XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/107

MELHORAMENTO DE SOLO ATRAVÉS DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CÍVIL NO BRASIL: REVISÃO SISTEMÁTICA

Mailson Augusto Almeida Cartaxo
Egresso do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, mailsoncartaxo@gmail.com

Juliette Macena de Souza
Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, juliette-souza@hotmail.com

Jucimara Cardoso da Silva
Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, jucimara.engenhariacivil@gmail.com

Luiz Henrique de Lima Aureliano
Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, luizlima.ec@gmail.com

Sonaly Mendes Arruda
Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, sonaly_mendes@hotmail.com

Carina Silvani
Doutora Professora do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, carinasilvani@gmail.com

RESUMO: Dentre as técnicas de melhoramento de solo as que utilizam agregados mostram-se como boa opção para solos que apresentam baixa capacidade de suporte, e o RCD vem se tornando esse material que além de agregado, é reutilizado e de grande disponibilidade, contribuindo para o alcance da ODS 11 estabelecida na Agenda 2030, que prioriza a seguridade e sustentabilidade das construções. Nesse contexto, a presente pesquisa objetiva identificar as tendências do uso de RCD no melhoramento de solo no Brasil através de estudos acadêmicos nos últimos dez anos. A pesquisa foi realizada nos moldes da revisão sistemática, mais especificamente pelo método Systematic Search Flow (SSF), que consiste na definição das plataformas de coleta dos trabalhos científicos nos últimos dez anos, que foram a CAPES E COBRAMSEG, em seguida avaliou-se todos os trabalhos que assemelhavam com o tema de estudo, o que elimina o viés do autor. De todos os trabalhos avaliados, encontrou-se 34 trabalhos científicos que discutiam a estabilização do solo através de misturas solo-RCD. Os estudos envolvendo as misturas de solo RCD vem crescendo nos últimos dez anos, alcançando o maior número em 2018, com 14 produções acadêmicas, com posição de destaque para o Nordeste com 14 publicações. Foram identificadas as finalidades de pavimentação, filtro de barragens e aterro sanitário para as misturas solo-RCD avaliadas por 19 tipos de ensaios distintos, com 94% dos resultados acenando positivamente para o uso do RCD na estabilização dos solos. Como conclusões gerais os estudos realizados com resíduos de construção e demolição apontam para a viabilidade do reuso do RCD visando substituir recursos naturais, escassos, diminuir a deposição ilegal de resíduos sólidos, e até mesmo melhorar propriedades geotécnicas dos materiais usados nas obras.

Palavras-chave: Estabilização de solo, RCD, Sustentabilidade, Systematic Search Flow.

ABSTRACT: Among soil improvement techniques, those that use aggregates have proven to be a good option for soils with low bearing capacity, and C&D waste is becoming that material which, in addition to being an aggregate, is reused and widely available, contributing to the achievement of SDG 11 established in the 2030 Agenda, which prioritizes the safety and sustainability of buildings. In this context, the present research aims to identify trends in the use of recycled construction and demolition waste (RCD) for soil improvement in Brazil through academic studies over the last ten years. The research was conducted using the systematic review method, more specifically the Systematic Search Flow (SSF) method, which consists of defining the platforms for collecting scientific works from the last ten years, which were CAPES and COBRAMSEG, and then evaluating all works that were similar to the study topic, thus eliminating author bias. Of all the studies evaluated, 34 scientific papers discussed soil stabilization through soil-CDW mixtures. Studies involving soil-CDW mixtures have been growing in the last ten years, reaching the highest number in 2018, with 14 academic productions, with the Northeast region standing out with 14 publications. The purposes of paving, dam filtration, and sanitary landfill for soil-CDW mixtures evaluated by 19 different types of tests were identified, with 94% of the results indicating a positive use for CDW in soil stabilization. In general conclusions, the studies carried out with construction and demolition waste point to the viability of reusing CDW to replace scarce natural resources, reduce illegal dumping of solid waste, and even improve the geotechnical properties of materials used in construction.

Keywords: Soil stabilization, C&D waste, Sustainability, Systematic Search Flow.

