



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

ALEX DOUGLAS ALVES LIMA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
ALTERNATIVA PARA SOLO EM ATERROS**

UBERLÂNDIA

SETEMBRO DE 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

ALEX DOUGLAS ALVES LIMA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
ALTERNATIVA PARA SOLO EM ATERROS**

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção de diploma no curso de
Engenharia Civil pela Universidade
Federal de Uberlândia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Giovana Bizão
Georgetti

UBERLÂNDIA

SETEMBRO DE 2022

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com a participação de pessoas às quais serei eternamente grato.

A todos que de certa forma contribuíram nesta etapa da minha vida e acompanharam meu caminho até aqui, me apoiando, me incentivando e sonhando junto comigo.

Aos amigos que encontrei durante a graduação, que estiveram ao meu lado e tornaram cada momento mais feliz e agradável.

À minha orientadora, Prof^ª. Dra. Giovana Bizão Georgetti, pela atenção, dedicação e apoio durante toda a orientação deste trabalho.

Também, a todos os docentes que compartilharam seus conhecimentos e dedicaram seu tempo a formar novos profissionais.

À minha família, por me apoiar em todos os meus desafios e vibrar comigo pelas minhas conquistas.

E, principalmente, aos meus avós, Flávio, Marilene, Francisco e Terezinha; às minhas tias, Kellen e Jhenifer; aos meus pais, Alex e Dafne; e ao meu irmão, Domine; por terem cada um dado a sua contribuição para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

RESUMO

A Construção Civil tem grande participação na economia brasileira. Entretanto, o setor também é responsável por grande parte do resíduo gerado. Existem leis que regem o descarte de Resíduos de Construção Civil (RCC), exigindo que os materiais sejam triados, reutilizados e reciclados, evitando assim sua destinação final para aterro sanitário ou de resíduos de construção civil. Pesquisas comprovam a eficiência do RCC utilizado em argamassas, concreto, blocos, grautes e pavimentos, por exemplo. Além disso, a utilização de Agregados Reciclados (AR) na Construção Civil está normatizada no Brasil e em vários outros países. No cenário mundial, Holanda, Dinamarca, Alemanha e Suíça são grandes exemplos na reutilização e reciclagem de RCC. O objetivo deste trabalho foi avaliar se o RCC de origem cerâmica apresenta condições mínimas para ser utilizado como alternativa de material para aterros, com função de fundação. Para a análise, foi feita a coleta e a caracterização do material, e então a simulação numérica de um aterro. Os resultados foram comparados com outras simulações numéricas realizadas considerando um solo local ou pó de brita para o aterro. Concluiu-se que não houve diferenças significativas no deslocamento vertical absoluto máximo apresentado para cada material, indicando que, em termos geotécnicos, os três materiais são adequados para uso em situação de aterro. A partir de pesquisa bibliográfica, pôde-se concluir também que o material apresenta benefícios quando incorporado ao solo para plantio, pois serve como condicionador para a retenção de água para as plantas. Por último, foi constatado que além do bom desempenho do material nas análises anteriores, tem-se ainda a possibilidade de uma vantagem econômica em se utilizar AR, uma vez que não se aplicam os custos de descarte de RCC e compra de material para aterro.

Palavras-chave: Resíduos de construção civil. Bloco cerâmico. Aterro.

ABSTRACT

Civil Construction has a great part in the Brazilian economy. However, it is also responsible for a great part of the waste generated. There are laws that rule the disposal of Construction and Demolition Waste (C&DW), demanding that the materials be trialed, reused and recycled, thus avoiding its final disposal into landfills. Research proves the efficiency of C&DW used in mortar, concrete, bricks, grout, and pavements, to name a few. Besides, the use of Recycled Aggregates (RA) in Civil Construction is standardized in Brazil and several other countries. In the global scenario, Holland, Denmark, Germany and Switzerland are great examples in reusing and recycling C&DW. This study aimed to evaluate if the Ceramic C&DW has the minimum conditions to be used as an alternative material for foundation embankments. For the analysis, the collection and characterization of the material, and then a numerical simulation of an embankment were carried out. The results were compared with other numerical simulations carried out with a local soil or rock dust for the embankment. From such comparison, there was not a significant difference observed in the maximum absolute vertical displacement, indicating that for geotechnical purpose, all three materials are suitable for application as embankments. From a literature review, it has been concluded that the RA presents benefits when incorporated into the soil for planting, because it works as a conditioner for water holding for the plants. Lastly, it has been verified that, besides the good performance of the material in the previous analyses, there is also the possibility of an economic advantage in using RA, since there are no costs for C&DW disposal and purchase of a filling material.

Keywords: Construction and demolition waste. Ceramic bricks. Embankment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Amostra de RCC coletada.	15
Figura 2 – Fração passante na peneira de 2 mm durante a trituração.	15
Figura 3 – Fração retida na peneira de 2 mm durante a trituração.	15
Figura 4 – Amostra total passada no quarteador para homogeneização	16
Figura 5 – Estimativa da umidade ótima.	17
Figura 6 – Aspecto do RCC compactado durante a extração da amostra.	17
Figura 7 – Seção transversal esquemática	18
Figura 8 – Perfil de solo natural.....	19
Figura 9 – Corte	19
Figura 10 – Aterro.....	20
Figura 11 – Carregamento	20
Figura 12 – Curva granulométrica da amostra de RCC.....	26
Figura 13 – Curva de Compactação da amostra de RCC.....	27
Figura 14 – Deslocamento Vertical Absoluto do aterro com solo.....	28
Figura 15 – Deslocamento Vertical Absoluto do aterro com pó de brita	29
Figura 16 – Deslocamento Vertical Absoluto do aterro com RCC	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente α	21
Tabela 2 – Coeficiente K	21
Tabela 3 – Coeficiente de Poisson	22
Tabela 4 – Peso específico de solos arenosos	22
Tabela 5 – Peso específico de solos argilosos	22
Tabela 6 – Parâmetros médios do solo	23
Tabela 7 – Parâmetros dos materiais usados por Pereira (2019)	24
Tabela 8 – Ângulo de atrito interno para areias	25
Tabela 9 – Valores de Módulo de Elasticidade para diferentes tipos de solos	25
Tabela 10 – Composição granulométrica da amostra de RCC	26
Tabela 11 – Parâmetros da amostra de RCC	27
Tabela 12 – Parâmetros da amostra de RCC	28
Tabela 13 – Comparação de orçamentos para construção de aterro	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVO.....	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1	Produção de resíduos de construção civil.....	9
3.2	Gestão e aplicação de RCC.....	10
3.3	Viabilidade da aplicação de RCC em obras com jardinagem.....	12
3.4	Propriedades geotécnicas de RCC e misturas solo-RCC.....	13
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1	Coleta e caracterização de amostra de RCC.....	14
	Fonte: Autor.....	17
4.2	Criação do modelo de aterro com RCC no RS2.....	17
4.3	Viabilidade econômica.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1	Caracterização da amostra.....	26
5.2	Análise numérica.....	28
5.3	Viabilidade econômica.....	29
6	CONCLUSÃO.....	30
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
	ANEXO I.....	36
	FOLHA DE ASSINATURAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento comum que a construção civil tem participação significativa na economia brasileira e, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2022), essa participação cresceu 9,7% em 2021. Por outro lado, a construção civil também é responsável por grande parte do resíduo gerado, com um total anual acumulado chegando a 46.997.400 toneladas (ABRELPE, 2021). De acordo com a Resolução CONAMA nº 307, os resíduos da construção civil (RCC) são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Dentre esses resíduos estão inclusos tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, etc, chamados de entulhos, classificados conforme legislação federal específica. A resolução também regula formas de disposição dos resíduos de acordo com sua classe.

Ao se fazer o descarte de RCC, é importante se atentar à quantidade e ao destino. A lei municipal nº 10.280, de 28 de setembro de 2009 (Uberlândia), diz que os resíduos coletados devem ser triados, aplicando-se a eles processos de desmontagem, reutilização e reciclagem que evitem sua destinação final a aterro sanitário ou ao Aterro de Resíduo de Construção Civil (ARCC). Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Uberlândia, os resíduos de classe A (solo proveniente de terraplanagem, componentes cerâmicos, argamassa e concreto) são encaminhados para reaproveitamento na recuperação de estradas vicinais e os demais são encaminhados para Aterro Industrial para triagem e destinação adequada.

