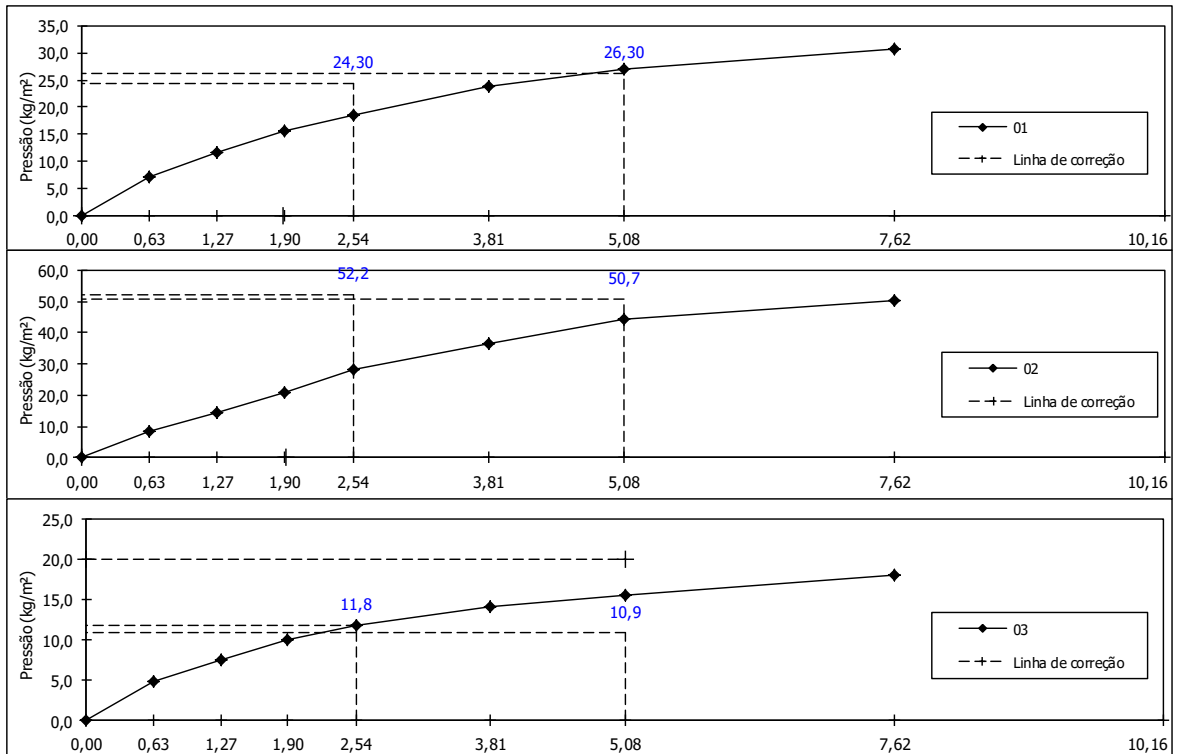
Rodovia: _____
 Trecho: Chácaras
 Subtrecho: _____
 Amostra: _____
 Segmento: _____
 Estaca: _____
 Data: 08/09/2019
 Registro: 001
 Operador: Nathan Bomfanti

Anel dinamométrico
DIN 001
Constante do anel
0,10485
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm ²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	01			02			03		
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.
-	-	-	-	mm		%	mm		%	mm		%
0,5	0,63	0,025	-	68	7,13		82	8,6		46	4,8	
1,0	1,27	0,050	-	112	11,74		136	14,3		72	7,5	
1,5	1,90	0,075	-	148	15,52		198	20,8		96	10,1	
2,0	2,54	0,100	70,31	176	18,45	18,5	268	28,1	28,1	112	11,7	11,7
3,0	3,81	0,150	-	226	23,70		346	36,3		134	14,0	
4,0	5,08	0,200	105,46	258	27,05	27,1	422	44,2	44,2	148	15,5	15,5
6,0	7,62	0,300	-	294	30,83		478	50,1		172	18,0	
8,0	10,16	0,400	-									
10,0	12,70	0,500	-									

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE E: Determinação do CBR 50% Solo Natural, 50% RCC e 3% de Cal Hidratada

