

Aplicação do Resíduo Fino do Beneficiamento da Scheelita em Obras Geotécnicas

Ray de Araujo Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, sousa.ray10@gmail.com

Anderson Dantas Moraes

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, anderson_dantas94@hotmail.com

Fagner Alexandre Nunes de França

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, fagneranfranca@gmail.com

Olavo Francisco dos Santos Junior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, olavo@ct.ufrn.br

RESUMO: Os minérios, metálicos ou não, são utilizados em uma série de produtos, tendo suma importância no desenvolvimento econômico do país. No entanto, poucas pessoas se dão conta dos seus significativos impactos ambientais, uma vez que a mineração geralmente atua distante das cidades. A scheelita, produzida no estado do Rio Grande do Norte, apresenta como subproduto do seu beneficiamento um resíduo que é depositado comumente a céu aberto, mostrando-se um perigo por afetar, não só a região como um todo, assim como pela possibilidade de causar problemas respiratórios e/ou visuais aos trabalhadores por sua dispersão através do vento. Trabalhar a sua reutilização se mostraria como benefícios não apenas econômicos, mas também sanitários, fazendo-se necessário buscar maneiras mitigadoras de se trabalhar com os subprodutos dessa atividade. Assim, esse trabalho tem sua importância na tentativa de encontrar uma reutilização do resíduo do beneficiamento da scheelita como matéria prima aplicada em obras de geotecnia. O grupo de mineração Tomaz Salustiano, explorador da mina Brejuí, que fica localizada na cidade de Currais Novos-RN, foi o fornecedor do resíduo para a realização deste trabalho. As amostras do resíduo fino do beneficiamento da scheelita (RFBC) foram coletadas em seu local de despejo, nas proximidades da mina. O material foi acondicionado em sacos fechados e devidamente armazenado. Inicialmente foram feitos os ensaios de caracterização física (massa específica dos sólidos, granulometria, limites de consistência, permeabilidade, compactação) que serviram de base para classificar inicialmente o resíduo levando em conta a distribuição granulometria e parâmetros ligados à composição mineralógica dos grãos. Depois foram executados ensaios de compressão edométrica e cisalhamento direto, com o objetivo de obter informações de deformabilidade e resistência, respectivamente. Por último foram realizados ensaios para determinação do índice de suporte Califórnia (ISC), cujo resultado pode ser empregado como critério na aceitabilidade do resíduo como material para pavimentação. Os Resultados preliminares dos ensaios executados no RFBC indicam tratar-se de uma areia siltosa, com massa específica dos sólidos de $2,905 \text{ g/cm}^3$ e porcentagem de finos em média de 21%, com predominância de silte (17%). O material, conforme realização dos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade foi classificado como não plástico. O resíduo, após ser compactado na energia Proctor modificada, apresentou teor de umidade ótimo de 12,0% e massa específica seca máxima de $1,90 \text{ g/cm}^3$. Por fim, daremos continuidade ao nosso estudo para obtermos resultados com um maior nível de confiança.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo, Scheelita, Caracterização geotécnica.

1 INTRODUÇÃO

A mineração é parte integrante e essencial no desenvolvimento econômico e social da civilização. O nordeste brasileiro, especialmente a região do Seridó, é uma área riquíssima em reservas minerais, dentre as quais podemos citar o caulim, calcário, minério de ferro e a scheelita, mostrando-se uma região de importância econômica devido à necessidade apresentada pela manutenção dessa atividade.

No entanto, a extração de recursos minerais também resulta num grande impacto ao meio ambiente, mostrando-se necessário então buscar maneiras mitigadoras de se trabalhar com os subprodutos da atividade mineradora.

A scheelita, produzida na região oeste do estado do Rio Grande do Norte, apresenta como principal subproduto um resíduo que é usualmente depositado em pilhas a céu aberto. Esse procedimento mostra-se danoso não apenas visualmente, mas por poder causar problemas respiratórios aos trabalhadores e moradores da região pela sua dispersão através do vento. Assim, a proposição de processos para sua reutilização desse resíduo se mostraria uma função de benefício não só econômico, mas também sanitário.