1 INTRODUÇÃO

Na engenharia, as soluções adotadas para solos com baixa capacidade de suporte podem, frequentemente, ser onerosas e inviáveis, a depender do porte do empreendimento. Por isso, um dos grandes desafios da Engenharia Geotécnica atual é encontrar formas mais econômicas de resolver os problemas de estabilização de solos em obras de fundações superficiais, pavimentação e barragens (DALLA ROSA, 2009).

Embora solos granulares sejam ideais para obras de engenharia por sua estabilidade e alta resistência mecânica, é comum não deparar-se com esse tipo de solo nas áreas em que se deseja construir. Nesses casos, técnicas de melhoramento são essenciais para garantir a segurança da construção em terrenos menos favoráveis.

Dentre as técnicas de melhoramento de solo, a estabilização granulométrica com adição de agregados mostra-se como boa opção para solos que apresentam baixa capacidade de suporte (LEITE et al., 2016). Segundo Silva et al. (2019) um material que pode tornar-se agregado, reutilizado e de grande disponibilidade, que vem sendo utilizado no melhoramento de solos são os Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

O Brasil é um grande gerador de RCD, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que observou que os municípios coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2017. A ABRELPE destaca ainda que a quantidade total de RCD gerado é maior que o contabilizado, uma vez que os municípios coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos.

Os RCD podem ser aplicados como agregados reciclados após passar por um processo de beneficiamento. Os agregados reciclados de RCD têm sido empregados em diversas áreas da construção civil de maneira satisfatória, inclusive no reforço de solos, por meio de sua estabilização granulométrica, proporcionando a estas menores deformações e melhores características resistentes (SILVA et al., 2019).

Diversos estudos apontam melhoria dos solos através da adição de RCD. Santos (2007), ao avaliar a aplicação de diferentes teores de agregado reciclado de RCD em estruturas de solo reforçado, como material de preenchimento, observou que o solo apresentou maior resistência mecânica quando comparado ao solo

puro. Ferreira e Thomé (2011) observaram que através do uso do RCD, foi possível aumentar a capacidade de carga de um solo residual de basalto, bem como reduzir seu recalque. Dias (2014), utilizou agregados reciclados de RCD misturados a um solo tropical. Os resultados mostraram que o acréscimo de RCD ao solo melhorou o comportamento hidromecânico do solo, evidenciando-se como uma alternativa viável e econômica para uso do melhoramento dos solos destinados às obras de engenharia.

A busca por opções que proporcionem a melhoria das características de solos para serem aplicados em atividades de construção, assim como a adequada destinação dos resíduos RCD's justificam as pesquisas que envolvam o uso destes no melhoramento de solos. Estas pesquisas contribuem também para o alcance do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável ODS 11 estabelecido na Agenda 2030, que prioriza a seguridade e a sustentabilidade das construções. Nesse contexto, a presente pesquisa objetivou ampliar a diversidade de parâmetros geotécnicos, catalogar resultados para fornecer embasamento para soluções práticas, através de uma revisão sistemática sobre uso de RCD no melhoramento de solo no Brasil através de estudos acadêmicos nos últimos dez anos.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão sistemática da literatura, essa metodologia foi aplicada para identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos relevantes referente ao tema aqui estudado, garantindo maior confiabilidade aos resultados e permitindo identificar lacunas na produção científica que podem orientar pesquisas futuras. Para condução da revisão sistemática foi adotado o método Systematic Search Flow (SSF), proposto por Farenhof e Fernandes (2016). O método é estruturado em fases que envolvem o mapeamento do campo de estudo, pesquisa exaustiva da literatura, avaliação da qualidade dos trabalhos, extração e síntese dos dados e, por fim, a elaboração do texto científico.

Inicialmente foi definido o protocolo de pesquisa, estabelecendo-se a temática do estudo: produções científicas brasileiras relacionadas ao uso de resíduos de construção e demolição (RCD) no melhoramento de solos. Em seguida foram selecionadas as bases de dados utilizadas para coleta das informações. As fontes escolhidas foram o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e os anais do Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), por representarem grande parte da produção científica nacional na área de geotecnia.

