

PAVIMENTOS ECONÔMICOS COM USO DE MISTURAS DE SOLO ARGILOSO E RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL ESTABILIZADAS COM CIMENTO PORTLAND

Tainara Kuyven

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
taia-kuyven@hotmail.com

Katuay Zarth

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
katuayz@gmail.com

Leonardo B. de Mello

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
leobrmello@hotmail.com

Jessamine P. de Oliveira

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
jessamine1995@hotmail.com

Taciane P. Fracaro

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
taci_fracaro@hotmail.com

Claudio L. Queiroz

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo – PPGEng/UPF
claudioqueirozl@hotmail.com

Carlos A. S. P. Wayhs

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)
engcaw@gmail.com

Resumo. Diante do baixo crescimento da malha rodoviária brasileira nos últimos anos e dos altos índices de deterioração registrados, destaca-se a importância de buscar novos materiais e tecnologias voltadas à pavimentação no Brasil. Desta forma, este estudo apresenta misturas compostas por 60% de solo argiloso e 40% de resíduo de construção civil (RCC), estabilizadas através da adição de cimento Portland em diferentes teores e moldadas em diferentes umidades, a fim de viabilizar seu emprego em bases solo-

cimento pelos parâmetros de resistência à compressão simples (RCS). Com a realização dos ensaios laboratoriais e obtenção dos resultados, constatou-se que a mistura com maior viabilidade técnica e econômica para emprego em bases solo-cimento, foi a mistura com 7% de cimento compactada com teor de umidade de 18,71%, sendo a amostra com o menor teor de cimento a atingir a resistência mínima de 2,1 MPa.

Palavras-chave: Solo-cimento. Materiais alternativos. Resistência à compressão simples.

1. INTRODUÇÃO

Observando o cenário atual da malha rodoviária brasileira, percebe-se o quanto se faz necessário investir em pesquisas e tecnologias voltadas para a área de pavimentação, principalmente focando em pavimentos de baixo custo e sua implantação em estradas vicinais. Esta situação se destaca observando o Sistema Nacional de Viação de 2015, onde apenas 2% das estradas municipais são pavimentadas e 5,8% são planejadas, enquanto 92,2% não são pavimentadas. Número alarmante para um total de cerca de 1,34 milhões de km. Analisando em esfera nacional, encontra-se que de um total de mais de 1,72 milhões de km de rodovias, apenas 12,3% delas são pavimentadas, 9,1% são planejadas e 78,6% delas não são pavimentadas. Em contraponto à essa situação estão as estradas federais, embora com seus poucos 120 mil km, possuem cerca de 54% de vias pavimentadas (SNV, 2015).

Em tempos onde encontra-se escassez de recursos financeiros, uma das formas de viabilizar economicamente a pavimentação de estradas é com a utilização de materiais alternativos locais, mais abundantes e econômicos (WAYHS, 2004). O solo natural, por exemplo, oferece grandes oportunidades de uso na engenharia civil, já que é um material muito abundante, de baixo custo e frequentemente empregado para a construção das camadas de base e sub-base (BULIGON, 2015). Uma das alternativas para o aproveitamento do solo natural é o seu emprego em misturas solo-cimento, que quando utilizadas na pavimentação têm sua principal vantagem relacionada aos aspectos ambientais, pois em quase a totalidade das vezes é possível a utilização do solo do

próprio local da obra ou de jazidas próximas, reduzindo assim a exploração de jazidas distantes e o custo com transporte de material (IBRACON, 2010). Além disso, o baixo custo inicial e a alta durabilidade são dois pontos fortes dessa alternativa (ABCP, 2002).

Os solos granulares são os mais utilizados na execução de pavimentos rodoviários, por apresentarem um índice de resistência maior, podendo assim suportar grandes solicitações de carga. No entanto, atualmente o uso de solos finos estabilizados com aditivos tem substituído esses materiais, seja pela carência de jazidas de solo grosso ou pelas restrições ambientais (BRANDÃO et al., 2009).

Segundo estudos de Villibor e Nogami (2009), muitos solos lateríticos brasileiros no estado natural não apresentam características apropriadas para emprego em bases de pavimentos, porém quando misturados entre si, com areias ou materiais alternativos, podem fornecer materiais com comportamento adequado. Dessa forma, procura-se cada vez mais a inserção de materiais que venham permitir a composição de misturas que melhorem as propriedades geotécnicas do solo característico da região, minimizando custos de implantação de pavimentação (BULIGON, 2015).