Diante do exposto, este estudo se justifica na avaliação da possibilidade da gestão e reaproveitamento de resíduos da mineração como medida mitigadora dos impactos ambientais relacionados à extração e beneficiamento da scheelita, através do uso do resíduo desses processos na execução de geotécnicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Impactos ambientais da mineração

Pode-se separar os principais problemas decorrentes da atividade mineradora em cinco categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência do terreno e externalidades, segundo (BITAR,1997).

A poluição da água advém do carreamento de materiais presentes nos resíduos, infiltrando no solo e chegando a aquíferos, ou sendo carreados superficialmente até corpos d'água.

A poluição do ar se deve ao carregamento das partículas pulverulentas de material pelos ventos, pelo seu lançamento através de maquinários, ou no processo de britagem, que desencadeiam problemas de saúde para a população próxima e para os trabalhadores da região. A poluição sonora é também consequência das ações de britagem e detonação.

Subsidência refere-se às ações de movimento de volumes de terra. Cortes para obtenção de material e construção de acessos, e aterros por movimentação e alocação de excesso de material, ou mesmo disposição dos subprodutos, que ocasionam erosões de solo, e poluição visual, além da ocupação de terreno que poderia ser utilizado para outras funções.

Já as externalidades são o conjunto de efeitos indesejados decorrentes da mineração. Eles envolvem alterações ambientais, conflitos de uso, geração de áreas degradadas e ocupação desordenada, e levam a desvalorização da região, junto com a subsidência, que tornam o ambiente mais propício a se manter somente como região degradada e de acúmulo de materiais.

A construção civil é responsável por parte destes impactos, devido a sua demanda de agregados. A Tabela 1 apresenta um resumo dos principais problemas decorrentes da obtenção de materiais minerais (FARIAS, 2002).

Tabela 1. Principais Problemas Gerados Pela Exploração de Agregados. Fonte: Farias (2002).

Substância Mineral	Estado	Principais Problemas
Agregados para construção civil	RJ	Produção de areia em Itaguaí/Seropédica: Contaminação do lençol freático, uso futuro da terra comprometido devido à criação desordenada de áreas alagadas.
	SP	Produção de areia no Vale do Paraíba acarretando a destruição da mata ciliar, turbidez, conflitos com uso e ocupação do solo, acidentes nas rodovias causados pelo transporte.

A substituição desses materiais de construção por resíduos de mineração, mesmo que parcialmente, levaria a redução desses problemas. Essa proposta depende apenas da disponibilidade de resíduos (proximidade com a região que necessita dos mesmos) e de suas propriedades geotécnicas, uma vez que, segundo Barreto (2001), trata-se de materiais de baixo valor agregado, de modo que seu transporte incide diretamente no preço final do produto.

2.2 A Scheelita e seu Beneficiamento

A scheelita é um mineral que pertence à classe dos tungstatos e tem por composição CaWO_4 (Ca 19,4% e WO_3 80,6%). A scheelita é encontrada nos pegmatitos graníticos, nos depósitos metamórficos de contato e nos filões de minérios de alta temperatura que estão associados com rochas graníticas. Ela é explorada a fim de se obter o tungstênio de uso difundido na produção de lâmpadas, na indústria metalúrgica, bélica, petrolífera, dentre outras. A scheelita apresenta como principais características físicas: clivagem extraordinariamente alta para um mineral com brilho não metálico; brilho vítreo a adamantino; cor branca, amarelo, verde, castanho; translúcida, com alguns espécimes transparentes. (DANA, 1978).

Segundo dados da empresa Mineração Tomaz Salustino S.A, aproximadamente 99,2% do material que é extraído e tratado na indústria de beneficiamento são desperdiçados, sendo apenas 0,8 % do total extraído representativo da scheelita, gerando um acúmulo estimado de 4,5 milhões de toneladas de resíduo grosso e 2,5 milhões de toneladas de resíduo fino de beneficiamento desde o início das atividades do grupo na década de 1940 até o presente momento.

O processo de beneficiamento é bastante rústico, funcionando em várias etapas que foram pouco modificadas ao longo do tempo desde o seu surgimento. Ele é feito com base em processos gravimétricos (mesas vibratórias e jigues) e, em nenhuma etapa, utiliza-se de compostos químicos. Assim, dispensa-se a

utilização de algum tipo de descontaminação posterior. A Figura 1 apresenta uma esquematização do processo de beneficiamento da scheelita.