De maneira geral, no âmbito da construção civil, os RCCs de classe A vêm sendo utilizados como agregado reciclado em traços de argamassa, concreto, fabricação de blocos e até mesmo na produção de grautes, atingindo resultados satisfatórios. Já voltado às áreas de Pavimentação e Geotecnia, os RCCs também vêm se tornando uma opção como agregado reciclado para base, sub-base e reforço de subleito (MACEDO et al., 2014, por exemplo).

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade de um dos tipos de RCC, o bloco cerâmico, ser utilizado como alternativa para aterro de fundação de estruturas leves, verificando

se o material apresenta propriedades geotécnicas mínimas para ser utilizado como alternativa ao solo em uma situação de aterro, sendo suporte para uma carga leve. Portanto, pretende-se comparar os valores de recalque obtidos utilizando RCC com outros materiais, como solo e pó de brita.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção de resíduos de construção civil

O Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição (ABRECON, 2022).

Quando se trata da geração de resíduos, o setor da construção civil se destaca pela significativa quantidade de quase 47 milhões de toneladas/ano produzida somente no Brasil (ABRELPE, 2021).

A geração de RCC no âmbito nacional está associada, entre outras questões, à falta de planejamento entre as fases de projeto e execução das obras, trazendo com isso, uma maior probabilidade de mudanças durante a fase de execução (CORNELI, 2009 apud MACEDO et al., 2014). Também se destacam como predominantes fontes de origem de RCC as reformas, ampliações e demolições (PINTO; GONZALES, 2005 apud MIRANDA et al., 2009).

O cenário da geração dos RCC é preocupante em função do forte crescimento do mercado imobiliário, da realização de obras de infraestrutura e do déficit habitacional (EVANGELISTA et al., 2010).

O número de vendas de novos imóveis cresceu 12,8% em 2021, em comparação com o ano de 2020. Os lançamentos registraram aumento de 25,9% e a oferta final fechou o período com 3,8% de crescimento (CBIC, 2022).

Além disso, muitas vezes esses RCC são descartados em locais inapropriados como em córregos, terrenos baldios, canais, encostas e beira de estradas, podendo surgir vetores de doenças quando da presença de resíduo doméstico (MACEDO et al., 2014).

3.2 Gestão e aplicação de RCC

Em 2002 foi homologada a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), definindo que grandes geradores públicos e privados são obrigados a desenvolver e a implantar um plano de gestão de RCC, visando a sua reutilização, reciclagem ou outra destinação ambientalmente correta. Foi confirmada por Pinto (1999, apud MIRANDA et al., 2009) a relevância do tema, apontando que o RCC pode corresponder a mais de 50% da massa dos resíduos sólidos municipais. A reciclagem é citada em diversos estudos como uma alternativa para a redução da quantidade de resíduos dispostos nos aterros, além de ser uma proposta sustentável para a destinação dos RCC (CARNEIRO et al., 2001; JOHN, 2000; LEITE, 2001 apud EVANGELISTA et al., 2010). Esse material, constituído em sua maioria de resíduos classe A, com alto potencial de reciclagem, pode e deve ser reaproveitado, reutilizado ou reciclado como forma de minimizar os nocivos impactos ambientais que vêm ocorrendo, em virtude de seu descarte inadequado (EVANGELISTA et al., 2010). Se tratando de um plano de gestão, a triagem de RCD em canteiros de obra apresenta vantagens econômicas e ambientais, porque reduz o volume das classes de resíduos transportados, viabiliza soluções mais simples de reciclagem do resíduo classe A, seja em canteiro ou em usinas, e permite a reciclagem de todos os resíduos classe B (madeira, plástico, aço e papel) (MIRANDA et al., 2009).

No cenário internacional, existem países como Holanda, Dinamarca, Alemanha e Suíça, entre outros, que reutilizam e reciclam entre 50% e 90% do RCD gerado (ANGULO, 2005 apud MIRANDA et al., 2009). A maioria dos países possui especificações para uso de agregados reciclados (AR) na execução de bases e sub-bases de pavimentos, sendo esse o maior foco de suas normatizações. Considerando a aplicação em pavimentos, terraplenagem, drenagens, enchimento de valas e aterros, os documentos indicam maior aceitação de uso do AR desde que o pavimento não seja submetido a elevadas cargas ou a tráfegos pesados (ALBERTE; HANDRO, 2021).

Quanto às normas brasileiras, a ABNT NBR 15115:2004 apresenta as especificações para execução de camadas de pavimentação com AR. Mas apesar de sua recomendação de não utilizar agregado reciclado em vias de alto volume de tráfego, o material com agregado reciclado de uma pesquisa feita por Macedo et al. (2014), por exemplo, mostrou-se adequado

para esta aplicação, já que o valor do Índice de Suporte Califórnia supera os 60% indicados pela norma. Já a ABNT NBR 15116:2004 trata da viabilidade do uso do agregado reciclado na produção de concretos sem função estrutural, argamassas, blocos, pavimentos, entre outras aplicações.

As primeiras pesquisas científicas nacionais envolvendo o uso de AR foram realizadas por Pinto (1986, apud MIRANDA et al., 2009) em argamassas, Bodi (1997 apud MIRANDA et al., 2009) em pavimentos, Levy (1997 apud MIRANDA et al., 2009) em argamassas e Zordan (1997) em concretos.

Muitos são os estudos relacionados à caracterização do entulho de obras e dos AR, assim como suas possíveis aplicações em materiais de construção com desempenho similar ao dos agregados naturais (LEITE, 2001; TENÓRIO et al., 2008; VIEIRA; DAL MOLIN, 2004 apud EVANGELISTA et al., 2010). A pesquisa de Pereira (2019) mostrou que resíduos de britagem, por exemplo, podem ser utilizados para aterro, apresentando vantagens econômicas.

As aplicações desse agregado são diversas, desde seu uso como material granular para pavimentos, drenagem e terraplenagem, até como substituição total ou parcial de agregados naturais para produção de concreto, argamassa e elementos pré-moldados (ALBERTE; HANDRO, 2021). Entretanto, são poucos os estudos acerca do processo de reciclagem nos canteiros com uma análise mais ampla de sua gestão. (EVANGELISTA et al., 2010)

Outro ponto é que a taxa de crescimento das usinas de reciclagem brasileiras aumentou após a vigência da Resolução nº 307 do CONAMA, sendo que cerca de 45% das usinas nacionais são privadas. A produção das usinas públicas é intermitente devido às dificuldades administrativas, às mudanças de cenário político e ao pouco conhecimento técnico (MIRANDA et al., 2009).

Apesar das iniciativas públicas e da Resolução nº 307 do CONAMA, ainda é muito pequena a quantidade de empresas de construção civil que realizam a gestão eficiente dos resíduos em seus canteiros. Menor ainda é a prática do reaproveitamento e da reciclagem (EVANGELISTA et al., 2010).

No Brasil, a falta de um mercado de reciclagem de RCC consolidado é atribuída à dificuldade da indústria da construção civil em conhecer o potencial técnico do AR (ALBERTE; HANDRO, 2021). Além disso, as normas não garantem a homogeneidade dos agregados reciclados, nem sua aceitação no mercado (MIRANDA et al., 2009). O custo do controle de qualidade para os AR ainda é baixo e precisa ser implantado com o intuito de se reduzir a variabilidade do material e de melhorar a qualidade e a confiabilidade do produto (MIRANDA et al., 2009).

Ainda, nota-se que as normativas brasileiras têm mais de 15 anos e seria ideal que fossem revistas conforme o estado do conhecimento atual. Outra lacuna evidenciada se refere ao desenvolvimento de normas mais detalhadas, voltadas a direcionar o processo executivo, desde usos mais simples, como material granular para pavimentação, até usos mais nobres, como concreto estrutural (ALBERTE; HANDRO, 2021).