A partir da necessidade de encontrar materiais alternativos que tragam viabilidade econômica, redução de danos ambientais e ainda possam ser tecnicamente aplicáveis na pavimentação de rodovias, o estudo tem como finalidade a avaliação de misturas de solo argiloso laterítico da região noroeste do Rio Grande do Sul e resíduo de construção civil (RCC), estabilizadas com diferentes teores de cimento Portland e moldadas em diferentes umidades, a fim de verificar a sua possível utilização na estrutura de pavimentos, considerando os resultados de RCS para base de solo-cimento. Salienta-se que a pesquisa foi tema do trabalho de conclusão de curso de Queiroz (2017), sexto autor deste artigo.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em quatro principais etapas, iniciando-se pela coleta e caracterização dos materiais, e findando com a execução dos ensaios laboratoriais, análise dos resultados e conclusões. Para a realização dos ensaios laboratoriais, foi retirado o solo em um corte de talude próximo ao Hospital Veterinário da UNIJUÍ, Campus de Ijuí-RS.

Já o resíduo utilizado nas misturas, foi o resíduo de construção civil classe A, proveniente da empresa RESICON da cidade de Santa Rosa- RS, à cerca de 100 km de Ijuí. Na Tabela 1 é possível observar os materiais que compõem o resíduo utilizado e suas respectivas porcentagens, obtidas através da caracterização gravimétrica.

Tabela 1. Caracterização gravimétrica do RCC

Material	Quantidade %
Argamassa	16,25
Agregado	3,50
Cerâmica	10,30
Orgânicos	0,15
Outros	1,80
Pó	68,00

Na Fig. 1 pode-se perceber graficamente grande quantidade de pó que compõe o resíduo e a predominância de grãos de argamassa e cerâmica na sua composição.

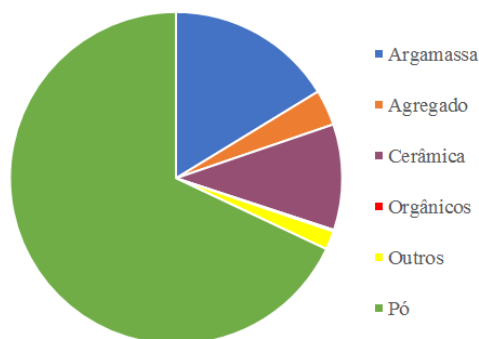


Figura 1. Composição de materiais do RCC

Para a estabilização da mistura, o aglomerante escolhido foi o cimento Portland do tipo II, composto com adição de filler e resistência de 32 MPa aos 28 dias (CP II-F 32) e a água utilizada na realização dos ensaios é oriunda da rede hidráulica do Laboratório de Engenharia Civil (LEC) e classificada como água potável.

As misturas foram compostas em peso por 60% de solo e 40% de RCC. Tal mistura de solo e RCC foi denominada ALARC por Buligon (2015). Posteriormente, foi adicionado à essa mistura o cimento Portland escolhido, nos teores percentuais de 6, 7, 8, 9 e 10. Também foram definidas três diferentes umidades de moldagem, sendo elas: a umidade ótima da mistura ALARC, uma umidade três pontos percentuais abaixo da umidade ótima e uma umidade três pontos percentuais acima desta umidade.

Foram realizados ensaios de caracterização da mistura ALARC, para a obtenção da massa específica real seguindo a NBR 6508 (ABNT, 2016c), granulometria de acordo com a norma DNER-ME 080/94 (DNIT, 1994a), limite de liquidez (LL) pela NBR 6459/2016 (ABNT, 2016b) e limite de plasticidade (LP) pela NBR 7180/2016 (ABNT, 2016d). Com estes parâmetros obtidos foi possível classificar a mistura pelas classificações tradicionais de solos SUCS e HRB AASHTO. A mistura também foi classificada pela metodologia MCT através dos ensaios M5 utilizando a DNER-CLA 259/96 (DNIT, 1996) e M8 pela especificação DNER-ME 256/94 (DNIT, 1994d) e pelo procedimento M9 utilizando dados obtidos nos dois ensaios citados.