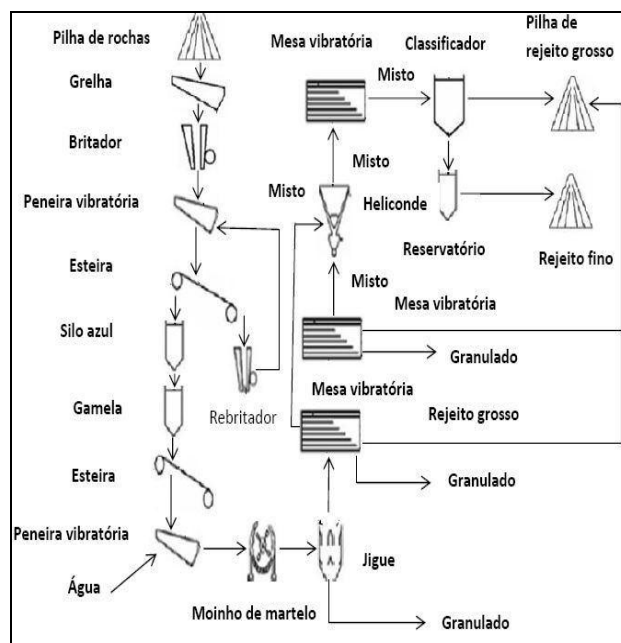


Figura 1. Processo de Beneficiamento da Scheelita. (Fonte: FERNANDES, 2014).

O processo se inicia com o uso de explosivos nas minas para dinamitar a rocha em fragmentos menores, direcionados e depositados em grelhas que tem como função separar a areia das rochas maiores e das menores. Ao passar pela grelha, as rochas são levadas, por esteiras, para o britador para quebra em fragmentos menores e o material de granulometria reduzida é transferido para as peneiras vibratórias, para separar as partículas mais finas (arenosas) das pedras, que irão ser rebritadas e lançadas de volta no sistema.

O material é então lançado em um silo, para ser estocado, e dele transportado para a gamela, outro silo, com o mesmo intuito. Saindo da gamela, o material é levado para as peneiras vibratórias pela esteira e o material peneirado é movido para o moinho de martelo, para torná-lo mais pulverulento. O material pulverulento é transferido para uma tubulação em direção ao jig, onde sofre uma separação hidráulica: o leito de partículas sofre expansões e contrações verticais pelo movimento de pulsação da água e ocasiona a separação das partículas em camadas de acordo com a sua densidade. A camada de

maior densidade, chamada granulado, acumula-se no fundo e é coletada. Essa é a camada de scheelita, levada para secagem ao sol.

As partículas saídas do jigue são levadas até as mesas vibratórias, onde se separam novamente em três parcelas diferentes: a scheelita propriamente dita, ainda chamada “granulado”, captada diretamente e levada para secagem, o misto, formado pela scheelita com resíduo, e o resíduo grosso, de granulometria arenosa. O misto é transportado entre os helicóndes, depósitos em forma de cone, e mesas vibratórias chamadas mesas de retorno, para nova separação da scheelita por vibração e sua captação. O processo se repete para ter o mínimo de desperdício de scheelita.

Quando tudo é aproveitado, o misto é lançado no classificador que tem a função de separar a lama, composta de partículas finas e água, das partículas grossas do misto, com o resíduo grosso sendo posto para secagem em depósitos ao céu aberto. Por último, a lama separada é levada para o espaçador, um reservatório que visa melhorar a turbidez da água lamacenta para reaproveitar a água no beneficiamento. A água separada é levada para um novo espaçador, para melhorar a sua qualidade, e a lama é depositada a céu aberto para secagem, se tornando o resíduo fino, foco deste trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental exposto neste artigo englobou três etapas: caracterização física, caracterização mecânica, e ensaios de pavimentação.

O grupo de mineração Tomaz Salustino, explorador da mina Brejuí, foi o fornecedor do resíduo para a realização deste trabalho. As amostras do resíduo fino de scheelita (RFBS) foram coletadas em seu local de despejo, nas proximidades da mina. Foram coletadas apenas amostras do resíduo fino, com o material sendo devidamente identificado e acondicionado em sacos hermeticamente fechados, ficando armazenado no Laboratório de Mecânica dos Solos da UFRN, onde os ensaios foram realizados. Foi adotada a execução de dois

ensaios de cada tipo visando observar alterações dos resultados obtidos inicialmente.