Posteriormente, foi definido um recorte temporal entre os anos de 2010 e 2019, com o objetivo de identificar as publicações mais recentes sobre o tema. Na plataforma CAPES, a busca foi realizada por meio de filtros como palavras-chave relacionadas ao tema (RCC, RCD e resíduos de construção), grande área de conhecimento (Engenharias), área de conhecimento (Engenharia Civil) e áreas de concentração associadas à geotecnia e gerenciamento de resíduos. Já nos anais do COBRAMSEG, foi realizada a leitura dos títulos e resumos dos trabalhos disponíveis nos eventos do período analisado.

Em seguida, foi realizada a etapa de filtragem, na qual foram analisados os resumos dos trabalhos encontrados, excluindo aqueles que não apresentavam relação direta com o tema da pesquisa. Ao todo foram identificadas 3417 produções científicas, das quais 48 trabalhos foram inicialmente selecionados por apresentarem maior afinidade com a temática. Em seguida, procedeu-se à leitura completa desses estudos, resultando na seleção final de 34 trabalhos científicos considerados representativos para a análise.

Na fase de análise dos dados, as informações extraídas dos trabalhos selecionados foram organizadas em uma base de dados no software Excel. Foram coletadas variáveis como ano de publicação, região e estado onde a pesquisa foi realizada, tipo de solo estudado, finalidade da mistura solo-RCD, tipo e beneficiamento do resíduo, ensaios realizados e principais resultados obtidos. Essa organização permitiu identificar padrões, tendências e lacunas nas pesquisas relacionadas ao uso de RCD no melhoramento de solos no Brasil.

Por fim, realizou-se a síntese das informações obtidas, consolidando os resultados e permitindo uma visão geral da produção científica sobre o tema. A última etapa consistiu na redação do trabalho científico, apresentando as tendências identificadas, as aplicações do RCD em obras geotécnicas e as principais contribuições dos estudos analisados para o avanço do conhecimento na área.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição dos trabalhos encontrados. Os anos apresentados em sua maioria são anos pares, pois o COBRAMSEG é realizado em anos pares. Os trabalhos obtidos, nas bases do COBRAMSEG e CAPES possuem uma distribuição mais concentrada nos anos de 2016 e 2018, registrando o maior número de publicações no ano de 2018. A linha de frequência acumulada da Figura 1 mostra o crescimento das publicações envolvendo o uso do RCD no melhoramento do solo ao longo dos anos, com crescimento acentuado entre os anos de 2014 e 2016.

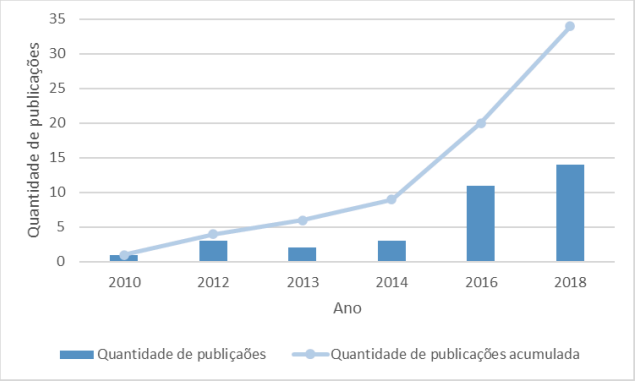


Figura 1. Linha do tempo, publicações por ano
Fonte: Cartaxo (2020).

Pode-se entender o crescimento de publicações devido a três principais motivos: crescimento da construção civil no Brasil na última década, compromisso da humanidade com o desenvolvimento sustentável e aumento do investimento em ensino superior e pesquisa no Brasil. Kureski (2018) expõe que construção Civil é fundamental para os ciclos de crescimento no Brasil, e incentivos como concessão de créditos, juros mais compatíveis e incentivos fiscais aumentaram nos últimos anos a produção da indústria da construção civil.

A Figura 2 apresenta a distribuição de trabalhos pelas regiões do Brasil e observa-se que a região Nordeste apresentou 14 publicações, isolando-se como a região que mais publicou sobre o assunto. Em seguida, a região Sul com 8 publicações, Centro-Oeste com 7 publicações, Sudeste com 4 publicações e a região Norte representada por 1 publicação.

