

## **Estudo da viabilidade do uso dos Resíduos de Construção Civil (RCC) no sistema de cobertura dos Aterros Sanitários: uma revisão bibliográfica**

**Janaína Vasconcelos Cedraz dos Santos<sup>1</sup>**  
(janainacedraz@gmail.com)

Professor orientador: Me. Paulo Ricardo Ramos Santos

Coordenação de curso de Engenharia Civil

### **Resumo**

O setor da construção civil é um dos responsáveis por intensificar a problemática do gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, em função da alta geração de resíduos com grande volume e disposição final, por vezes, ambientalmente incorreta. Parte dos Resíduos de Construção Civil (RCC) possuem uma grande capacidade de reaproveitamento e, dentro desse contexto, uma série de iniciativas vem surgindo para contribuir com a minimização do impacto ambiental promovido por esta atividade. Feitas tais considerações, o presente artigo objetivou avaliar o emprego do resíduo de construção civil como uma alternativa na camada de cobertura dos aterros sanitários, obra de engenharia considerada a disposição final mais adequada para os RSU. O estudo tem caráter qualitativo e exploratório, no qual se realizou uma revisão bibliográfica sobre o tema, reunindo aspectos que tangem os assuntos dos Resíduos Sólidos, Resíduos de Construção Civil e Aterros Sanitários. Foram selecionados cinco estudos de caso para discutir a aplicabilidade supracitada. Notou-se que a capacidade de reaproveitamento dos RCC vai além do que se discutiu o trabalho, e, como cobertura final para aterros sanitários se inserem como uma alternativa eficaz e capaz de potencializar o uso do solo.

Palavras-chave: Resíduos de Construção Civil, Aterro Sanitário, Cobertura final.

### **1. INTRODUÇÃO**

O processo de urbanização decorrente do desenvolvimento econômico é um dos grandes responsáveis por taxas cada vez mais crescentes de geração de Resíduos Sólidos (RS). Estes últimos são definidos materiais resultantes das atividades humanas que devem ser dispostos em locais ambientalmente adequados com a melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

A geração dos RS traz consigo uma grande problemática: a disposição final ambientalmente adequada ainda não possui uma taxa de cobertura satisfatória no Brasil. A quantidade de resíduo que ainda é disposto incorretamente no país equivale a quase 40%, segundo dados do último Panorama de Resíduos Sólidos realizado em 2021 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021).

Além disso, a grande carga de resíduo que vai para os Aterros Sanitários acaba por reduzir o seu ciclo de vida e, portanto, alternativas acabam sendo viabilizadas para otimizar este processo.

A reutilização e a reciclagem são dois processos que viabilizam a redução da carga de resíduo que é encaminhada para o Aterro Sanitário. A reutilização consiste no processo de

---

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Civil – Faculdade Ages de Jacobina

reaplicação de um resíduo sem transformação do mesmo, enquanto a reciclagem trata-se do processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido pelo processo de transformação (CONAMA, 2007).

Para os Resíduos de Construção Civil (RCC), provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obra de construção civil (CONAMA, 2007), que possuem um grande volume e, por vezes, destinação ambiental incorreta, muito se tem estudado as possibilidades de reaproveitamento nas quais uma delas é a sua utilização em camadas de cobertura do Aterro Sanitário.

Destarte, o presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade do uso dos Resíduos de Construção Civil nas camadas de cobertura de um Aterro Sanitário, utilizando, para isso, resultados já produzidos por estudos anteriores a fim de propor novos pontos que devem ser avaliados.

## 2. RESÍDUOS SÓLIDOS

Os Resíduos Sólidos são definidos como

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010, Art. 3).

Este material é classificado, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), quanto a origem e a sua periculosidade. No que se refere à origem, os RS classificam-se em: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e de mineração (BRASIL, 2010).

A NBR 10004, por sua vez, classifica os resíduos em a) resíduo Classe I – Perigosos; b) resíduo Classe II – Não Perigosos que podem ser Classe II A – Não inertes ou Classe II B – Inertes (ABNT, 2004). O quadro 1 tipifica tal classificação.