3.1 Caracterização física

Esta etapa objetivou a determinação de algumas características geotécnicas do RFBS (granulometria, índices de consistências, massa específica dos sólidos, teor de umidade e permeabilidade) e foi realizada com base nas respectivas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 180/1984, NBR 6459/1984, NBR 6508/1984, NBR 7182/1986, NBR 6502/95, NBR 7181/84 e NBR 13292/2000). Foi empregada a energia modificada no ensaio de compactação, segundo recomendação de Fernandes (2014). O RFBS foi classificado pelo Sistema Unificado e pelo Sistema Rodoviário.

3.2 Caracterização mecânica

Com o objetivo de avaliar os parâmetros de resistência ao cisalhamento e de deformabilidade do RFBS, foram realizados ensaios de cisalhamento direto (ASTM D3080M) e ensaios de compressão edométrica (NBR-12007), com corpos de prova na condição de compactação (teor de umidade ótimo e massa específica seca máxima), na situação inundada e não inundada.

3.3 Ensaios para pavimentação

De maneira a fornecer dados adicionais, usualmente empregados no projeto de rodovias, foram realizados ensaios para determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC), segundo o procedimento prescrito na NBR 9895/1987. Os corpos de prova submetidos foram compactados com energia modificada, atendendo recomendações estabelecidas por Fernandes (2014). A Tabela 2 apresenta os requisitos dos materiais granulares para serem empregados nas diversas camadas do pavimento.

Tabela 2. Requisitos para escolha de materiais para execução de camadas de pavimento DNIT (2006).

Camada	Expansão	ISC, LL, IG, IP
Subleito	$\leq 2\%$	$ISC \geq 2\%$
Reforço de subleito	$\leq 1\%$ (com sobrecarga de 10lb)	ISC maior que subleito
Sub-base	$\leq 1\%$ (com sobrecarga de 10lb)	$ISC \geq 20\%$, $IG = 0$
Base	$\leq 0,5\%$ (com sobrecarga de 10lb)	$ISC \geq 80\%$, $LL \leq 25\%$, $IP \leq 6\%$

ISC: Índice de Suporte Califórnia; LL: Limite de liquidez; IP: Índice de plasticidade; IG: Índice de grupo.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização física

O resíduo apresentou massa específica dos sólidos média igual a $2,905 \text{ g/cm}^3$ ($2,885 \text{ g/cm}^3$ e $2,925 \text{ g/cm}^3$ para os dois ensaios realizados). Esse valor é justificado pela presença de resíduos de tungstênio no material avaliado. Fernandes (2014) obteve o valor de $2,840 \text{ g/cm}^3$ para o resíduo grosso do beneficiamento da scheelita.

A Figura 2 apresenta as curvas granulométricas, com a Tabela 3 mostrando os índices obtidos a partir da curva granulométrica. Destaca-se a similaridade entre eles, demonstrando tratar-se de amostras idênticas em relação a esse aspecto.

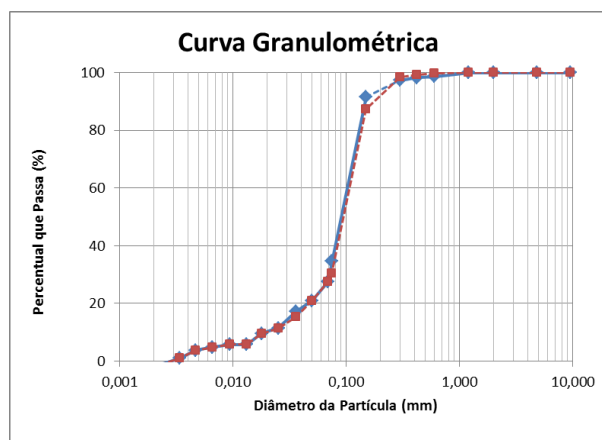


Figura 2. Curvas granulométricas das amostras de RFBS.

Tabela 3. Índices granulométricos.