A umidade ótima e a massa específica aparente seca foram obtidas através do ensaio M1 na energia intermediária especificado pela DNER-ME 228/94 (DNIT, 1994d) e os parâmetros de suporte e expansão pelo ensaio M2 especificado pela norma DNER-ME 254/97 (DNIT, 1997). Em seguida realizaram-

se as moldagens dos corpos de prova a serem submetidos ao ensaio de resistência à compressão simples seguindo a NBR 12024 (ABNT, 1992). Após moldados os corpos de prova foram submetidos ao processo de cura em câmara úmida pelo período de 7 dias e em seguida rompidos de acordo com a NBR 12025 MB 3361 (ABNT, 1990).

3. RESULTADOS

Com a realização da análise granulométrica foi possível obter as curvas granulométricas do solo natural, do RCC e da mistura ALARC40.

Na Tabela 2 pode-se perceber que a granulometria da mistura ALARC40 é equivalente a um solo extremamente fino, com cerca de 60% de material passante na peneira nº 200, resultado este que já era esperado devido ao solo dispor de 60% em peso na mistura e possuir porcentagem passante na peneira nº 200 por volta de 95%.

Tabela 2. Granulometria dos Materiais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO DNER-ME 080/94								
Solo Natural			RCC			Mistura ALARC40		
Peneira	Diâmetro	% Passante	Peneira	Diâmetro	% Passante	Peneira	Diâmetro	% Passante
4	4,8	100	4	4,8	99,81	4	4,8	99,85
10	2	99,99	10	2	85,12	10	2	93,98
16	1,18	99,71	16	1,18	76	16	1,18	88,58
30	0,6	99,35	30	0,6	60,31	30	0,6	81,41
40	0,42	98,77	40	0,42	49,44	40	0,42	76,04
50	0,3	98,07	50	0,3	35,85	50	0,3	70,84
100	0,105	95,84	100	0,105	19,47	100	0,105	63,51
200	0,075	94,81	200	0,075	13,13	200	0,075	60,67

O método da análise granulométrica por peneiramento descarta o material passante na peneira de nº 200, sendo assim, é possível visualizar na Fig. 2 as curvas granulométricas dos materiais retidos entre as peneiras de nº 4 e nº 200, obtidas a partir dos valores de porcentagem passante apresentados na Tabela 2.

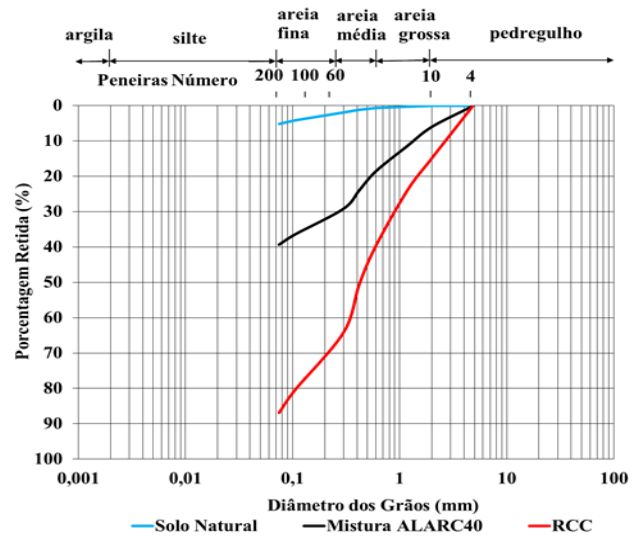


Figura 2. Curvas granulométricas materiais

Assim é possível constatar no gráfico, que a curva granulométrica da mistura ALARC40 ficou em uma região intermediária entre as curvas do solo natural e do RCC, o que já era esperado devido sua composição ser constituída pelos dois materiais.

Analisando os parâmetros recomendados na especificação 143/2010 (DNIT, 2010) para uso de bases de solo cimento e os valores obtidos na Tabela 2, verifica-se que:

- A mistura teve 99,85% do seu material passante na peneira de nº 4, atendendo à porcentagem indicada que é de 50 a 100%;
- A porcentagem passante na peneira de nº 40 deve estar entre 15 e 100%, o que mais uma vez foi atendido pela mistura, que possui 76,14% dos seus grãos passante nesta peneira;
- Na peneira de nº 200, o percentual de material passante deve variar entre 5 e 35%, sendo assim a mistura não atendeu esse parâmetro, já que tem 60,67% do seu material passante.