Países como Espanha, Japão e Alemanha já se encontram avançados no tema, podendo se tornar modelos para o crescimento do mercado do AR no Brasil. Manuais e guias direcionados para produtores e consumidores abordam não só diretrizes técnicas como também recomendações construtivas para cada serviço específico, e são diferenciais de alguns países, como a Espanha (ALBERTE; HANDRO, 2021).

3.3 Viabilidade da aplicação de RCC em obras com jardinagem

A pesquisa de Lasso et al (2010) aponta que o AR de origem cerâmica (telhas e tijolos) tem potencial para ser utilizado como condicionador de solos para melhoria da capacidade de retenção de água. Na pesquisa, o material foi separado quanto à sua granulometria, em fino e grosso. Concluiu-se que ambos os materiais utilizados como condicionadores de solo para plantio de alfafa contribuem para significativa elevação da matéria seca, por elevar a capacidade de retenção de água tornando-a disponível em maior quantidade para as plantas.

Ramalho e Pires (2009) confirmam esses resultados, relatando um aumento de pH do solo – o que indica potencial de utilização dos resíduos como condicionadores, e da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – atributo importante relacionado com os potenciais de fertilidade do solo, bem como a reserva de nutrientes para as plantas, possibilidades de redução das perdas de

cátions por lixiviação e inativação de compostos tóxicos (SILVA, 1999 apud RAMALHO; PIRES, 2009).

3.4 Propriedades geotécnicas de RCC e misturas solo-RCC

Santos (2007) observou em sua análise de aplicação de RCC em estruturas de solo reforçado que o material apresentou baixos coeficientes de variação nos resultados de caracterização, excelentes propriedades de resistência e comportamento mecânico que justificam a sua utilização. Para estas conclusões, foram realizados procedimentos como coleta e caracterização (análise granulométrica, limites de consistência e massa específica dos sólidos), análise visual com microscópio eletrônico, compactação, CBR, pH e cisalhamento direto. Na pesquisa, o autor realizou também um ensaio de arrancamento, pelo qual foi possível analisar as curvas Força X Deslocamento com 3 diferentes sobrecargas.

Já Macedo et al. (2014) analisaram o comportamento de misturas de AR e solo para fins geotécnicos. A pesquisa mostra que o AR se trata de um material bem graduado e confirma que ele não apresenta grandes variações nos resultados de caracterização. Ainda, percebeu-se que as umidades ótimas das amostras apresentaram redução com o acréscimo de AR no solo. Os autores concluíram então que os valores obtidos se enquadram nos intervalos considerados satisfatórios em camadas de pavimentos. Novamente foram realizados os ensaios de caracterização, incluindo forma dos grãos, de compactação e CBR.

Pivetta e Vendruscolo (2017) confirmam a diminuição das umidades ótimas e apontam um aumento do peso específico com o acréscimo de AR no solo. Com os ensaios de caracterização, compactação e cisalhamento direto, a pesquisa possibilita a obtenção de parâmetros para a combinação dos resíduos de construção e demolição com solo argiloso compactado, de forma a compor um novo material que pode ser utilizado como base de fundações superficiais ou como aterros para a construção de estradas.

Silva (2019) aponta que ao incorporar AR ao solo com características de silte argiloso, as amostras apresentaram um aumento na sua granulometria em relação às amostras de solo natural. A pesquisa traz evidências de ganho de resistência e percebe redução de expansão a partir da incorporação de AR ao solo natural. O autor então conclui que as amostras com

maiores porcentagens de AR apresentaram melhores resultados de desempenho para ser utilizadas na construção de camadas de reforço de subleito em pavimentos construídos em solo com características de silte argiloso. Assim como nas outras pesquisas, também foram realizados os ensaios de caracterização, incluindo forma dos grãos, de compactação e CBR

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos para realização deste trabalho consistiram em coleta e caracterização geotécnica de amostras de RCC, criação de um modelo de aterro com RCC para simulação numérica por elementos finitos, pesquisa bibliográfica sobre a viabilidade da aplicação de RCC em obras com jardinagem, orçamento e análise dos resultados.

A caracterização geotécnica foi realizada por meio de ensaios em laboratório (peneiramento e compactação) para obtenção de informações necessárias para a criação do modelo e simulação numérica usando o software RS2 (ROCSCIENCE, 2022).

Segundo a Rocscience (2022), o RS2 (Rock and Soil 2-dimensional analysis program) é um programa de análise de elementos finitos de uso geral para projeto de túneis e suporte, escavações subterrâneas, escavação de superfície, estabilidade de taludes, aterros, análise dinâmica, fundações, consolidação, infiltração de águas subterrâneas e muito mais.

Na simulação, foram usados dados de um perfil de terreno da cidade de Uberlândia, apresentado por Pereira (2019), e os resultados deste trabalho foram comparados com os resultados do autor.

4.1 Coleta e caracterização de amostra de RCC

Para fins de ensaio em laboratório, foi coletada uma amostra de 11 kg de blocos cerâmicos de paredes de alvenaria demolidas. A amostra coletada continha resquícios de argamassa de assentamento, como pode ser notado na Figura 1.

Com o material coletado e levado para o laboratório, o primeiro procedimento feito foi a trituração, com auxílio de um britador. Toda a amostra foi passada no equipamento três vezes. Após isso, por outras três vezes, o material foi peneirado em peneira de abertura 2 mm, como mostrado na Figura 2 e Figura 3, e a parte retida, triturada. Neste processo de trituração ocorreu

uma perda de 200 g da amostra total. Acredita-se que a perda tenha se dado em razão do material mais fino que ficou no ar.

Em seguida, foi realizado o ensaio de análise granulométrica do material por peneiramento seguindo as instruções da ABNT NBR 6457:2016 e ABNT NBR 7181:2018. Para garantir a homogeneidade da amostra, a quantidade total foi passada duas vezes no quarteador e somente então foram separados 4 kg para o ensaio Figura 4.

Figura 1 – Amostra de RCC coletada.



Fonte: Autor

Figura 2 – Fração passante na peneira de 2 mm durante a trituração.



Fonte: Autor

Figura 3 – Fração retida na peneira de 2 mm durante a trituração.



Fonte: Autor

Figura 4 – Amostra total passada no quarteador para homogeneização



Fonte: Autor

Para a compactação, foi usada a energia normal e seguiram-se as instruções da ABNT NBR 6457:2016 e da ABNT NBR 7182:2020. Foi realizada uma estimativa da umidade ótima, umedecendo-se o material e verificando seu comportamento ao ser comprimido pelas mãos (Figura 5). A umidade ótima estimada foi de 27% e, a partir disso, as demais umidades de ensaio foram definidas buscando-se obter dois pontos no ramo seco e dois pontos no ramo úmido. Em função da granulometria do AR, foi utilizado cilindro grande. O aspecto do RCC compactado pode ser observado na Figura 6.

Com as informações obtidas nos ensaios de laboratório, foi possível estimar parâmetros necessários para simulação no RS2, como módulo de elasticidade, ângulo de atrito, coesão e coeficiente de Poisson.

Figura 5 – Estimativa da umidade ótima.



Fonte: Autor

Figura 6 – Aspecto do RCC compactado durante a extração da amostra.

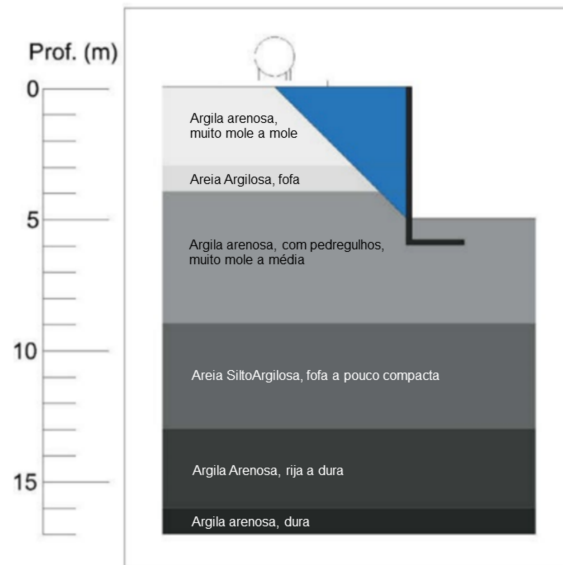


Fonte: Autor

4.2 Criação do modelo de aterro com RCC no RS2

As características geométricas do perfil utilizado por Pereira (2019) e reproduzido nessa pesquisa podem ser observadas na Figura 7. Trata-se de um aterro com profundidade e largura de seção transversal de 5 metros (em azul), contido por um muro de arrimo em concreto (em preto) e apoiado em uma base de solo natural inclinada (em escala de cinza).