Amostra	Porcentagem que passa			Cu	Cc
	#10	#40	#200		
1	100	98,24	32,77	4,76	2,30
2	100	99,28	32,77	5,23	2,20

A análise dos resultados mostra que o material é composto essencialmente pela fração granulométrica areia fina, não apresentando partículas com diâmetro de pedregulhos, ou areia grossa. No entanto, o resíduo apresentou uma porcentagem maior que 5% passante na peneira #200, portanto seu teor de finos influencia no comportamento da amostra.

O formato da curva granulométrica é típico de materiais com coeficiente de não uniformidade (Cu) classificado como uniforme e medianamente uniforme. O material foi classificado como material não-plástico, conforme realização dos dois ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade.

Segundo os resultados obtidos, as amostras podem ser classificadas como areia siltosa (SM) pela classificação unificada. De acordo com o sistema de classificação rodoviária (HRB), o resíduo pode ser classificado como A-2-4 ou A-2-5 (areia e areia siltosa ou argilosa), não plástica, de uso para subleitos como de excelente a bom (Índice de grupo igual a zero).

Como resultado do ensaio de compactação, foram obtidos os valores de massa específica seca máxima e teor de umidade ótimo apresentados pela Tabela 5, juntamente com a curva de compactação (Figura 3).

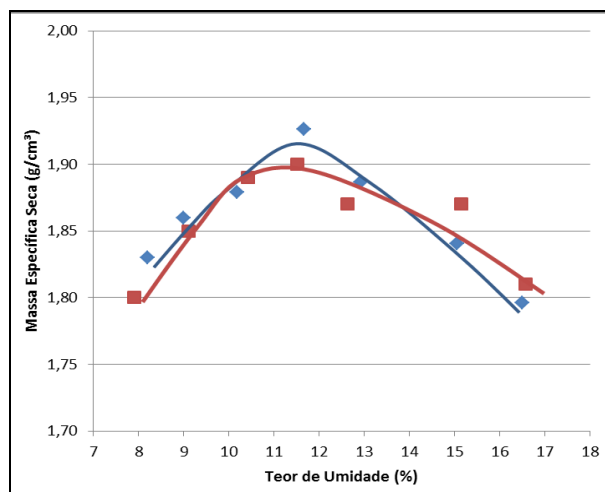


Figura 3. Curvas de compactação das amostras de RFBS.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de compactação.

Ensaio de Compactação			
Amostra	1	2	Média
w (%)	12,00	11,97	11,99
ρ_{dmax} (g/cm ³)	1,900	1,880	1,89

O resíduo, após ser compactado na energia modificada, apresentou valores médios de teor de umidade ótimo de 12,0% e massa específica seca máxima de 1,90 g/cm³, valores relativamente distantes dos encontrados para resíduo grosso do beneficiamento da scheelita (2,10 g/cm³ e 10,17%) (Fernandes, 2014). Essa magnitude de valores é interessante, pois solos com massas específicas aparentes secas elevadas tendem a apresentar bons comportamentos quando sujeito a solicitações.

Os ensaios de permeabilidade do material apresentaram um valor médio de coeficiente de permeabilidade (K_{20}) da ordem de $1,79 \times 10^{-2}$ cm/s.

4.2 Caracterização mecânica

Corpos de prova moldados com energia modificada foram submetidos a uma série de ensaios de cisalhamento direto e de compressão edométrica. A Figura 4 apresenta os valores de resistência obtidos para diferentes carregamentos normais, enquanto a Figura 5 apresenta as curvas obtidas para variação volumétrica nos ensaios de cisalhamento direto. A Figura 6 demonstra a envoltória de resistência sugerida.

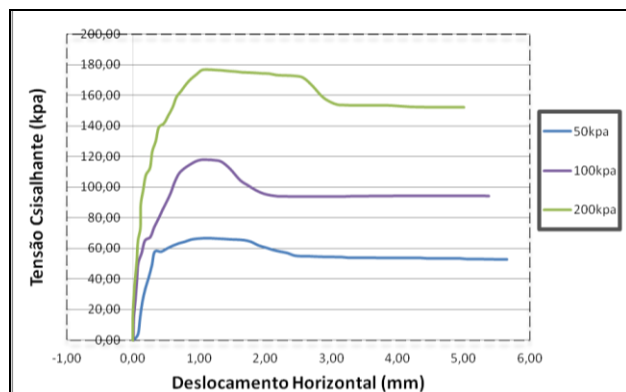


Figura 4. Curvas tensão cisalhante x deslocamento horizontal na condição não inundada.