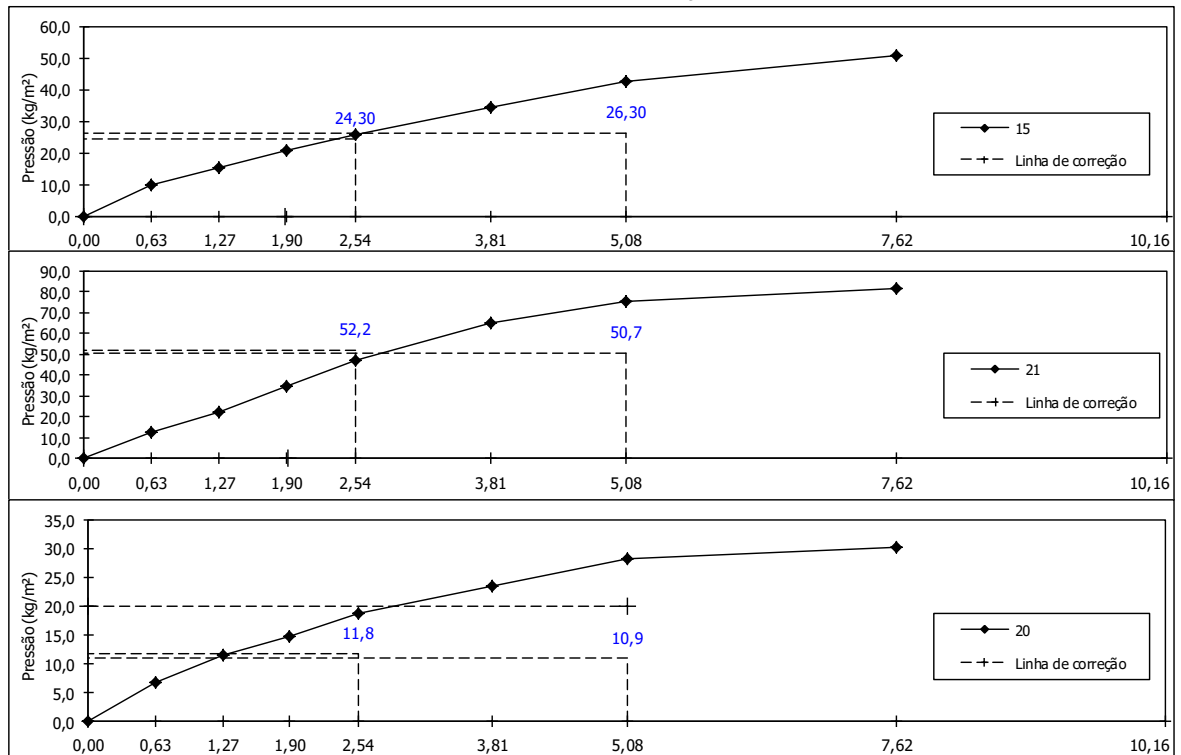
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Rodovia: _____	Anel dinamométrico
Trecho: <u>Chácaras</u>	DIN 001
Subtrecho: _____	
Amostra: _____	Constante do anel
	0,10485
Segmento: _____	
Estaca: _____	Relógio comparador
Data: <u>08/09/2019</u>	EXT 001
Registro: <u>001</u>	
Operador: <u>Nathan Bomfanti</u>	Área do pistão (cm²)
	19,3221