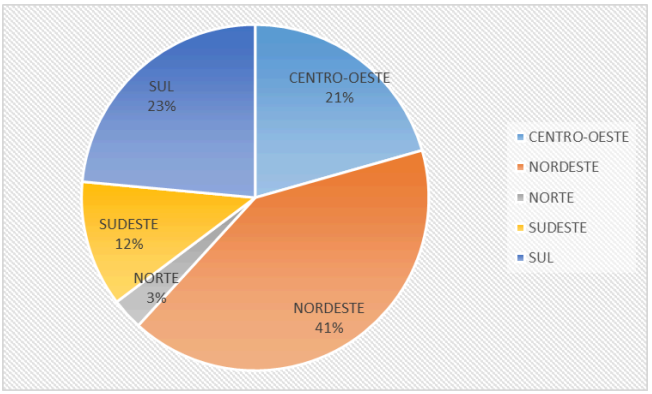


Figura 2. Publicações por região Dos 27 estados federativos, 10 estados foram representados com publicações (Figura 3).
Fonte: Cartaxo (2020).

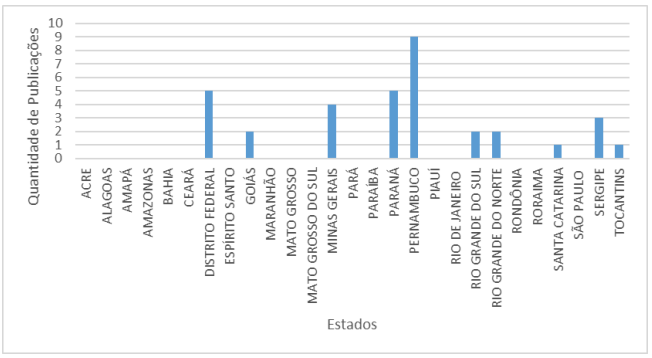


Figura 3. Publicações por estado
Fonte: Cartaxo (2020).

Segundo a ABRECON (2020) o ano de 2018 a região Nordeste apresentou o segundo maior volume de RCD do Brasil, foram 24.123 toneladas por dia, evidenciando o problema ambiental da destinação incorreta desses resíduos. Outro fator que contribui para o destaque dessa região, é a quantidade de cursos de pós-graduação na área de Engenharia Civil, de acordo com a plataforma sucupira da CAPES, no Nordeste possui 16 pós-graduações e destas 4 são no estado de Pernambuco.

A Figura 4 apresenta a distribuição dos tipos de solo dentre os trabalhos científicos selecionados. Pode-se perceber que uma grande parte dos solos não foi identificada e não apresenta os resultados dos ensaios necessários para sua classificação. A areia argilosa SC foi estudada em 9 trabalhos, representando 41% dos trabalhos científicos identificados, em seguida a argila de baixa compressibilidade CL e silte de baixa compressibilidade ML, constituíram fonte de pesquisa em 4 trabalho, areia siltosa SF em 3 trabalhos argila plástica em 2 trabalhos.

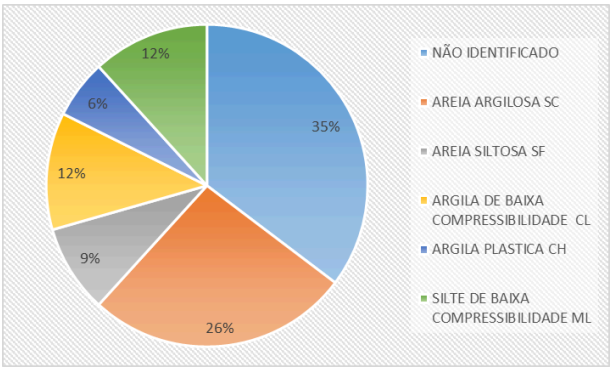


Figura 4. Classificação dos solos
Fonte: Cartaxo (2020).

Alguns trabalhos selecionados indicavam a aplicação da mistura Solo-RCD estudada, quando não indicada, interpretou-se como melhoramento das características do solo avaliada por ensaios laboratoriais, a Figura 5 exibe a distribuição dos usos dessas misturas.