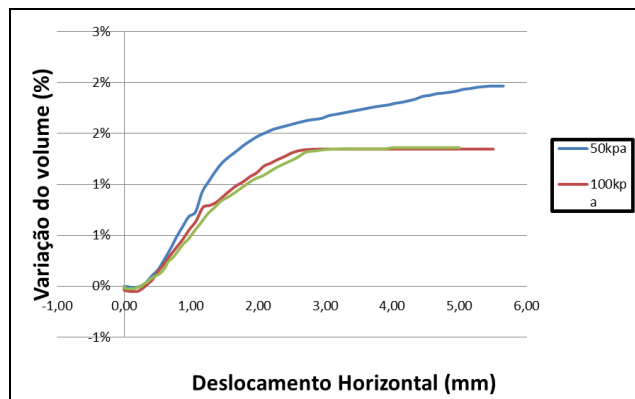


Figura 5. Variação de volume e deslocamentos horizontais da amostra na condição não inundada.

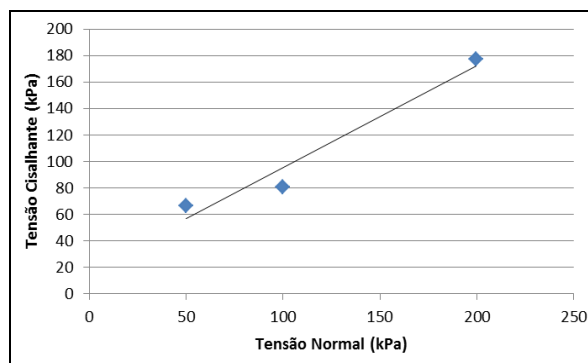


Figura 6. Envoltórias de ruptura da amostra ensaiada na condição não inundada.

As curvas tensão cisalhante x deslocamento horizontal apresentaram comportamento de pico, com valores máximos de tensão cisalhante obtidos com deslocamentos próximos de 1,0 mm. Esse comportamento de pico de tensão com aumento de volume no cisalhamento é típico de areias compactas.

Conforme se observa, as curvas da tensão cisalhante, após atingirem o valor máximo, diminuem tendendo a um valor residual constante comum.

Os valores das tensões máximas de ruptura e tensões residuais, são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5. Resistências máximas e residuais para amostra moldada e ensaiada na condição de umidade ótima.

Tensão Normal (kPa)	Resistência Máxima (kPa)	Resistência Residual (kPa)
50	66,51	52,72
100	117,77	94,28
200	176,96	152,34

A Tabela 6 apresenta os resultados extraídos da envoltória de tensões. Conforme se observa, temos um valor de coesão que é

causada principalmente pela umidade presente na amostra (coesão aparente), sendo assim esse valor não indica que a amostra em si tenha coesão entre as partículas, pois é apenas um ajuste gráfico da curva chamado de intercepto de coesão.

Tabela 6. Resultados das envoltórias de ruptura

Índice	Ângulo de Atrito (°)	Coesão (kPa)
Valor	35,64	36,91

Também foi feito o ensaio de cisalhamento na situação inundada, obtendo os resultados apresentados nas Figuras 7, 8 e 9.

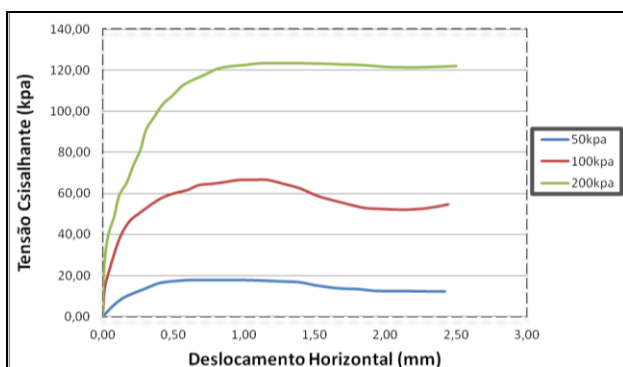


Figura 7. Curvas tensão cisalhante x deslocamento horizontal, na condição inundada.