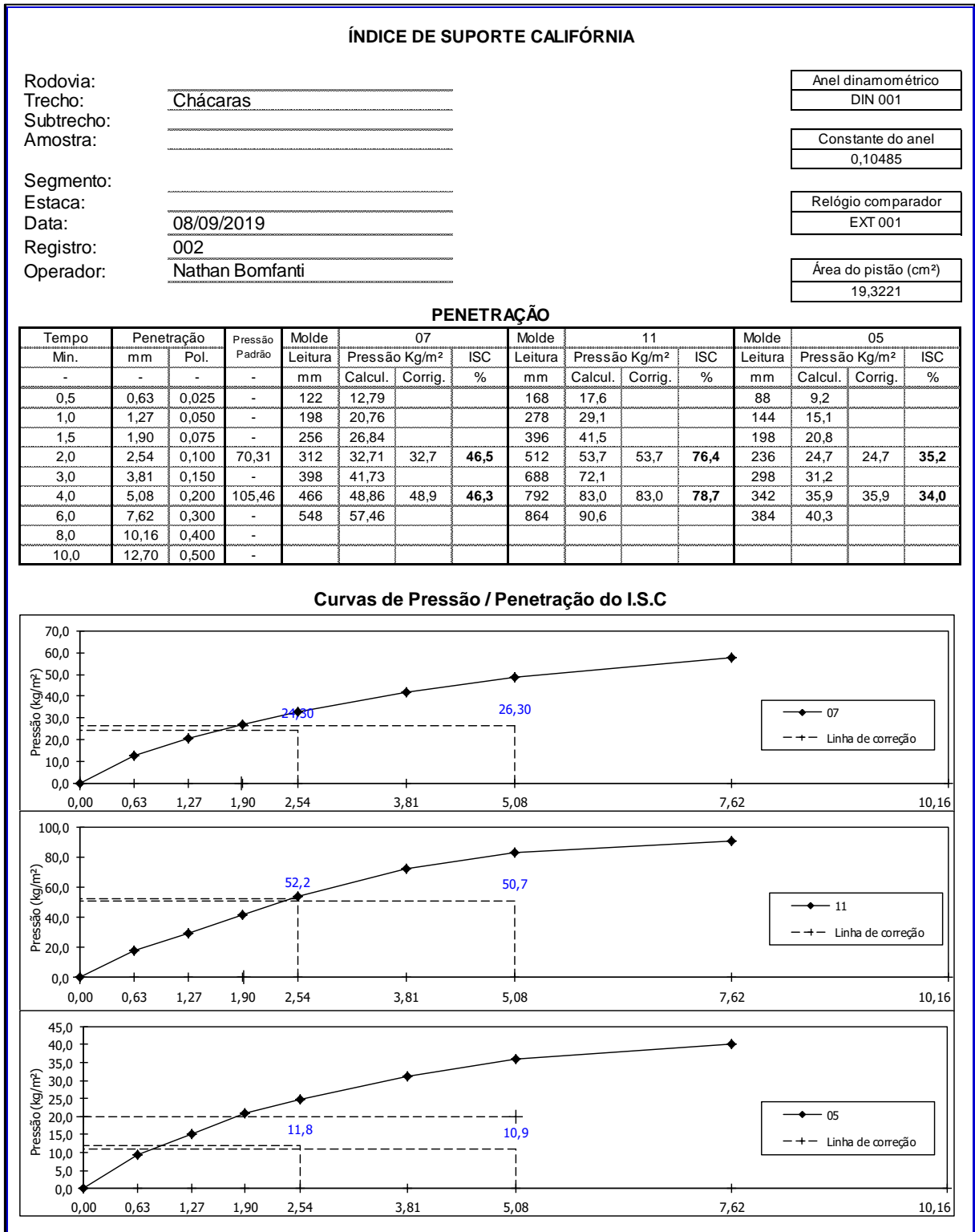
PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	15			21			20					
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m²	ISC			
-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	
0,5	0,63	0,025	96	10,07			120	12,6			65	6,8			
1,0	1,27	0,050	146	15,31			210	22,0			110	11,5			
1,5	1,90	0,075	198	20,76			330	34,6			140	14,7			
2,0	2,54	0,100	70,31	248	26,00	26,0	37,0	450	47,2	47,2	67,1	178	18,7	18,7	26,5
3,0	3,81	0,150	-	330	34,60			620	65,0			224	23,5		
4,0	5,08	0,200	105,46	406	42,57	42,6	40,4	720	75,5	75,5	71,6	268	28,1	28,1	26,6
6,0	7,62	0,300	-	486	50,96			780	81,8			288	30,2		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