Figura 7 – Seção transversal esquemática

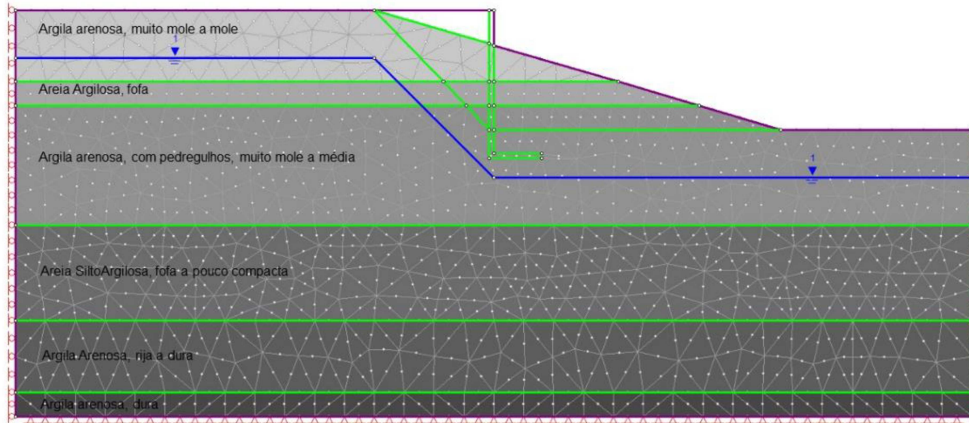


Fonte: Adaptado de Pereira (2019)

Para a simulação no RS2, também foram mantidos os dados de carregamento de Pereira (2019). Na ponta do aterro, a 5 metros do muro de contenção, será apoiado um radier sobre o qual será instalado um tanque de gás. Em projeção, a área ocupada será de 4x4 metros. Como o tanque de gás tem uma carga aproximada de 2 toneladas, a carga majorada considerada foi de 10 kN/m².

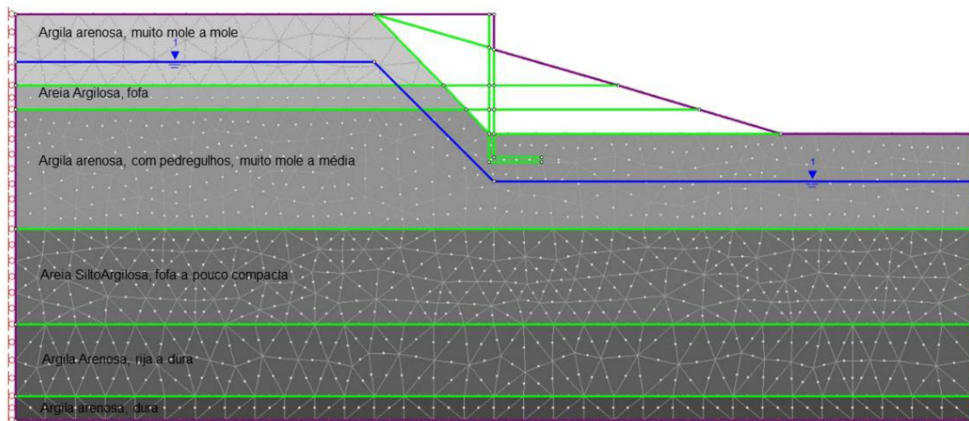
As etapas da simulação de Pereira (2019) foram reproduzidas neste trabalho e podem ser observadas em sequência na Figura 8, Figura 9, Figura 10 e Figura 11.

Figura 8 – Perfil de solo natural



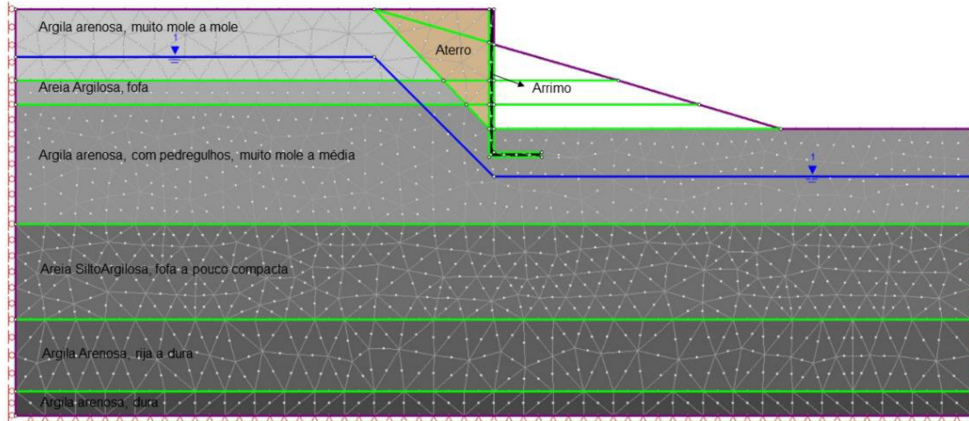
Fonte: Autor

Figura 9 – Corte



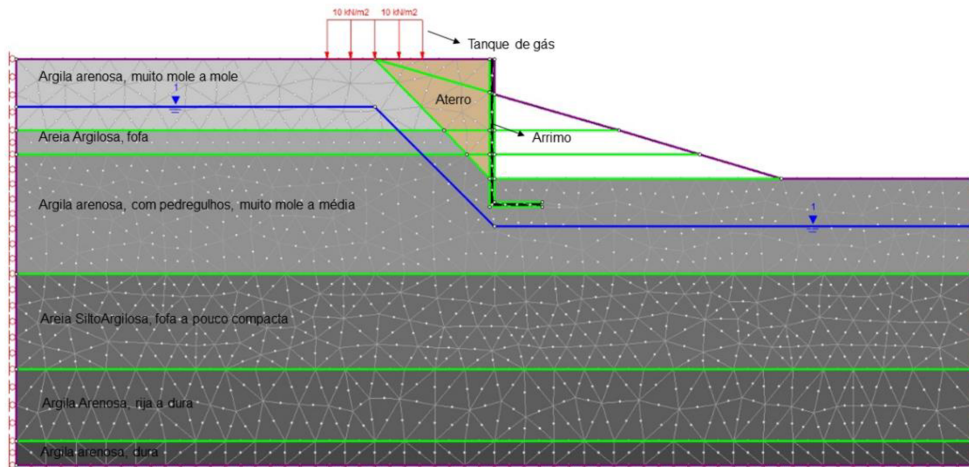
Fonte: Autor

Figura 10 – Aterro



Fonte: Autor

Figura 11 – Carregamento



Fonte: Autor

Os parâmetros de resistência e deformabilidade do perfil natural de solo utilizado foram calculados a partir do relatório de sondagem no ANEXO I. Parâmetros como peso específico e os coeficientes α e K , que correlacionam SPT e E_s na Equação 1, foram definidos de acordo

com as características granulométricas de cada camada do solo do perfil (escala de cinza na Figura 7) por meio da Tabela 1 e da Tabela 2. O valor de N_{SPT} foi obtido da média para cada camada. A Tabela 3, a Tabela 4 e a Tabela 5 foram usadas para estimar o coeficiente de Poisson e o peso específico das mesmas camadas de solo, enquanto que o ângulo de atrito e a coesão foram calculados pela Equação 2 e Equação 3.

$$E_s = \alpha \times K \times N_{spt} \quad \text{Equação 1}$$

E_s : Módulo de elasticidade;

α : Fator de correlação;

K : Coeficiente de correlação entre SPT e E_s .