**Quadro 1 – Classificação e tipologia dos Resíduos segundo a NBR 10004**

<b>Classificação</b>	<b>Tipificação</b>
Classe I – Perigosos	Todos os resíduos que apresentam periculosidade ou características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade.
Classe II A – Não inertes	Resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduo Classe I – Perigosos ou de resíduo Classe II B – Inertes, e podem apresentar propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água
Classe II B – Inertes	Resíduos que, quando amostrados, de acordo com a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem modificação em nenhum dos seus constituintes quando solubilizados a concentrações superiores aos padrões da qualidade da água, exceto nos aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor.

Fonte: ABNT NBR 10004 (2004).

De acordo com a PNRS, a redução da geração de resíduos no Brasil é tida como prioridade. Entretanto, as taxas de geração vêm crescendo em função do desenvolvimento das atividades humanas que são resultado direto do processo de aquisição e consumo de bens e produtos (ABRELPE, 2021; BRASIL, 2010).

No ano de 2021, o Brasil foi responsável pela geração de 82.477.300 toneladas nos quais um total de 390 kg é gerado por habitante ao ano. A região que mais se destaca em geração de resíduo é a região Sudeste com participação em 49,7% do total desta taxa, seguida pelo Nordeste (24,7%), Sul (10,8%), Centro-Oeste (7,5%) e Norte (7,4%) (ABRELPE, 2021).

Apesar de, numericamente, o Brasil possuir altas taxas de cobertura de coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nenhuma região possui uma cobertura que consiga atingir 100% dos resíduos gerados. De acordo com os dados da ABRELPE, no último panorama realizado em 2021, o país hoje possui uma cobertura de coleta equivalente a 92% do total dos resíduos.

Arelado a isto, outra grande problemática que tem tomado parte das iniciativas políticas e científicas é a disposição final dos RSU no Brasil: cerca de apenas 60,2% dos resíduos possuem uma disposição adequada, o que equivale a 45.802.448 toneladas; enquanto 39,8% (30.277.390 toneladas) possuem uma disposição final ambientalmente incorreta (ABRELPE, 2021).

Nesse sentido, alternativas viáveis que impeça que o resíduo tenha uma destinação incorreta, de forma a reduzir os impactos ambientais, são bastante aplicáveis para a realidade brasileira. O setor da construção civil, por exemplo, com base nos estudos de Ribeiro et al (2016), em função do seu desenvolvimento, tem contribuído consideravelmente para os problemas ambientais pela geração do elevado volume de resíduos e seu descarte indevido.

A necessidade de se encontrar formas para reaproveitar os resíduos gerados pela construção civil, visando minimizar a extração excessiva de recursos naturais e evitar o descarte desnecessário de materiais vem ficando em evidência. Atualmente, os entulhos descartados de forma incorreta dificultam o seu reaproveitamento acarretando riscos à saúde e ao meio ambiente (RIBEIRO et al, 2016).

Sendo assim, nos próximos tópicos deste trabalho será discutida a problemática em torno dos Resíduos de Construção Civil (RCC) e a sua possibilidade de reaproveitamento em Aterros Sanitários.

## **2.1 Resíduos de Construção Civil**

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define Resíduos de Construção Civil como aqueles

“provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha” (CONAMA, 2007, Art. 2).

Ainda seguindo esta normativa, o CONAMA estabelece a classificação dos RCC nas Classes A, B, C e D, cujas tipologias e destinações estão estabelecidas no Quadro 2 e suas representações na Figura 1.

## Quadro 2– Classificação, tipologia e destinação dos Resíduos de Construção Civil (RCC)

Classe	Tipologia	Destinação
<b>A</b>	São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados como os de construção, demolição, argamassa, concreto, produzidos em canteiros de obras, e outros.	Reutilização, reciclagem ou encaminhados para aterro de resíduos de construção civil.
<b>B</b>	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Reutilização, reciclagem ou encaminhados para áreas de armazenamento temporário.
<b>C</b>	Resíduos os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem e/ou recuperação.	Armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas vigentes e específicas.
<b>D</b>	Resíduos advindos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros.	Armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas vigentes e específicas.

Fonte: Adaptado de CONAMA (2007).

**Figura 1 – Resíduos de Construção e Demolição**



Fonte: Disponível em Gerenciamento Resíduos de Construção e Demolição – POLZER AMBIENTAL (2016)

Com o processo de urbanização das cidades, o processo de geração de resíduo torna-se cada vez mais crescente. Dentro desse contexto, os Resíduos de Construção Civil apresentam significativa participação. Silva & Sal (2020) traz que a indústria da construção civil consiste em um dos setores que mais geram resíduos, porém, em contrapartida, possui também grande relevância para a economia do país.