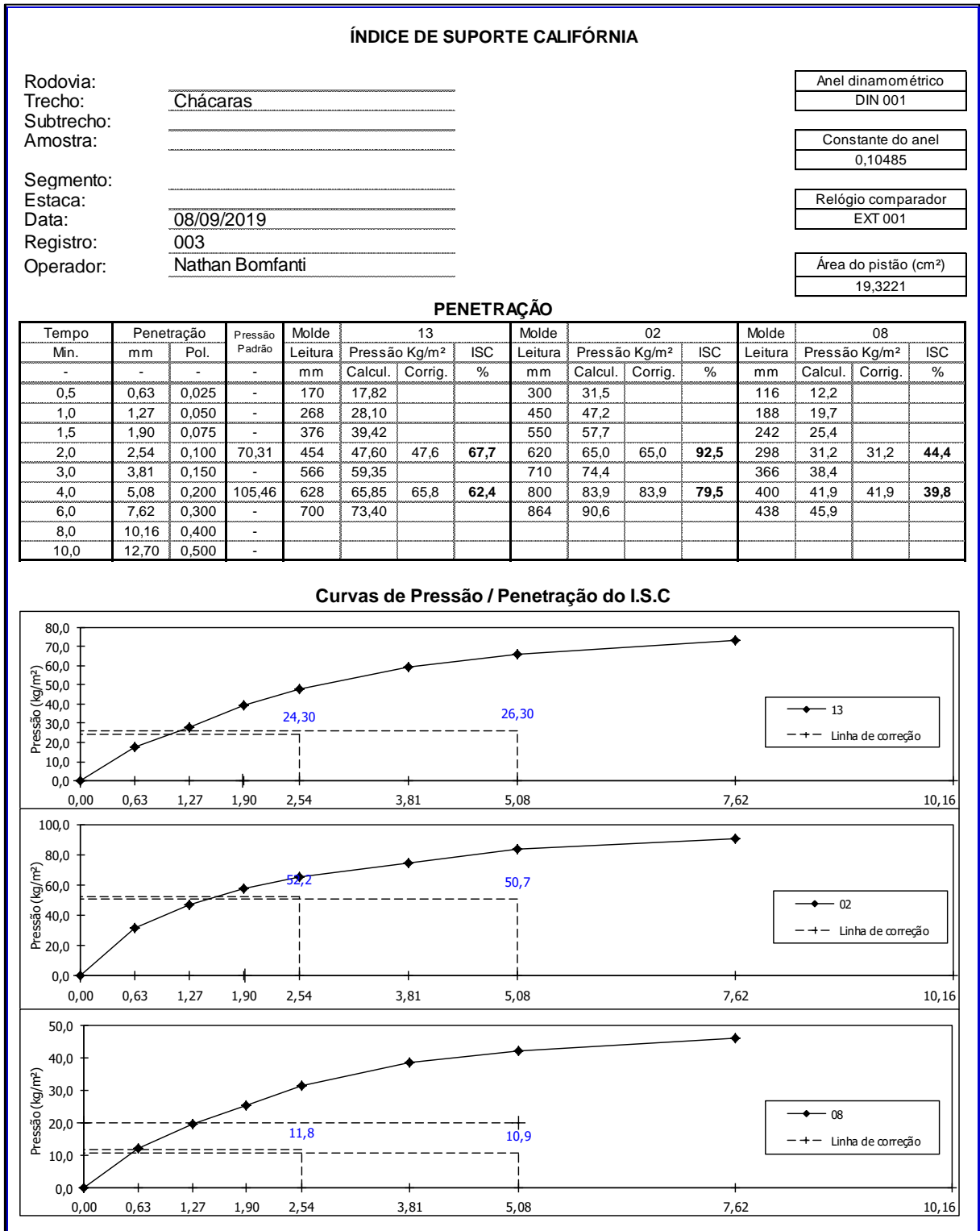
Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE F: Determinação do CBR 50% Solo Natural, 50% RCC e 6% de Cal Hidratada