Tabela 1 – Coeficiente α

Solo	α
Areia	3
Silte	5
Argila	7

Fonte: Teixeira e Godoy (1996 apud PEREIRA, 2019)

Tabela 2 – Coeficiente K

Solo	K (MPa)
Areia com pedregulhos	1,1
Areia	0,9
Areia siltosa	0,7
Areia argilosa	0,55
Silte arenoso	0,45
Silte arenoso	0,35
Argila arenosa	0,3
Silte argiloso	0,25
Argila siltosa	0,2

Fonte: Teixeira e Godoy (1996 apud PEREIRA, 2019)

Tabela 3 – Coeficiente de Poisson

Solo	ν
Areia pouco compacta	0,2
Areia compacta	0,4
Silte	0,3-0,5
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não saturada	0,1-0,3

Fonte: Teixeira e Godoy (1996 apud PEREIRA, 2019)

Tabela 4 – Peso específico de solos arenosos

Solos Arenosos				
N_{spt}	Compacidade	Peso específico (kN/m ³)		
		Seca	Úmida	Saturada
<5	Fofa	16	18	19
5-8	Pouco compacta	17	19	20
9-18	Medianamente compacta	18	20	21
19-40	Compacta			
>40	Muito compacta			

Fonte: Godoy (1972 apud PEREIRA, 2019)

Tabela 5 – Peso específico de solos argilosos

Solos argilosos		
N_{spt}	Consistência	Peso específico (kN/mt)
≤2	Muito mole	13
3-5	Mole	15
6-10	Média	17
11-19	Rija	19
≥20	Dura	21

Fonte: Godoy (1972 apud PEREIRA, 2019)

$$\varphi = \sqrt{20 \times N_{spt}} + 15^\circ \quad \text{Equação 2}$$

φ : Ângulo de atrito;

N_{spt} : Número de golpes.

$$C = 10 \times N_{spt}$$

Equação 3

C: Coesão.

A partir da análise granulométrica e do peso específico, os parâmetros do solo e do pó de brita para aterro utilizados por Pereira (2019) foram estimados a partir da Tabela 6. Os resultados levaram Pereira (2019) a classificar o solo como silte arenoso pouco argiloso e o pó de brita como areia siltosa com pedregulhos.

Tabela 6 – Parâmetros médios do solo

Tipo de solo	Faixa N _{spt}	Módulo de elasticidade (t/m ²)	Peso específico		Ângulo de atrito φ°	Coesão efetiva (t/m ²)
			Natural (t/mt)	Saturado (t/mt)		
Areia pouco siltosa / pouco argilosa	0-4	2000 - 5000	1,7	1,8	25 °	-
	5-8	4000 - 8000	1,8	1,9	30 °	-
	9-18	5000 - 10000	1,9	2,0	32 °	-
	19-41	8000 - 15000	2,0	2,1	35 °	-
	≥41	16000 - 20000	2,0	2,1	38 °	-
Areia média e fina muito argilosa	0-4	2000	1,7	1,8	25 °	0,0
	5-8	4000	1,8	1,9	28 °	0,5
	9-18	5000	1,9	2,0	30 °	0,8
	19-41	10000	2,0	2,1	32 °	1,0
Argila porosa vermelha e amarela	0-2	200 - 500	1,5	1,7	20 °	0,8
	3-5	500 - 1000	1,6	1,7	23 °	1,5
	6-10	1000 - 2000	1,7	1,8	25 °	3,0
	≥10	2000 - 3000	1,8	1,9	25 °	3,0 a 7,0
Argila siltosa pouco arenosa	0-2	100	1,7	1,8	20 °	0,8
	3-5	100 - 250	1,8	1,9	23 °	1,5
	6-10	250 - 500	1,9	1,9	24 °	2,0
	11-19	500 - 1000	1,9	1,9	24 °	3,0
	20-30	3000 - 10000	2,0	2,0	25 °	4,0
≥30	10000 - 15000	2,0	2,0	25 °	5,0	
Argila arenosa pouco siltosa	0-2	500	1,5	1,7	15 °	1,0
	3-5	500 - 1500	1,7	1,8	15 °	2,0
	6-10	1500 - 2000	1,8	1,9	18 °	3,5
	11-19	2000 - 3500	1,9	1,9	20 °	5,0
	≥20	3500 - 5000	2,0	2,0	25 °	6,5
Turfa/argila orgânica	0-1	40 - 100	1,1	1,1	15 °	0,5
	2-5	100 - 150	1,2	1,2	15 °	1,0
Silte arenoso pouco argiloso	5-8	800	1,8	1,9	25 °	1,5
	9-18	1000	1,9	2,0	26 °	2,0
	19-41	15000	2,0	2,0	27 °	3,0
	≥41	20000	2,1	2,1	28 °	5,0

Fonte: Joppert (2007 apud PEREIRA, 2019)

O resumo dos parâmetros dos materiais usados por Pereira (2019) pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros dos materiais usados por Pereira (2019)

Perfil natural								
Composição Camada	N _{SPT}	α	K (MPa)	γ (kN/m ³)	ν	Ângulo de atrito (°)	Coesão (kN/m ²)	Es (MPa)
Argila arenosa, muito mole a mole	2	7	0,3	13	0,4	21,3	20	4,2
Areia Argilosa, fofa	3	3	0,55	18	0,2	22,7	30	4,95
Argila arenosa, com pedregulhos, muito mole a média	6	7	0,3	17	0,4	26,0	60	12,6
Areia SiltoArgilosa, fofa a pouco compacta	6	3	0,7	18	0,2	26,0	60	12,6
Argila Arenosa, rija a dura	15	7	0,3	19	0,4	32,3	150	31,5
Argila arenosa, dura	40	7	0,3	21	0,4	43,3	400	84
Solo								
Silte arenoso	-	-	-	20,5	0,4	28	5	200
Pó de Brita								
Areia siltosa	-	-	-	22,7	0,4	38	0	160

Fonte: Autor

Já para o RCC desta pesquisa, os parâmetros foram definidos a partir da Tabela 3, Tabela 4, Tabela 8 e Tabela 9 e serão apresentados na seção 5.2.

Tabela 8 – Ângulo de atrito interno para areias

Areia	Fina		Média e Grossa		Com pedregulho
	Grãos Esféricos	Grãos Angulares	Grãos Esféricos	Grãos Angulares	
Fofa	27	28	29	33	34
Intermediária	30	34	33	38	37 - 39
Compacta	33	36	36	44	40 - 45

Fonte: Marangon (2018)

Tabela 9 – Valores de Módulo de Elasticidade para diferentes tipos de solos

Solo	E (Kgf/cm ²)
1. Argila	
Muito mole	3 – 30
Mole	20 – 40
Média	45 – 90
Dura	70 – 200
Arenosa	300 – 425
2. Areia	
Siltosa	50 – 200
Fofa	100 – 250
Compacta	500 – 1000
3. Areia e Pedregulho	
Compacto	800 – 2000
Fofa	500 – 1400
4. Silte	20 - 200

Fonte: UFV (apud MARANGON, 2018)

4.3 Viabilidade econômica

Para fins de orçamento, foi feita uma comparação da utilização do RCC como aterro, com os outros materiais analisados por Pereira (2019). Considerou-se que o RCC esteja disponível no canteiro de obras. Nos casos em que o aterro foi realizado com outro material, foi considerado o custo para se fazer o descarte desse material.