De acordo com a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), o último Panorama Brasileiro de Resíduos Sólidos, realizado em 2021, traz que os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) apresentaram um crescimento de 5,5% em geração, quando comparado aos anos anteriores, equivalente a 47 milhões de toneladas (ABRELPE, 2021).

As regiões que mais se destacam em coleta dos RCD são as regiões Sudeste e Nordeste, apresentando um total de 24 milhões de toneladas e 6 milhões de toneladas,

respectivamente. Em termos de geração per capita, as duas regiões que se destacam são a Centro-Oeste e Sudeste com 319,38 kg/hab/ano e 275,21 kg/hab/ano, respectivamente (ABRELPE, 2021).

Toda essa geração traz consigo uma grande problemática já que, em função do seu volume de ocupação muito maior, quando comparado aos resíduos orgânicos. Além disso, quando se une o grande volume com a ausência de um sistema de reaproveitamento desses resíduos e, portanto, o impacto ambiental é significativo (SILVA & SAL, 2020).

Nesse sentido, a busca por alternativas que viabilizem uma destinação ambientalmente adequada para os RCC vem crescendo com o passar dos anos. Dias (2014) apresenta as obras geotécnicas como uma alternativa viável para a reutilização desse material. Segundo a autora, a utilização dos resíduos em obras geotécnicas permite também a substituição dos materiais geotécnicos naturais, contribuindo para redução da exploração desordenada de jazidas.

“No Brasil, desde a década de 1980, existem pesquisas desenvolvidas utilizando resíduos de construção os quais a maioria em obras de pavimentação, onde o uso destes materiais é promissor e tecnologicamente adequado. Todavia, o uso em pavimentação não garante uma reciclagem massiva deste resíduo, porque o mercado não é capaz de consumir mais de 50% deste material, surgindo a necessidade da aplicação em outros tipos de obras geotécnicas” (DIAS, 2014, p. 5).

Entretanto, a carência de solos que possuem as propriedades adequadas para receber obras de engenharia é preocupante já que a escassez de matéria prima não renovável e os materiais locais, na maioria das vezes, não possuem características satisfatórias. Tal realidade abre a possibilidade de melhorar as características do solo (densidade, resistência e permeabilidade), dando origem a um novo material. Podem, então, ser empregados no processo de estabilização (SILVA et al, 2019).

Dessa forma, os agregados de RCC vem sendo empregados em diversas áreas pois sua resposta de adaptabilidade, inclusive no reforço de solos, por meio de sua estabilização granulométrica, proporciona menores deformações e características mais resistentes. Nota-se então que os benefícios gerados pela reutilização e reciclagem do RCC pode acarretar ganhos ambientais, sociais e econômicos (SILVA et al, 2019; RIBEIRO et al, 2016).

### **3. ATERRO SANITÁRIO**

O Aterro Sanitário trata-se de um sistema de disposição final de resíduos sólidos fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais que garantem um confinamento seguro no que tange as questões de saúde pública e meio ambiente. Para se considerar que esta tecnologia atende a um bom desempenho, ele deve ser constituído por: impermeabilização de base, cobertura diária e final, drenagem e tratamento de percolados e drenagem de gases (GUIZELINI, 2011).

Além disso, dentre as garantias ambientais que o aterro sanitário oferece, Rios (2016) reafirma a sua exclusividade por se tratar de uma estrutura que possui um sistema de drenagem de líquido lixiviado unido com uma camada impermeabilizante de geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), capaz de evitar o vazamento do efluente no solo e impedir a contaminação do mesmo e das águas subterrâneas.

O lixiviado, por sua vez, consiste num líquido de cor escura e fétido com alta demanda de oxigênio para sua estabilização que, até em poucas quantidades, é capaz de poluir grandes quantidades de água, a partir da sua constituição química e organismos patogênicos. Nesse

sentido, a cobertura dos aterros é de fundamental importância para se aplicar a técnica de recirculação do lixiviado, evitando que ele agride o meio ambiente (GOMES et al, 2007).