APÊNDICE G: Determinação do CBR 50% Solo Natural, 50% RCC e 9% de Cal Hidratada



APÊNDICE H: Determinação do CBR 25% Solo Natural, 75% RCC e 3% de Cal Hidratada

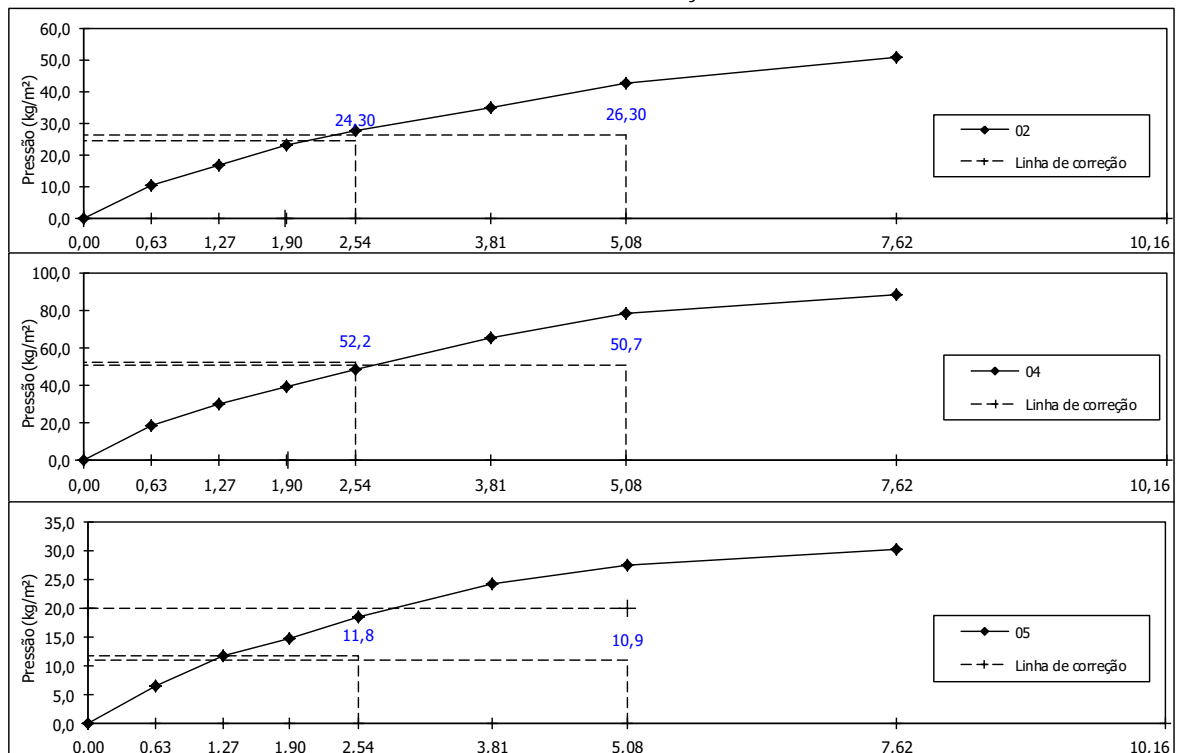
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Rodovia: _____	Anel dinamométrico
Trecho: <u>Chácaras</u>	DIN 001
Subtrecho: _____	
Amostra: _____	Constante do anel
	0,10485
Segmento: _____	
Estaca: _____	Relógio comparador
Data: <u>15/09/2019</u>	EXT 001
Registro: <u>004</u>	
Operador: <u>Nathan Bomfanti</u>	Área do pistão (cm ²)
	19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde 02				Molde 04				Molde 05			
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	ISC %	Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	ISC %
-	-	-	-	100	10,49			180	18,9			62	6,5		
0,5	0,63	0,025	-	160	16,78			288	30,2			112	11,7		
1,0	1,27	0,050	-	222	23,28			374	39,2			140	14,7		
1,5	1,90	0,075	-	264	27,68	27,7	39,4	466	48,9	48,9	69,5	176	18,5	18,5	26,2
2,0	2,54	0,100	70,31	332	34,81			620	65,0			230	24,1		
3,0	3,81	0,150	-	408	42,78	42,8	40,6	748	78,4	78,4	74,4	262	27,5	27,5	26,0
4,0	5,08	0,200	105,46	486	50,96			844	88,5			288	30,2		
6,0	7,62	0,300	-												
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE I: Determinação do CBR 25% Solo Natural, 75% RCC e 6% de Cal Hidratada