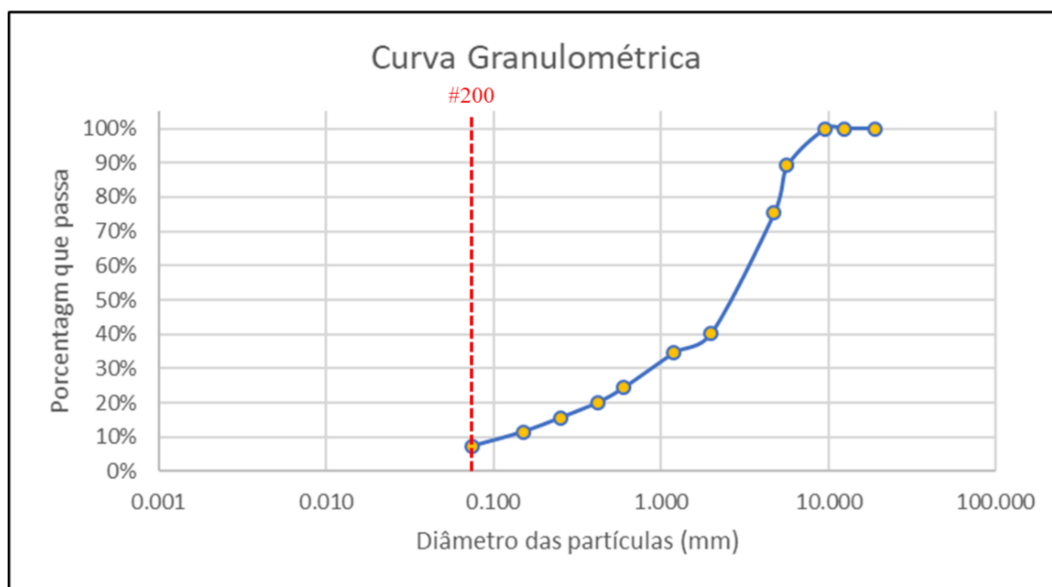
Após o levantamento de quantitativos, os valores para materiais, mão de obra e equipamentos foram determinados a partir de valores praticados no mercado no período desta pesquisa. Foram atualizados, inclusive, os valores utilizados por Pereira (2019) na etapa de orçamentação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização da amostra

O ensaio de análise granulométrica, feito para que fosse possível saber as características do material em relação ao diâmetro dos grãos, resultou na Figura 12 e na Tabela 10. Com base nesses resultados, o material foi classificado como areia com pedregulho para fins de obtenção dos parâmetros necessários para simulação no RS2.

Figura 12 – Curva granulométrica da amostra de RCC



Fonte: Autor

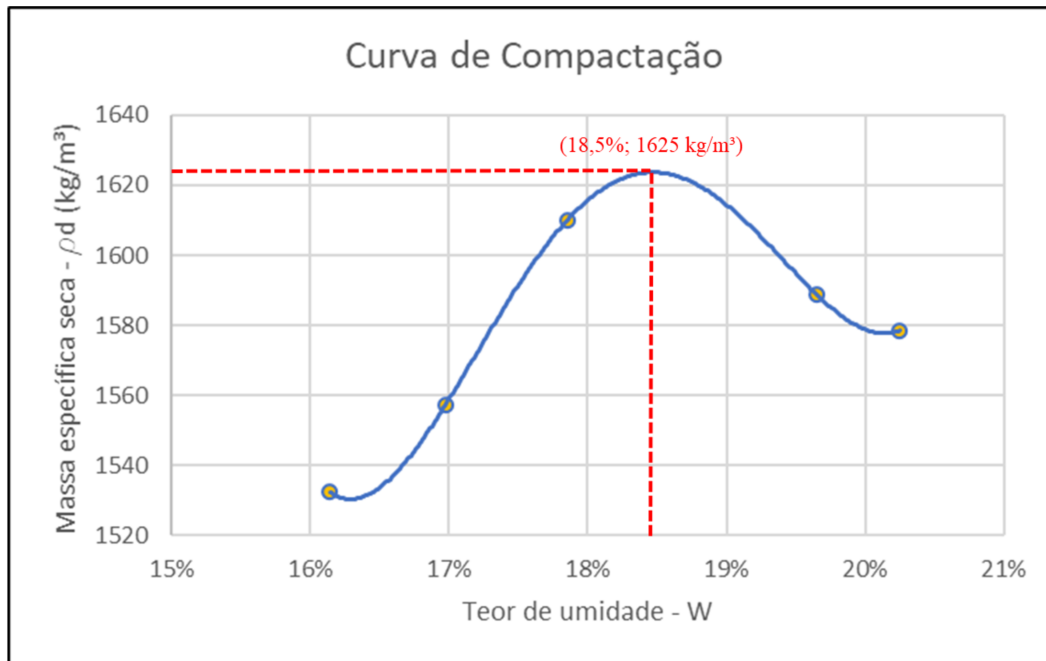
Tabela 10 – Composição granulométrica da amostra de RCC

Composição granulométrica	RCC
Pedregulho	60%
Areia Grossa	16%
Areia Média	9%
Areia Fina	8%
Silte	7%
Argila	0%

Fonte: Autor

A Curva de Compactação obtida para o RCC é mostrada na Figura 13.

Figura 13 – Curva de Compactação da amostra de RCC



Fonte: Autor

Com a curva de compactação, foi possível obter a umidade ótima e a massa específica seca máxima da amostra, e calcular a massa específica úmida, além do peso específico úmido a ser usado na simulação numérica (Tabela 11).

Tabela 11 – Parâmetros da amostra de RCC

W ótima	18,5%
ρ_d (g/cm ³)	1,62
ρ (g/cm ³)	1,92
γ (kN/m ³)	18,8

Fonte: Autor

Com base nos resultados obtidos e nas informações presentes no relatório de sondagem no ANEXO I, pode ser observado na Tabela 12 o resumo dos parâmetros do RCC. Os resultados, juntamente com os parâmetros do perfil natural e das amostras de Pereira (2019), serão utilizados para simulação de aterro no RS2.

Tabela 12 – Parâmetros da amostra de RCC

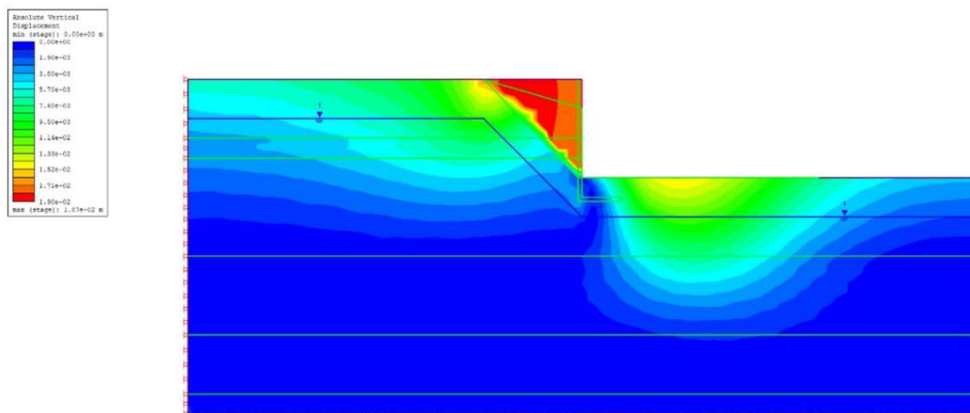
Composição	γ (kN/m ³)	Poisson	Ângulo de atrito (°)	Coesão (kN/m ²)	Es (MPa)
Areia com pedregulhos	18,7	0,4	39	0	80

Fonte: Autor

5.2 Análise numérica

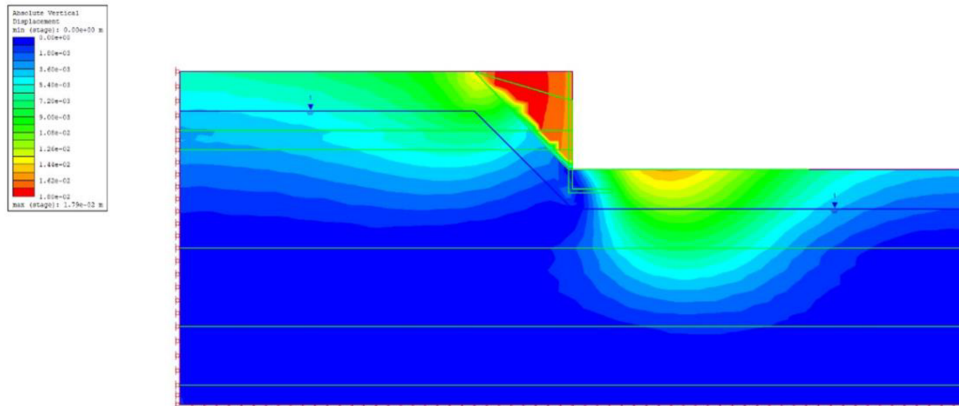
Os deslocamentos verticais do aterro feito com solo, pó de brita e RCC apresentaram maiores valores no início do aterro, região onde está o eixo do carregamento distribuído proveniente do radier com o tanque de gás. Além disso, vale lembrar que o muro de contenção para as três situações foi considerado suficientemente rígido para que fossem analisados somente os deslocamentos dos materiais de aterro. Apesar dos diagramas similares e dos valores próximos, a amostra de solo apresentou um deslocamento máximo de 1,87 cm, como pode ser observado na Figura 14, enquanto a amostra de pó de brita (Figura 15) teve um deslocamento máximo de 2,10 cm. Já a simulação com a amostra de RCC de origem cerâmica, mostrada na Figura 16, teve como resultado um deslocamento máximo de 1,80 cm.