“A recirculação do percolado em células de lixo tem sido apontada como técnica de grande viabilidade no tratamento desses resíduos, por possibilitar o prolongamento da vida útil dos aterros sanitários, tornar desnecessária a construção de uma unidade de tratamento para este líquido e, principalmente, por reduzir significativamente os componentes orgânicos e inorgânicos presentes – em razão da ocorrência de processos de adsorção, precipitação, quebração/completação, que ocorrem quando há contato do líquido com o material aterrado” (GUTIERREZ et al, 2010, p. 2).

Sabendo que a recirculação do lixiviado depende do sistema de cobertura de um aterro sanitário, Dias (2014) afirma que este sistema objetiva impedir a entrada da água e/ou ar para dentro do aterro, minimizando, portanto, a migração de gás para fora do aterro e então possibilitando a redução de odores, vetores proliferadores de doença e outros inconvenientes.

Segundo Koerner & Daniel (1997), o sistema de cobertura de um aterro sanitário é composto por seis camadas, sendo elas: camada de superfície (1), camada de proteção (2), camada drenante (3), camada de barreira hidráulica (4), camada de coleta de gás (5) e camada de base (6), conforme Quadro 3 e Figura 2.

**Quadro 3 – Camadas do sistema de cobertura de um aterro sanitário e suas respectivas funções**

Camada	Etapa	Função
Camada superficial	1	Separa as camadas inferiores do meio ambiente
Camada de proteção	2	Protege as camadas inferiores e armazena água percolada da camada superficial
Camada de drenagem	3	Remove grande parte da água que penetra no sistema
Camada de barreira hidráulica	4	Controla o movimento de líquidos com utilização de materiais impermeabilizantes
Camada de coleta de gás	5	Coleta o gás
Camada de fundação	6	Drena os gases e serve de base para as camadas superiores
Resíduos	7	Camada de resíduos

Fonte: Adaptado de KOERNER & DANIEL (1997) apud OLIVEIRA & BRAGA (2017).

**Figura 2 – Sistema de cobertura final de aterro sanitário**



Fonte: baseado em KOERNER E DANIEL (1997)

Um aspecto relevante que se deve analisar para estruturar uma camada de cobertura, de acordo com Gomes et al (2007), é a escolha do material da camada intermediária que, por sua vez, dependerá do tipo de operação do aterro, isto é: sem recirculação do lixiviado, a partir do uso de camadas impermeáveis capazes de permitir a redução da entrada de água, ou com materiais que, ao contrário, possibilitem a entrada do lixiviado, para adoção da técnica de recirculação.

Alguns estudos já demonstram o uso eficaz do RCC para contribuir na estabilidade das camadas do aterro sanitário, inclusive para o controle e recirculação do lixiviado. O presente artigo irá discutir as interfaces desta alternativa nos tópicos que se seguem.

#### **4. METODOLOGIA**

O estudo trata-se de uma revisão bibliográfica exploratória com caráter qualitativo cujas informações foram coletadas em trabalhos científicos e relatórios anteriores. A coleta de referências buscou unir o tema de Resíduo de Construção Civil com sua aplicabilidade em aterros sanitários.

O tema foi definido considerando a grande problemática do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos que perpassa o Brasil e, portanto, acaba por tornar a busca por alternativas secundárias de destinação final do resíduo ainda mais importante.

Após a definição do tema foram elencados os principais assuntos necessários a serem discutidos: Resíduos Sólidos, Resíduos de Construção Civil e Aterro Sanitário. Os trabalhos e artigos que serviram como base para o estudo vieram das bases de dados do SCIELO, CAPES, Teses USP e Google Acadêmico.

Por se tratar de uma revisão bibliográfica foram considerados cinco estudos anteriores (análise de caso) que, de fato, justificam a importância de se pensar em reforçar o solo do aterro sanitário e viabilizam o uso do resíduo da construção civil para tal feito.

#### **5. O RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO ALTERNATIVA PARA O SISTEMA DE COBERTURA EM ATERROS SANITÁRIOS**

Para se discutir o uso do RCC na cobertura dos Aterros Sanitários foram selecionados cinco estudos discutidos entre os tópicos 5.1 a 5.5.