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

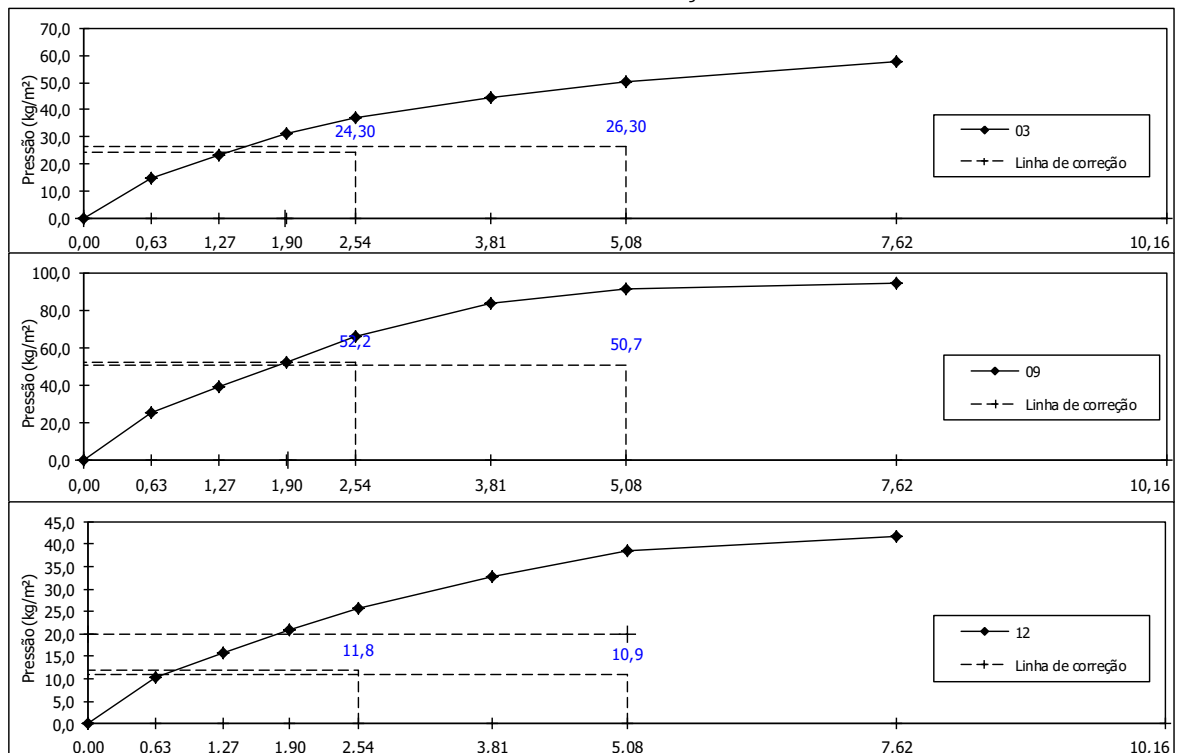
Rodovia: _____
 Trecho: Chácaras
 Subtrecho: _____
 Amostra: _____
 Segmento: _____
 Estaca: _____
 Data: 15/09/2019
 Registro: 005
 Operador: Nathan Bomfanti

Anel dinamométrico
DIN 001
Constante do anel
0,10485
Relógio comparador
EXT 001
Área do pistão (cm ²)
19,3221