Foram encontradas massas específicas reais em g/cm³, nos valores de 2,885 para o solo natural, 2,680 para o RCC e 2,832 para a mistura ALARC40. Nota-se que a mistura ALARC40 obteve um valor de massa específica real intermediário aos valores obtidos pelo solo natural e o RCC.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos índices de consistência do solo natural e da mistura ALARC40, onde é possível observar que com a incorporação do RCC ao solo, houve uma redução da plasticidade em relação ao solo natural pela redução de finos.

Tabela 3. Índices de consistência dos materiais

Amostra	LL (%)	IP (%)
Solo natural	65	26
ALARC40	39	15

De acordo com a especificação recomendada para solo cimento (DNIT, 2010), o solo a ser utilizado deve possuir um limite de liquidez inferior ou igual a 40% e um índice de plasticidade inferior ou igual a 18%. Sendo assim, os índices de consistência da mistura ALARC40 estão em conformidade com o que a norma determina.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos - SUCS, a amostra de solo natural foi classificada como um solo MH, por possuir um limite de liquidez superior a 50%. Já a mistura ALARC40 foi classificada como um solo CL.

Os materiais também foram classificados pela classificação HRB da AASHTO. O solo natural foi enquadrado no grupo A-7-5 (18), que segundo DNIT (2006) é onde estão os solos com índice de plasticidade moderado em relação ao limite de liquidez, podendo ser sujeito a elevadas mudanças de volume e possuir alta elasticidade. Já a mistura ALARC40, foi classificada no grupo A-6 (8), também caracterizado por englobar solos propensos a sofrer mudanças de volume, entre os estados seco e úmido (DNIT, 2006). Esse sistema de classificação, considerou ambas as amostras como tendo um comportamento sofrível a mau para aplicação como subleito, de forma equivocada de acordo com Villibor e Nogami (2009).

O ensaio M5 resultou-se em um coeficiente d' de 38,3 e em um coeficiente c' de 2,06 para a mistura ALARC40, valores inferiores aos encontrados por Buligon (2015) para o solo natural, sendo 41,5 para d' e 2,86 para c' . Buligon (2015) já havia constatado está variação comandada pela granulometria dos materiais, onde materiais mais finos apresentam maiores coeficientes. O valor de c' reflete a granulometria, quanto maior o valor, mais fino é o solo. Já o valor de d' reflete a inclinação das curvas de compactação no ramo seco, resultando em maiores inclinações para os solos mais finos normalmente.

Como a realização do ensaio M8 encontrou-se um valor PI de 103 para a mistura ALARC40. Para o solo natural, Buligon (2015) encontrou PI de 0. Desta forma, obtendo-se um e' de 1,16 para a mistura ALARC40, e um e' de 0,78 para o solo natural apresentado por Buligon (2015).

Com os parâmetros c' e e' definidos, foi possível concluir o procedimento de classificação geotécnica MCT através do enquadramento das amostras no gráfico da classificação MCT. Na Fig. 3 é possível observar o gráfico de classificação, onde a mistura ALARC40 encontra-se classificada como um solo LG', ou seja, solo argiloso laterítico. Já o solo natural apresentou comportamento muito argiloso, se localizando bastante a direita na carta de classificação.

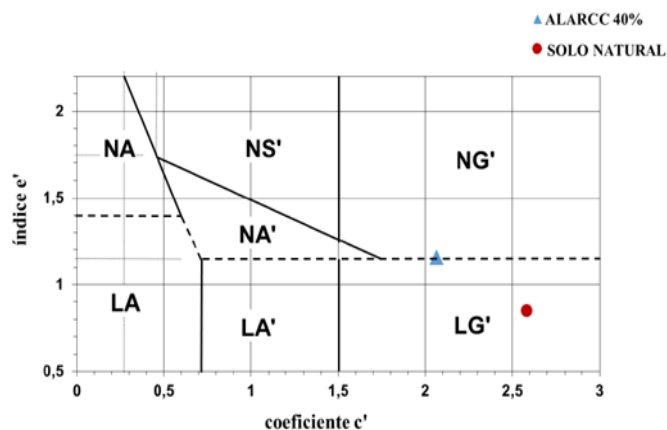


Figura 3. Classificação MCT mistura e solo

Os parâmetros resultantes do ensaio M1 foram a umidade ótima e a massa específica aparente seca máxima da mistura ALARC40, que podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados ensaio de compactação