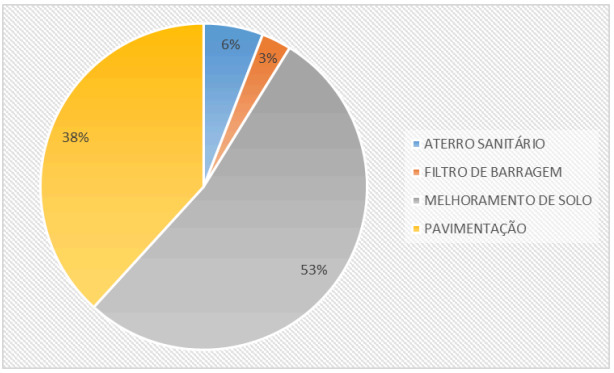


Figura 5. Finalidade da mistura solo-RCD
Fonte: Cartaxo (2020).

A figura 6 exibe que 91% dos trabalhos científicos identificaram a classe do resíduo e entre os que identificaram, foi unânime a escolha da classe A do resíduo da construção civil.

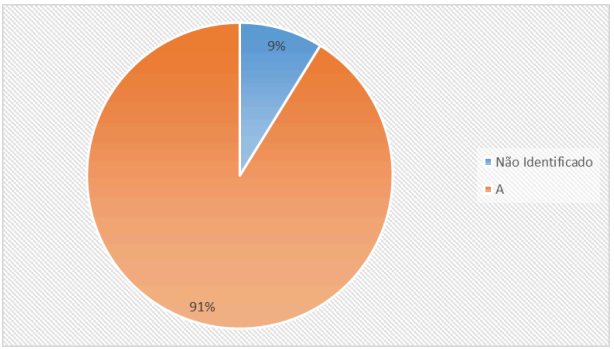


Figura 6. Classificação do RCD
Fonte: Cartaxo (2020).

Os RCD são divididos em 4 classes de acordo com os critérios definidos pelo CONAMA, a classe A compreende a resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: solos provenientes de terraplanagem, argamassa, componentes cerâmicos e concreto. Os processos de beneficiamento do resíduo

consistem em britagem, peneiramento e separação magnética. Todos os trabalhos científicos apresentaram processo de beneficiamento do RCD (Figura 7).

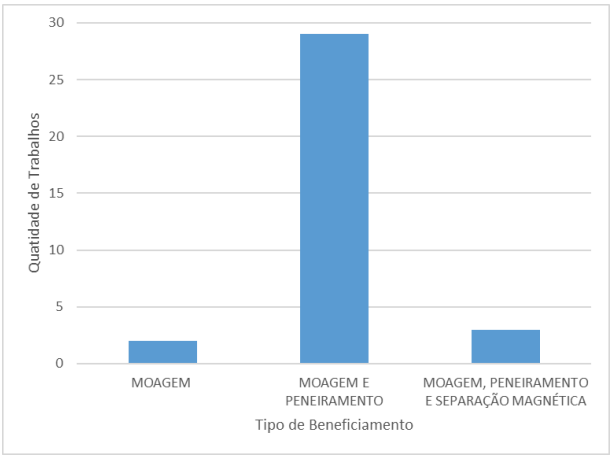


Figura 7. Processos de Beneficiamento
Fonte: Cartaxo (2020).

A Figura 8 apresenta o material predominante nos materiais estudados, percebe-se que o resíduo cinza foi material predominante do RCD em 53% dos trabalhos científicos e o resíduo cerâmico foi considerado material predominante em apenas 6% dos estudos. É importante destacar que 41% não apresentaram esta caracterização.

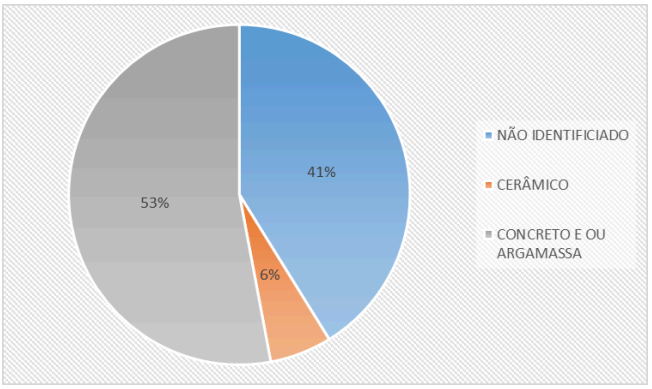


Figura 8. Material predominante do RCD
Fonte: Cartaxo (2020).