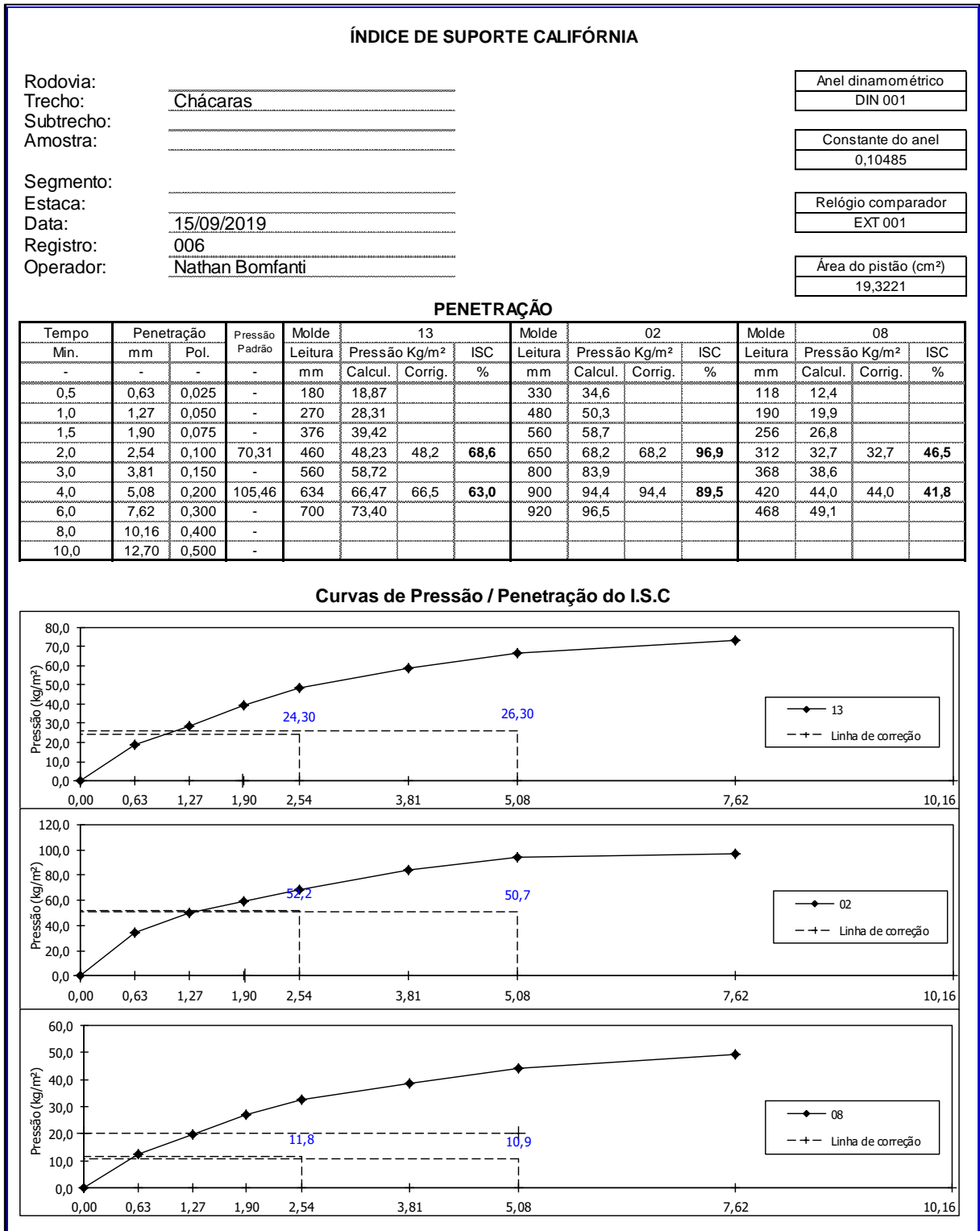
PENETRAÇÃO

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	03				09				12			
	mm	Pol.		Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	%	Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	%	Leitura mm	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	%
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	144	15,10			240	25,2			98	10,3		
1,0	1,27	0,050	-	224	23,49			376	39,4			150	15,7		
1,5	1,90	0,075	-	298	31,25			500	52,4			200	21,0		
2,0	2,54	0,100	70,31	356	37,33	37,3	53,1	630	66,1	66,1	93,9	244	25,6	25,6	36,4
3,0	3,81	0,150	-	422	44,25			800	83,9			312	32,7		
4,0	5,08	0,200	105,46	478	50,12	50,1	47,5	870	91,2	91,2	86,5	368	38,6	38,6	36,6
6,0	7,62	0,300	-	548	57,46			900	94,4			398	41,7		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE J: Determinação do CBR 25% Solo Natural, 75% RCC e 9% de Cal Hidratada



Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
professor.pucgoias.e...	Visualizar	2541	108	1,72	
periodicos.set.edu.b...	Visualizar	8398	198	1,64	
trabalhosfeitos.com/...	Visualizar	3437	61	0,84	
docplayer.com.br/434...	Visualizar	9603	78	0,58	
passeidireto.com/arq...	Visualizar	1082	21	0,42	
docs.uninove.br/arte...	Visualizar	5034	35	0,39	
fdci.br/arquivos/13/...	Visualizar	639	16	0,35	
fumec.br/revistas/si...	Visualizar	16137	70	0,35	
studocu.com/pt-br/do...	Visualizar	2157	16	0,26	
issuu.com/anonimato/...	-	-	-	-	Conversão falhou