##### **5.1. Estudo de Caso 01**

O Estudo de Caso 01 é intitulado como “Avaliação do uso do agregado reciclado na construção civil como barreira hidráulica em camadas de coberturas de aterro sanitário” realizado por Nascimento et al.(2021) teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso de misturas de resíduos da construção com solo, para ser utilizado como barreira hidráulica em cobertura final de aterros sanitários (NASCIMENTO et al, 2021).

Para atingir os objetivos, o estudo utilizou amostra de solo e agregados reciclados da construção civil. Para tanto, considerou uma área antiga de extração de saibro desativada há mais de 30 anos localizada no Litoral Norte de Pernambuco na Ilha de Itamaracá para a coleta de solo. Já os agregados reciclados foram coletados na empresa Ciclo Ambiental que se dedica ao beneficiamento dos RCC localizada na cidade de Camaragibe-PE e recebe os RDC (Resíduo de Demolição e Construção) provenientes da Região Metropolitana de Recife (NASCIMENTO et al, 2021).

Para a amostra de solo foram realizados os ensaios de caracterização física, mecânica, mineralógica e de erodibilidade. Posteriormente, foram realizados os ensaios com a mistura do solo e do RCC, nas quais foram utilizadas 10%, 30% e 50% de solo. Notou-se que o acréscimo de RDC diminui a expansibilidade do solo, isto é, a mistura do solo com o RDC é viável para a utilização como barreira hidráulica, sendo a mistura de 50% com os melhores resultados: redução de expansibilidade, resistência a compressão simples superior em 550%, 40% de porcentagem de finos – favorecendo o uso como barreira hidráulica, redução de plasticidade (apresentando uma plasticidade mediana), o que reduz a suscetibilidade a fissuras, sendo aplicável a cobertura de aterros por atender aos requisitos de legislação vigente (NASCIMENTO et al, 2021).

De acordo com o autor (NASCIMENTO et al, 2021, p. 12):

“as camadas de cobertura dos aterros sanitários brasileiros são, em maior parte, feitas com solos compactados argilosos e tem a função de impedir a entrada de líquidos bem como evitar a saída de gases. Juntamente a isso, tem-se os resíduos de construção que são gerados na maioria das obras e depositados em locais irregulares. Ao combinar esses dois materiais percebe que é viável utilizar essa mistura para camada de coberturas”.

## **5.2. Estudo de Caso 02**

O estudo de caso 02, intitulado como “Avaliação da fissuração por ressecamento em camadas de cobertura de aterros sanitários utilizando materiais alternativos” teve por objetivo avaliar o comportamento de misturas de solo com incorporação de materiais alternativos como agregado miúdo reciclado obtido de Resíduos de Construção Civil britado, e fibras de PET, a fim de diminuir o efeito de retração e da formação de fissuras em camadas de cobertura de aterros sanitários (COSTA, 2015).

A metodologia utilizada foi inserir os resíduos nas propriedades das misturas, realizando ensaios hidráulicos e mecânicos, a fim de definir o percentual adequado de adição. Os percentuais utilizados foram: 1-para os RCC: 10%, 20%, 30% e 40%; 2-para as fibras de PET: 0,4%, 0,6%, 0,8% e 1,0%, com comportamento e geometria das fibras variantes (COSTA, 2015).

A primeira parte do experimento abordou ensaios de caracterização, compactação, resistência a compressão simples, resistência ao cisalhamento e resistência à tração por compressão diametral, além de ensaios de permeabilidade, sucção, retração e ensaios preliminares de ressecamento. O trabalho pôde concluir que os percentuais de 20% e 40% de RCC apresentaram todos os resultados satisfatórios, bem como o percentual de 0,40% (30mm) de PET (COSTA, 2015).

Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, foi percebido que o comportamento quanto ao ressecamento e à formação de fissuras foi significativamente afetado pelos ciclos de umedecimento e secagem, e pela adição de materiais alternativos, possibilitando alterar o padrão de fissuração, retardando a formação de fissuras e reduzindo o fator de intensidade de fissuração, quando comparado ao solo natural. Nesse sentido, indicando a possibilidade de utilizar os materiais como adição ao solo de cobertura de aterros sanitários (COSTA, 2015).

## **5.3. Estudo de Caso 03**

O estudo de caso 3, “Aplicação de dois modelos de balanço hídrico para estudo de camada de cobertura de aterro sanitário utilizando solo e resíduo da construção civil (RCC)”,

utilizou os modelos de balanço hídrico para comparar o desempenho do solo do campus da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e o RCC para fins de uso na camada de cobertura do aterro sanitário (RIOS, 2016).