Amostra	Umidade ótima (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (g/cm ³)
Solo natural	28,0	1,550
ALARC40	21,71	1,701

Desta forma pode-se perceber que com a incorporação do resíduo ao solo, houve uma redução da umidade ótima e um aumento da massa específica aparente seca máxima, comportamento já observado por Bernardi (2013) em seu estudo, onde constatou que com o aumento gradativo da porcentagem de agregado na mistura, a umidade ótima tende a aumentar e a massa específica aparente seca máxima tende a diminuir, o que é esperado pelo aumento da textura da mistura. A Fig. 4 apresenta a curva de compactação da mistura ALARC40, de onde foi possível obter a umidade ótima de 21,71%, um resultado importante para o seguimento da pesquisa.

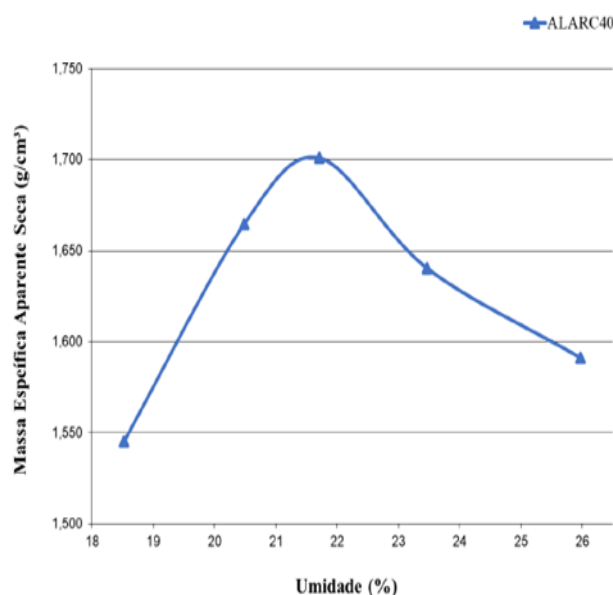


Figura 4: Curva de compactação da ALARC40

A partir da obtenção da umidade ótima, foram definidas as outras duas umidades a serem utilizadas na moldagem dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão simples, sendo elas 18,71% e 24,71%.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados do ensaio M2 obtidos para os dois métodos propostos por Villibor e Nogami (2009), porém levando como referência os resultados do método de cargas padrão, que segundo os autores é teoricamente mais correto.

Tabela 5. Resultados Mini-CBR

ALARC40	CBR não imerso (%)	CBR imerso (%)	RIS (%)	PSI (%)
Método das correlações	29	15	52	48
Método das cargas padrão	34	23	68	32

É perceptível pelos dois métodos, que o corpo de prova não imerso apresenta valores superiores ao imerso, o que é compreensível devido a degradação que a imersão em água causa no solo compactado, mas que é de extrema importância para avaliar o comportamento do solo em diferentes condições. Ainda, o corpo de prova submetido à imersão obteve uma expansão baixa, apenas 0,17%.

A especificação DNIT 143/2010 – ES (DNIT, 2010) define que o principal critério para que a mistura solo-cimento possa ser utilizada em bases de pavimento é apresentar um valor mínimo de 2,1 MPa para a resistência à compressão aos 7 dias de cura.

Para o ensaio de resistência à compressão simples foram moldados corpos de prova nas três diferentes umidades definidas, no entanto, as misturas com teor de umidade de 24,71%

não apresentaram consistência suficiente na moldagem, o que fez com que os corpos de prova se partissem assim que extraídos do cilindro de compactação, o que levou ao descarte desses corpos de prova e à suspensão das moldagens utilizando esse teor de umidade.

Foram moldados dois corpos de prova para cada combinação de umidade e teor de cimento, a fim de aumentar a confiabilidade dos resultados e possibilitar o possível descarte de corpos de prova irregulares.

A Fig. 5 apresenta um gráfico com os valores de resistência à compressão simples obtidos pelas 5 misturas estudadas, moldadas na umidade ótima (21,71%) e rompidas aos 7 dias de cura. É possível observar que nas amostras com os três menores teores de cimento, não houve grande variação de resistência, obtendo-se valores próximos. A partir do quarto teor utilizado, a resistência aumentou consideravelmente. Destaca-se a linha vermelha no gráfico indicando o valor mínimo de 2,1 MPa exigido em norma, valor este superado pelas amostras com 9% e 10% de cimento, sendo as únicas amostras a obter resultados satisfatórios na umidade ótima.