Figura 14 – Deslocamento Vertical Absoluto do aterro com solo



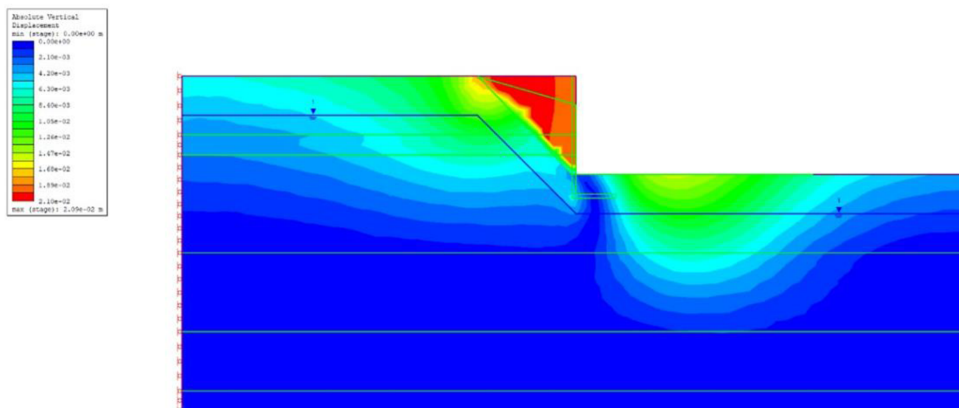
Fonte: Autor

Figura 15 – Deslocamento Vertical Absoluto do aterro com pó de brita



Fonte: Autor

Figura 16 – Deslocamento Vertical Absoluto do aterro com RCC



Fonte: Autor

5.3 Viabilidade econômica

Os orçamentos realizados para comparação consideram o uso dos materiais para a situação simulada no RS2. Foi considerado o valor de 172,5 m³ de volume para o aterro, como em Pereira (2019), para fins de comparação de orçamentos.

Assim como o pó de brita, o RCC também apresenta comportamento granular, portanto foi considerado o uso de placas vibratórias para a compactação.

O britador considerado no orçamento tem valor de locação de R\$ 2.000,00/mês com produtividade de 2 m³/h.

A comparação dos orçamentos do aterro simulado com os 3 materiais pode ser observada na Tabela 13.

Tabela 13 – Comparação de orçamentos para construção de aterro

Descrição	Und.	Solo		Pó de Brita		RCC	
		Qnt.	Total	Qnt.	Total	Qnt.	Total
Caçamba	R\$ 340,00	29,00	R\$ 9.860,00	29,00	R\$ 9.860,00	-	R\$ -
Mão de obra p/ descarte (h)	R\$ 20,00	261,00	R\$ 5.220,00	261,00	R\$ 5.220,00	-	R\$ -
Britador (mês)	R\$ 2.000,00	-	R\$ -	-	R\$ -	1,00	R\$ 2.000,00
Placa Vibratória (diária)	R\$ 290,00	-	R\$ -	2,00	R\$ 580,00	2,00	R\$ 580,00
Sapo (diária)	R\$ 150,00	4,00	R\$ 600,00	-	R\$ -	-	R\$ -
Material - Solo (m ³)	R\$ 35,00	172,50	R\$ 6.037,50	-	R\$ -	-	R\$ -
Material - Pó de Brita (m ³)	R\$ 67,50	-	R\$ -	172,50	R\$ 11.643,75	-	R\$ -
Frete (R\$/m ³)	R\$ 7,50	-	R\$ -	172,50	R\$ 1.293,75	-	R\$ -
Retroescavadeira (diária)	R\$ 1.350,00	4,00	R\$ 5.400,00	2,00	R\$ 2.700,00	2,00	R\$ 2.700,00
Mão de obra p/ aterro (h)	R\$ 20,00	108,00	R\$ 2.160,00	54,00	R\$ 1.080,00	54,00	R\$ 1.080,00
Total			R\$ 29.277,50		R\$ 32.377,50		R\$ 6.360,00

Fonte: Autor

O valor total para a construção do aterro com a utilização de solo foi de R\$ 29.277,50 e com a utilização de pó de brita foi de R\$ 32.377,50. Enquanto isso, o valor total estimado utilizando RCC foi de R\$ 6.360,00.

6 CONCLUSÃO

O impacto do alto volume de geração de RCC e de exploração de recursos na construção civil é muito grande e devem ser estudadas alternativas para utilização desse RCC e redução da exploração de recursos, como areia, brita e solo. Essa pesquisa aponta uma solução para os dois problemas ao se utilizar AR como material para aterro, evitando a extração de solo de áreas de empréstimo. Os resultados do material analisado neste trabalho foram comparados aos resultados obtidos por Pereira (2019) para solo e pó de brita. Em relação aos parâmetros de resistência, não foram observadas diferenças significativas no deslocamento vertical absoluto

máximo apresentado para cada amostra. Isso indica que, em termos geotécnicos, os três materiais são adequados para uso em situação de aterro. Em termos de qualidade do solo para plantio, existem pesquisas que apontam benefícios de se incorporar AR de origem cerâmica no solo como condicionador para retenção de água de solos arenosos. É interessante que seja analisado com mais detalhes a quantidade de AR que pode ser incorporada no solo para garantir o melhor desempenho para plantio. Ainda, a análise econômica mostrou uma vantagem fortemente significativa em se utilizar AR como aterro, uma vez que não se aplicam os custos de descarte de RCC e compra de material para aterro. É importante ressaltar que os valores obtidos na análise econômica devem ser revisados para o caso de grandes construtoras cujas obras têm possibilidade de suprir as necessidades de corte e aterro entre si. Sendo assim, é necessário que se faça um estudo de viabilidade em cada caso para verificar se há ou não vantagens econômicas ao se utilizar AR como aterro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON. **O que é entulho?** São Paulo: ABRECON, 2022. Disponível em: <https://abrecon.org.br/reciclagem-de-entulho-residuos-da-construcao-e-demolicao-rcd/o-que-entulho/#:~:text=Numa%20linguagem%20mais%20t%C3%A9cnica%2C%20o,de%20reforma%2C%20escava%C3%A7%C3%A3o%20ou%20demoli%C3%A7%C3%A3o.> Acesso em: 5 jul, 2022.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2021. 54 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 7 abr, 2022.

ALBERTE, E. P. V.; HANDRO, J. B. Estado do conhecimento acerca de especificações técnicas e normativas para agregados reciclados de RCD. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 305-320, jul./set. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300553>. Acesso em: 23 mai, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457:** Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Versão corrigida. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181:** Análise granulométrica. Versão corrigida. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7182:** Ensaio de compactação. Versão corrigida. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15115:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação: Procedimentos. 1ª edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116:** Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland: Requisitos e métodos de ensaios. 2ª edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 20 p.

CBIC. **PIB da construção fecha o ano com crescimento de 9,7%, a maior alta em 11 anos.**

Brasília: CBIC, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/>. Acesso em: 11 abr, 2022.

CBIC. **Vendas de novos imóveis cresceram 12,8% em 2021.** Brasília: CBIC, 2022.

Disponível em: [https://cbic.org.br/vendas-de-novos-imoveis-cresceram-128-em-2021/#:~:text=O%20n%C3%BAmero%20de%20vendas%20de,3%2C8%25%20de%20crescimento](https://cbic.org.br/vendas-de-novos-imoveis-cresceram-128-em-2021/#:~:text=O%20n%C3%BAmero%20de%20vendas%20de,3%2C8%25%20de%20crescimento.). Acesso em: 29 jul, 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307.** Brasília: CONAMA, 2022. 7 p. Disponível em:

http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305.