Os modelos utilizados de balanço hídrico foram o Fenn et al. (1975) e São Mateus et al. (2012) apud RIOS (2016). Em ambos os casos, Rios (2016) apontou que o uso dos Resíduos de Construção Civil reduz a capacidade de infiltração da água quando comparado ao solo natural. No modelo de São Mateus, por exemplo, o solo natural possibilitou uma infiltração maior do que o RCC em 95,5%.

Ainda assim, o estudo recomendou a realização de outros testes laboratoriais, como, por exemplo, o ensaio de infiltração, para respaldar os resultados obtidos (RIOS, 2016).

#### **5.4. Estudo de Caso 04**

O estudo de caso 4 buscou avaliar o emprego de material alternativo em substituição dos materiais convencionalmente empregados nos sistemas finais de cobertura dos aterros sanitários como britas e rachões. O estudo, então, foi nomeado como “Sistema de cobertura final de um aterro sanitário para a RMB de Belém-PA com emprego de resíduos da construção civil” (OLIVEIRA & BRAGA, 2017).

A metodologia adotada foi a análise de três sistemas de coberturas finais para um aterro sanitário hipotético localizado na região da CTPR-Marituba. Para tanto, foram idealizados três projetos: A, B e C. O projeto A consistiu em uma cobertura com materiais convencionalmente empregados para situações deste tipo (britas); o projeto B apresentou uma alteração de agregados naturais por RCC nas camadas de drenagem e de gases; e, por fim, o projeto C, com o emprego de apenas solo vegetal na camada superficial e argila compactada na camada de barreira hidráulica (OLIVEIRA & BRAGA, 2017).

Após as devidas análises, o estudo concluiu que:

“os RCC, propostos como material alternativo em substituição aos convencionalmente utilizados em aterros se comportou satisfatoriamente à necessidade de drenagem do sistema de cobertura final, tanto na camada de drenagem como na camada de coleta de gás, em função da semelhança dos coeficientes de permeabilidade dos materiais” (OLIVEIRA & BRAGA, 2017, p. 592).

#### **5.5. Estudo de Caso 05**

O estudo de caso 5, apesar de possuir uma abordagem diferente dos estudos anteriores, objetivou avaliar a substituição de um solo argiloso por um composto de solo local e agregado produzido a partir da reciclagem do RCD, para utilização como sistema de impermeabilização inferior em aterros sanitários (CAETANO et al, 2022).

Como metodologia, o artigo adotou o conceito de empacotamento de partículas, a aplicação de uma combinação de solo local, e de resíduos de construção e demolição contendo cerâmica vermelha e/ou concreto. A pesquisa realizou a caracterização dos materiais, estudo de empacotamento de partículas e determinação dos parâmetros geotécnicos dos liners, cujas compactações foram testadas em três diferentes energias: nominal, intermediária e modificada (CAETANO et al, 2022).

O estudo concluiu que os liners alternativos só atenderam às características mínimas de impermeabilidade exigida nas camadas inferiores, tratando-se de coeficiente de

permeabilidade, após compactação com energia modificada. No entanto, apresentou bons resultados do coeficiente de permeabilidade utilizando compactação com energia normal para a cobertura final de aterro sanitário, sendo indicado para esse uso (CAETANO et al, 2022)..

Dentro das normativas brasileiras não existem diretrizes que apontem o tipo de solo a ser utilizado ou técnicas de execução de camadas de cobertura de aterro, como também a sua forma de monitoramento. A partir dos estudos levantados e discutidos, torna-se evidente que o uso do RCC nas camadas de cobertura de aterro sanitário consegue potencializar a qualidade do solo destas camadas, melhorando a impermeabilidade da camada.

## 6. CONCLUSÕES

O gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil ainda apresenta pontos que devem ser trabalhados para atingir o que, de fato, preconiza todas as legislações vigentes. É possível perceber que aspectos como o incentivo a redução da geração de resíduos e uma disposição final ambientalmente adequada possuem desenvolvimentos incipientes.