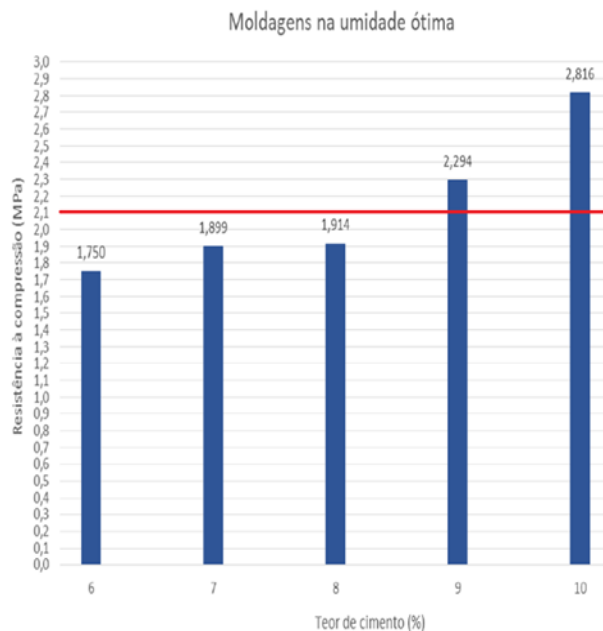


Figura 5: Valores da RCS na umidade ótima

Para os corpos de prova moldados com a umidade de 18,71%, os resultados estão expostos no gráfico da Fig. 6, onde desta vez observa-se uma estabilidade de valores para os dois menores teores de cimento, e a partir do terceiro teor aplicado, o ganho de resistência cresce.

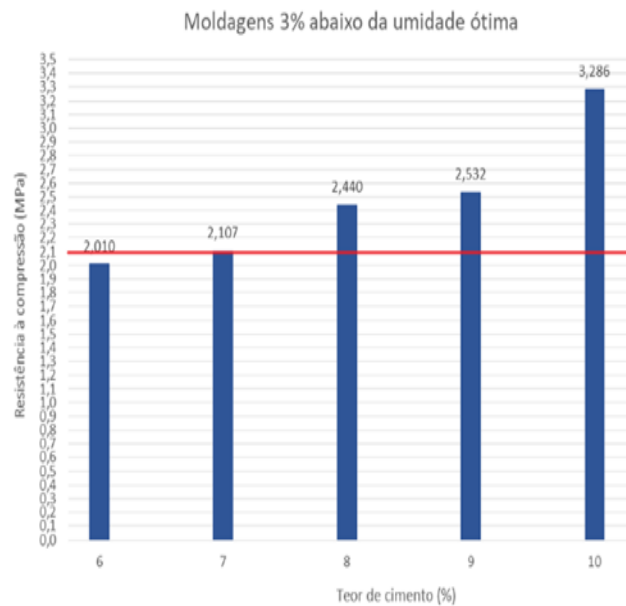


Figura 6: Valores da RCS a 3% abaixo hótima

É possível constatar que em todas as amostras moldadas nesta umidade, os valores de resistência aumentaram em média 14% em relação aos corpos de prova moldados na umidade ótima. Nestas moldagens, todas as misturas obtiveram resistência superior a 2,0 MPa e as misturas com 7%, 8%, 9% e 10% de cimento superaram o mínimo exigido em norma de 2,1 kPa.

À vista dos valores apresentados para RCS, observa-se um melhor desempenho do material quando comparado com estudos de Novroth (2009), que utilizou o mesmo solo em estado natural, onde apenas as misturas com teores de cimento superiores a 9% obtiveram o valor sugerido de 2,1MPa de resistência, enquanto nesse estudo misturas com 7% de aglomerante já alcançaram essa resistência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato de a mistura ALARC40 não ter atendido a um dos parâmetros de granulometria preconizado pela ES-143 (DNIT, 2010), não foi determinante para a continuidade da pesquisa, que seguiu visando verificar o comportamento desta mistura com a adição do cimento. Ressalta-se que a mistura não atendeu ao requisito de granulometria mais fina, passante na peneira nº 200. Já nos outros dois, peneiras nº 4 e 40 a mistura atendeu.