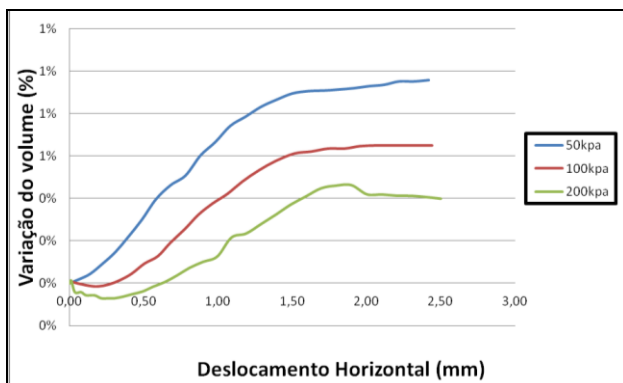


Figura 8. Variação de volume e deslocamentos horizontais do corpo de prova na situação inundada.

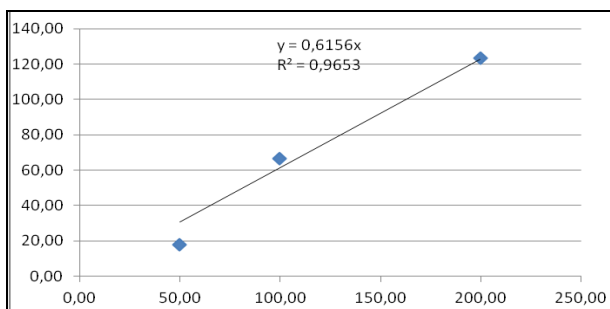


Figura 9. Envoltórias de ruptura da amostra ensaiada no wot na condição inundada.

Para o ensaio na situação saturada foram encontrando o ângulo de atrito de 31,61° e intercepto de coesão nulo, devido a perda de coesão aparente decorrente da completa saturação do Corpo de Prova. Percebemos também uma pequena redução do ângulo de atrito, que pode ter sido causado por uma maior lubrificação das partículas pela ação da água.

Também foram feitos ensaios de adensamento com corpos de provas moldados na umidade ótima e massa específica seca máxima. Foram ensaiados 3 corpos de provas, cada um em uma situação de inundação diferente. Os resultados estão expostos na Figura 10.

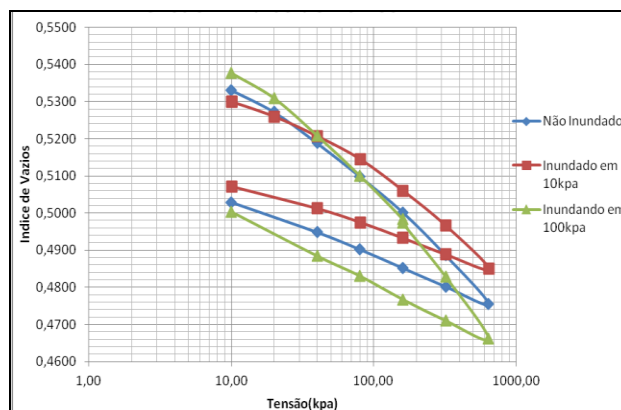


Figura 10. Relação tensão x índice de vazios.

Analisando o gráfico, percebemos que as inundações não provocaram nenhum efeito expressivo na deformação do solo. Entendemos então que nessa situação de compactação e na faixa de carregamento em que foi feito os ensaios, o solo apresenta comportamento não colapsivo. A Variação de índice de vazios, chega a valores médios de 0,48.

4.2 Ensaios para pavimentação

A Tabela 7, a seguir, apresenta os resultados dos ensaios CBR, considerando a energia modificada para sua execução, com a Figura 11 apresentando a curva de penetração.

Tabela 7. CBR para o corpo-de-prova moldado na energia modificada.