No contexto acima estão os Resíduos de Construção Civil que com um alto volume e grande potencial de reaproveitamento ainda é pouco explorado. As pesquisas apontam uma alta eficácia para o uso dos RCC no sistema de camadas de cobertura do Aterro Sanitário, tanto para camadas finais quanto as intermediárias.

A viabilidade comprovada de tal alternativa se torna uma estratégia para reduzir a carga ambiental que é depositada nos aterros do RCC como resíduo. Pois, quando se opta por utilizá-lo como parte construtiva dessa obra de engenharia, o que antes era resíduo se torna material utilizável, reduzindo também a exploração de matéria prima.

O presente trabalho sugere que a partir dos estudos já realizados, seja também avaliada a viabilidade econômica de tal reaproveitamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004 Resíduos sólidos – classificação**. Disponível em <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf> Último Acesso em 25.set.2022

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. Disponível em <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/> Último Acesso em 23.set.2022

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Presidência da República. Brasília, 2010.

CAETANO, Marcelo Oliveira; SCHUCK, Tiago Emanuel de Sá; CAMACHO, David Lamberti Diehl; GOMES, Luciana Paulo. **Liner para impermeabilização de aterros sanitários utilizando resíduos de construção e demolição**. Revista AIDIS, vol. 15, n.1, 86-109, 2022.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2007**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil. Disponível em

[https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf) Último Acesso em 23.set.2022

COSTA, Conceição de Maria Cardoso. **Avaliação da fissuração por ressecamento em camadas de cobertura de aterros sanitários utilizando materiais alternativos.** Tese de Doutorado, Publicação G.TD-108/15, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 163p. 2015.

DIAS, Mônica Carolina Ciríaco. **Viabilidade do uso de solo tropical e resíduo de construção civil em sistemas de cobertura de aterro sanitário.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil (ECC), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia, 2014.

GOMES, Luciana Paulo; MORAES, Carlos Alberto Mendes; BOFF, Ricardo Dalpiaz. **Emprego de areia usada de fundição em coberturas intermediárias e final de aterros sanitários de RSU.** Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.3, n.4, p. 71-76, abr-jun, 2007.

GUIZELINI, Adhara Palácio. **Estudo do comportamento hidromecânico de solos visando a construção de sistemas de cobertura alternativos para aterros sanitários.** Dissertação. Universidade Federal do Paraná. 168p. Curitiba, 2011.

GUTIERREZ, Katia Gonçalves; MATOS, Antônio Teixeira De; ROSSMANN, Maike. **Influência da presença de camada de resíduos de construção civil na remoção de metais pesados em percolado recirculado de aterro sanitário.** Ambi-Água, Taubaté v.5, n.2, p. 87-98, 2010.

KOERNER, Robert M; DANIEL, David E. **Final Covers for solid waste landfills and abandoned dumps.** 1.ed. Thomas Telford & ASCE Press. 1997.

NASCIMENTO, Elivelthon Carlos Do; LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz; SILVA, Luciana Cássia Lima Da; BEZERRA, Jonas da Silva; PORTELA, Maria Fernanda de Almeida. **Avaliação do uso do agregado reciclado da construção civil como barreira hidráulica em camadas de cobertura de aterros sanitários.** Research, Society and Development, v.10, n.10, e547101019158, 2021.

OLIVEIRA, Rafaela Freitas De; BRAGA, Risete Maria Queiroz Leão. **Sistema de cobertura final de um aterro sanitário para a RMB de Belém-PA com emprego de resíduos da construção civil.** Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v.6, n.3, p. 573-596, out./dez. 2017.

RIBEIRO, Denise; MOURA, Larissa Santos De; PIROTE, Natália Stéfanie dos Santos. **Sustentabilidade: formas de reaproveitar os resíduos da construção civil.** Rev. Cienc. Gerenc., v. 20, n. 31, p.41-45, 2016.

RIOS, Daiane do Carmo. **Aplicação de dois modelos de balanço hídrico para estudo de camada de cobertura de Aterro Sanitário utilizando solo e Resíduo da Construção Civil (RCC).** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Estadual de Feira de Santana. 138 p. Feira de Santana, 2016.

SILVA & SAL. Silva, Tiago Dias & De Sal, Tabita Cardoso. **Resíduos da Construção Civil: estudo de caso no aterro sanitário de Goianésia-Goiás.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Publicação ENC. PF-000/20, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 65p. 2020.