Observou-se um valor razoável de mini-CBR e uma baixa expansão da mistura ALARC40. Verificou-se melhores valores de resistência à compressão simples nas moldagens com a menor umidade, fenômeno que pode ser explicado considerando que com a adição do cimento, o teor de umidade ótimo de compactação obtido para a mistura ALARC40 tenha sido diminuído para as misturas com cimento, já que com a aglutinação dos grãos provocada pelo aglomerante, a quantidade de água necessária para a mistura atingir a sua massa específica aparente seca máxima é menor.

Desta forma, pôde-se constatar que os teores de cimento e de umidade utilizados nas moldagens são fatores de grande influência nos resultados de RCS. Verificou-se que o aumento gradativo do teor de cimento nas misturas ocasionou, conseqüentemente, um aumento crescente nos valores de resistência à compressão das amostras. E por fim, conseguiu-se concluir que a mistura com maior viabilidade técnica e econômica para emprego em bases solo-cimento, foi a amostra com 7% de cimento, compactada no teor de umidade de 18,71% (3% abaixo da umidade ótima), já que foi a amostra com o menor teor de cimento a atingir a resistência mínima necessária de 2,1 MPa.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106). 7ª Edição. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/mayaravirgulino/a-bcp-cimento-portland>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12024: Solo-cimento – Moldagem e Cura de Corpos-de-prova Cilíndricos**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1992. 5p.

_____. **NBR 12025 MB 3361: Solo-cimento – Ensaio de Compressão Simples de Corpos-de-prova Cilíndricos**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1990. 2p.

_____. **NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016b. 5p.

_____. **NBR 6508: Grãos de Solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da Massa Específica**. 2016c. 8p.

_____. **NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016d. 3p.

BERNARDI, C. (2013). **Estudo de misturas de solo argiloso laterítico com agregados finos para uso em pavimentos econômicos**. 68 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 26 nov.

BRANDÃO, D. M. et al. **Análise da mistura solo-cal-emulsão para fins de pavimentação rodoviária.** In: I Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região do Centro-Oeste. 2009.

BULIGON, L. B. **Estudo de misturas de solo argiloso laterítico e resíduo de construção civil para uso em pavimentos econômicos.** 2015. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí. 2015.

CIPRANDI, M. A. de S. **Avaliação laboratorial do efeito da adição de cimento Portland em termos de resistência à compressão simples (RCS) em solo da região de Santa Rosa-RS.** 2016. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Santa Rosa. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

_____. **Norma DNER-ME 080/1994: Solo - análise granulométrica por peneiramento.** Rio de Janeiro, 1994a. 4p.

_____. **Norma DNER-ME 259/96: Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos-de-prova compactados em equipamento miniatura.** Rio de Janeiro, 1996. 14p.

_____. **Norma DNER-ME 201/1994: Solo cimento - compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1994b. 4p.

_____. **Norma DNER-ME 202/1994: Solo cimento - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1994c. 7p.

_____. **DNER-ME 228/94: Solos - compactação em equipamento miniatura.** Rio de Janeiro, 1994d. 6p.

_____. **DNER-ME 254/97: Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-CBR e expansão.** Rio de Janeiro, 1997. 14p.

_____. **DNER-ME 256/94: Solos compactados com equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão.** Rio de Janeiro, 1994e. 6p.

_____. **Norma DNIT 143/2010 - ES. Pavimentação - base de solo cimento - especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2010. 10p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO- IBRACON. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** Ed: G.C. Isaia. 2. ed. São Paulo, 2010. v. 1. 1712 p.

NOVROTH, Ricardo Klein. **Estudo da viabilidade técnica e econômica de diferentes aglomerantes para estabilização de solos.** 2009. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí. 2009.

QUEIROZ, C. L. **Estabilização de misturas de solo argiloso e resíduo de construção civil com cimento Portland para uso em pavimentos.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí, 2017.

SISTEMA NACIONAL DE VIAÇÃO – SNV.
Rede Rodoviária do PNV – Plano Nacional de Viação. Atualizada até 30 de março de 2015. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. 2015.

VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. **Pavimentos econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos.** São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 292 p. il.

WAYHS, Carlos Alberto Simões Pires. **Estudo de materiais alternativos utilizados em pavimentação de baixo custo na região noroeste do Rio Grande do Sul.** 2004. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6591>>. Acesso em: 19 maio 2017.