Ensaio	CBR (%)	Expansão
1	7,32	0,02
2	7,11	0,01

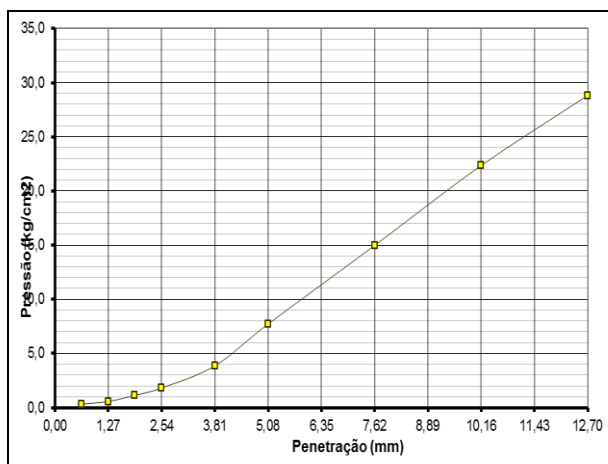


Figura 11. Curva de pressão x penetração do material.

A amostra, compactada na energia modificada, apresentou CBR médio na ordem de 7%, e expansão próxima de 0%, de acordo com a Tabela 3.4, estando apta, segundo preconiza o DNIT (2006), a ser utilizada como material de reforço de subleito e subleito de pavimentos.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os ensaios executados, concluímos que:

- O resíduo apresentou massa específica dos sólidos de 2,905 g/cm³ em média.
- Segundo o ensaio de compactação, o resíduo apresenta um teor de umidade ótima de 12%, com uma massa específica seca de 1,90 g/cm³.
- O resultado do ensaio CBR impede a utilização desse material, como material de base ou sub-base de pavimentação, mas permite sua utilização, pelos critérios do DNIT, como material de sub-leito ou reforço de sub-leito.
- A partir da classificação A-2-4 ou A-2-5 do material pelo HRB, temos que o mesmo apresenta comportamento excelente a bom como material de subleito, em conformidade com a possibilidade de utiliza-lo nessa função segundo os critérios do DNIT.
- O resíduo apresentou ângulo de atrito médio com valor de 35,64° e um valor de coesão de 36,91 kPa quando ensaiado na situação não inundada, e 31,61° de ângulo de atrito, sem presença de coesão, na situação inundada.

- O material apresenta comportamento não colapsível. O índice de vazios médio obtido, para um carregamento de 640 kPa foi de 0,48.
- Os ensaios de permeabilidade do material apresentaram um valor médio de coeficiente de permeabilidade (K_{20}) de $1,79 \times 10^{-2}$ cm/s.

REFERÊNCIAS

- ABNT. (1984), *NBR 180/1984: Solo - Determinação do limite de plasticidade*. [S.l.].
- ABNT. (1984), *NBR 6459/1984: Solo – Determinação do limite de liquidez*. [S.l.].
- ABNT. (1984), *NBR 6508/1984: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica*. [S.l.].
- ABNT. (1984), *NBR 7181/1984: Análise Granulométrica*. [S.l.].
- ABNT. (1986), *NBR 7182/1986: Solo: Ensaio de Compactação*. [S.l.].
- ABNT. (1987), *NBR 9895/1987: Solo: Índice de Suporte Califórnia*. [S.l.].
- ABNT. (1990), *NBR 12007/1990: Solo: Ensaio de adesamento unidimensional - Método de ensaio*. [S.l.].
- ABNT. (1995), *NBR 6502/1995: Rochas e solos*. [S.l.].
- ABNT. (1995), *NBR13292/1995: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante*. [S.l.].
- ASTM. (2008), *D3080M - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*.
- Barreto, M. L. (2001), *Desenvolvimento Sustentável. Desafios para o Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.
- Bitar, O. Y. (1997). *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo*. 184 f. Tese de Doutorado, Programa de Doutorado em Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo.
- Dana, J. D. (1978), *Manual de mineralogia*. Rio de Janeiro: LTC.
- Das, Braja M. (2012), *Fundamentos de engenharia geotécnica*. 7. ed. São Paulo: CENGAGE.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2006), *Manual de pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- Farias, C. E.G. (2002), *Mineração e meio ambiente do Brasil*. Relatório preparado para a CGEE.
- Fernandes, A. T. (2014), *Utilização do Resíduo Grosso do Beneficiamento da Scheelita em Aplicações Rodoviárias*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Mineração Tomaz Salustino S.A. (Acesso em: 23 jul. 2013), *História*. Disponível em: <<http://minabrejui.com.br/site/historia/>>.