Acesso em: 11 abr, 2022.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Uberlândia: DMAE, 2019. Disponível em:

<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/legislacao-dmae/>.

Acesso em: 11 abr, 2022.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, jul./set. 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ac/a/WRRWcQRR5rfDsNFSCvGyhTk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso

em: 11 abr, 2022.

JUSBRASIL. **Lei 10280/09** | Lei nº 10280 de 28 de setembro de 2009. Disponível em:

<https://cm-uberlandia.jusbrasil.com.br/legislacao/835192/lei-10280-09>. Acesso em: 11 abr,

2022.

LESSO, P. R. O.; GUANOR, J. R.; CARDOSO, R. D.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; OLIVEIRA, C. R.; BACCHI, O. O. S. **Utilização de resíduos de construção e de demolição reciclados (RCD-R) como condicionadores de solo.** São Carlos: EMBRAPA, 2010.

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23978/1/Paulo-Lasso-Resumo-2-2.pdf>. Acesso em: 02 ago, 2022.

MACEDO, T.; LAFAYETTE, K.; BEZERRA, J. **Comportamento das misturas de agregado reciclado-solo para fins geotécnicos**. Maceió: ENTAC, 2014. 10 p. Disponível em: https://web.archive.org/web/20180602005138id_/http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_604.pdf. Acesso em: 11 abr, 2022.

MARANGON, M. **Geotecnia de Fundações**. 2018. 176 p. Disponível em: [M. Marangon - Geotecnia de Fundações | PDF | Argila | Areia \(scribd.com\)](#). Acesso em: 01 ago, 2022.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009. 16 p. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52849997/a_reciclagem_de_residuos_de_contrucao_e_domllicao_no_brasil-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1649800349&Signature=dIMfRi3Z-nhLKvvDwuBWgzXpdK3c6AHYhL8HivNSbFEh6a1XjCuacyZVDzg-bOMs4WUaXnlUiAMmLmYcf5U3-okk4l6ROFcfwfeKzdDoorMv8wOafitmdgZz4o6MekXIGQZJ927JjykVqhQSpnv0TCwZdi7Xnv-UTdtePhmUNnFdsyobUhGg4Zjks4et9Ei0KM6LNbYc9BQ4Aa3rE0Vy2onE~KqNpPWopJoWGupvH9i3PgIJqDgB703QmY0m5fTFHFUt7kkY00c0g9gzCLfdvR1cmRnjYtNrgE2hEeexldrQU998YwCXcraw0NWtIBCuR0v40lL3QDRYwUtXmGXWnJg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 11 abr, 2022.

PEREIRA, I. C. I. **Aplicação de pó de pedra em um aterro**. Uberlândia, 2019. 31 p. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28056>. Acesso em: 11 abr, 2022.

PIVETTA, C. P.; VENDRUSCOLO, M. A. **Análise de solo compactado com resíduo de construção e demolição**. 2017. 5 p. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/8041/6772>. Acesso em: 02 ago, 2022.

RAMALHO, A. M.; PIRES, A. M. M. **Viabilidade do uso agrícola de resíduo da construção civil e da indústria cerâmica: atributos químicos**. São Paulo, 2009. 6 p. Disponível em:

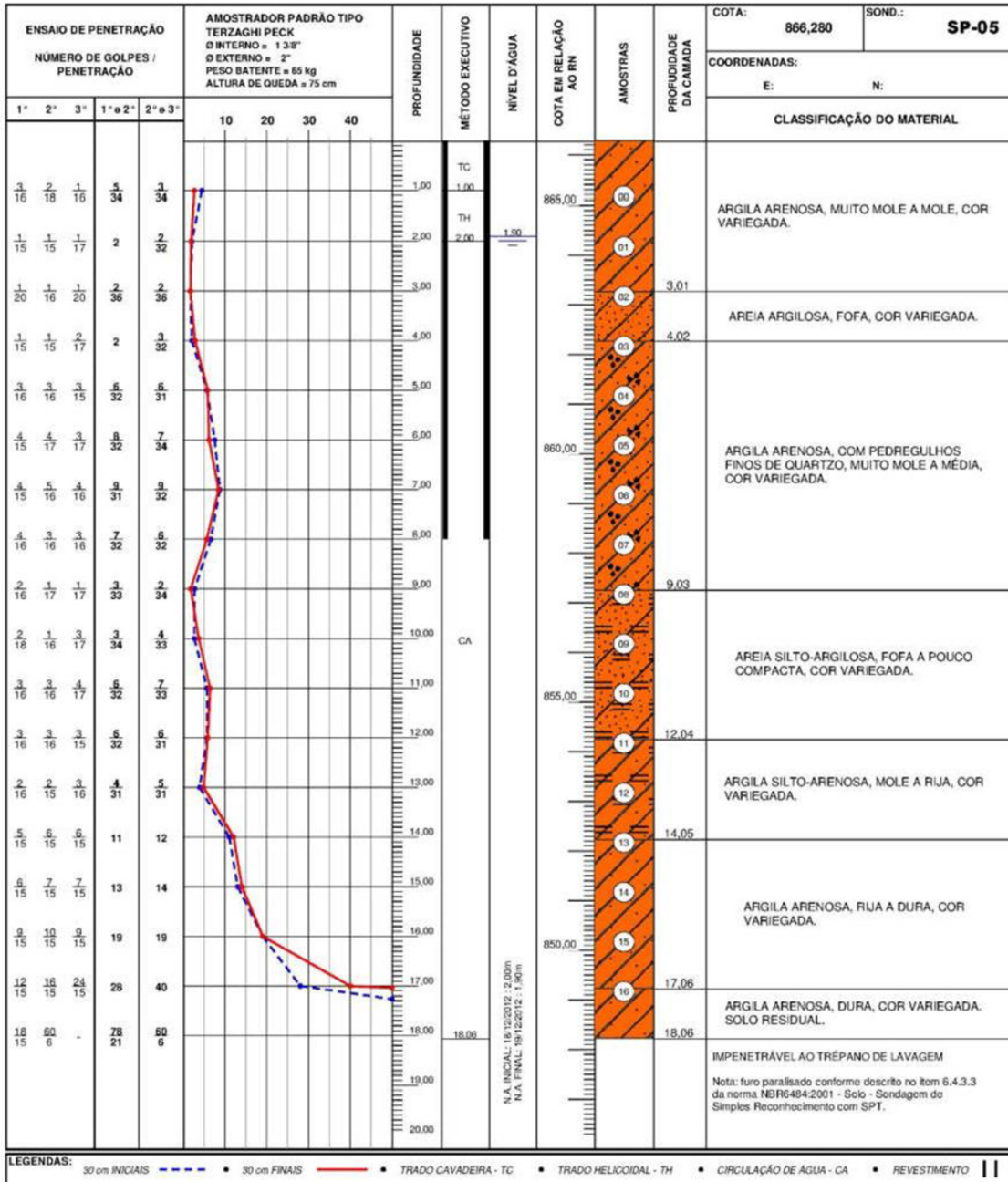
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143342/1/2009AA-001.pdf>. Acesso em: 07 ago, 2022.

ROCSCIENCE. **RS2**. 2022.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. São Carlos, 2007. 168 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-10042007-110106/publico/dissertacao.pdf>. Acesso em: 07 ago, 2022.

SILVA, M. F. **Estudo da adição de resíduos da construção civil (rcc) para estabilização granulométrica de um solo da região do vale do araguaia, para fins de pavimentação**. Barra do Garças, 2019. 75 p. Disponível em: https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1048/1/TCC_2019_Matheus%20Fernandes%20Silva.pdf. Acesso em: 07 ago, 2022.

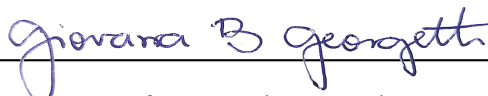
ANEXO I



FOLHA DE ASSINATURAS



Aluno: Alex Douglas Alves Lima



Orientadora: Prof^a. Dra. Giovana Bizão Georgetti

Uberlândia, 02 de setembro de 2022.