A Figura 9 expõe o desempenho da adição de RCD ao solo. Os resultados foram classificados como: positivo, negativo ou indiferente mediante aos ensaios realizados por cada produção científica. Os resultados globais mostraram-se predominantemente positivos ao uso do RCD em mistura com solo para todas as aplicações da mistura, representando 94% dos trabalhos científicos, totalizando 32 produções. Um trabalho mostrou resultado negativo e um apresentou resultado indiferente.

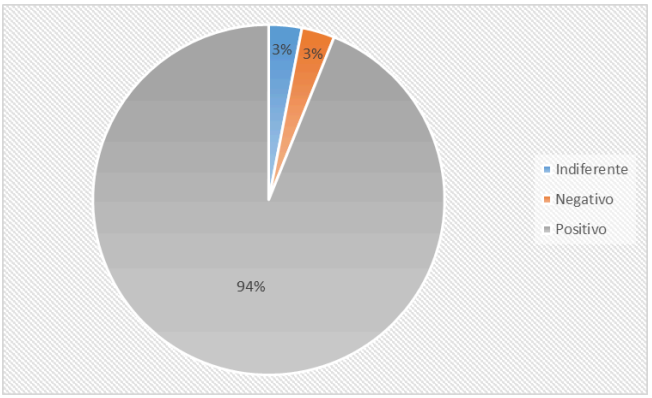


Figura 9. Resultado global dos trabalhos científicos
Fonte: Cartaxo (2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como conclusões gerais, os estudos apontam a viabilidade do reuso do RCD em substituição a recursos naturais escassos. Além de reduzir a deposição ilegal de resíduos, essa prática melhora as propriedades geotécnicas dos materiais empregados nas obras.

A partir da revisão sistemática, foi possível concluir que as aplicações mais comuns para as misturas solo-RCD são: aterro sanitário, filtro de barragem e pavimentação, com grande destaque para última. As misturas de solo-RCD avaliadas por 19 ensaios distintos para avaliar a resistência, permeabilidade, deformação e formação de fissuras. Observou-se um desempenho positivo.

A região Nordeste apresentou mais publicações sobre o uso do RCD para o melhoramento do solo, com 14 publicações dos 34 trabalhos científicos.

Nos últimos anos, houve um aumento considerável das produções científicas envolvendo o uso do RCD para estabilização de solos, com destaque para o ano de 2018, totalizando 14 publicações.

Devido às suas características técnicas e logísticas, o uso do RCD em melhoramento de solo vem aumentando, representando uma alternativa na busca por construções mais sustentáveis e evidenciando o grande potencial da reciclagem desse material.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira Para Reciclagem De Resíduos Da Construção Civil E Demolição (ABRECON). Mapa. [S. l.], 2020. Disponível em: https://abrecon.org.br/mapa/. Acesso em: 18 nov. 2020.

Cartaxo, M. A. A. *Melhoramento de solo através da adição de resíduo da construção cívil no Brasil: revisão sistemática*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

Dalla Rosa, A. *Estudo dos parâmetros-chave no controle de resistência de misturas solo-cinza-cal*. 2009. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2009.

Dias, M. C. C. *Viabilidade do uso de solo tropical e resíduo de construção civil em sistemas de cobertura de aterro sanitário*, Dissertação de M. Sc., EEC/UFG, Goiânia, GO, Brasil, 2014.

Farenhof, H.A; Fernandes, R.F. *Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método ssf*. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, [s. l.], ano 2016, 2016.

Ferreira; M.C. Thome; A. *Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um*

solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais. Passo Fundo, 2011.

Leite, C.; Neto, T.; Aguiar, M.; Oliveira, F.H. *Análise de melhoramento de solo com brita e resíduos de construção e demolição para camadas de pavimentos no estado do Ceará.* Conexões - Ciência e Tecnologia. 2016.

Silva, A.C.; Fucale, S.; Ferreira, S.R.M. *Efeito da adição de resíduos da construção e demolição (RCD) nas propriedades hidromecânicas de um solo arenoargiloso*. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, e12355, 2019.

Silva, L.S.A. Lean *Construction: uma busca sistemática da literatura*. Orientador: Prof. Cristine do Nascimento Mutti. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, [S. l.], 2019.

Santos, E. C. G., *Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCDR) em estruturas de solo reforçado*, Dissertação de M.Sc., EESC/USP, São Carlos, SP, Brasil, 2007.